

La saveur des fromages et le rôle de l'alimentation des animaux

Roberto RUBINO

Via S. Oronzo, 169, 85100 Potenza, Italie. Contact : roberto@robertorubino.eu

Résumé : Dans les fromages, la complexité aromatique (odeur et goût) et la couleur varient beaucoup, même au sein d'un même type. Nous connaissons partiellement les molécules et les composés responsables et les facteurs qui déterminent leur concentration. Mais le consommateur n'a pas la clé de lecture pour faire des choix ciblés. Cet article fait le point sur l'état de la recherche et sur le rôle du régime alimentaire des ruminants. La couleur des fromages dépend de la présence de caroténoïdes dont la concentration est liée au stade physiologique de la plante et à l'environnement. L'odeur et l'arôme dépendent de molécules volatiles dont certaines proviennent de l'herbe, d'autres se développent suite à des processus technologiques et aux fermentations du rumen. Le goût est mal connu, les facteurs qui déterminent sa complexité sont très peu élucidés. L'hypothèse avancée est que le régime alimentaire des animaux a beaucoup plus d'importance que ce qui est rapporté et que les polyphénols peuvent être parmi les facteurs responsables du goût.

Mots-clés : : *fromage, arôme, goût, régime alimentaire, pâturage, polyphénols.*

Introduction

Dans la quasi-totalité des régions du monde, le prix du lait est établi parfois par les marchés boursiers des marchandises mais surtout par les organismes de collecte. Les variations de prix retenues par ces organismes sont généralement liées à des aspects locaux et commerciaux ou à des paramètres qui se réfèrent à la qualité, tels que les teneurs en matières grasses, matières protéiques et caséine, mais qui ont essentiellement une influence sur la quantité de fromage pouvant être obtenue et sa composition. Des paramètres qui, comme nous le verrons plus loin, ont peu de rapport avec le goût du fromage.

Pourtant, en entrant dans une crèmerie ou une fromagerie de quartier, même un consommateur inexpérimenté se rend compte que l'offre est large et variée. Dans son roman de 1983, *Palomar*, l'écrivain italien Italo Calvino (1923-1985), qui a beaucoup fréquenté la France et dont le père, agronome, avait été directeur d'un institut de recherche à Sanremo, avait la bonne clé de lecture quand il écrivait : « Derrière chaque fromage, il y a un pâturage d'un vert différent, sous un ciel différent : des prairies salées par les dépôts des marées normandes ; des prairies aromatisées avec les vents ensoleillés de Provence ; il y a différentes troupeaux avec des étables différentes et avec leurs transhumances spécifiques ; il y a des procédés secrets qui se transmettent de siècle en siècle ».

La littérature sait souvent nous offrir des interprétations de la réalité qui permettent non seulement d'appréhender l'ensemble et sa complexité mais aussi les détails qui font la différence au niveau des consommateurs. Les fromages sont très différents

les uns des autres selon les technologies fromagères employées, notamment l'affinage et le vieillissement, et aussi selon la qualité du lait. Les deux premiers facteurs ont été étudiés de manière approfondie, notamment parce qu'au cours des quarante dernières années, l'industrie du secteur a dû perfectionner ses processus de production pour garantir des produits sûrs, traçables et standardisés pour le marché et la demande des consommateurs. On ne peut pas en dire autant du lait, sauf pour les études sur sa salubrité, en raison des conséquences évidentes d'accidents, notamment ceux dus aux *Listeria*, *Staphylococcus aureus*, etc. Le consommateur souhaite, certes, un fromage sain, mais ses choix sont conditionnés, d'une part, par ses souvenirs, et d'autre part, par la couleur et la saveur (arôme et goût) et l'attraction du produit. Mais aujourd'hui, il a aussi d'autres exigences, en particulier celle de l'attention portée au bien-être animal ainsi que celle des effets sur l'environnement dont l'importance augmente de jour en jour.

Pourtant, la nature de la matière première est celle qui affecte le plus le niveau de qualité du produit transformé et, en particulier celle des fromages. En fait, si l'on prend comme exemple le lait des femelles ruminants qui vont aux alpages, on voit que sa complexité aromatique et nutritionnelle (arôme et goût) change énormément lorsque les animaux passent d'une alimentation à l'étable, à base de foin et d'aliments concentrés à celle du pâturage. Alors que si on fait une dégustation comparative entre des fromages produits avec le même lait mais avec des techniques de fabrication différentes : lait cru ou pasteurisé, avec ou sans starter (bien sûr avec des

fabrications bien maîtrisées), on peine à trouver les différences, il faut être de bons experts et en tout cas les différences tendent à être très limitées.

Ce n'est pas un hasard si en France 40 AOP (87%) ont une mesure de limitation de consommation d'aliments complémentaires par animal à l'année (Hulin *et al.*, 2019) : de 1 800 à 2 000 kg brut par vache laitière ; de 270 à 550 kg MS par chèvre ; 150 kg de MS par brebis laitière. Cela sous-entend que les responsables des organismes gestionnaires de ces appellations considèrent qu'une trop grande quantité de concentrés ingérés risque de nuire à la qualité du produit fini. Cette augmentation du concentré dans les rations des vaches s'explique simplement par le fait que les concentrés provoquent une augmentation de la production de lait. Cependant, la recherche concernant l'effet du régime des vaches sur la qualité du lait, elle-même se répercutant sur celle du fromage, est encore beaucoup trop partielle car le consommateur guide ses

choix non pas tant parce qu'il a les clés de lecture au niveau de qualité du produit, qu'en tenant compte des expériences accumulées personnellement sur ce type de fromage.

