

La gestion des nombreux critères de qualité de la viande bovine : une approche complexe

I. LEGRAND¹, J.-F. HOCQUETTE², C. DENOYELLE³, C. BIÈCHE-TERRIER⁴

¹ Institut de l'Élevage, Service Qualité des viandes, MRAL, Boulevard des Arcades, 87060, Limoges, Cedex 2, France

² UMRH1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, 63122, Saint-Genès-Champagnelle, France

³ Institut de l'Élevage, Service Qualité des viandes, 149 Rue de Bercy, 75595, Paris, Cedex 12, France

⁴ Institut de l'Élevage, Service Qualité des viandes, Route d'Épinay, 14310, Villers-Bocage, France

Courriel : Isabelle.Legrand@idele.fr

La production de viande, notamment bovine, traverse une crise économique et fait également l'objet de nombreux débats sociétaux dans les médias, diversifiant et renouvelant ainsi les questions de recherche et développement autour de la qualité de la viande*.

La consommation de viande par personne, notamment de viande bovine, diminue régulièrement en France. Pour remédier à ce problème, la satisfaction des consommateurs en termes de qualité du produit doit être une priorité tout en assurant aux producteurs (de l'éleveur au transformateur) des revenus satisfaisants. Par ailleurs, la production de viande doit faire face à de nombreux enjeux sociétaux au niveau mondial qui sont : *i*) améliorer le bien-être des animaux dans les élevages et les conditions d'abattage, alors que tuer les animaux pour les manger est une question éthique grandissante, *ii*) maîtriser l'impact de l'élevage sur l'environnement et *iii*) réduire la faim dans le monde tout en faisant face à la nécessité de nourrir une population en pleine croissance, ce qui suppose d'augmenter drastiquement la production des ressources protéiques alimentaires. Ces questionnements sont de nature à diversifier les critères de qualité des viandes, ce qui conduit à de nouvelles questions de recherche et développement (R&D) que ce soit à court ou à long terme. Cet article se propose de faire état de l'art de ces questions en s'appuyant sur les connaissances disponibles notamment à travers les publications scientifiques les plus récentes.

La qualité d'un produit est une notion complexe qui a été définie par l'AFNOR (1987 et 1994) comme suit : « un produit ou service de qualité est un produit ou service dont les caractéristiques lui permettent de satisfaire les besoins exprimés

ou implicites des consommateurs » (NF X50 120 ou ISO 8402). Ainsi, le comportement des consommateurs de viande peut s'expliquer par différentes familles de facteurs tels que : *i*) les facteurs sensoriels, sanitaires et nutritionnels qui sont liés au produit lui-même, *ii*) les facteurs psychologiques et *iii*) les facteurs de marketing ou facteurs environnementaux (Font-i-Furnols et Guerrero 2014). De nombreux auteurs font une distinction entre deux familles de critères de qualité (Grunert *et al* 2004) :

i) les critères de qualité intrinsèque qui sont propres au produit lui-même, comme par exemple, dans le cas de la viande, les qualités sanitaires, sensorielles et nutritionnelles qui sont abordées successivement dans cet article ;

ii) les qualités extrinsèques au produit. Celles-ci font l'objet de la dernière partie de l'article et incluent l'impact environnemental, le prix, la marque, l'origine, et tout autre critère extérieur au produit mais de nature à satisfaire une partie des multiples attentes des consommateurs.

Cependant, dans les enquêtes auprès des consommateurs français, le consentement à payer plus cher est avant tout lié à la qualité en bouche (Crédoc 2009). C'est le goût (au sens large, soit l'ensemble des qualités en bouche) qui est le premier critère associé à un aliment de qualité (Tavoularis 2012), même si les préoccupations relatives à la santé sont de plus en plus prégnantes dans notre société.

1 / La filière viande bovine française

1.1 / Évolution de la production et de la consommation

La France est un pays producteur de viande bovine important au sein de l'UE₂₇ : c'est le pays qui a le plus grand cheptel européen et de loin, avec 19,1 millions de têtes sur 84,7 millions de bovins au total (soit 22,5%) en décembre 2013, devant l'Allemagne (14%), le Royaume-Uni (9,6%), l'Italie, l'Espagne, la Pologne, l'Irlande, pour ne citer que les principaux pays producteurs. La France dispose aussi du premier cheptel allaitant (34,5% de celui de l'UE₂₇), avec 4,1 millions de vaches allaitantes en 2013, loin devant l'Espagne (14,9%). Avec 3,7 millions de vaches laitières elle occupe la deuxième place européenne pour le cheptel laitier (15,9% de celui de l'UE₂₇), juste après l'Allemagne (18,4%) et avant la Pologne (9,9%) (FranceAgriMer 2014).

Pour autant, la production française de viande bovine et sa consommation diminuent régulièrement. L'érosion de la production sur le long terme est liée à la diminution des effectifs de vaches, notamment laitières, pour lesquelles un déficit existe depuis 2003. La baisse de la consommation de viande bovine en tonnage est plus récente : il y a eu un relatif maintien de 2002 à 2010 du fait

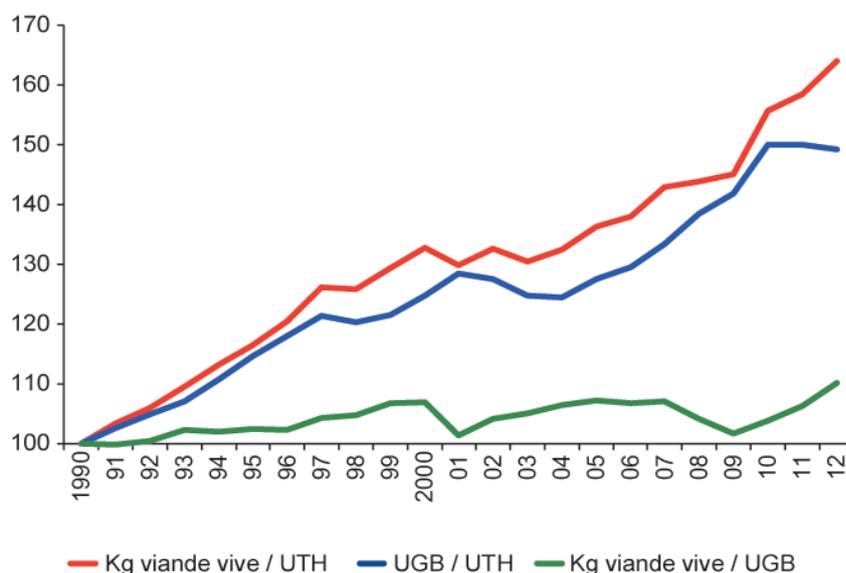
* Cet article est issu d'une communication orale présentée au Conseil d'Orientation Stratégique de l'Institut de l'Élevage le 28 avril 2015.

de l'augmentation de la population. Mais, la consommation par habitant et par an décroît depuis longtemps (- 2,5%/an de 1999 à 2006).

