

La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des four- rages consommés par les animaux

Dans les produits laitiers et la viande, la présence de certaines molécules modifie les caractéristiques sensorielles. Ces molécules soit proviennent directement des aliments des animaux, soit sont produites par les animaux selon les aliments qu'ils consomment. Outre leurs effets potentiellement bénéfiques, certaines de ces molécules pourraient être utilisées pour assurer la traçabilité des produits.

Résumé

La nature des fourrages ingérés par les ruminants est un des facteurs de variation de la qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande. L'effet de ce facteur a été récemment mis en évidence, en particulier dans le cadre des produits d'Appellation d'Origine Contrôlée, pour lesquels l'alimentation des animaux constitue un élément important de liaison au terroir.

Sur les fromages, la conservation de l'herbe sous forme d'ensilage ne semble pas entraîner, lorsqu'elle est réalisée dans de bonnes conditions, de modifications importantes des caractéristiques sensorielles, exception faite de la couleur, plus jaune avec l'ensilage. Les régimes à base d'herbe pâturée conduisent à des fromages dont la couleur, le goût et l'odeur sont plus intenses que ceux issus d'une alimentation hivernale à base d'herbe conservée sous forme de foin et d'ensilage. La composition botanique de l'herbe modifie aussi les caractéristiques sensorielles des fromages. Les écarts les plus importants concernent la texture et sont obtenus sur des fromages à pâte pressée cuite lorsque les vaches pâturent des prairies très diversifiées.

Ces différences sensorielles peuvent être dues à des constituants du lait directement issus de l'alimentation. C'est le cas des carotènes, responsables de la couleur jaune des produits laitiers, et qui sont présents en grande quantité dans les fourrages verts. Elles peuvent aussi être liées à des constituants du lait produit par l'animal de manière différentielle selon l'alimentation offerte. C'est le cas de la teneur en plasmine du lait ou de la composition de ses matières grasses, qui peuvent modifier la texture du fromage.

La viande des animaux finis à l'herbe est plus sombre et moins tendre que celle des animaux finis avec des régimes riches en concentrés. Cet effet pourrait être lié d'une part à une modification du pH ultime de la viande (pour la couleur), mais aussi à l'âge à l'abattage (plus avancé avec les régimes à base d'herbe), à l'état d'engraissement des carcasses et à la teneur en gras intramusculaire (plus élevés avec les régimes riches en concentrés), qui peuvent modifier à la fois la couleur et la tendreté des viandes. L'alimentation à l'herbe influence aussi la flaveur de la viande. Cet effet serait lié d'une part à l'interaction entre les acides gras à chaînes ramifiées (considérés comme responsables de la flaveur caractéristique de la viande ovine) et le scatole (issu de la dégradation du tryptophane) qui renforcerait la perception sensorielle des acides gras à chaînes ramifiées, et d'autre part à la teneur en acide linoléique. Les produits d'oxydation de cet acide sont en effet associés aux saveurs spécifiques de la viande.

Les caractéristiques (nutritionnelles, technologiques, hygiéniques et sensorielles) des produits laitiers et de la viande dépendent d'un grand nombre de facteurs, liés à la fois à la technologie de fabrication (pour les produits transformés) et aux caractéristiques chimiques et microbiologiques de la matière première mise en œuvre. Ces dernières dépendent elles-mêmes de nombreux facteurs d'amont (d'origine génétique, physiologique, alimentaire...). Ces facteurs d'amont sont de plus en plus au centre des préoccupations des consommateurs qui s'interrogent en particulier sur l'alimentation offerte aux animaux. Ils revêtent une importance toute particulière dans le cas des produits marqués (Appellation d'Origine Contrôlée, Indication Géographique Protégée, labels...), pour lesquels les modifications de la matière première au moment de sa transformation (écrémage du lait, ajout d'additifs) sont limitées, voire interdites, et qui revendiquent un lien fort avec les conditions de production. Parmi ces facteurs de production, l'alimentation à base d'herbe tient une place particulière, d'une part parce qu'elle constitue l'une des bases de la liaison des produits à leur terroir d'origine (Grappin et Coulon 1996) et qu'elle jouit d'une image positive dont certaines filières voudraient profiter, d'autre part parce qu'elle pourrait conférer au produit des caractéristiques particulières.

Ce texte correspond pour l'essentiel à une synthèse présentée au congrès de l'EGF qui s'est tenu à La Rochelle du 27 au 30 mai 2002 (Coulon et Priolo 2002).

Jusqu'à présent, les travaux relatifs à l'effet de l'alimentation des animaux sur les caractéristiques du lait et de la viande ont surtout concerné l'influence du niveau des apports nutritifs et des grands types de régime sur les teneurs en composés majeurs du lait, protéines et matières grasses (Sutton 1989, Coulon et Rémond 1991), ou sur le développement musculaire (Geay *et al* 2001). En revanche, en dehors de l'effet bien connu de certaines plantes (crucifères, ail, oignon) sur la flaveur du lait ou de la viande (Urbach 1990), l'effet propre de la nature des fourrages et en particulier de l'herbe (diversité floristique, mode et qualité de conservation) a été peu abordé. Pourtant, de nombreuses observations empiriques confèrent à ce facteur des effets sur les caractéristiques sensorielles des produits (Urbach 1990). L'objectif de cet article est de faire le point sur les travaux récents mettant en évidence l'effet de la nature de l'herbe sur la qualité sensorielle de la viande et du lait. Les autres dimensions de la qualité, hygiénique et nutritionnelle ne seront pas abordées ici.

1 / Produits laitiers

Parmi les différents éléments du terroir qui peuvent jouer un rôle sur les caractéristiques des fromages, la composition floristique des fourrages consommés par les animaux, qui dépend du milieu naturel (sols, climat) et des pratiques culturales (fertilisation...) est souvent mise en avant dans le discours des fromagers. Ces derniers observent fréquemment des différences de qualité sensorielle des fromages selon la nature des fourrages offerts aux animaux. Ces observations ont pu être appuyées par des études globales destinées à analyser la diversité des caractéristiques sensorielles d'un type de fromage et à mettre en parallèle cette diversité avec les conditions de production du lait et des fromages. Ainsi, chez des producteurs de reblochon fermier, Martin et Coulon (1995) ont montré que dans certaines conditions de fabrication fromagère, des différences de caractéristiques senso-

rielles pouvaient être associées à des natures différentes de fourrage (foins ou pâtures). De même, dans la zone de production du Comté, Monnet *et al* (2000) ont mis en évidence des associations entre des typologies floristiques des pâturages et les caractéristiques sensorielles des fromages et Bérodir (1997) a montré qu'une plus grande diversité botanique pouvait être associée à des arômes plus nombreux et plus variés des fromages. Plus récemment, des travaux expérimentaux ont été entrepris pour analyser l'effet spécifique de la nature des fourrages, de son mode de conservation et de sa diversité botanique.