Au moins en Italie, le consommateur n'entre pas dans un commerce vendant des produits gastronomiques de qualité en demandant, comme Palomar, un fromage d'alpage plutôt qu'un fromage de pâturage. En effet très souvent quand il est jaune, il le rejette, car il pense qu'il est oxydé (Figure 1). Par conséquent, il est important de savoir tout d'abord quelles molécules ou quels composés sont impliqués dans la détermination de la saveur et ensuite quels facteurs déterminent leur concentration. Ce n'est qu'alors que nous pourrions dire que nous maîtrisons les facteurs qui nous permettent de définir à table le niveau de qualité du fromage et, aussi, de tous les autres aliments.



Figure 1. Variation de la couleur de fromages *Caciocavallo Palermitano* fabriqués avec la même technologie © Roberto Rubino. La couleur varie de blanc marbré à jaune intense. La complexité aromatique et gustative de ces fromages montrait aussi de grandes différences. Il est dommage de ne pas pouvoir relier ces différences à des critères de qualité.

Le sujet est complexe. Certains aspects ont été étudiés, d'autres très probablement pas secondaires, ont été à mon avis systématiquement négligés. Par exemple, il y a peu de travaux de recherches sur le thème du goût. Quand les chercheurs se proposent de le traiter, ils le font souvent d'une manière peu convaincante. C'est un sujet de recherches difficile car la flaveur d'un fromage est influencée par de multiples facteurs souvent en interaction entre eux. C'est pourquoi pour Ethnozootechnie n°109 – 2021

clarifier mes idées sur le sujet, j'ai analysé des travaux de recherches réalisés avec des objectifs très variés et des conditions expérimentales diverses. J'ai essayé d'en sortir un maximum d'information mais des plages importantes du sujet n'ont pas fait l'objet de recherches ou bien les travaux paraissent peu fiables. Dans ce cas, j'ai été obligé de me faire une opinion que je soumetts au lecteur en essayant de raisonner le plus objectivement possible.

En conséquence, le présent article a pour objectif de rapporter les acquis scientifiques quand ils existent et quand ils n'existent pas, de raisonner de la façon la plus objective. Je me sens capable d'apporter une réflexion utile sur ce thème car, pendant ma carrière, j'ai travaillé sur différents thèmes concernant le goût, l'arôme et la couleur des fromages issus de lait de ruminants femelles recevant des régimes très variés.

Cet article ne traite que les facteurs alimentaires des animaux qui sécrètent le lait utilisé à la fabrication des fromages, parce que ce sont des facteurs sur lesquels on peut agir et avec lesquels on peut observer des résultats assez facilement. En outre, ils parlent facilement aux consommateurs qui de plus en plus demandent à savoir comment sont traités les animaux dont le lait est utilisé à la fabrication des fromages.

A la fin de cette introduction pour éviter les ambiguïtés, donnons quelques précisions sur les systèmes alimentaires des vaches, notamment les systèmes à base de pâturage. Il existe deux systèmes alimentaires dominants dans le monde : les systèmes à l'étable et au pâturage. Dans le premier cas, les

animaux consomment la même ration souvent pendant une longue période. Au pâturage, la ration en réalité change tous les jours. Les pâturages sont un monde vivant. Dans la partie épigée il peut aussi y avoir une centaine de plantes différentes dont le stade végétatif est toujours en évolution, chaque plante a un ensemble différent de senteurs et une variabilité florale qui attire des milliers d'insectes dont les abeilles. Dans la partie hypogée, chaque plante a un type de racine différent, et le fait que dans un mètre carré il peut y avoir jusqu'à 7000 plantes (Carena et al. 1984) signifie que cet enchevêtrement de racines contribue à maintenir une bonne structure de la terre et un niveau suffisant de fertilité. Mais les pâturages naturels et permanents représentent avant tout la base idéale de l'alimentation quotidienne des ruminants. Ainsi, chaque jour, l'animal peut constituer son alimentation en choisissant et en sélectionnant toujours des plantes différentes. Pour cette raison, pendant la saison de pâturage, on peut et on doit s'attendre à ce que la saveur du fromage et la couleur changent presque quotidiennement.

La Couleur et les caroténoïdes

La première chose qui nous attire vers un fromage est l'aspect et en particulier la couleur. Si nous sommes dans une prairie fleurie et que nous regardons autour de nous, nous remarquons à quel point tout est coloré et si nous marchons, nous ressentons continuellement différentes odeurs qui se dégagent au contact des différentes herbes avec nos pieds. Pourquoi les herbes sont-elles colorées ? Parce que les plantes ont développé des mécanismes de défense contre les rayons UV-B et, parmi ceux-ci, il y a des caroténoïdes et des polyphénols, dont une partie est appelée UAC, produits qui sont présents dans les différents tissus de la plante, par exemple dans la couche de l'épiderme, la lignine, les feuilles et le pollen. Ils ont pour fonction d'empêcher les rayons UV-B de pénétrer à l'intérieur du mésophylle des feuilles.

Les substances les plus simples à identifier donnant des informations précieuses sur le niveau de qualité des fromages sont les caroténoïdes, qui jouent un rôle important dans la santé humaine et la nutrition en raison de leur fonction provitamine A et de leurs propriétés antioxydantes. Malgré leur faible teneur dans le lait, les caroténoïdes (β -carotène et lutéine) sont impliqués dans les propriétés sensorielles des produits laitiers via leurs propriétés colorantes et antioxydantes (Agabriel *et al.*, 2007). La couleur est moins évidente dans les fromages de chèvre et de buffle parce que le β -carotène est directement transformé en vitamine A, mais leurs fromages, si l'animal mange beaucoup d'herbe, prennent différentes

nuances de blanc. Or, comme la couleur du fromage est un très bon indicateur d'aspects spécifiques du fromage tels que l'arôme ou le potentiel antioxydant et comme les caractères physiologiques de l'herbe changent constamment en fonction de la latitude et de l'altitude, il serait important de savoir à quoi s'attendre pendant la saison de pâturage et que signifie la variation de la couleur du fromage. Malheureusement, il n'y a pas d'études spécifiques sur les différences des fromages en lien avec les variations de la qualité de l'herbe durant la saison de pâturage. J'ai pu trouver quelques données nous permettant de faire des hypothèses sur ce sujet.