Ceci s'explique notamment par une baisse générale de la consommation individuelle de l'ensemble des viandes (près de 10% en 23 ans). De nombreuses raisons sont mises en avant, comme les crises sanitaires qui ont frappé la filière viande, l'image dégradée du produit viande et des pratiques d'élevage et de transformation véhiculée par les médias, la crise économique qui tend à diminuer les volumes consommés et à modifier la nature des produits achetés, les lieux d'achats qui restent parfois encore peu attrayants malgré les efforts faits durant les dernières années, les lieux de consommation qui évoluent avec davantage de Restauration Hors Domicile (RHD), etc. Il règne aujourd'hui une forte concurrence entre viandes, défavorable à la viande bovine, du fait de son manque de compétitivité économique, d'une image altérée en lien avec des préoccupations nutritionnelles ou environnementales, sans doute aussi d'un manque d'innovation, d'une trop faible différenciation des produits et d'une faible politique de marques de qualité. Fait historique, la consommation individuelle de viande de volailles est maintenant supérieure à celle de la viande bovine (veau inclus), laquelle est d'environ 24 kg/habitant/an en 2014 (contre 26,8 kg en 2005 et 28 kg en 1993-95 avant les crises de l'Encéphalopathie Spongiforme Bovine) [ESB].

Le consommateur a également évolué : il connaît de plus en plus mal les morceaux de viande de bœuf et leurs modes de cuisson, ce qui favorise l'insatisfaction lors de la consommation (Farmer *et al* 2016). Ceci a d'autant plus d'impact, que la viande proposée à l'étal est de qualité variable : c'est le côté « pochette surprise » de la viande bovine, connu de longue date. Cette hétérogénéité fortement préjudiciable est difficile à maîtriser : les viandes de ruminants sont effectivement issues de types génétiques (en termes de races notamment) et de pratiques d'élevage (choix du type d'animal, de son âge, du niveau de finition...) beaucoup plus divers que celles provenant des productions hors-sol (porcs, volailles). Enfin, le système de classement et de rémunération des éleveurs de bovins est basé sur les caractéristiques de la carcasse ; il ne permet pas de communiquer un niveau de qualité de la viande en bouche au consommateur de sorte qu'il n'existe aucune relation nette entre la classification des carcasses, le prix de la viande bovine au niveau du consommateur et la qualité gustative de cette viande (Normand *et al* 2014, Bonny *et al* 2016).

Figure 1. Évolution de la productivité du travail des éleveurs de bovins à viande en 20 ans (Veysset *et al* 2014).



Données issues du Réseau Charolais UMR Herbivores (équipe EGEE) : 51 exploitations du bassin Charolais en échantillon constant entre 1990 et 2012.

Ce contexte morose a conduit l'interprofession et les pouvoirs publics à mettre en place une nouvelle réglementation concernant la dénomination des viandes bovines et ovines commercialisées en rayon libre-service des Grandes et Moyennes Surfaces (GMS) ; (Ministère de l'économie, du redressement productif et du numérique 2014). Mise en place depuis le 13 décembre 2015, cette nouvelle approche simplifie le nom des morceaux, indique leur qualité potentielle (en lien avec le muscle concerné et son degré de préparation bouchère), et précise leur destination culinaire. L'objectif principal est d'aider le consommateur à mieux choisir et cuisiner sa viande et de limiter l'hétérogénéité des produits proposés sous une même dénomination, dans le but de limiter les risques de déception à la consommation. Toutefois, il est encore trop tôt pour quantifier l'impact réel de cet effort de clarification du rayon viande pour le consommateur.

1.2 / Les acteurs de la filière viande bovine française

Au niveau des producteurs, la figure 1 montre que la productivité du travail des éleveurs de viande a fortement augmenté en 20 ans. Seulement 10% de cette augmentation provient d'une amélioration des performances des animaux par le biais de la génétique ou des conditions d'élevage comme l'alimentation. Les 90% restants sont liés à une restructuration des élevages avec une forte augmentation de leur taille (Veysset *et al* 2014). Ceci n'a malheureusement pas permis d'accroître le revenu des éleveurs qui est resté stable au cours de la

période, contribuant ainsi au problème du renouvellement des élevages qui nécessitent par ailleurs un investissement en capital important.

Concernant les entreprises du secteur de la transformation de la viande, la France n'apparaît pas dans les grands groupes mondiaux (encore appelés « *global players* »), qui sont brésiliens (JBS, Marfrig, Brasil Foods), américains (Tyson Foods, Cargill) néerlandais (Vion) en viande bovine ou chinois en viande de porc. En effet, les grands groupes français de viande bovine (les trois premiers étant Bigard-Charal-Socopa, Elivia et SVA) n'ont pas de dimension internationale (Choteau 2014). Il en est de même pour la viande porcine (Rieu *et al* 2014). Les « *global players* » sont les modèles gagnants des filières viandes. Ils profitent d'effets d'échelle et de multi-implantations : lobbying puissants, proximité des Etats et des marchés. Par ailleurs, ce secteur d'activité du milieu de filière est caractérisé par des marges très faibles (Anonyme 2012).

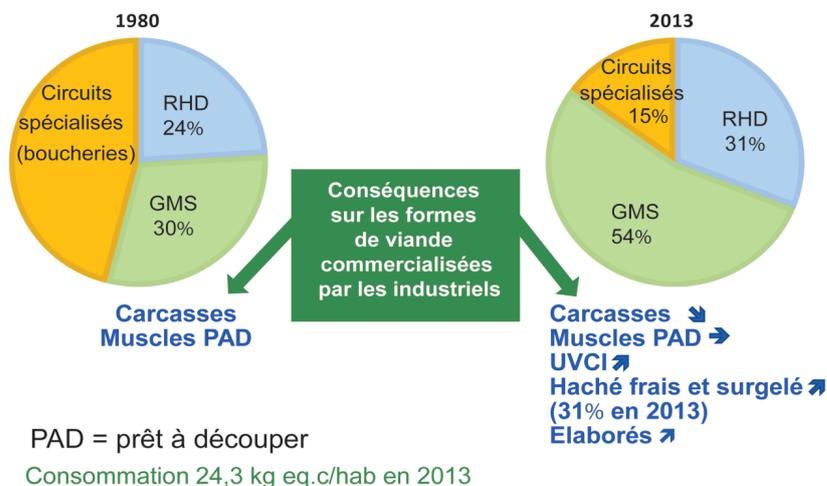
Quant à la distribution, elle a fortement évolué depuis 1980, avec une nette diminution des circuits spécialisés incluant notamment la boucherie artisanale (secteur qui a vu sa part de marché divisée par 3 en 33 ans), au profit de la RHD, qui a augmenté de 29% dans le même temps, et surtout des formes modernes de distribution (+ 47%, GMS incluant le Hard Discount) ; (FranceAgriMer 2014).

Ces évolutions ont induit des changements des formes de commercialisation des viandes par les industriels, avec une

diminution des ventes en carcasse au profit de produits plus travaillés comme les Unités de Vente aux Consommateurs (UVC), le steak haché frais ou surgelé (qui représente 31% de la consommation des Français en 2013, selon Interbev), ou encore les produits élaborés (figure 2). Sur les 70% de la carcasse bovine qui sont valorisés (environ 70% de rendement en viande nette commercialisable), une moitié l'est en morceaux, l'autre étant destinée à l'élaboration de steaks hachés (Anonyme 2012). D'après la récente enquête réalisée par l'Institut de l'Élevage pour l'interprofession (Champion *et al* 2015), la part du steak haché reste relativement stable en restauration collective où les achats d'autres produits élaborés progressent, mais elle augmente fortement en restauration commerciale à table. Par ailleurs, la viande transformée (haché, produits élaborés, plats préparés) représente 52% de la viande bovine distribuée par les GMS en 2014 (figure 3). Le haché est un « produit-service » dont une grande majorité d'opérateurs pense qu'il va continuer à croître dans les années à venir. En définitive, le « prix de la viande » n'est pas le prix des morceaux les plus chers, mais le prix moyen reconstitué avec l'ensemble des prix des différents morceaux.