1.1 / Effet de la nature de la ration et du mode de conservation de l'herbe

La conservation de l'herbe sous forme d'ensilage et son effet sur la qualité des fromages sont des sujets de débat important au sein des filières d'AOC fromagères. L'utilisation d'ensilage mal conservé peut conduire à des défauts spécifiques (Urbach 1990), en particulier dans le cas des pâtes pressées cuites pour lesquelles la présence de spores butyriques dans l'ensilage peut conduire à des gonflements durant l'affinage et à des défauts de goûts et d'odeur (Demarquilly 1998). Mais peu de résultats existent avec des ensilages de bonne qualité. Nous avons récemment réalisé un essai (Verdier-Metz *et al* 1998 ; tableau 1) dans lequel la même parcelle de prairie naturelle a été récoltée le même jour soit sous forme d'ensilage (avec adjonction d'un conservateur acide) soit sous forme de foin (séché en grange). Dans les deux cas, la qualité de conservation du fourrage était excellente et les besoins nutritifs des animaux ont été couverts de manière semblable. Le lait des vaches ayant reçu l'un ou l'autre de ces fourrages a été transformé, dans les mêmes conditions technologiques, en fromage de type saint-nectaire. Les fromages réalisés avec le lait des vaches ayant reçu de l'ensilage ont été plus jaunes (en raison d'une teneur en carotènes plus éle-

La qualité sensorielle des fromages varie selon que les vaches pâturent ou consomment des fourrages conservés. Mais le mode de conservation, foin ou ensilage, n'a que peu d'effet s'il est bien maîtrisé.

Tableau 1. Effet de la conservation du fourrage sur les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des fromages (Verdier-Metz *et al* 1998 et 2000).

Ration	Essai 1		Essai 2	
	Ensilage d'herbe	Foin	Ensilage d'herbe + foin	Pâturage de printemps
Lait ¹				
Taux butyreux (g/kg)	35,3	36,3	36,4	37,1
Taux protéique (g/kg)	33,6	33,5	28,7	** 33,5
Fromage				
Extrait sec (%)	54,6	54,8	52,6	52,7
Gras/sec	52,3	52,0	54,1	** 50,5
Indice de jaune	32,9	** 29,9	24,7	** 30,5
Texture ferme	4,6	4,5	4,3	** 3,4
Texture collante	3,1	3,3	4,1	* 3,5
Intensité du goût	5,4	5,3	5,0	** 5,6
Intensité de l'odeur	5,2	5,2	4,6	4,4
Odeur piquante			1,3	** 0,2
Amertume	3,5	3,2	1,5	* 1,9

¹ Après écrémage partiel pour l'essai 1.

vée dans l'ensilage que dans le foin) et ont eu tendance à être plus amers. Les autres caractéristiques chimiques et sensorielles ont été identiques pour les deux modes de conservation. Ces résultats expérimentaux ont été confirmés par des observations en fermes (Agabriel *et al* 1999). Lorsque la conservation du fourrage et le rationnement des animaux sont bien maîtrisés, le mode de conservation a peu d'effet sur les caractéristiques sensorielles, excepté sur la couleur. Il est cependant possible que les effets de la conservation de l'herbe sous forme d'ensilage soient variables selon le type de fromage. Dans un essai récent (B. Martin *et al*, non publié), la distribution d'ensilage d'herbe comparativement à du foin a en effet entraîné des différences sensorielles plus significatives sur des fromages de type cantal que sur des fromages de type saint-nectaire.

En revanche, des différences sensorielles très importantes ont été observées entre des fromages fabriqués avec du lait de vaches recevant un régime hivernal à base de foin et d'ensilage d'herbe comparativement à un régime d'herbe de prairie naturelle pâturée (cf. tableau 1). Les fromages de type saint-nectaire issus du pâturage ont été plus jaunes et ont présenté un goût et une odeur plus intenses (Verdier-Metz *et al* 2000). Ces résultats

confirment les observations faites par les producteurs fermiers lors de la mise à l'herbe des animaux. Des résultats similaires ont été obtenus par Buchin *et al* (1998) dans un essai comparant des fromages de type morbier fabriqués en conditions expérimentales avec les laits d'hiver (issus de rations à base de foin) ou de printemps (pâturage). Les caractéristiques sensorielles du beurre (couleur, flaveur, tartinabilité) sont aussi fortement affectées par les changements d'alimentation des animaux. En particulier, le beurre est plus jaune, moins dur et présente une flaveur « d'herbe » plus marquée lorsque les vaches sont alimentées avec des régimes à base d'herbe (sous forme ensilée ou pâturée) comparativement à des régimes à base d'ensilage de maïs ou riches en concentrés (Keen et Wilson 1992, Houssin *et al* 2002).

1.2 / Effet de la composition botanique de l'herbe

Au cours des dernières années, plusieurs essais ont été réalisés en Europe pour décrire et analyser l'effet de la diversité botanique des fourrages offerts aux animaux (sous forme pâturée ou conservée) sur les caractéristiques sensorielles de différents types de fromage. Quatre de ces essais, réalisés sur

Tableau 2. Effet de la nature de l'herbe sur les caractéristiques sensorielles du fromage (synthèse de 4 essais d'après Buchin *et al* 1999, Martin *et al* 2001, Bugaud *et al* 2002, Verdier-Metz *et al* 2002).

Type de fromage Situation géographique	Essai 1 Abondance Alpage		Essai 2 Beaufort Alpage		Essai 3 Saint-nectaire Demi-montagne			Essai 4 Abondance Vallée Vallée Montagne		
	Versant Sud	Versant Nord	Pelouse moyenne	Pelouse alpine	Dactyle	Prairie naturelle foin vert		foin	vert	vert
Nature de l'herbe ¹										
pH	5,76	5,78	5,50	5,69	5,20	5,18	5,18	5,71 ^a	5,77 ^a	5,62 ^b
Gras / sec	51,8	51,0	52,1	51,5	51,5 ^a	52,4 ^b	52,5 ^b	52,3	51,9	51,1
N soluble (% N tot)	22,1 ^a	26,0 ^b	26,4	28,4				21,0 ^{ab}	20,5 ^a	21,8 ^b
Texture										
Ferme	4,3 ^b	3,6 ^a	4,0	4,4	4,0	4,4	4,4	4,0 ^a	4,3 ^b	4,6 ^b
Adhésive	3,3 ^a	3,8 ^b	4,5 ^a	4,1 ^b						
Fondante	3,8	4,2			5,4 ^a	4,7 ^b	4,9 ^b	3,4	3,0	3,2
Friable	3,4	3,2								
Sableuse								2,2 ^a	2,8 ^b	2,6 ^c
Elastique								3,4 ^a	3,5 ^a	3,1 ^b
Saveur										
Salé	4,0 ^a	4,7 ^b	3,9 ^a	4,7 ^b	5,4 ^a	5,0 ^b	5,4 ^a	4,0	3,7	3,3
Piquant	3,1	3,6	2,4 ^a	3,0 ^b	1,4	1,7	1,5	2,9 ^a	3,0 ^a	2,3 ^b
Amer	1,9 ^a	2,6 ^b	2,1	2,2	2,5	2,0	2,0	1,9	2,0	1,8
Odeur										
Rance					1,5 ^a	1,2 ^b	0,9 ^b			
Moisi					1,6 ^a	1,0 ^b	0,9 ^b			
Aigre					1,9 ^a	2,0 ^a	1,3 ^b			
Arôme										
Aigre	0,8 ^a	1,4 ^b			1,5	1,7	1,7			
Fruit	1,0	0,7			0,7	0,8	0,9	3,4 ^b	2,9 ^a	3,1 ^b
Etable	0,3	0,6								
Epicé			1,6 ^a	2,4 ^b						
Intense	3,8	4,1	4,9 ^a	5,3 ^b	5,4 ^a	5,1 ^b	5,5 ^a	4,4	4,4	4,3
Animal	0,8	1,1	2,5 ^a	3,1 ^b				4% ^a	8% ^a	18% ^b
Croûte de pain								3% ^a	10% ^b	13% ^b

a, b, c : Pour un même essai, les valeurs des colonnes avec des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil de 5 %.