Maxin *et al.* (2020) ont étudié l'évolution des caroténoïdes dans la phase initiale du stade végétatif et au stade de la floraison. 10 caroténoïdes ont été identifiés dans les plantes. En général, leur composition ne varie pas beaucoup entre les espèces ou pendant la phase végétative. Mais ce qui est intéressant et qui nous servira beaucoup quand on voudra comprendre les raisons de la variation de couleur d'un fromage, c'est le fait que la concentration en caroténoïdes totaux diminue significativement en passant du stade végétatif au stade floral. La réduction entre les deux stades végétatifs était importante (65%). La composition des caroténoïdes est pour ainsi dire identique à mesure que la plante grandit et le pourcentage de chaque caroténoïde varie peu entre le stade initial et le stade de floraison.

La diminution des caroténoïdes est supposée être due à la réduction du rapport feuilles/étamines entre la phase végétative et la phase de floraison, puisque les caroténoïdes sont essentiellement situés dans les feuilles, associés aux chloroplastes.

Ces données, bien que limitées à deux étapes seulement, nous permettent de faire l'hypothèse que la teneur en caroténoïdes est maximale au début de la phase végétative, diminue lentement jusqu'à la floraison et ensuite il semble très probable qu'elle diminue beaucoup plus vite lorsque l'herbe devient

jaune, car les caroténoïdes sont liés aux chloroplastes. Cette hypothèse se trouve toujours confirmée par la couleur des fromages de vache et de brebis : au début du pâturage ils sont très jaunes et puis l'intensité de la couleur diminue toujours jusqu'à devenir presque blanche, blanc ivoire ; en hiver, l'alimentation au foin procure des fromages plus pâles car la dessiccation (le fanage) entraîne une baisse de la teneur en caroténoïdes. Et puis les variétés herbacées présentes sur le pâturage jouent aussi un rôle. Les légumineuses, qui ont un rapport feuilles/tiges élevé, apportent plus de couleur au lait.

L'arôme et les composants volatils

Il existe une bibliographie bien fournie sur l'arôme du lait et des fromages. Presque tous les auteurs s'accordent à dire que ce sont les composants volatils qui sont responsables de l'odeur et que leur contenu dépend en partie de l'alimentation des animaux et en partie aussi des fermentations microbiennes du rumen. Dans une longue étude, Kilkawley *et al.* (2018) soutiennent que de nombreux groupes de composés volatils non terpénoïdes sont responsables de l'arôme du lait : esters, acides, lactones, alcools, phénols, composés soufrés, aldéhydes et alcools. Une grande partie de ces composés se forment à la suite de transformations chimiques (oxydation, cassure de la chaîne carbonée, etc.) des acides gras insaturés dont la teneur dans le lait est de toute façon déterminée par le système d'alimentation : plus l'animal mange de l'herbe, plus les animaux sont au pâturage et plus la teneur en acides gras insaturés est élevée. Par conséquent, les précurseurs sont tous là pour que les microbes du rumen puissent les transformer en molécules volatiles et odorantes. Par exemple, en ce qui concerne les aldéhydes, qui développent des odeurs très agréablement perceptibles (l'odeur classique de l'herbe), les auteurs affirment que « un nombre important d'aldéhydes peut être transféré des plantes au lait et au fromage ». Les alcools passent dans le lait surtout lorsqu'ils proviennent d'ensilages. Pour les acides, il n'y a pas seulement l'influence du régime mais aussi du mode de distribution et des conditions d'ingestion. Une distribution d'une quantité importante de concentrés ingérée rapidement, Bref, la quasi-totalité du monde scientifique s'accorde à dire que les terpènes proviennent de l'herbe et, pour cette raison, des chercheurs ont proposé de les utiliser comme marqueurs d'un territoire et même d'un « cru » (Zeppa *et al.*, 2003 ; Prache *et al.*, 2005).

Il serait aussi intéressant de savoir comment toutes ces substances évoluent au cours de la phase végétative. Tornambè *et al.* (2006) ont comparé deux systèmes de pâturage : prairie ouverte et pâturage en bande. Dans la prairie ouverte, les animaux avaient une surface

notamment à la traite, abaisse plus le pH du rumen, elle peut donc modifier l'orientation des fermentations ruminales. Les sulfures volatils ont beaucoup d'importance sur l'arôme en raison de leur odeur intense. La diméthylsulfone dans les fromages est étroitement liée au pâturage et, pour cette raison, c'est un indicateur évident ou un biomarqueur du pâturage. Les esters dérivent de processus d'estérification et d'alcoololyse, leur formation a donc des origines différentes mais elle est toujours liée à l'alimentation. La réponse n'est pas univoque, car seuls les composants qui sont issus de l'alimentation sont nombreux et différents. Les lactones, en revanche, sont plus sensibles aux traitements thermiques qu'au régime.

Quant aux terpénoïdes volatils, c'est un groupe de métabolites secondaires qui dérivent directement des plantes. Par conséquent, plus l'animal mange d'herbe, plus la quantité de terpènes augmente.

Mais comment la présence et la concentration de toutes ces substances varient en fonction de la situation du pâturage, et en particulier en fonction de l'altitude et de la latitude ? Bugaud *et al.* (2001) ont constaté que le niveau de terpènes est plus élevé dans le lait de montagne que dans le lait de plaine. Dans leur recherche, ils ont constaté que plus il y avait des terpènes dans l'herbe (limonène, bêta-fellandène, cymène, bêta-pinène et alpha-pinène), plus ils étaient retrouvés dans le lait.

suffisamment grande pour paître pendant un période d'environ 10 jours, dans la bande de pâturage, ils ont été forcés d'utiliser une surface beaucoup plus petite (environ 5 fois plus petite) pendant deux jours seulement. Dans le premier cas, la tendance des terpènes était assez similaire pendant la saison de pâturage, dans le second cas il y avait une multiplication par 5, du début à la fin, de la teneur totale en terpènes. La raison de cette augmentation importante est attribuée, par les auteurs, au fait que l'herbe broutée intensivement est toujours maintenue

basse et verte. Cette condition permet à la fois aux dicotylédones, plantes avec plus de feuilles, de prendre le relais et d'avoir toujours de jeunes feuilles et de jeunes pousses. A l'inverse, si les animaux avaient eu le choix, ils auraient également utilisé des plantes adultes, moins riches en terpènes.