Cette révolution du marché de la viande n'est pas sans conséquence : l'im-

Figure 2. Évolution des circuits de distribution de la viande bovine en 33 ans et conséquences sur les formes de commercialisation des industriels. (FranceAgriMer 2014)

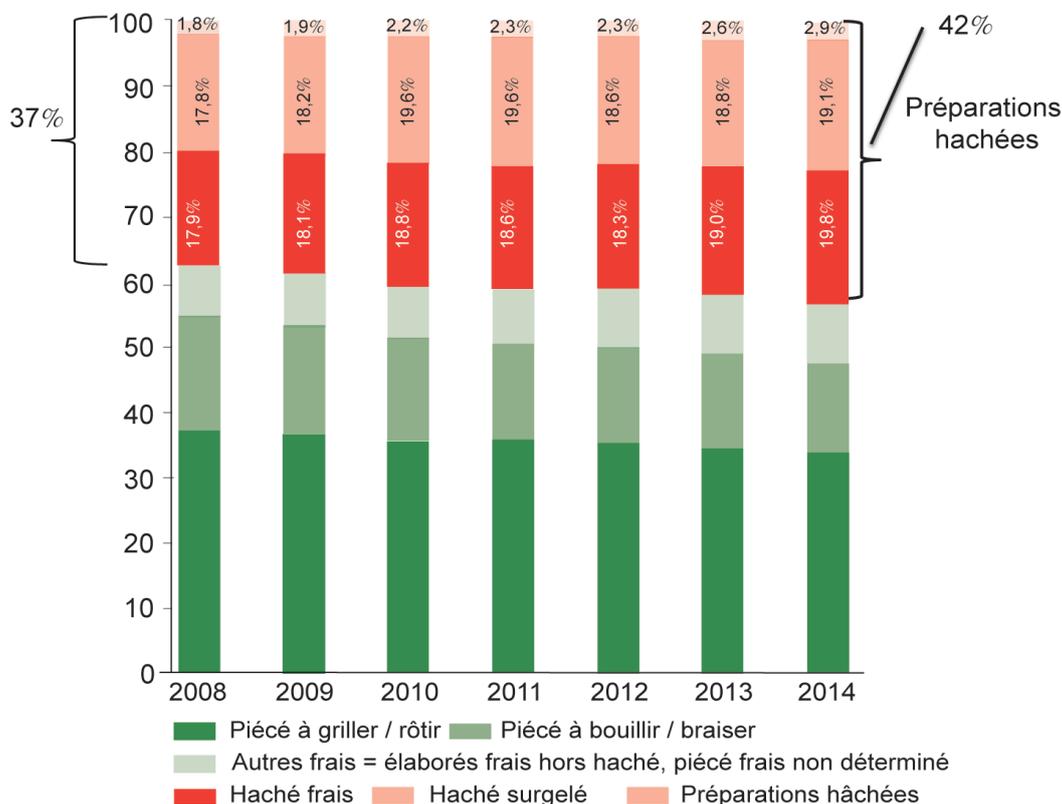


portant n'est plus tant le rendement en viande nette commercialisable de la carcasse (sauf en circuit cheville), que la façon de valoriser les différentes pièces de la carcasse. La difficulté est de fournir des produits relativement standardisés (auquel le consommateur est maintenant habitué) de qualité maîtrisée avec des animaux et carcasses très variés. Du fait de cette variabilité de la matière première, le travail des viandes est maintenant devenu un métier de tri, démontage et assemblage.

1.3 / Forces et faiblesses majeures de la filière

Pour conclure sur ces éléments de contexte, rappelons quelques-unes des forces et faiblesses de la filière bovine française (Chotteau 2014, Rieu *et al* 2014). Les forces reconnues sont liées à l'importance du cheptel allaitant national avec des races renommées, aux aides de la Politique Agricole Commune (PAC), à des élevages parmi les plus compétitifs en Europe, à l'existence d'une R&D

Figure 3. Évolution des achats de viande bovine par les ménages (Champion *et al* 2015).



En rouge et dégradés : les parts de produits hachés ; en vert et dégradés : les parts de viandes piécées. Les chiffres montrent l'évolution dans le temps de la part des produits hachés.

collective, à une industrie proche du terrain et donc de ses fournisseurs et de ses clients et enfin à une offre diversifiée et une image de qualité.

Les faiblesses tiennent au problème de renouvellement des éleveurs notamment compte tenu des bas revenus, à une PAC qui défavorise l'engraissement, à des charges fixes en élevage importantes, à une inadéquation entre l'offre des fournisseurs et la demande telle que perçue par les industriels ou distributeurs (rapport avants/arrières, poids de carcasse trop élevé...), à des relations délicates entre les maillons de la filière qui empêchent parfois d'évoluer par crainte de déstabiliser le fragile équilibre existant, à une baisse de la demande en brouards exportés vers les pays méditerranéens avec le développement de pays exportateurs concurrents, et à un milieu de filière fragile, car dégageant très peu de valeur ajoutée et souffrant du déficit de production global en France.

1.4 / L'évolution des attentes des consommateurs

La notion de qualité est très variable selon le maillon de la filière, si l'on considère qu'il n'y a pas un mais trois produits, auxquels s'intéressent des interlocuteurs différents : l'animal vivant, la carcasse et la viande. Chaque maillon de la filière a ainsi ses propres critères de pilotage (figure 4), ce qui sous-entend différents critères de qualité (figure 5). Ainsi, ce qui est important pour les éleveurs est assez éloigné de ce qui importe aux consommateurs. Nous nous intéres-

serons dans la suite de cet article aux attentes de ces derniers qui sont les plus importantes à satisfaire pour pérenniser la filière de viande bovine. Le consommateur s'intéresse à un grand nombre de paramètres, comme les qualités sanitaires, nutritionnelles, sensorielles, extrinsèques ou sociétales (service, image...). En outre, plusieurs facteurs d'ordre psychologique et culturel (valeurs socio-culturelles, croyances, mode de vie...) influencent la motivation, la perception, les attitudes et les attentes d'un consommateur envers les produits carnés (Font-i-Furnols et Guerrero 2014).

En effet, la définition de la qualité, qui fait référence aux « propriétés d'un produit qui contribuent à satisfaire les besoins des utilisateurs » (Norme ISO 8402 ou NF X 50-120), montre que cette notion dépasse largement les caractéristiques propres du produit ; c'est un concept social de convergence entre les attentes des consommateurs et les caractéristiques des produits. De fait, le produit n'est pas le seul élément à prendre en compte, car parler de qualité consiste à s'intéresser à l'interaction entre le produit et celui auquel il est destiné et nécessite de prendre en compte la perception et les attentes du destinataire. Il peut donc y avoir un décalage entre les caractéristiques intrinsèques du produit et ce qu'attend l'utilisateur final du produit.

Pour les opérateurs de la filière (producteurs, industriels de l'agro-alimentaire, distributeurs), il apparaît que les notions économiques de marges ou de coûts de production liés aux performances des

animaux sur pieds ou sous forme de carcasse sont importantes (figure 5). Pour les organisations publiques non gouvernementales et associations représentant les consommateurs ou les citoyens, ce sont d'autres aspects qui priment, comme l'environnement ou le bien-être animal, par exemple. La qualité sanitaire, et tout particulièrement la qualité microbiologique, mais aussi l'absence de résidus chimiques, intéressent grandement tous les acteurs : les éleveurs et industriels qui demandent des animaux en bonne santé, les transformateurs (industriels et distributeurs) dont l'intérêt est de vendre des viandes saines et les consommateurs qui souhaitent acheter des produits bons pour leur santé. Les qualités organoleptiques, nutritionnelles ou technologiques de la viande se trouvent en position intermédiaire : elles intéressent potentiellement les deux types d'interlocuteurs, mais moins que la qualité sanitaire qui est devenue un prérequis de nos jours. Il en est de même du bien-être lié aux conditions d'élevage, qui suscite un intérêt relatif moindre du côté professionnel. La notion de qualité n'a donc pas de caractère universel : elle dépend largement de l'interlocuteur concerné.