¹ Voir texte.

des fromages à pâte pressée cuite (essais 1, 2 et 4) ou non cuite (essai 3), sont résumés dans le tableau 2. Dans tous ces essais, les facteurs de variation liés aux caractéristiques et à la conduite des animaux étaient contrôlés et la technologie fromagère était semblable entre les traitements.

Un premier essai (Buchin *et al* 1999), réalisé chez un producteur d'Abondance fermier, a consisté à comparer les caractéristiques de fromages fabriqués lorsque son troupeau a pâturé successivement le versant sud et le versant nord d'un même alpage, puis est revenu sur une zone du versant sud mise en défens lors du premier passage. Sur le versant sud, la végétation était composée d'un tapis de graminées (55 %) dominé par *Festuca rubra* et *Agrostis capillaris* et clairsemé de nombreuses autres espèces (52 espèces), tandis que le versant nord était constitué de pelouses à dominante d'*Agrostis vulgaris* et de *Nardus stricta* et d'une zone humide dominée par des mousses, des carex et des renoncules. Les caractéristiques des deux séries de fromages réalisés lorsque les animaux pâturaient le versant sud de l'alpage s'opposent à celles des fromages issus du versant nord. Les différences les plus importantes concernent la texture : les fromages du versant nord ont été moins fermes, plus fondants et plus pâteux. Sur le plan des arômes et des saveurs, les fromages du versant nord ont été globalement plus « corsés » (plus salés et amers, avec des arômes aigres) et ceux du versant sud plus « doux », avec des arômes de fruits plus développés.

Un deuxième essai (Martin *et al* 2001) a été réalisé en alpage chez un producteur de beaufort, selon le même principe que l'essai 1, sur des pelouses de différentes altitudes. Il a permis de montrer des différences concernant essentiellement la flaveur : les beauforts des pelouses « alpines » (>2200m, 20 espèces différentes dominées par *Nardus stricta* et *Trifolium alpinum*) ont été plus salés et plus piquants que ceux des pelouses « moyennes » (42 espèces dont 12 graminées, sans dominance marquée). Ils ont présenté des arômes plus intenses et plus épicés. De plus, leur texture a été moins adhésive.

Un troisième essai (Verdier-Metz *et al* 2002) a consisté à fabriquer un fromage à pâte pressée selon une technologie saint-nectaire dans une fromagerie expérimentale à partir du lait de vaches conduites dans les mêmes conditions (traite, état sanitaire, apports nutritifs, logement...) mais recevant du dactyle (sous forme de foin) ou de l'herbe de prairie naturelle d'Auvergne (en vert ou sous forme de foin). L'herbe de prairie naturelle conduit à des fromages moins fondants, avec des

odeurs de rance et de moisi moins développées, comparativement au foin de dactyle. Lorsque l'herbe de prairie naturelle a été offerte en vert, les fromages ont été moins aigres que lorsqu'elle était offerte sous forme de foin.

Enfin, dans un essai récent (Bugaud *et al* 2002), réalisé chez 3 producteurs fermiers d'Abondance, il a été clairement montré qu'indépendamment de la variabilité entre producteurs, il existait des écarts importants pour un même producteur selon les caractéristiques des prairies pâturées. Si les écarts les plus importants opposent les prairies de plaine à celles de montagne, il subsiste aussi une variabilité au sein des pelouses d'alpage. Les différences les plus importantes ont concerné la texture des fromages, moins ferme et plus élastique et déformable en plaine qu'en montagne, et plus sableuse sur les pelouses nitrophiles et nivales que sur les pelouses humides. Ces résultats confirment et précisent ceux obtenus en Suisse sur des gruyères Etivaz (Bosset *et al* 1999).

1.3 / Origine des différences sensorielles

Plusieurs caractéristiques sensorielles du fromage peuvent être dues à certains constituants du lait, directement issus de l'alimentation, et des fourrages en particulier. C'est le cas par exemple de la couleur. Le lait contient des quantités plus ou moins importantes de pigments. Le plus connu est le β -carotène, présent en grandes quantités dans les fourrages verts et qui contribue à la coloration jaune des produits laitiers. Très sensible aux ultraviolets, le β -carotène est détruit lors du séchage et de la conservation des fourrages de manière d'autant plus forte que l'exposition à la lumière est plus importante (Park *et al* 1983). La nature de l'alimentation a ainsi un effet marqué sur sa concentration dans le lait et donc sur la couleur des beurres et des fromages (Waghorn et Knight 1992, Houssin *et al* 2002, J.B. Coulon et P. Grolier, non publié ; tableau 3). Ainsi les fromages réalisés avec des laits de printemps sont-ils beaucoup plus jaunes que ceux réalisés avec des laits d'hiver. L'hiver, les fromages fabriqués avec des laits issus d'une alimentation des vaches à base d'ensilage d'herbe sont plus jaunes que ceux fabriqués avec des laits issus d'une alimentation à base de foin, surtout si ce dernier est resté longtemps au sol. L'ensilage de maïs, très pauvre en carotènes, conduit à des fromages très blancs (Verdier *et al* 1995).

Une autre origine directe de l'effet de la composition botanique des fourrages sur les caractéristiques sensorielles des fromages,

Tableau 3. Teneurs en carotènes des fourrages, des laits correspondants et coloration jaune des fromages (Coulon et Grolier, non publié).

Fourrage	Foin séché au sol	Foin séché en grange	Foin +ensilage d'herbe	Pâturage de printemps
Carotènes des fourrages (g/kg MS)	10	20	45	85
Carotènes du lait (μ g/l)	75	80	130	220
Indice de jaune du fromage	20	25	28	30

La flore de la prairie pâturée par les vaches influence les caractéristiques sensorielles des fromages, en particulier par les modifications directes ou indirectes de la composition chimique du lait.

évoquée depuis longtemps (Dumont et Adda 1978), concerne l'effet des terpènes. Ces molécules, spécifiques du monde végétal, ont des propriétés odorantes reconnues à l'état concentré. Elles sont beaucoup plus abondantes dans certaines espèces botaniques, et en particulier les dicotylédones (Mariaca *et al* 1997, Cornu *et al* 2001). Ces molécules passent très rapidement dans le lait (Viallon *et al* 2000) et se retrouvent dans le fromage, en quantités beaucoup plus importantes lorsque les animaux consomment, en vert ou sous forme conservée, des fourrages de prairie naturelle riches en dicotylédones, généralement caractéristiques des zones de montagne, comparativement à des alimentations à base d'aliments concentrés (Moio *et al* 1996), ou de fourrages monospécifiques (Buchin *et al* 1998, Viallon *et al* 1999, Bugaud *et al* 2002). Cependant, si ces molécules peuvent constituer des outils efficaces de marquage de l'origine des fromages (Cornu *et al* 2001), il ne semble pas que les variations de leur concentration dans les fromages soient suffisantes pour s'accompagner d'effet direct important sur la saveur des fromages (Moio *et al* 1996, Bugaud *et al* 2002).