Borge *et al.* (2005) ont analysé la présence de terpènes dans le lait de vaches « alpines » norvégiennes élevées dans trois systèmes d'alimentation différents. En période hivernale, une alimentation « à l'intérieur » a été adoptée, réalisée avec du fourrage vert conservé et du concentré, tandis qu'en été les animaux ont été nourris au pâturage et plus précisément par un pâturage précoce en début de saison et par un pâturage tardif à la fin saison. Les résultats sur une période de trois ans ont montré que la teneur totale en terpènes a triplé pendant la première période d'alimentation du pâturage (pâturage précoce) et a augmenté de 5 fois au cours de la deuxième période d'alimentation du pâturage (pâturage tardif), par rapport à l'alimentation à l'intérieur. Quatre de tous les terpènes trouvés dans les échantillons de lait n'ont été détectés que dans le lait de pâturage. Donc, dans ce cas, il y avait une forte différence entre le début et la fin du pâturage, mais nous n'avons pas d'information sur le type de pâturage et l'état végétatif de l'herbe au cours de cette expérience.

Des résultats similaires ont été trouvés par Chion *et al.* (2010) comparant des animaux élevés dans des stalles en hiver et au pâturage en été. Les échantillons de lait obtenus pendant la période estivale ont montré des

teneurs plus élevées en terpènes (présence des monoterpènes) dans le lait de pâturage par rapport au lait produit en hiver.

De Noni *et al.* (2008) ont suivi les vaches dans les pâturages à différentes altitudes. Le profil des monoterpènes du lait issu des pâturages d'altitude était strictement comparable à celui des pâturages moins élevés. Cependant, les niveaux les plus élevés de monoterpènes ont été trouvés dans le lait des vaches qui brouaient tôt dans la saison à 1400 m d'altitude.

Deux considérations : la première est que les terpènes diminuent au fur et à mesure que l'on avance vers la floraison et la seconde que les dicotylédones sont plus riches en terpènes car l'appareil foliaire est plus développé. Ainsi nous expliquons pourquoi les fromages de printemps, lorsque l'herbe est basse, sont plus jaunes et ont un arôme plus important.

On peut donc dire que la composante volatile des fromages a été largement étudiée, plusieurs centaines de molécules présentes sont connues et les causes qui déterminent cette complexité aromatique sont également connues. Il reste un problème, du moins pour moi : face à un nombre très élevé de substances odorantes, même le consommateur entraîné ne parvient pas à saisir cette complexité. On peut donc dire que la relation entre le nombre de notes odorantes et le niveau de qualité n'est pas linéaire. En pratique, un fromage banal peut avoir un nombre de notes odorantes proportionnellement plus élevé qu'un fromage à très haute complexité aromatique.

Le goût

Revenons au fromage et à sa dégustation. Quand, après avoir senti, on met un morceau de fromage dans notre bouche et après qu'il ait disparu du palais, on peut tout de suite se retrouver avec une bouche propre, du fait de l'intervention immédiate de la salive, ou avec un palais intensément stimulé par différentes sensations. En pratique, le goût peut être court et banal ou bien intense, varié et persistant. Ce n'est pas ici le lieu d'approfondir les aspects scientifiques du goût, mais cela ne me paraît pas secondaire de mieux clarifier l'approche et la méthode de dégustation, parce que tout ce qui vient ci-après est une conséquence de la façon dont notre goût s'est formé. On sait qu'il y a six goûts de base (Andersen *et al.*, 2020) : acide, amer, sucré, salé, gras et umami. Il y a ensuite les soi-disant « perceptions », dont certaines sont déjà définies comme kokumi, astringence, métallique, épicé, glucides, calcium, lipides, ... et d'autres qui attendent que quelqu'un leur donne un nom. En résumé, il est communément admis que les protéines, ou du moins certains fragments, sont responsables de l'amertume,

les acides aminés du sucré, le glutamate pour l'umami, les acides pour l'acidité et les sels pour le salé.

Sur cet aspect, je me limiterai à évoquer un travail, que je trouve intéressant, d'Engel *et al.* (2000) qui ont tenté de construire un modèle en rassemblant les molécules indiquées comme responsables du goût. Les tests réalisés nous ont permis de préciser l'impact relatif de ces composants sur le goût, mettant en évidence des interactions complexes entre composés : l'effet additif des sels sur la salinité, le renforcement de l'effet du chlorure de sodium sur l'acidité, un équilibre entre phosphate et lactate par rapport au pH et l'effet masquant du chlorure de sodium sur l'amertume, principalement dû au chlorure de calcium et au chlorure de magnésium. Les auteurs concluent que les sels minéraux et l'acide lactique sont les principaux composés actifs du goût, tandis que les lipides, la fraction volatile, le lactose, les acides aminés et les peptides n'ont pas d'impact significatif. Plus précisément, il a été démontré que le chlorure de

calcium et le chlorure de magnésium expliquent, plus que les peptides, le goût amer du fromage.