De plus, cette notion et par conséquent les objectifs de recherche, sont en permanente évolution depuis les années 1970. À l'époque, la priorité était de produire d'abord en quantité pour nourrir la population française, puis la notion d'efficacité de production, et dans les années 1990 celle de la qualité sensorielle ont pris de l'ampleur.

Figure 4. Les critères de décision des différents acteurs de la filière viande (Institut de l'Élevage, communication personnelle).

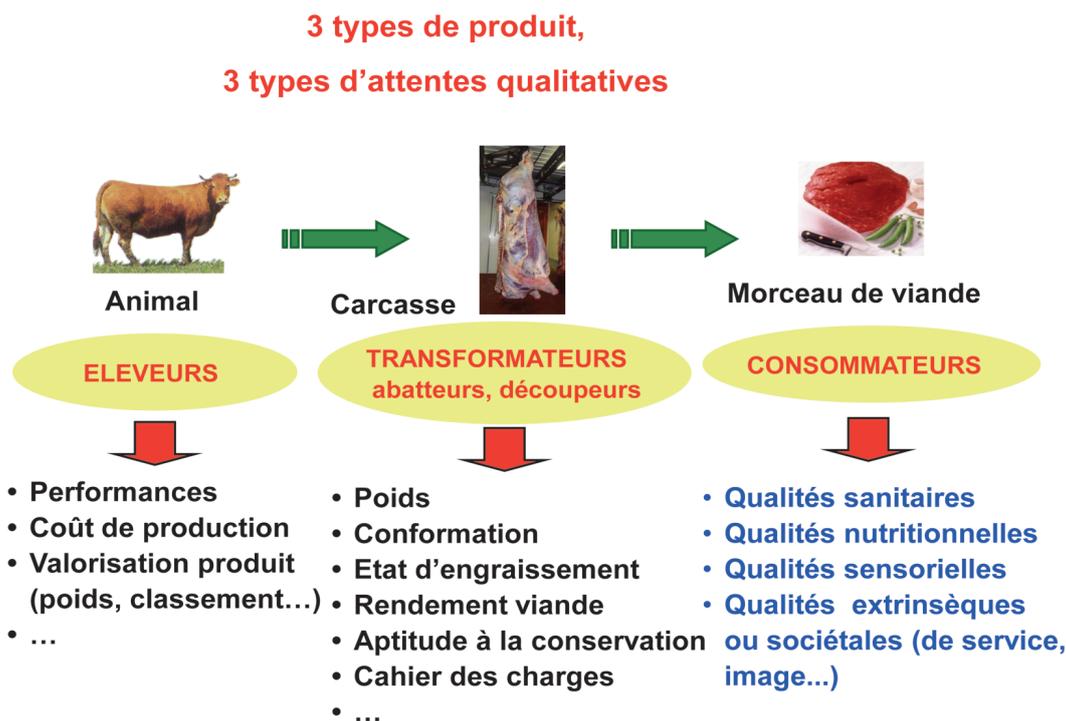
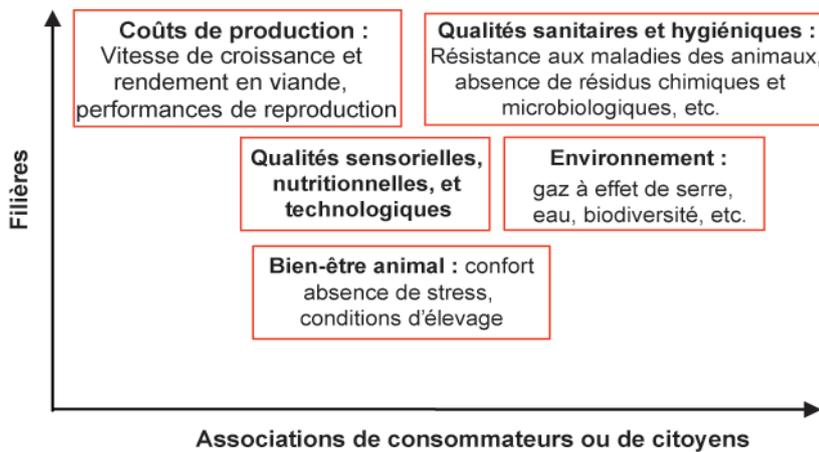


Figure 5. La qualité, une notion dépendante des interlocuteurs concernés (adapté de Dockès et al 2011).



Qualités sensorielles : aptitudes d'un aliment à satisfaire le consommateur au plan sensoriel

Qualités nutritionnelles : capacité d'un aliment à répondre aux besoins nutritionnels de l'Homme

Qualités technologiques : aptitude d'un aliment à la transformation et à la conservation

Plus un item est placé haut sur l'axe filières ou à droite sur l'axe consommateurs et citoyens, plus il est important pour ces catégories d'acteurs.

La sécurité sanitaire est aujourd'hui essentielle depuis les premières crises sanitaires majeures de l'ESB. Les notions de qualités nutritionnelles, de bien-être animal et de protection de l'environnement se sont ensuite rajoutées. En conséquence, les objectifs scientifiques évoluent et se complexifient ; ils doivent aujourd'hui intégrer de très nombreux critères y compris des aspects psychologiques liés à la perception subjective des critères de qualité par les consommateurs.

2 / Les qualités intrinsèques de la viande bovine

2.1 / La qualité sanitaire, en particulier microbiologique

La qualité sanitaire se rapporte au risque immédiat ou à long terme plus ou moins probable auquel la santé publique est exposée. Elle est ici uniquement abordée sous l'angle microbiologique (qualité hygiénique), qui est le point majeur pour un produit périssable comme la viande. Mais il existe d'autres risques sanitaires, notamment les risques chimiques (présence de métaux lourds ou autres substances toxiques) et physiques (présence d'aiguilles cassées par exemple).

Deux types principaux de microorganismes peuvent se retrouver sur les viandes : les flores d'altération et les flores pathogènes, qui sont des bactéries. Les premières ne posent pas de problème sanitaire en conditions normales, contrairement aux secondes qui peuvent provoquer des toxi-infections alimentaires. L'exemple des pathogènes permet de

constater qu'une approche globale, à tous les maillons de la filière, est indispensable pour espérer maîtriser au mieux la contamination des viandes bovines consommées par la population (Cartier 1997).