L'effet de la nature de l'alimentation sur les caractéristiques sensorielles des fromages peut aussi être indirect. Ainsi, les différences de texture observées entre fromages de vallée et de montagne dans l'essai de Bugaud *et al* (2002) ou entre versants nord et sud d'un même alpage (Buchin *et al* 1999) sont à relier à des teneurs du lait en plasmine très variables d'une situation à l'autre. Cette enzyme protéolytique est connue pour avoir des effets importants dans les processus biochimiques d'affinage des fromages, en particulier dans les fabrications de pâtes pressées cuites. Dans certaines situations alimentaires, l'augmentation de sa concentration dans le lait pourrait être liée à une augmentation de la perméabilité cellulaire du tissu mammaire sous l'effet de l'ingestion de certaines espèces végétales (renoncles), présentes uniquement dans certains types de prairies. La composition de la matière grasse du lait (longueur

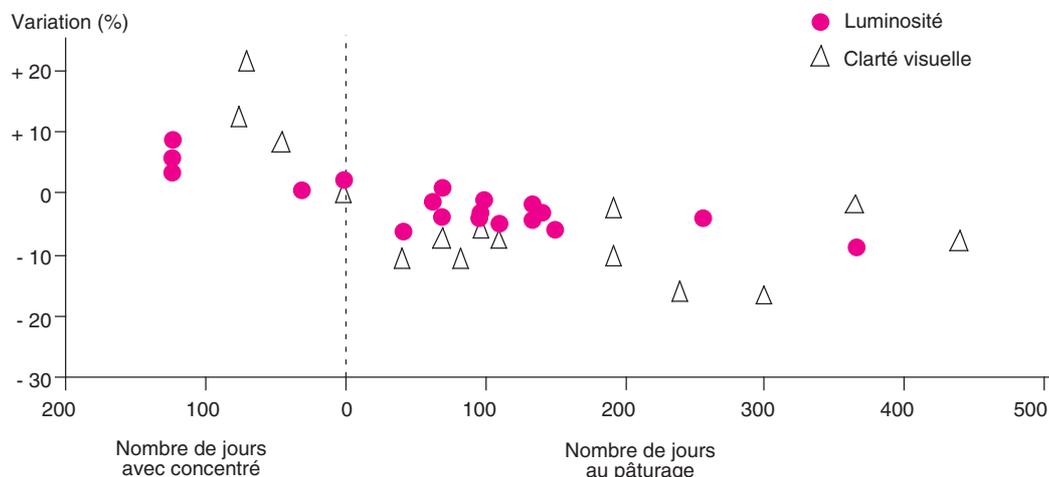
de la chaîne carbonée et degré d'insaturation des acides gras) qui dépend très fortement de l'alimentation des animaux (Chilliard *et al* 2000) peut aussi être à l'origine des différences de texture et/ou de saveur des beurres et des fromages (Collomb *et al* 1999, Bugaud *et al* 2002). Les beurres sont ainsi d'autant plus tartinables que la proportion d'acide linoléique est plus importante et que celle d'acide palmitique est plus faible, en raison des points de fusion différents de ces deux acides gras. De même, la cohésion des fromages d'Abondance est d'autant plus faible que les acides gras sont plus insaturés. Par ailleurs, certains acides gras peuvent être dégradés par les enzymes microbiennes lors de l'affinage du fromage pour donner des composés responsables d'arômes dans le fromage (Keen et Wilson 1992, Urbach 1997).

Enfin, on ne peut pas exclure que la nature des fourrages modifie l'écosystème microbien du lait ou son activité, comme le suggèrent les résultats obtenus par Buchin *et al* (1999), ou ceux de Martin *et al* (2001) et Bugaud *et al* (2002) qui montrent une relation inverse entre la production par les microorganismes de composés d'origine protéique et la présence de terpènes dans les fromages, composés dont on a vu l'origine végétale.

2 / Viande

Plusieurs facteurs exercent une influence sur la qualité sensorielle de la viande de ruminants. Ces facteurs peuvent être divisés en deux catégories : les facteurs intrinsèques (race, âge, sexe...) et les facteurs externes, dits environnementaux (régime, climat, procédure d'abattage...). Parmi ces derniers, l'alimentation joue un rôle important dans la détermination de la qualité. Cependant, les effets spécifiques des constituants du régime alimentaire sur la qualité de la viande sont difficiles à évaluer. Le régime alimentaire (en particulier herbe vs concentré) peut en effet avoir une influence sur la vitesse de croissance de l'animal et il est difficile de déterminer si les caractéristiques de la viande sont dues

Figure 1. Variation (%) de la clarté de la viande bovine, mesurée de manière instrumentale ou estimée visuellement sur le muscle longissimus, selon que les animaux ont été alimentés à l'herbe ou avec des régimes riches en concentrés (d'après Priolo *et al* 2001).



aux composants du régime alimentaire pour leurs propriétés intrinsèques ou plutôt aux différences de vitesse de croissance et de composition corporelle induites par ces régimes (Muir *et al* 1998). L'objectif de ce chapitre est de décrire l'état des connaissances actuelles concernant les effets des systèmes d'alimentation sur la couleur, la flaveur et la tendreté des viandes.

2.1 / Couleur

La figure 1 résume les résultats de 35 essais au cours desquels des mesures de luminosité (déterminée de manière instrumentale) ou de brillance (impression visuelle) du muscle *longissimus* étaient réalisées chez des bovins (taurillons ou bouvillons) finis au pâturage ou avec des régimes riches en concentrés, pendant des durées variables (Priolo *et al* 2001). Elle montre clairement que la viande des animaux finis au pâturage a tendance à être plus sombre. Cet effet pourrait être dû à plusieurs facteurs.

L'alimentation pourrait avoir un effet direct en modifiant la teneur en myoglobine du muscle, protéine responsable de la couleur de la viande (Renner 1981, Hopkins et Nicholson 1999). Cet effet n'est cependant pas souvent observé : dans les expériences que nous avons examinées, la myoglobine était rarement mesurée et, lorsqu'elle l'était, elle ne différait généralement pas entre les animaux au pâturage et ceux recevant une alimentation à base de concentrés. En revanche l'alimentation peut avoir un impact indirect sur la couleur de la viande via l'âge de l'animal, le poids et l'état d'engraissement de la carcasse, le taux de gras intramusculaire et le pH ultime de la viande, qui varient souvent selon le système d'alimentation.

Ainsi, le pH ultime du muscle est fortement corrélé à la couleur de la viande, en particulier à sa luminosité (Renner 1981). Or l'alimentation à l'herbe conduit généralement à un pH ultime de la viande plus élevé que lorsque les animaux sont alimentés avec des concentrés, en raison d'un potentiel glycolytique inférieur et d'une aptitude supérieure à la baisse du taux de glycogène musculaire en réponse aux manipulations lors de l'abattage (Bowling *et al* 1977). Immonen *et al* (2000) ont d'ailleurs montré que la distribution de rations très énergétiques pendant la période de finition protégeait le bétail d'un éventuel stress provoquant une chute de glycogène. Par ailleurs, les carcasses les plus grasses, obtenues en général avec des régimes à base de concentrés, permettent au muscle de se refroidir plus lentement, entraînant une baisse de pH plus rapide, ce qui peut conduire à des différences de couleur de la viande (Young *et al* 1999a, Farouk et Lovatt 2000).

Le pourcentage de gras intramusculaire pourrait aussi être en partie responsable des différences de luminosité de la viande d'animaux soumis à différents systèmes de production. Le gras est en effet moins coloré que le muscle et sa présence pourrait contribuer à augmenter la valeur de la luminosité (Hedrick

et al 1983). Enfin, certains auteurs (Muir *et al* 1998, Vestergaard *et al* 2000) considèrent l'activité physique comme un facteur potentiel affectant la couleur de la viande. En particulier, l'activité physique peut jouer un rôle indirect en modifiant les proportions des différents types de fibres musculaires (Vestergaard *et al* 2000).