Mais nous sommes toujours dans le domaine des six goûts et des perceptions de base qui ne nous permettent pas de dire et de mesurer les sensations gustatives que nous ressentons lorsque nous dégustons un fromage ou une pomme ou du pain. Je parle de l'intensité, de la variabilité et de la persistance du goût. Dans un fromage provenant d'un lait d'un système intensif, le goût classique nous dira qu'il est légèrement acide, un peu sucré, avec une pointe d'acidité et pas très salé. Mais la persistance, l'intensité et la variabilité ne sont pratiquement pas évoquées. Au contraire, dans le cas d'un fromage de lait de pâturage, en bouche cette sensation grillée ou herbacée ne vous quitte jamais et change toujours, surtout s'il y avait de nombreuses espèces herbacées dans le pâturage. Qu'est-ce qui change d'une étable à un pâturage ? Si la même vache passe du pâturage à l'étable, les protéines de son lait seront les mêmes, donc elles ne sont pas responsables

de ce goût long ; la matière grasse totale subira de légers changements, tandis que sa composition change fortement : les insaturés augmentent et leur oxydation donnera plus d'aldéhydes et donc plus d'arôme, mais ils n'ont aucune influence sur le goût; les minéraux changent peu avec le système d'alimentation (Arunima *et al.*, 2017) et, par conséquent, ils ne peuvent pas affecter sensiblement le goût. Les corps chimiques qui changent beaucoup, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, sont les polyphénols. Il est vrai qu'une grande partie du monde de la science dit qu'ils peuvent tout au plus affecter l'astringence et l'amertume, mais je crois qu'ils peuvent jouer un rôle important dans cette partie peu considérée du goût, à savoir : l'intensité, la variabilité et la persistance. C'est un sujet qui mériterait une étude plus approfondie, mais il devrait être étudié en comparant des fromages de différentes classes de goût puis en traçant les molécules et en analysant les facteurs qui influencent leur concentration.

Les polyphénols et le rôle des herbes

Les fourrages contiennent de grandes quantités de composés aromatiques, à la fois dans la paroi cellulaire insoluble et dans le contenu cellulaire, et notamment des polyphénols solubles dans l'éthanol. Ces composés sont partiellement dégradés dans le rumen pour former différents composés aromatiques. Certains autres composants du régime sont également fermentés dans le rumen pour former des produits aromatiques ou hétérocycliques contenant de l'azote et du soufre et, occasionnellement, certains hydrocarbures aromatiques. Tous ces composés sont partiellement

absorbés, transformés dans les tissus animaux puis excrétés dans un pool de composés absorbant les UV (UAC) et enfin sécrétés par la mamelle ou déposés dans la viande.

Par conséquent, le rôle principal des polyphénols est de défendre les tissus végétaux contre l'action des rayons UV-B. Étant des antioxydants, ils jouent également un rôle important dans la nutrition des animaux et des humains et, enfin, ils peuvent avoir une influence sur le goût et la couleur du fromage.

Polyphénols de la végétation du pâturage

Mais comment leur contenu change-t-il au cours de la vie végétative de la plante fauchée au début de la floraison pour faire du foin, ou des herbes du pâturage qui sont toujours broutées en continu ? Au pâturage, cette herbe, surtout si elle est pluriannuelle, pousse sous l'impulsion de la coupe, se renouvelle et est toujours courte, jusqu'à ce qu'elle sèche avec l'arrivée de l'été. Ainsi, l'évolution de la composition phénolique sera différente selon que l'herbe est pâturée ou utilisée pour faire du foin.

Fraisse *et al.* (2007) ont réalisé une étude sur un pâturage naturel en Auvergne (altitude 1100 m) à trois périodes différentes, 30 mai, 13 juin et 26 juillet. Au niveau botanique, 43 espèces ont été identifiées, dont 31 sont des dicotylédones. Sur l'ensemble du pâturage, 170 différents composés polyphénoliques ont été détectés, dont environ 30 étaient présents au cours des trois périodes. Cependant, certains polyphénols étaient

spécifiques de certaines plantes tandis que d'autres étaient omniprésents dans des nombreuses plantes. Le total des polyphénols, dans les trois périodes successives, était de 31, 32 et 19 g/kg de matière sèche. Il y avait donc une très légère augmentation à la fin de juin, tandis qu'à la fin de juillet, lorsque les herbes étaient sèches, il y avait une forte réduction.

Tout cela dépend de la grande variation de la composition botanique au cours du temps. La teneur en acides phénoliques était très élevée au stade 2 (le double de celle des flavonoïdes), tandis que les flavonoïdes diminuaient régulièrement des stades 1 à 3. En général, certains composés augmentaient et d'autres diminuaient du stade 1 à 2 tandis qu'une tendance générale à la baisse a été observée au cours de la dernière période. La composition polyphénolique des principales plantes des prairies récoltées individuellement au deuxième stade de croissance a

montré que chaque espèce avait une composition polyphénolique bien définie. Toutes les plantes plus hautes contiennent des flavonoïdes dans leurs parties aériennes. Il faut surtout retenir de cette étude que certains des flavonoïdes sont omniprésents dans la plupart des plantes de pâturage tandis que d'autres sont spécifiques de chaque espèce.

Avec le vieillissement, la teneur en composants principaux des plantes les plus fréquentes diminue régulièrement. Comme la teneur en polyphénols est connue pour être plus élevée dans les feuilles que dans les tiges, la variation avec l'âge pour une plante donnée est principalement due à la diminution du rapport feuilles/tiges. Les conditions environnementales sont également impliquées : par exemple, des températures plus élevées ont un effet positif sur le contenu polyphénolique. Les auteurs concluent que le rôle des polyphénols est important car un animal au pâturage peut ingérer jusqu'à 500 g de polyphénols par jour, une quantité qui peut affecter son bien-être et la qualité de sa production.