Le problème des pathogènes commence en effet à la ferme : ce sont les animaux eux-mêmes qui introduisent les germes dans la chaîne de fabrication des produits carnés. La contamination est généralement initiée sur la chaîne d'abattage, lors de la mise à nu des masses musculaires et de l'éviscération. Il s'agit d'une contamination « technologique ». Elle ne concerne que la partie superficielle des carcasses et reste en surface sur un steak. Les germes sont détruits par la cuisson, même de type « saignant ». Les viandes hachées, dont on a vu l'importance aujourd'hui dans la consommation en France, font exception. En effet, le produit est contaminé à cœur par le hachage et l'effet bactéricide de la cuisson dépend de la température à cœur (Cartier 1990, Cartier 1993). Ainsi, pour les viandes hachées de bœuf, il n'est pas possible de concilier la destruction des germes par la chaleur et l'obtention d'un degré de cuisson de type bleu (moins de 50°C à cœur). La cuisson de ces produits à une température à cœur de 75°C ou un degré équivalent (par exemple 70°C pendant deux minutes) est recommandée pour limiter les risques liés aux pathogènes. Il existe peu de mesures de maîtrise spécifiquement dédiées aux germes pathogènes, d'où la nécessité d'une « approche filière » aux yeux de l'Union Européenne, différant en cela de la position des USA, qui optent plus facilement pour des traitements décontaminants drastiques à certains stades

du processus de transformation. De fait, l'approche retenue en Europe repose sur des « bonnes pratiques » tout au long de la filière : la « défaillance » éventuelle de l'un doit effectivement pouvoir être « rattrapée » par un maillon ultérieur, sous peine de grave problème. Il est clair que l'étape de l'abattage proprement dite est cruciale, car il s'agit de retirer de l'animal deux éléments très hautement contaminés (à hauteur du million ou du milliard de germes), que sont le cuir et le tube digestif, en ne gardant sur la carcasse qu'1 germe sur 1000 ou sur 1 million. La maîtrise de l'hygiène à l'abattoir est donc capitale (Cartier et Bastien 1995, Bastien 1996). Cela concerne tout d'abord les animaux vivants, au travers d'actions sur leur cuir en bovinerie, avec notamment l'utilisation des grilles de notation de la propreté des bovins (Bastien *et al* 2006) et l'interdiction d'abattre les animaux très sales, en vigueur depuis début avril 2016. L'hygiène porte aussi sur les animaux morts, avec des précautions à prendre lors de la dépouille pour limiter les contaminations du cuir vers la surface de la carcasse (*via* « la spécialisation des mains » par exemple), et des précautions lors de l'éviscération (ligature de l'herbière [œsophage], réduction/élimination des accidents d'éviscération, ensachage du rectum). Dans une récente note, la DGAL (2016) rappelle ainsi aux exploitants d'abattoir et à ses services d'inspection l'importance de la gestion des souillures sur les carcasses à l'abattoir. Par la suite, la surface de la carcasse peut être partiellement « décontaminée » sur la chaîne (même si le terme est sans doute un peu fort) par de l'eau chaude, de la vapeur d'eau (Cartier 2009), ou de l'eau additionnée d'acide lactique plus récemment autorisée (EFSA 2011).

Les actions à mener ou à envisager aux différents stades de la chaîne en cas d'émergence d'un nouveau risque pathogène sont donc de nature très variées. Le cas du risque lié aux STEC (*Escherichia coli* producteurs de Shigatoxines) illustre parfaitement cette idée. Les STEC sont des bactéries responsables de diarrhées sanglantes et/ou de dysfonctionnements très graves des reins (syndrome hémolytique et urémique) pouvant conduire à la mort. Le premier cas de toxi-infection alimentaire lié aux STEC est apparu en 1982 aux USA, après l'ingestion de steaks hachés contaminés à cœur et insuffisamment cuits : c'est la maladie dite « du hamburger ». D'autres épisodes d'infections humaines ont été recensés depuis et ce groupe de germes hautement pathogènes fait l'objet de nombreuses recherches de par le monde pour tenter de limiter les risques associés (Legrand 1997a et b, Brugère *et al* 2012). Les recherches sont très larges, (figure 6) partant de l'élevage jusqu'à la

Figure 6. La nécessité d'une approche très large, impliquant tous les maillons de la filière en cas d'émergence d'un nouveau risque pathogène tel celui lié aux STEC. (adapté de Marzin 2015, communication personnelle).

Caractériser le portage des STEC chez les bovins en élevage :

Cinétiques d'excrétion par les gros bovins, identification des animaux « super-excréteurs », circulation et persistance des souches dans les élevages positifs
Prévalence du portage des STEC chez les veaux

Réduire le portage en élevage :

Effets de l'incorporation de probiotiques à la ration sur le portage et l'excrétion

Limiter les contaminations en abattoir :

Redéfinition des grilles de propreté des bovins

Optimiser les mesures de maîtrise en abattoir :

Identification des localisations préférentielles des souches dans le tractus gastro-intestinal (oesophage, panse, rectum ?)

Assainir les produits de gros bovins :

Effets de techniques de décontamination autorisées appliquées aux carcasses ou aux viandes

Sécuriser les contrôles libérateurs des produits :

Identification de la répartition des germes dans les mêlées de steak haché

En gras : les leviers d'action

En caractères normaux : des exemples d'actions possibles

cuisine (AFSSA 2006, ANSES 2011). En élevage, il s'agit de caractériser le portage des STEC chez les bovins afin de mieux connaître les cinétiques d'excrétion des germes par les adultes, d'identifier les animaux « super-excréteurs », d'étudier la circulation et la persistance des souches dans les élevages positifs (Bibbal *et al* 2015). La prévalence du portage des STEC chez les veaux est aussi concernée. Par ailleurs, des essais de réduction du portage et de l'excrétion des STEC en élevage sont en cours chez ces jeunes animaux, en testant l'incorporation de probiotiques à la ration. Les recherches pour limiter les contaminations en abattoir prennent également plusieurs formes. Il pourrait être envisagé de redéfinir des grilles de propreté des bovins plus adaptées, d'optimiser les mesures de maîtrise en abattoir par identification des localisations préférentielles des souches de STEC dans le tractus gastro-intestinal (oesophage, panse, rectum ?) [Bertin et Forano 2013] et d'assainir les produits de gros bovins : carcasses (acide lactique, Vapovac pour

réduire la contamination microbienne de surface) ou viandes (test des hautes pressions sur les steaks hachés ; Cartier 2012). On s'intéresse aussi aux contrôles libérateurs du produit à risque que constitue le steak haché. Il s'agit d'étudier la répartition des germes dans les mêlées de steak haché, afin d'identifier le nombre de prélèvements et les sites à prélever pour sécuriser les contrôles libérateurs (afin de libérer le lot de produits correspondant à la mêlée, en minimisant les risques pour les consommateurs ; Bièche-Terrier *et al* 2015). Cet exemple illustre parfaitement l'importance des recherches transversales : éviter de trop compartimenter les approches autorise une prise de recul et une réelle maîtrise des risques, donc de la qualité de la viande proposée à la consommation.

2.2 / La qualité nutritionnelle : composition nutritionnelle et valeur santé

Les viandes ont une composition nutritionnelle relativement homogène, au

moins pour les protéines et les micronutriments. En effet, la teneur moyenne de la viande crue en protéines est d'environ 20%. Comme pour les autres sources de protéines animales, la composition en acides aminés des viandes correspond bien aux besoins nutritionnels de l'Homme car elle est équilibrée, les viandes contenant tous les acides aminés essentiels (revues de Rémond *et al* 2010 et Lecerf *et al* 2014). Pour cette raison et aussi du fait d'une forte digestibilité et d'une vitesse de digestion élevée, les viandes contribuent de façon importante à la couverture des apports nutritionnels conseillés en protéines, et sont des aliments intéressants pour limiter la fonte musculaire chez les personnes âgées (Rémond *et al* 2014).