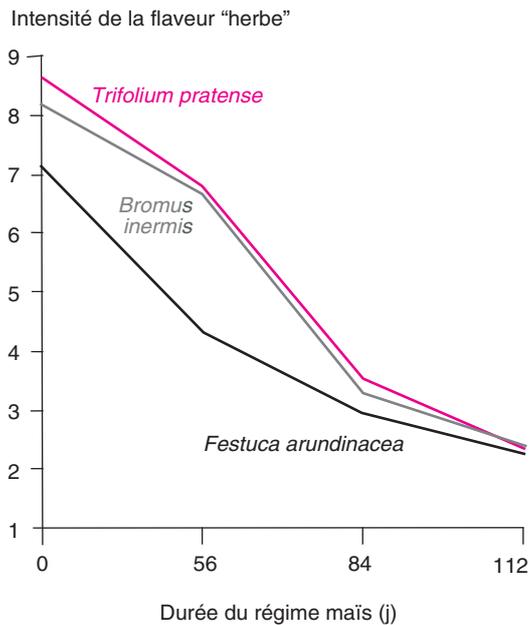
L'âge à l'abattage exerce aussi une influence sur la couleur de la viande. Bidner *et al* (1986) ont montré que des bouvillons Angus-Hereford et Angus-Hereford-Brahman finis à l'herbe et abattus à 482 kg de poids vif avaient une couleur de maigre plus sombre (mesure visuelle) et un taux de myoglobine supérieur (mesuré dans le *longissimus dorsi*) que les animaux finis aux concentrés. Aucune différence n'a été trouvée entre les groupes d'animaux en ce qui concerne le pH ultime de la viande. Toutefois, des expériences ont montré que la teneur du muscle en myoglobine augmente avec l'âge, ce qui a des conséquences sur la pigmentation de la viande (Renner 1986). Dans la mesure où les animaux étaient abattus à des âges différents (31 mois pour les animaux nourris à l'herbe et 21 mois pour les animaux nourris aux concentrés), il est difficile de déterminer s'il y a eu ou non un effet spécifique des composants du régime sur le taux de myoglobine.

2.2 / Flaveur

En Europe, certains consommateurs considèrent que les viandes issues d'animaux élevés à l'herbe ont un meilleur goût (Keane et Allen 1999) alors qu'aux États-Unis, au contraire, la viande d'animaux finis à l'herbe est moins appréciée pour sa flaveur que celle d'animaux finis aux concentrés (Melton 1990, Mandell *et al* 1998). Plusieurs auteurs ont en effet mis en évidence des différences de flaveur de la viande selon que les animaux (bovins ou ovins) étaient conduits au pâturage ou alimentés avec des régimes riches en concentrés (Bailey *et al* 1988, Young *et al* 1999b). Les animaux nourris à l'herbe se distinguent fréquemment par leur flaveur « pastorale » plus forte dont la rémanence, lorsque les animaux passent sur un régime riche en concentrés, est d'environ 3 mois (Melton *et al* 1982, Larick *et al* 1987).

Dans l'étude de Larick *et al* (1987), des bouvillons étaient élevés durant 7 mois sur trois pâtures différentes (*Festuca arundinacea*, *Bromus inermis* plus *Trifolium pratense* et *Dactylis glomerata* plus *Trifolium pratense*). Les animaux ont été abattus directement à la fin de la période de pâturage ou après 56, 84 ou 112 jours d'une alimentation à base de céréales (figure 2). Un jury de dégustation entraîné a attribué une note d'intensité de la flaveur « pastorale » de la viande (steaks). Cette valeur a été similaire quelle que soit la nature du pâturage, mais elle a diminué au cours du temps après le passage au régime à base de concentrés. Sept types de pâtures différents ont été utilisés par Young *et al* (1994) pour tester la flaveur de la viande ovine. Des agneaux âgés de 6 mois ont pâturé durant 6 semaines des parcelles composées d'une seule

Figure 2. Intensité et rémanence de la flaveur « herbe » de la viande bovine selon la nature de l'herbe pâturée et la durée d'alimentation à base d'ensilage de maïs (d'après Larick et al 1987).



espèce : ray-grass (*Lolium perenne*), fétuque élevée (*Festuca arundinacea*), dactyle (*Dactylis glomerata*), phalaris (*Phalaris aquatics*), luzerne (*Medicago sativa*), chicorée (*Chicorium intybus*) et herbe de prairie (*Bromus willdenowii*). La viande d'animaux pâturant du phalaris a présenté une intensité de flaveurs atypiques plus élevée et une variabilité du pH ultime supérieure. La variabilité du pH ultime n'explique pas les flaveurs observées ; en effet, même les échantillons dont le pH ultime était normal ont été caractérisés par de fortes flaveurs atypiques. Un résultat contradictoire a cependant été rapporté par Park *et al* (1972) qui ont observé que la viande d'animaux pâturant de la luzerne présentait plus souvent des flaveurs atypiques que celle d'animaux pâturant du phalaris.

Parmi les composés responsables de la flaveur typique de la viande ovine, les acides gras à chaîne ramifiée (AGCR) jouent un rôle important, en particulier les acides 4-méthyl-octanoïque et 4-méthyl-nonanoïque (Mottram 1998). Ceux-ci ont été considérés comme responsables de la flaveur indésirable du mouton cuisiné (Wong *et al* 1975). Contrairement aux bovins, les ovins et les caprins accumulent ces composés lorsqu'ils sont soumis à des régimes pauvres en fibres et riches en céréales (Van Soest 1994). Ainsi, chez des ovins abattus au même âge, un régime à base d'herbe peut engendrer une réduction de ces AGCR. Pourtant la flaveur caractéristique de mouton est plus forte lorsque les animaux sont élevés à l'herbe. Il semblerait que cela soit lié à la présence simultanée de 3-méthyl-indole (ou scatole, un composé fécal odorant) (Young *et al* 1997) et d'AGCR : la perception de la flaveur de la viande ovine, due aux AGCR, serait accrue par la présence simultanée de scatole. Ce produit est issu de la dégradation du tryptophane. Sa concentration supérieure dans les tissus adipeux des ruminants à l'herbe serait liée à un rapport

protéines/hydrates de carbone non fibreux plus important. Les systèmes pastoraux augmenteraient ainsi la perception de la flaveur typique de la viande ovine.

L'acide linoléique (C18:3) n'est pas synthétisé par les mammifères : c'est un acide gras caractéristique des lipides du fourrage dont il provient (Wood et Enser 1997, Geay *et al* 2001). Puisqu'une partie de celui-ci échappe à l'hydrogénation ruminale, les carcasses des animaux élevés au pâturage présentent un taux plus élevé de cet acide en comparaison de ceux élevés avec des régimes à base de concentrés (Larick et Turner 1990). Les produits de l'oxydation de l'acide linoléique ont été associés à des flaveurs spécifiques de la viande, résultant de la formation de composés volatils au cours de la cuisson (Marmor *et al* 1984). Melton *et al* (1982) ont montré que l'acide linoléique était fortement corrélé positivement ($P < 0,001$) avec les flaveurs « laiteux » et « huileux » et la saveur acide. Lors d'une expérience comparant des agneaux britanniques et espagnols (Sañudo *et al* 1998) on a pu voir que l'intensité de la flaveur était corrélée positivement avec la teneur en C18:3. Sachant que cet acide joue un rôle important dans la flaveur de la viande, Young et Baumeister (1999) ont suggéré que l'un des composés responsables de l'odeur pastorale de la viande de bœuf pouvait être le 4-heptanal. Ce composé est un produit de l'oxydation de l'acide linoléique, connu pour son odeur fortement désagréable. Il a été initialement trouvé sous forme de traces dans les parties grasses des moutons par Young et Baumeister (1999). Lors d'une étude sur des agneaux, des différences de teneur en 4-heptanal dues au régime alimentaire ont été mises en évidence par Elmore *et al* (2000) sur le muscle *longissimus* cuit.