Maxin *et al.* (2020), ont comparé 7 espèces d'herbes, cinq légumes et deux graminées à deux stades physiologiques : végétatif et floral. Un total de 115 pics a été détectés dans l'analyse, dont seulement 28 ont été identifiés. Presque tous les pics appartenaient

aux classes : phénols simples, benzoïques ou cinnamiques, flavonoïdes. Ainsi, contrairement aux pâturages naturels, où 170 pics ont été détectés, nous avons ici atteint un maximum de 115, démontrant que plus les espèces herbacées sont différentes dans le pâturage, plus la complexité aromatique sera marquée. Car si chaque herbe apporte un profil polyphénolique différent, il est clair que plus il y a de plantes dans le pâturage, plus la complexité polyphénolique et ses conséquences seront importantes.

Le résultat concernant les plantes individuelles est aussi intéressant. 12 pics ont été trouvés dans la luzerne, 40 dans le trèfle d'Alexandrie, 35 dans le sainfoin. Cependant, le nombre de pics détectés ne différait pas significativement entre les phases et la comparaison des profils chromatographiques a montré qu'il n'y avait pas de pic commun pour toutes les espèces végétales. Dans chaque espèce, la combinaison de deux ou trois pics principaux représentait plus de 70% de la totalité.

Les composés phénoliques étaient principalement constitués de flavonoïdes qui représentent en moyenne 83% du total. La distribution des composés phénoliques par classe variait selon les espèces végétales.

Les polyphénols du lait

Mais les polyphénols de l'herbe passent-ils ensuite dans le lait ? Il existe une bibliographie assez complète sur cet aspect. Nous avons publié un travail sur les chèvres auxquelles nous avons donné des branches d'aubépine et de bourrache (De Feo *et al.*, 2006). Dans les plantes et dans le lait, nous avons trouvé des flavonoïdes tels que la quercétine, la rutine et le bêta-sitostérol. Besle *et al.* (2010) ont comparé six systèmes fourragers : 1) intensif avec des concentrés à 66% de la ration et du foin de dactyle, 2) ensilage de maïs 86%, 3) ensilage de lolium 85%, 4) foin de lolium, 5) 87% de foin de prairie, 6) pâturage naturel avec 0,5 kg de concentrés par tête/jour. Dans les fourrages, le nombre de polyphénols était plus faible dans le groupe recevant de l'ensilage de maïs (57) et plus élevé dans le groupe pâturage (85). La quantité de phénols dans l'alimentation était faible dans les groupes ensilage (moins de 5 g/kg de matière sèche ingérée). En

revanche, dans le groupe de pâturage, les animaux en ingéraient environ 35 g/kg de matière sèche. La différence entre pâturage et régime à base d'ensilage de maïs concerne donc non seulement le nombre de polyphénols, +28, mais aussi la teneur totale qui était 7 fois plus élevée.

Au total, 230 pics différents ont été identifiés dans le lait. Ici aussi, les lots qui présentaient le moins de polyphénols étaient ceux qui restaient à l'étable en recevant de l'ensilage (87) tandis que le lot dont le régime est à base essentiellement de pâturage n'avait que 127 pics. Parmi les polyphénols identifiés, nous trouvons l'acide hippurique, l'acide phénylacétique, l'acide benzoïque, l'acide 4-idéoxybenzoïque et de petites quantités d'acide férulique et parmi les flavonoïdes, la quercétine, la lutéoline et l'apigénine.

Goût et polyphénols

Il existe une bibliographie suffisante pour affirmer que dans le lait et le fromage la présence des polyphénols peut être importante et que cela dépend de l'herbe et de son stade physiologique. Par contre, il n'y a pas eu de recherche, du moins à ma connaissance, relative au

rôle des polyphénols sur le goût. Or nous savons par des études conduites sur le vin et l'huile que les polyphénols sont responsables de l'astringence. Duizera et Langfried (2016) ont obtenu le même résultat sur le blé : les acides phénoliques de bas poids

moléculaire tels que l'acide vanillique et férulique sont responsables de l'amertume et de l'astringence quand on goûte du blé.

Nous sommes toujours sur des études de goûts de base ou de certaines perceptions. Mais on n'a pas d'informations sur les facteurs influençant la variabilité, l'intensité et la persistance du goût. Des polyphénols peuvent-ils être plus lourds que les acides phénoliques ? Il ne faut pas oublier aussi que les polyphénols se lient aux protéines, aux glucides et aux graisses. On a vu (Buitimea-Cantua *et al.*, 2017) que les polyphénols de haut poids moléculaire ont tendance à interagir étroitement avec les protéines et que cette interaction produit des agrégats qui affectent leur solubilité. Cette interaction influence les caractéristiques fonctionnelles et nutritionnelles des matières premières et, en particulier, elle est responsable de l'astringence, de la digestibilité des protéines, de l'absorption et de la biodisponibilité des antioxydants. Au-delà des goûts et des perceptions de base, il est difficile d'aller plus loin. Pourtant, les fromages fabriqués avec du lait de ruminants élevés au

pâturage ont un goût intense et persistant, et les seules molécules qui subissent une augmentation significative sont les polyphénols.

Pourquoi cette persistance ? Une étude de Wu et Zhao (2020) peut nous aider à formuler une hypothèse. Les auteurs ont émis l'hypothèse que la langue fonctionnait comme une surface poreuse et que les papilles gustatives avaient la forme d'une éponge de sorte que la vitesse de passage du stimulus gustatif était liée au poids moléculaire et au volume de la molécule ou du composé. Une molécule de faible poids moléculaire disparaît rapidement, au contraire, des molécules plus volumineuses transmettent le message aux récepteurs plus lentement, augmentant ainsi la persistance en bouche. Si l'on ajoute à tout cela que les polyphénols se lient non seulement aux protéines, donc à l'astringence, mais aussi aux graisses (Reis, *et al.*, 2020), avec des répercussions sur la perception de l'astringence et de l'amertume, on peut émettre l'hypothèse que la persistance du le stimulus gustatif est lié aux classes de polyphénols et à leurs différents poids moléculaires.