La viande est aussi une source alimentaire importante de micronutriments (tableau 1). Au sens réglementaire elle est source de fer (surtout la viande rouge), zinc et vitamines B3, B6 et B12 ; c'est-à-dire que 100g de viande apportent plus de 15% des Apports Journaliers Recommandés au niveau européen (AJR). Mais la viande est également intéressante pour ses apports en vitamine B1, B2, B5 et B9, ainsi qu'en sélénium. Le cas de la vitamine B12 est particulièrement intéressant, car cette vitamine essentielle à notre survie et notre bien-être (importante pour le renouvellement cellulaire) provient quasi exclusivement de sources animales. Ainsi, les petits consommateurs de produits carnés (< 45g/j) auraient des apports alimentaires moyens en vitamines B1, B3, B12 et en fer inférieurs aux gros consommateurs de produits carnés (> 70g/j) (revue de Lecerf *et al* 2014). Les viandes sont donc des produits alimentaires aux qualités nutritionnelles indéniables.

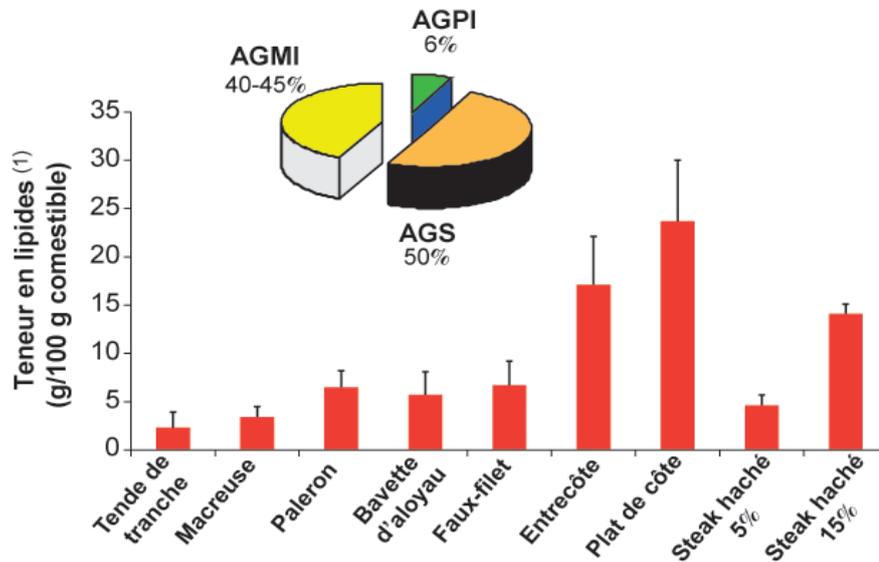
Concernant les lipides des viandes, deux paramètres sont importants : la teneur et la composition, lesquels dépendent de nombreux facteurs qui sont bien connus : le morceau considéré, l'âge de l'animal, son type génétique, son sexe, et son alimentation qui joue un rôle important sur le profil en acides gras des viandes, même si ce rôle est moins important que chez les monogastriques (porc, volaille). Globalement la teneur en lipides des viandes varie de 1-2% à 15% (Normand 2005, revue de Lecerf *et al* 2014), ce qui est en moyenne moins que pour le poisson. Il est à noter que le steak haché contient au moins 5% de lipides, soit autant sinon plus que la viande à griller (figure 7).

La viande de mouton est la plus riche en acides gras saturés, puis viennent la viande de bœuf, de veau, et enfin celle de porc et de volaille, la chair de poisson étant de toute façon moins riche en

Tableau 1. Intérêt nutritionnel de la viande de gros bovins (adapté de Evrat-Georgel 2005).

Nutriment	Moyenne	Coefficient de variation (%)	% d'apport de 100g/ANC	% des AJR pour un steak de 150g
Cholestérol (mg/100g)	64,5	8,4	-	-
Protéines (g/100g)	18,8	5,9	30,8	40 à 100
Fer total (mg/100g)	2,22	19,2	15,9	15 à 25
Zinc (mg/100g)	4,1	30,4	27,5	25 à 40
Sélénium (µg/100g)	8,9	58,8	13,9	10 à 30
Vitamine B1 (mg/100g)	0,08	31,3	5,9	≈ 10
Vitamine B2 (mg/100g)	0,19	23,5	11,6	15 à 20
Vitamine B3 (mg/100g)	4	18,7	21,9	30 à 45
Vitamine B5 (mg/100g)	0,47	40,3	7,9	10 à 15
Vitamine B6 (mg/100g)	0,38	12	18,9	25 à 35
Vitamine B9 (µg/100g)	7,9	33,8	3,9	3 à 6
Vitamine B12 (µg/100g)	2,2	27,8	222	140 à 300

ANC = Apports Nutritionnels Conseillés ; AJR = Apports Journaliers Recommandés.

Figure 7. Les lipides dans la viande : une quantité éminemment variable, dont la composition peut être améliorée (adapté de Durand et al 2005 et Bauchart et al 2008).

(1) Pour différents morceaux de viande de 16 vaches de réforme

acides gras saturés et plus riche en acides gras polyinsaturés (revue de Lebret *et al* 2015). Afin de disposer de données complètes et cohérentes sur la qualité nutritionnelle des viandes bovines produites et consommées en France, des travaux ont été conduits par l'Inra en 2005-2007 à l'initiative du Centre d'information des viandes (CIV). Les objectifs de ce travail étaient notamment d'actualiser les bases de données françaises du Ciqual (Centre d'information sur la qualité des aliments) avec des données récentes et fiables et de fournir au consommateur une information pédagogique plus complète (Bauchart et Gandemer 2010).

La composition en acides gras de la viande bovine est d'environ 40-50% d'acides gras saturés, 40-45% d'acides gras mono-insaturés, et seulement 6% d'acides gras polyinsaturés (figure 7 ; revue de Durand *et al* 2005, Normand

2005). Ceci pose question vis-à-vis de la santé humaine, car les apports recommandés sont de l'ordre de 25% d'acides gras saturés, 60% d'acides gras monoinsaturés, et 15% d'acides gras polyinsaturés.

Concernant plus spécifiquement l'effet santé des viandes, les viandes de ruminants sont critiquées pour leur teneur en lipides perçue comme élevée et leur composition trop riche en acides gras saturés, qui favoriseraient l'obésité, les maladies cardiovasculaires et autres pathologies. De nombreuses recherches ont donc été conduites pour préciser l'influence des facteurs d'élevage sur la teneur et la composition des viandes en acides gras quelle que soit l'espèce (revue de Lebret *et al* 2015). Toutefois, d'un point de vue nutritionnel en alimentation humaine, ce qui est important est la quantité de lipides totaux, saturés ou non qui est réellement consommée quel

que soit l'aliment et non pas la composition spécifique d'un aliment donné. Ainsi, par exemple, dans la culture japonaise, on observe une consommation élevée de poissons (et donc des apports importants en acides gras polyinsaturés) et une consommation faible de viande bovine persillée riche en acides gras (le bœuf de Kobe) sans pour autant observer les désordres métaboliques connus aux États-Unis ou en Europe qui sont attribués à la consommation de matières grasses saturées. En réalité, la viande bovine ne contribue qu'à hauteur d'environ 5% aux apports alimentaires en lipides chez l'Homme en France (revue de Bauchart et Thomas 2010). De plus, les connaissances évoluent rapidement, ce qui rend certaines préconisations obsolètes, bien que toujours dans les mémoires de bon nombre de consommateurs. Ainsi en est-il des acides gras saturés, longtemps fustigés, mais dont le rôle négatif vis-à-vis de la santé humaine est sérieusement ébranlé : chez les bovins, le plus important des acides gras saturés est l'acide stéarique, dont on sait aujourd'hui qu'il est neutre pour la santé humaine. Au fur et à mesure des avancées scientifiques, les ANC (Apports Nutritionnels Conseillés, définis au plan national pour différents groupes de population et correspondant au niveau d'apport moyen permettant de couvrir les besoins nutritionnels de 97,5% des individus appartenant à un même groupe) sont donc revus et les recommandations portent de plus en plus souvent sur certains acides gras spécifiques, identifiés comme potentiellement préjudiciables, plutôt que sur de grandes familles d'acides gras.