Parmi les composés pouvant être directement transférés de l'herbe aux tissus animaux, on peut citer les terpénoïdes. Leur présence dans les tissus dépend fortement de la composition botanique de la pâture. Larick *et al* (1987) ont rapporté que chez les bovins, la concentration de néophytadiène dans les tissus adipeux est au moins 4 fois supérieure chez les animaux pâturant de la fétuque élevée par rapport à un mélange brôme-trèfle violet ou herbe de verger-trèfle violet. La concentration des composés terpénoïdes dans les tissus est fortement réduite après 56 jours d'une alimentation à base de céréales. Par ailleurs, Larick *et al* (1987) ont montré que la teneur en néophytadiène était corrélée positivement ($P < 0,01$) avec la flaveur « pastorale » de la viande.

2.3 / Tendreté

Larick *et al* (1987) ont montré que la force de cisaillement de la viande était réduite lorsque des boeufs initialement conduits au pâturage recevaient ensuite un régime riche en concentrés. L'amélioration de la tendreté de la viande de ces animaux peut être due à une plus forte teneur en lipides intra-musculaires, qui réduisent la résistance à la mastication, mais aussi à un plus faible risque de contraction au froid, et à un âge moins avan-

La flaveur de la viande est différente suivant que les animaux reçoivent une alimentation riche en concentrés ou pâturent.

La tendreté de la viande est plus élevée lorsque les animaux sont alimentés aux concentrés plutôt qu'au pâturage, en relation avec une teneur en lipides plus élevée et un abattage à un âge plus précoce.

cé à l'abattage (Sheath *et al* 2001). De plus, des carcasses riches en gras de couverture, typiques d'une alimentation riche en concentrés, peuvent aussi réduire le risque de contraction au froid en raison de l'effet protecteur des lipides contre un refroidissement rapide. Cependant, French *et al* (2001) n'ont trouvé aucune liaison significative entre la force de cisaillement de Warner-Bratzler ou la note de tendreté sensorielle et la teneur en lipides des carcasses chez les bovins. Priolo *et al* (2002) ont comparé des agneaux produits à l'herbe à des agneaux alimentés avec des concentrés, ayant les mêmes vitesses de croissance et abattus au même âge et au même poids. Les agneaux recevant une alimentation à base de concentrés ont présenté une viande plus tendre. Cette tendreté, mesurée par un jury d'analyse sensorielle, a été liée positivement à la teneur en lipides des carcasses, plus grasses que chez les agneaux produits à l'herbe.

L'âge à l'abattage peut jouer un rôle dans la tendreté de la viande parce que le collagène devient de plus en plus réticulé avec la mise en place, au cours du vieillissement de l'animal, de liens intermoléculaires covalents qui rendent la viande plus dure (Young et Gregory 2001). En outre, la réticulation du collagène augmente pendant les périodes de croissance animale réduite. En systèmes de production basés sur le pâturage, les variations saisonnières de la disponibilité en herbe peuvent réduire la croissance des animaux et par conséquent accroître la dureté de leur viande (Young et Gregory 2001). Le rôle du collagène sur la tendreté de la viande semble cependant n'être important que pour les muscles qui en contiennent une certaine quantité, comme par exemple le muscle *semitendinosus* tandis qu'il est moins important pour les muscles (comme le long dorsal) en contenant une très faible quantité (Listrat *et al* 1999). Ces derniers auteurs ont aussi démontré le rôle du type de collagène et de sa solubilité sur la tendreté de la viande.

Conclusions

Les différents résultats présentés ici montrent que les caractéristiques des fourrages consommés par les animaux modifient les

propriétés physico-chimiques et/ou sensorielles des fromages et des viandes. Ces effets peuvent être variables selon le mode de transformation de la matière première (technologie fromagère par exemple). Ils sont dus à la présence dans la matière première de molécules spécifiques issues directement de l'alimentation (carotènes, terpènes) ou produites par l'animal (plasmine, acides gras, scatole) sous l'effet d'une alimentation spécifique. Même si elles n'ont pas un impact sensoriel direct important, certaines de ces molécules peuvent ainsi être utilisées comme traceurs de l'alimentation (cas des terpènes par exemple) (Young *et al* 1997, Martin *et al* 2002a, Prache *et al* 2002) et/ou améliorer la valeur santé des produits (Pizzoferrato *et al* 2000, Chilliard *et al* 2001, Martin *et al* 2002b) en raison de leur effet protecteur contre les maladies cardiovasculaires ou certains cancers.

Si le mode de conservation du fourrage (vert/ensilage/foin) ne peut pas être considéré à proprement parler comme un élément du terroir, la composition floristique des fourrages, qui dépend fortement du milieu naturel, relève au contraire de cette notion. Ainsi de nombreux genres, parfois des familles botaniques entières ne sont représentées qu'en altitude (Gentianacées par exemple) (Dorioz *et al* 2000) et constituent alors un élément essentiel de la spécificité des zones de montagne. L'existence d'un lien entre milieu naturel et caractéristiques des produits peut cependant être menacée par des pratiques culturales conduisant à une certaine uniformisation des fourrages. Au regard de ces résultats, il nous semble que quels que soient les mécanismes responsables du lien fourrages-produit, le maintien de la bio-diversité des fourrages (verts ou conservés) est essentiel pour que le fromage ou la viande reflète au mieux l'originalité et la diversité du territoire où il est produit. Les démarches actuelles des responsables des filières AOC lait ou viande vont tout à fait dans ce sens.

Enfin, l'effet du terroir ne se limite pas à la simple dimension biologique du milieu ; il faut aussi tenir compte des dimensions historiques, sociales et économiques, qui dépassent le cadre de ce texte mais qui ne sont pas indépendantes des facteurs biologiques.

Références

- Agabriel C., Coulon J.B., Journal C., Sibra C., Albouy H., 1999. Variabilité des caractéristiques des fromages saint-nectaire fermiers : relations avec la composition du lait et les conditions de production. *Lait*, 79, 291-302.
- Bailey M.E., Suzuki J., Joseph H.G., Ross C.V., Keisler D.H., Purchas R.W., 1988. Volatile compounds and "grassy" flavor of lamb and beef related to feeding and storage. *Proc. 34th ICoMST, Brisbane, Australia*, 187-189.
- Bérodier F., 1997. Crus de Comté, flore des prairies et pratiques agricoles, Du terroir au goût des fromages, 5th plenary meeting AIR 2039- COST'95, 27-28 Septembre 1997, Besançon France, 186-189.
- Bidner T.D., Schupp A.R., Mohamad A.B., Rumore N.C., Montgomery R.E., Bagley C.P., McMillin K.W., 1986. Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Hereford-Brahman steers finished on all-forage or high-energy diet. *J. Anim. Sci.*, 62, 381-387.
- Bosset J.O., Jeangros B., Berger T., Bütikofer U., Collomb M., Gauch R., Lavanchy P., Scephovic J., Sieber R., 1999. Comparaison de fromages à pâte dure de type gruyère produits en région de montagne et de plaine. *Rev. Suisse Agric.*, 31, 17-22.
- Bowling R.A., Smith G.C., Carpenter Z.L., Dutton T.R., Oliver W.M., 1977. Comparison of forage-finished and grain-finished beef carcasses. *J. Anim. Sci.*, 45, 209-215.
- Buchin S., Delague V., Duboz G., Berdagué J.L., Beuvier E., Pochet S., Grappin R., 1998. Influence of pasteurization and fat composition of milk on the volatile compounds and flavor characteristics of a semi-hard cheese. *J. Dairy Sci.*, 81, 3097-3108.
- Buchin S., Martin M., Dupont D., Bornard A., Achilleos C., 1999. Influence of the composition of Alpine highland pasture on the chemical, rheological and sensory properties of cheese. *J. Dairy Res.*, 66, 579-588.