Conclusion

En dehors de la teneur en matière protéique et en matière grasse, le prix du lait tient très peu compte de ses caractéristiques ou de ses composants qui peuvent influencer la qualité et notamment le goût des fromages. Pour cette raison, le prix des fromages tient davantage compte du type ou de la technique fromagère que du niveau de qualité et surtout de la saveur du lait utilisé. Ce n'est pas un hasard si les prix sont très voisins, trop voisins si l'on considère que les différences sur les vins peuvent être énormes. Le consommateur ne dispose pas d'outils et de clés pour faire des choix ciblés, car les messages issus du monde de la recherche ne sont pas clairs, ni précis. En réalité, la règle qui détermine le niveau de qualité n'est pas connue. On ne sait toujours pas quel pourrait être le gradient qualitatif, la différence entre le fromage qui a le niveau de qualité le plus bas et celui qui a le plus haut. Essayons de résumer la situation actuelle du problème et voyons ce qu'il reste à faire.

Le consommateur est attiré par la couleur et la saveur du fromage. La couleur des fromages de vache et en partie de brebis a été très étudiée. On en sait très peu sur ceux de chèvre ou de bufflesse. Les molécules responsables sont connues, on parle de caroténoïdes, alors que presque rien n'est connu sur le rôle des

polyphénols, en particulier des flavonols, qui sont normalement responsables de la couleur des tissus végétaux ainsi que de leur contribution à l'action antioxydante et, peut-être, au goût. Les caroténoïdes proviennent de l'herbe et donc la relation entre l'alimentation à base d'herbe et la couleur des fromages de vache et de brebis est très claire, mais aussi pour les fromages de chèvre et de bufflesse, même si dans ce cas on parle de nuances. Mais si un animal mange beaucoup d'herbe, il ingérera également de nombreux composants volatils et de nombreux polyphénols qui sont également présents dans les plantes herbacées. Par conséquent, la couleur pourrait être un très bon indicateur du niveau de complexité aromatique et gustative, parce que d'après les données de la bibliographie, le contenu des caroténoïdes peut subir des variations dans un rapport qui va de 1 jusqu'à 500. Nous avons donc des données tendant à montrer que les fromages peuvent être très différents. Au lieu de cela, le message au consommateur n'est pas clair car la recherche continue de dire que les facteurs qui affectent la qualité sont nombreux et très compliqués. Et, donc, dans certains pays pour de nombreux consommateurs, le jaune est un défaut, les fromages de chèvre et de bufflesse doivent être blancs et plus le fromage est blanc, mieux c'est (Figure 2).



Figure 2. Beurres de couleurs différentes © Roberto Rubino. Est-ce que ce critère peut être mis en relation avec leur saveur assez complexe ? Les 2 beurres ont la même teneur en matières grasses (82%) et en protéines (traces), mais le beurre jaune, produit avec des animaux de pâturage, n'est pas seulement plus tartinable que le beurre blanc produit avec du lait d'élevage car plus riche en acides gras insaturés mais possède un arôme et un goût intenses car la teneur en molécules volatiles (terpènes, aldéides, etc.) et fixes (notamment polyphénols) est beaucoup plus élevée).

L'approche à l'arôme n'est pas très différente. Les molécules responsables, les volatiles sont connus, on sait que la plupart d'entre elles dérivent de l'alimentation, que les différences peuvent être importantes entre la teneur en substances volatiles d'un lait produit à l'étable par rapport à un lait produit sur le pâturage. On sait aussi que leur contenu change en fonction du stade végétatif de l'herbe mais, finalement, l'arôme est largement attribué aux fermentations microbiennes du rumen, à la lipolyse et à la protéolyse et, de façon plus limitée, au régime alimentaire des animaux. Pourtant, si nous comparons un fromage produit avec de l'ensilage et du concentré et un fromage fabriqué avec du lait produit sur des pâturages naturels même en utilisant les mêmes vaches, il est vrai que la digestion au niveau du rumen sera différente, que la lipolyse et la protéolyse seront différentes, mais beaucoup d'éléments agissant sur l'arôme dépendent des plantes herbacées présentes et choisies par l'animal, et en particulier les molécules volatiles qui en dérivent. Sans eux, ce serait un fromage banal.

Et puis il y a le goût. A partir de ce que j'ai lu sur les fromages mais aussi sur d'autres aliments, le goût est un sujet peu exploré en recherche, notamment parce qu'un équipement coûteux est nécessaire et difficile à gérer au moins jusqu'à il y a quelques années. En outre la discussion est très souvent bloquée sur les cinq saveurs base (acide, salé, sucré, amer et umami), paramètres qui ne permettent pas une mesure appropriée du goût d'un aliment (c'est en tout cas, mon

avis personnel). Tout le monde écrit que les molécules responsables sont les composants classiques ; ce peut être des acides, des sels, certains polyphénols au moins responsables de l'amertume et de l'astringence. Cependant, les études sur les polyphénols sont importantes dans presque tous les aliments, car ils ont un fort impact sur la santé en raison de leurs propriétés antioxydantes. Ces recherches nous apprennent également que leur concentration, au sein d'une même matière première, peut être très différente, variant dans une proportion de cent et parfois mille fois (comme dans le cas de l'oignon), selon la technique de production pour les végétaux, et le régime alimentaire des animaux produisant du lait ou de la viande.

Mais cela me semble évident, si je goûte un fromage de pâturage produit également le jour même de la traite, donc sans l'action de protéolyse et de lipolyse, je ressens un goût intense et persistant et tout cela ne peut venir essentiellement que de l'herbe. Il est probable que les molécules en cause soient les polyphénols, liés ou non à d'autres composés et notamment à des protéines.