D'une façon générale, chez le ruminant, la nature et la proportion des différents éléments entrant dans la composition de la ration de base (alimentation à base d'herbe ou de concentrés) et les suppléments lipidiques (en particulier sous forme de graines oléagineuses) ont

une certaine influence sur la nature des acides gras déposés dans la viande, même si elle est moins importante que chez les monogastriques du fait du fonctionnement du rumen qui tend à modifier les caractéristiques des graisses ingérées. Ainsi, par exemple, une alimentation à base d'herbe, ou encore supplémentée avec des graines de lin et surtout de l'huile de lin favorise le dépôt d'acides gras polyinsaturés n-3 (et donc une baisse du rapport n-6/n-3) ainsi que le dépôt de l'acide ruménique (C18:2 9*cis*, 11*trans*) favorables à la santé humaine. Cependant, l'amélioration de la valeur santé des acides gras des viandes bovines doit tenir compte de la production d'acides gras issus des processus microbiens de biohydrogénation et de *trans*-isomérisation des acides gras polyinsaturés dans le rumen. Certains de ces acides gras d'origine microbienne sont bénéfiques à la santé humaine, tels les CLA comme l'acide ruménique (C18:2 9*cis*, 11*trans*) et son précurseur l'acide vaccénique (C18:1 Δ11 *trans*), mais d'autres sont franchement nocifs en raison de leurs propriétés pro-athérogènes (C18:1 Δ 9 *trans* et C18:1 Δ 10 *trans*) ; (Normand *et al* 2005, revue de Bauchart et Thomas 2010, Normand *et al* 2010).

Certaines initiatives professionnelles exploitent avec succès les résultats ci-dessus. Par exemple, la démarche Bleu Blanc Cœur « repose sur plus de 170 études scientifiques réalisées chez l'animal (en partenariat avec l'Inra, Institut d'Élevage...) et aussi sur des études cliniques humaines ». Dans cet exemple, les éleveurs ont une obligation de moyens portant notamment « sur l'alimentation des animaux avec introduction de sources naturelles en oméga 3 (graines de lin, luzerne, herbe...), une limitation du soja (car le plus souvent importé, source de déforestation et aussi particulièrement riche en Oméga 6 excédentaire dans nos régimes) » (<http://www.bleu-blanc-coeur.org/c/80/Nutrition-animale>). Il n'en demeure pas moins que la physiologie des ruminants (bio-hydrogénation des acides gras dans le rumen) limite les possibilités d'action par l'alimentation animale.

De plus, les acides gras polyinsaturés étant plus sensibles à la peroxydation, l'augmentation de leur teneur dans la viande souhaitable pour améliorer la qualité nutritionnelle du produit est de nature à favoriser la peroxydation lipidique. L'oxydation des lipides, et aussi des acides aminés, conduit à une perte plus ou moins importante de leurs biodisponibilités, mais également à l'apparition de produits de dégradation impliqués dans diverses pathologies comme le cancer, les maladies cardiovasculaires ou neurodégénératives (revue de Durand *et al* 2012). L'oxydation des lipides

peut être réduite en diminuant le stress émotionnel juste avant abattage et en modifiant les conditions de stockage de la viande, notamment en évitant les conditionnements sous atmosphères enrichies en oxygène. Durant la phase de finition, elle peut être également fortement réduite par l'apport dans la ration des animaux d'élevage d'un antioxydant de type vitamine E et d'un mélange d'extraits végétaux riches en antioxydants de type polyphénols (Gobert *et al* 2010).

Cependant, au plan de la santé, le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a récemment pointé du doigt la forte teneur en fer héminique des viandes rouges, plus que la teneur et/ou la composition en lipides. En octobre 2015, il a ainsi classé la consommation de viandes rouges comme probablement cancérigène et la consommation de charcuteries comme cancérigène pour l'Homme sur la base d'études épidémiologiques (Bouvard *et al* 2015). Des travaux expérimentaux récents ont permis de démontrer le rôle central du fer héminique qui induit une forte peroxydation lipidique luminale aboutissant à la formation de composés cytotoxiques et génotoxiques. Différentes stratégies nutritionnelles (basées sur la modification des produits carnés proposés aux consommateurs ou sur la modification du régime alimentaire global) sont possibles pour limiter de la peroxydation lipidique (revue de Pierre 2016).

Pour conclure sur les qualités nutritionnelles et l'effet santé des viandes, le COS de l'Institut de l'Élevage encourage le développement d'un discours plus clair, simple et moins défensif pour mettre en avant les atouts de la viande de ruminants souvent oubliés (en mettant en valeur les apports de qualité en protéines, vitamines et minéraux essentiels). Bien qu'il soit difficile de corriger complètement la composition en acides gras de la viande de ruminants en raison des biohydrogénations dans le rumen, des possibilités existent et doivent continuer à être exploitées tout en étant conscient que la viande de ruminants n'est qu'un contributeur mineur en termes d'apports lipidiques dans l'alimentation humaine. Des manques de connaissance ont été identifiés concernant les effets de certaines familles d'acides gras (en particulier *trans*) ou de certains peptides (par exemple, la carnosine) sur la santé humaine ainsi que sur la nutrition protéique chez la personne âgée (notamment concernant la vitesse de digestion). Le but ultime de recherches sur ces thématiques serait de conforter et affiner les préconisations alimentaires par catégories de population (comme par exemple affiner les apports nutritionnels conseillés, ou ANC, définis au plan national pour différents groupes

de population). Concernant les lipides intramusculaires, bien que ceux-ci posent question en termes de qualité nutritionnelle, ils donnent du goût à la viande et favorisent ainsi ses qualités sensorielles comme discuté ci-après. Pour bon nombre de morceaux provenant des races françaises, ils sont même insuffisamment présents pour apporter satisfaction en bouche.

2.3 / La qualité sensorielle

Les qualités sensorielles d'un aliment sont celles que le consommateur peut apprécier directement grâce à ses sens, c'est-à-dire les propriétés comme le goût, l'odeur, l'aspect, la couleur et la consistance. Il est possible de caractériser ces propriétés selon trois modalités : qualitative (exemple : goût salé, odeur spécifique...), quantitative (intensité de la sensation de goût, de tendreté ou de jutosité par exemple) et hédonique (la satisfaction ou le plaisir ressenti par le consommateur) ; (revue de Micol *et al* 2010). Les critères de qualité de la viande bovine auxquels le consommateur est le plus sensible, sont d'une part, la couleur au moment de l'acte d'achat, et, d'autre part, la tendreté et le goût au moment de la consommation du produit (Gruffat *et al* 2015).