- Bugaud C., Buchin S., Hauwuy A., Coulon J.B., 2002. Texture et flaveur du fromage selon la nature du pâturage : cas du fromage d'Abondance. *INRA Prod. Anim.*, 15, 31-36.
- Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge R.M., Doreau M., 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*, 49, 151-205.
- Chilliard Y., Ferlay A., Doreau M., 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.*, 70, 31-48.
- Collomb M., Bütikofer U., Spahni M., Jeangros B., Bosset J.O., 1999. Composition en acides gras et en glycérides de la matière grasse du lait de vache en zone de montagne et de plaine. *Sci. Alim.*, 19, 97-110.
- Coulon J.B., Rémond B., 1991. Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply in the dairy cow: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 29, 31-47.
- Coulon J.B., Priolo A., 2002. Influence of forage feeding on the composition and organoleptic properties of meat and dairy products: bases for a "terroir". In : Multi-fonction grasslands: quality forages, animal products and landscapes. J.L. Durand, J.C. Emile, C. Huyghe and G. Lemaire (eds), British Grassland Society, 513-524.
- Cornu A., Carnat A.P., Martin B., Coulon J.B., Lamaison J.L., Berdagué J.L., 2001. Solid phase microextraction of volatile components from natural grassland plants. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 203-209.
- Demarquilly C., 1998. Ensilage et contamination du lait par les spores butyriques. *INRA Prod. Anim.*, 11, 359-354.
- Dorioz J.M., Fleury P., Coulon J.B., Martin B., 2000. La composante milieu physique dans l'effet terroir pour la production fromagère : quelques réflexions à partir du cas des fromages des Alpes du Nord. *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 40, 47-55.
- Dumont J.P., Adda J., 1978. Occurrence of sesquiterpenes in mountain cheeses volatiles. *J. Agric. Food Chem.*, 26, 364-367.
- Elmore J.S., Mottram D.S., Enser M., Wood J.D., 2000. The effects of diet and breed on the volatile compounds of cooked lamb. *Meat Sci.*, 55, 149-159.
- Farouk M.M., Lovatt S.J., 2000. Initial chilling rate of pre-rigor beef muscles as an indicator of colour of thawed meat. *Meat Sci.*, 56, 139-144.
- French P., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., Mooney M.T., Troy D.J., Moloney A.P., 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Sci.*, 57, 379-386.
- Geay Y., Bauchart D., Hocquette J.F., Culioli J., 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscle in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial quality of meat. *Reprod. Nutr. Dev.*, 41, 1-26.
- Grappin R., Coulon J.B., 1996. Terroir, lait et fromage : éléments de réflexion. *Renc. Rech. Rum.*, 3, 21-28.
- Hedrick H.B., Paterson J.A., Matches A.G., Thomas J.D., Morrow R.E., Stringer W.C., Lipsey R.J., 1983. Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. *J. Anim. Sci.*, 57, 791-801.
- Hopkins D.L., Nicholson A., 1999. Meat quality of wether lambs grazed on either saltbush (*Atriplex nummularia*) plus supplements or Lucerne. *Meat Sci.*, 51, 91-95.
- Houssin B., Foret A., Chenais F., 2002. Effect of winter diet (corn vs. Grass silage) of dairy cows on the organoleptic quality of butter and camembert cheese. In : Multi-fonction grasslands : quality forages, animal products and landscapes. J.L. Durand, J.C. Emile, C. Huyghe and G. Lemaire (eds), British Grassland Society, 572-573.
- Immonen K., Ruusunen M., Hissa K., Puolanne E., 2000. Bovine muscle concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Sci.*, 55, 25-31.
- Keane M.G., Allen P., 1999. Effects of pasture fertiliser N level on herbage composition, animal performance and on carcass and meat quality traits. *Livest. Prod. Sci.*, 61, 233-244.
- Keen A.R., Wilson R.D., 1992. Effect of breed on colour and flavour. In *Milkfat flavour forum*, NZDRI, Palmerston, 50-54.
- Larick D.K., Turner B.E., 1990. Flavor characteristics of forage- and grain-fed beef as influenced by phospholipid and fatty acid compositional differences. *J. Food Sci.*, 55, 312-317.
- Larick D.K., Hedrick H.B., Bailey M.E., Williams J.E., Hancock D.L., Garner G.B., Morrow R.E., 1987. Flavor constituents of beef as influenced by forage and grain feeding. *J. Food Sci.*, 52, 245-251.
- Listrat A., Rakadjiysky N., Jurie C., Picard B., Touraille C., Geay Y., 1999. Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing salers bulls. *Meat Sci.*, 53, 115-124.
- Mandell I.B., Buchanan-Smith J.G., Campbell C.P., 1998. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. *J. Anim. Sci.*, 76, 2619-2630.
- Mariaca R.G., Berger T.F.H., Gauch R., Imhof M.I., Jeangros B., Bosset J.O., 1997. Occurrence of volatile mono- and sesquiterpenoids in highland and lowland plant species as possible precursors for flavor compounds in milk and dairy products. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 4423-4434.
- Marmar W.N., Maxwell R.J., Williams J.E., 1984. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.*, 59, 109-121.
- Martin B., Coulon J.B., 1995. Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. II. Influence des caractéristiques des laits de troupeaux et des pratiques fromagères sur les caractéristiques du reblochon de Savoie fermier. *Lait*, 75, 133-149.
- Martin B., Buchin S., Hauwuy A., 2001. Effet de la nature botanique des pâturages sur les caractéristiques sensorielles du fromage de Beaufort. In : *I formaggi d'alpeggio e loro tracciabilità*, 230-237. ANFOSC ed. Bella.
- Martin B., Cornu A., Kondjoyan N., Ferlay A., Verdier-Metz I., Pradel P., Rock E., Chilliard Y., Coulon J.B., Berdagué J.L., 2002a. Comment reconnaître la nature des fourrages consommés par les vaches laitières ? Approches analytiques en cours de développement à l'INRA. A paraître
- Martin B., Ferlay A., Pradel P., Rock E., Grolier P., Dupont D., Gruffat D., Besle J.M., Ballot N., Chilliard Y., Coulon J.B., 2002b. Variabilité de la teneur des laits en constituants d'intérêt nutritionnel selon la nature des fourrages consommés par les vaches laitières. *Renc. Rech. Rum.*, 9, 347-350.
- Melton S.L., Black J.M., Davis G.W., Backus W.R., 1982. Flavor and selected chemical components of ground beef from steers backgrounded on pasture and fed corn up to 140 days. *J. Food Sci.*, 47, 699-704.
- Melton S.L., 1990. Effects of feeds on flavor of red meat: a review. *J. Anim. Sci.*, 68, 4421-4435.
- Moio L., Rillo L., Ledda A., Addeo F., 1996. Odorous constituents of ovine milk in relationship to diet. *J. Dairy Sci.*, 79, 1322-1331.
- Monnet J.C., Bérodière F., Badot P.M., 2000. Characterization and localization of a cheese georegion using edaphic criteria (Jura Mountains, France). *J. Dairy Sci.*, 83, 1692-1704.
- Mottram D.S., 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem.*, 62, 415-424.
- Muir P.D., Smith N.B., Wallace G.J., Cruickshank G.J., Smith D.R., 1998. The effect of short-term grain feeding on liveweight gain and beef quality. *New Zealand J. Agric. Res.*, 41, 517-526.
- Park R.J., Corbett J.L., Furnival E.P., 1972. Flavour differences in meat from lambs grazed on lucerne (*Medicago sativa*) or phalaris (*Phalaris tuberosa*) pastures. *J. Agric. Sci.*, 78, 47-52.
- Park Y.W., Anderson M.J., Walters J.L., Mahoney A.W., 1983. Effects of processing methods and agronomic variables on carotene contents in forages and predicting carotene in alfalfa hay with near-infrared-reflectance spectroscopy. *J. Dairy Sci.*, 66, 235-245.
- Pizzoferrato L., Manzi P., Rubino R., Fedele V., Pizzillo M., 2000. Degree of antioxidant protection in goat milk and cheese. *Proceedings 7th International Conference in Goats*, 2, 580-583.
- Prache S., Priolo A., Tournadre H., Jailler R., Dubroeuq H., Micol D., Martin B., 2002. Traceability of grass-feeding by quantifying the signature of carotenoid pigments in herbivores meat, milk and cheese. In : *Multi-fonction grasslands: quality forages, animal products and landscapes*. J.L. Durand, J.C. Emile, C. Huyghe and G. Lemaire (eds), British Grassland Society, 592-593.
- Priolo A., Micol D., Agabriel J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat color and flavour. *A review. Anim. Res.*, 50, 185-200.