Je crois donc que le rôle du régime alimentaire et des polyphénols est sous-estimé alors qu'une grande importance est accordée à d'autres facteurs : fermentations microbiennes au niveau du rumen, protéolyse, lipolyse, graisses et protéines. Cette situation a des conséquences évidentes sur les consommateurs et les producteurs. Les premiers n'ont pas de clés de lecture pour savoir quels sont les

facteurs qui agissent sur la qualité des produits qu'ils consomment et dans quelles conditions ils agissent. D'autre part, les producteurs ne sont pas rémunérés

pour la qualité du lait qu'ils produisent et reçoivent donc un prix qui n'encourage pas à distribuer un régime alimentaire respectueux du bien-être animal.

Références

- Agabriel C., Cornu A., Journal C., Sibra C., Grolier P., Martin B. (2007) Tanker milk variability according to farm feeding practices: Vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *J. Dairy Sci.* 90: 4884–4896.
- Andersen, C. A., Nielsen L., Møller, S., Kidmose P. (2020) Cortical Response to Fat Taste. *Chemical Senses* 45, 283-291.
- Arunima G., Galvin N., Lewis E., Hennessy D., O'Donovan M., McManus J. J., Fenelon M. A., Guinee T. P. (2017) Outdoor grazing of dairy cows on pasture versus indoor feeding on total mixed ration: Effects on gross composition and mineral content milk during lactation. *J. Dairy Sci.* 100, 1-14.
- Besle M., Viala D., Martin B., Pradel P., Meunier B., Berdagué J. L., Fraisse D., Lamaison J. L., Coulon J. B. (2010) Ultraviolet-absorbing compounds in milk are related to forage polyphenols. *J. Dairy Sci.* 93 :2846–2856.
- Borge G.I.A., Sandberg E., Øyaas J., Abrahamsen R. K. (2016) Variation of terpenes in milk and cultured cream from Norwegian alpine rangeland-fed and in-door fed cows. *Food Chemistry* 199, 195-202.
- Bugaud C., Buchin S., Hauwuy, A., Coulon J.-B. (2001) Relationships between flavour and chemical composition of Abondance cheese derived from different types of pastures. *Le Lait* 81, 757-773.
- Buitimea-Cantua N.E., Gutierrez-Urbe J.A., Serna-Saldivar S.O. (2017) Phenolic-protein interactions: effects on food properties and health benefits. *J. Med. Food* 00(0)1-11.
- Calvino I. (1983) *Palomar*. Arnoldo Mondadori Editore, 130 p.
- Carena A., Rubino R., Pizzillo M., Lomio I. (1984) Produzione di un pascolo naturale della montagna meridionale fertilizzato con differenti livelli di azoto. *Ann. Ist. Sper. Zootec.* 1, 1-30.
- Chion A.R., Tabacco E., Giaccone D., Peiretti P.G., Battelli G. E. Borreani G. (2010) Variation of fatty acid and terpene profiles in mountain milk and “Toma piemontese” cheese as affected by diet composition in different seasons. *Food Chemistry* 121, 393-399.
- De Feo V., Quaranta E., Fedele V., Claps S., Rubino R., Pizza C. (2006) Flavonoids and terpenoids in goat milk in relation to forage intake. *Ital. J. Food Sci.* 18, 85-92.
- Duizera L. M., Langfried A. (2016) Sensory characterization during repeated ingestion of small-molecular-weight phenolic acids. *J. Sci. Food Agric* 96, 513-521.
- Engel E., Nicklaus S., Septier C., Salles C., Le Queré J.L. (2000) Taste active compounds in a goat cheese water-soluble extract. 2. Determination of the relative impact of water-soluble extract components on its taste using omission tests. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4260-4267.
- Hulin S. Arranz J.M., Jost J., Spelle C. (2019) L'autonomie alimentaire en filières fromagères AOP, entre lien au terroir et agro-écologie. <http://www.rmtfromagesdeterroirs.com>.
- Fraisse D., Carnat A., Viala D., Pradel P., Besle J.M., Coulon J.B., Felgines C., Lamaison J.L. (2007) Polyphenolic composition of a permanent pasture: variations related to the period of harvesting. *J. Sci. Food Agric.* 87, 2427-2435.
- Hartley I. E., Liem D. G., Keast R. (2019) Umami as an 'alimentary' taste. A new perspective on taste classification. *Nutrients* 11, 182.
- Kilcawley K. N., Faulkner H., Clarke H. J., O'Sullivan M. G., Kerry J. P. (2018) Factors influencing the flavour of bovine milk and cheese from grass based versus non-grass based milk production systems. Review. *Foods* 7, 37.
- Maxin G., Cornu A., Andueza D., Laverroux S., Graulet B. (2020) Carotenoid tocopherol and phenolic compound content and composition in cover crops used as forage. *J. Agric. Food Chem.* doi: 10.1021/acs.jafc.0c01144.
- Prache S., Cornu A., Berdagué J.L., Priolo A. (2005) Traceability of animal feeding diet in the meat and milk of small ruminants. *Small Ruminant Research* 59, 157-168.
- Reis A., Perez-Gregorio R., Mateus N., de Freitas V. (2020) Interactions of dietary polyphenols with epithelial lipids: advances from membrane and cell models in the study of polyphenol absorption, transport and delivery to the epithelium. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, doi: 10.1080/10408398.2020.1791794
- Tornambè G., Cornu A., Pradel P., Kondjoyan N., Carnat A.P., Petit M., Martin B. (2006) Changes in terpene content in milk from pasture-fed cows. *J. Dairy Sci.* 89, 2309-2319.
- Wu Z., Zhao K. (2020) Taste of time: A porous-medium model for human tongue surface with implications for early taste perception. *PLoS Comput Biol* 16, e1007888. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007888>.
- Zeppa, G., Giordano, M., Lombardi, G., Gerbi, V. (2003) Use of terpene profiles for the mountain pastures characterization. In: *Proceedings of the First Joint Seminar of the FAO-CIHEAM Sheep and Goat Nutrition and Mediterranean Pasture Sub-Networks 'Sustainable Grazing, Nutritional Utilization and Quality of Sheep and Goat products'*, Granada, Spain, p. 106.