- Priolo A., Micol D., Agabriel J., Prache S., Dransfield E., 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci.*, 62, 179-185.
- Renner M., 1981. La couleur de la viande et sa mesure. *Viande et Produits Carnés*, 2, 10-16.
- Renner M., 1986. Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine, *Bull. Tech. CRZV Theix, INRA*, 65, 41-45.
- Sañudo C., Nute G.R., Campo M.M., María G., Baker A., Sierra I., Enser M., Wood J.D., 1998. Assessment of commercial lamb meat quality by British and Spanish taste panels. *Meat Sci.*, 48, 91-99.
- Sheath G.W., Coulon J.B., Young O.A., 2001. Grassland management and animal product quality. *Proc. XIX International Grassland Congress, Sao Paulo Brazil*, 1019-1026.
- Sutton J.D., 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*, 72, 2801-2814.
- Urbach G., 1990. Effect of feed on flavor in dairy foods. *J. Dairy Sci.*, 73, 3639-3650.
- Urbach G., 1997. The flavour of milk and dairy products: II Cheese: contribution of volatile compounds, *Int. J. Dairy Technol.*, 50, 79-89.
- Urbach G., Stark W., 1975. The C-20 hydrocarbons of butterfat. *J. Agric. Food Chem.*, 23, 20-24.
- Verdier I., Coulon J.B., Pradel P., Berdagué J.L., 1995. Effect of forage type and cow breed on the characteristics of matured Saint-Nectaire cheeses. *Lait*, 75, 523-533.
- Verdier-Metz I., Coulon J.B., Pradel P., Viallon C., Berdagué J.L., 1998. Effect of forage conservation (hay or silage) and cow breed on the coagulation properties of milks and on the characteristics of ripened cheeses. *J. Dairy Res.* 65, 9-21.
- Verdier-Metz I., Coulon J.B., Viallon C., Pradel P., 2000. Effet de la conservation du fourrage sur les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des fromages. *Renc. Rech. Rum.* 7 : 318
- Verdier-Metz I., Pradel P., Coulon J.B., 2002. Influence of the forage type and conservation on the cheese sensory properties. In : *Multi-fonction grasslands: quality forages, animal products and landscapes*, J.L. Durand, J.C. Emile, C. Huyghe and G. Lemaire (eds), British Grassland Society, 604-605.
- Van Soest P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*, Second Ed. Cornell University Press Ithaca N.Y. USA, 476 p.
- Vestergaard M., Oksbjerg N., Henckel P., 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of *semitendinosus*, *longissimus dorsi* and *supraspinatus* muscles in young bulls. *Meat Sci.*, 54, 177-185.
- Viallon C., Verdier-Metz I., Denoyer C., Pradel P., Coulon J.B., Berdagué J.L., 1999. Desorbed terpenes and sesquiterpenes from forages and cheeses. *J. Dairy Res.*, 66, 319-326.
- Viallon C., Martin B., Verdier-Metz I., Pradel P., Garel J.P., Coulon J.B., Berdagué J.L., 2000. Transfer of monoterpenes and sesquiterpenes from forages into milk fat. *Lait*, 80, 635-641.
- Waghorn G.C., Knight T.W., 1992. β -carotene intake, digestion, absorption and metabolism in the dairy cow. In : *Milkfat flavour forum, NZDRI, Palmerston*, 42-49.
- Wong E., Nixon L.N., Johnson C.B., 1975. Volatile medium chain fatty acids and mutton flavour, *J. Agric. Food Chem.*, 23, 495-498.
- Wood J.D., Enser M., 1997. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. *Br. J. Nutr.*, 78, S49-S60.
- Young O.A., Baumeister B.M.B., 1999. The effect of diet on the flavour of cooked beef and the odour compounds in beef fat. *NZ J. Agric. Res.*, 42, 297-304.
- Young O.A., Gregory N.G., 2001. Carcass processing: factors affecting quality. In: *Meat science and applications*, Marcel Dekker Inc.
- Young O.A., Cruickshank G.J., MacLean K.S., Muir P.D., 1994. Quality of meat from lambs grazed on seven pasture species in Hawkes Bay. *NZ J. Agric. Res.*, 37, 177-186.
- Young O.A., Berdagué J.L., Viallon C., Rousset-Akrim S., Thériez M., 1997. Fat-born volatiles and sheepmeat odour. *Meat Sci.*, 45, 183-200.
- Young O.A., Priolo A., Simmons N.J., West J., 1999a. Effects of rigor attainment temperature on meat blooming and colour on display. *Meat Sci.*, 52, 47-56.
- Young O., Priolo A., Lane G., Frazer K., Knight T., 1999b. Causes of pastoral flavour in ruminant fat. *Proceedings 45th ICoMST, Yokohama, Japan*, 420-421.

Abstract

Sensory properties of meat and dairy products are affected by the forages consumed by the animals.

The nature of forages ingested by ruminants is one of the factors of variation of sensory properties of dairy products and meats. Recently, the effect of this factor was underlined, particularly for the PDO products. For these products, animal feeding is one of the elements that link the product to the "terroir".

Grass conservation as silage does not seem to affect cheese sensory properties when the silage is done properly, except for the colour which tends to be more yellow when the animals are fed silage. Contrarily when the animals graze grass, the cheeses have a more intense colour, flavour and odour, compared to winter rations based on hay and silage. The botanical composition of grass has an effect on cheese sensory properties. The most important differences regard texture, mainly in cooked type cheeses when cows graze in pastures with a great biodiversity.

These sensory differences can be due to milk constituents coming directly from animal food. This is the case of carotenoids, responsible for the yellow colour

of dairy products, and abundant in green forages. The differences can also be due to milk constituents that the animal produces which are different with different feeds. This is the case of the plasmin content of milk or fat composition that can affect cheese texture.

Meat from animals grazing grass is darker and tougher than meat from animals given concentrates. This effect can be partially linked to the ultimate pH (for the colour), to the age at slaughter (generally higher for animals grazing grass), to the carcass fatness and to the intramuscular fat content (higher for animals given concentrates). Grass feeding also affects meat flavour. This effect is probably linked to an increase of skatole and its interaction with branched chain fatty acids. Also animals grazing grass have a higher proportion of linolenic acid in their fat. Some products of oxidation of linolenic acid are responsible for the pastoral flavour of meat.

COULON J-B., PRIOLO A., 2002. La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *INRA Prod. Anim.*, 15, 333-342.