Nous focaliserons notre propos sur la maîtrise et la prédiction de la tendreté qui a fait l'objet de très nombreuses recherches depuis des décennies et qui reste malgré tout un problème récurrent pour la viande bovine. En effet, malgré un niveau de satisfaction moyen acceptable, la tendreté est souvent perçue comme décevante et irrégulière par les consommateurs et aucune relation nette n'a été mise en évidence entre le prix de vente de la viande bovine et sa tendreté (Normand *et al* 2014). De plus, le système de rémunération des éleveurs basé sur la qualité des carcasses (conformation et engraissement selon la grille EUROP) n'est pas une incitation à produire une viande de meilleure qualité sensorielle (Bonny *et al* 2016). Il est donc possible d'acheter de la viande excellente à bas prix ou au contraire de payer cher une viande de qualité médiocre, ce qui pose problème pour fidéliser les consommateurs. En fait, la carcasse de bovins est composée d'une quarantaine de morceaux bouchers aux caractéristiques très variées et donc à valoriser selon des processus techniques et culinaires différents et spécifiques. Cependant, pour un même muscle (faux-filet, rumsteck, tranche, gîte noix) ou un même produit (viande marinée, viande à pierrade, brochette, Unités de Vente Consommateur d'origine Industrielle [UVCI] sous vide), on observe une grande variabilité de qualité. Ainsi, par exemple, même si 72% des pièces de faux-filet achetées à la distri-

bution sont jugés bonnes, très bonnes ou excellentes en termes de tendreté par les consommateurs français, certaines sont perçues médiocres à très mauvaises (Normand *et al* 2014). De même, si les pièces de gîte noix sont majoritairement de tendreté passable à détestable, 32% sont trouvées bonnes à excellentes.

Face à cette hétérogénéité des produits proposés à la distribution, de multiples recherches ont été conduites pour mieux prévoir la tendreté de la viande par différentes approches, dont certaines transversales vont de l'amont à l'aval. Quelle que soit l'espèce, les caractéristiques musculaires (notamment celles du collagène, des fibres musculaires et des lipides intramusculaires) participent au déterminisme de la tendreté (revue de Lustrat *et al* 2015). Cependant, la relation entre les caractéristiques musculaires et la tendreté de la viande bovine est dépendante du type de muscle et du type d'animal (Chriki *et al* 2012). Ainsi, l'activité de la Lactate déshydrogénase (enzyme du métabolisme glycolytique) et les teneurs en collagène total et insoluble sont de bons indicateurs à mesurer dans le muscle *Semitendinosus* (rond de gîte), mais pas dans le muscle *Longissimus thoracis* (entrecôte) qui contient moins de collagène (Chriki *et al* 2013). De nombreuses études ont été menées pour préciser l'influence des facteurs d'élevage sur les caractéristiques musculaires des bovins, et ainsi sur la qualité des viandes produites (revue de Micol *et al* 2010). Cependant, les caractéristiques musculaires ne permettent d'expliquer qu'une faible proportion de la variabilité de la tendreté (1 à 6% selon Chriki *et al* 2013 et 30% au plus selon Renand *et al* 2001). Il en est de même pour d'autres ruminants comme le chameau (Al-Owaimer *et al* 2014).

Il n'en demeure pas moins qu'il est techniquement envisageable de sélectionner les bovins sur l'amélioration de leurs caractéristiques musculaires (par exemple, vers des teneurs plus faibles en collagène total ou insoluble, et plus élevées en lipides intramusculaires ou vers une activité plus importante des enzymes impliqués dans la maturation de la viande), pour améliorer la tendreté. Cependant, les méthodes classiques de sélection génétique ne sont malheureusement pas applicables faute de pouvoir mesurer ces caractères en routine et à grande échelle sur des apparentés proches des candidats à la sélection. Toutefois, des gènes appelés « gènes majeurs » pouvant faire l'objet de mutations avec un effet important ont été identifiés comme par exemple, le gène « culard » (revue de Chelh *et al* 2009). D'autres travaux ont recherché les associations entre les polymorphismes génétiques et les caractères de qualité de viande dans

le cadre de projets européens (GEM-QUAL, ProSafeBeef) ou français (QUALVIGENE, MUGENE) avec la participation d'Apis-Gene. (revue de Picard *et al* 2015). Cependant, les marqueurs génétiques associés à la qualité de la viande sont parfois spécifiques d'une race (travaux français) ou du type de muscle (travaux irlandais).

En parallèle, les approches de transcriptomique et de protéomique qui mesurent le niveau d'expression des gènes, respectivement par l'abondance des ARN messagers et de protéines exprimées dans le muscle, ont été utilisées. Les gènes ou les protéines différentiellement exprimés entre des échantillons de viande tendre ou de viande dure sont considérés comme des biomarqueurs de la tendreté. Une liste de biomarqueurs a ainsi été établie en vue de leur validation sur de grands nombres d'animaux avec des techniques à haut débit. Pour cela, différents outils ont été développés à l'Inra : une puce à ADN contenant 3000 gènes impliqués dans la biologie et la croissance musculaire ou la qualité de la viande bovine a été réalisée puis commercialisée (Hocquette *et al* 2012) ; un test « dot-blot » (technique immunologique de quantification des protéines) a été développé permettant d'établir des équations de prévision de la tendreté de la viande à partir d'une combinaison de biomarqueurs (Guillemin *et al* 2011). Pour le généticien, ces biomarqueurs peuvent être considérés comme des phénotypes potentiellement utilisables par les sélectionneurs dans une démarche de sélection génomique pour la qualité de la viande. Cependant, maîtriser la qualité des produits suppose de pouvoir l'objectiver à partir de mesures fiables, faciles d'utilisation et si possible précoces et non invasives. C'est actuellement le facteur limitant sur le plan technique du développement de la génomique. C'est pourquoi, le phénotypage à haut débit (c'est-à-dire l'enregistrement en continu des caractères et des performances) est progressivement devenu une priorité pour le développement de la biologie prédictive en particulier pour la qualité des produits (Le Bihan *et al* 2014). De plus, sur le plan économique, que ce soit pour la sélection génétique ou les biomarqueurs, à l'exception des marchés de niche (notamment avec les signes officiels de qualité), l'absence de différentiel de prix basé sur des critères objectifs et répétables entre les viandes de bonne qualité sensorielle et les autres fait qu'aucune incitation économique n'existe pour produire une viande de qualité pour le marché de masse. Ceci rend difficile la mise en œuvre pratique des techniques de génomique dans la filière viande afin d'améliorer sa qualité sensorielle (Renand et Allais 2010).

De nombreuses recherches ont également été conduites sur le rôle du stress à l'abattage (Mirabito *et al* 2013, Terlouw *et al* 2015) et des facteurs *post-mortem* sur la tendreté de la viande. L'influence de la méthode de suspension des carcasses (Bastien *et al* 2002, Bastien et Tribot Laspière 2003 et 2006), de la présence ou non d'une stimulation électrique (Raynaud 2000), du couple pH/température lors du refroidissement des carcasses, et temps de maturation (Bastien et Tribot Laspière 2003, Bauchart *et al* 2010, Marzin *et al* 2011) ne seront pas détaillés ici (cf. revue de Culioli 1999). Toutefois, il a été montré que les variabilités de la force de cisaillement de la viande (indicateur de dureté) et du score de tendreté évalué par un jury sensoriel entraîné sont principalement dépendantes de facteurs *post-mortem* (en l'occurrence de la méthode de suspension des carcasses, de la durée de maturation et de l'interaction entre ces deux facteurs) qui expliquent environ 70% de cette variabilité pour les 2 muscles étudiés (Juarez *et al* 2012). Après démontage de la carcasse, le travail de découpe et de préparation des morceaux a aussi un impact majeur, suivant le niveau d'élaboration du produit (degré de parage, d'épluchage et de mise en œuvre de la technique de l'affranchi (Bastien *et al* 2002, Denoyelle et Lebihan 2003, Anonyme 2009). Les traitements les plus drastiques comme le hachage, ou comme l'attendrissage mécanique (Tribot Laspière 2015), ou encore l'injection et le malaxage qui sont des technologies couramment employées dans la fabrication de produits carnés marins (Parafita 2010) sont également importants dans le déterminisme de la qualité finale. Enfin, la cuisson de la viande a un impact significatif sur la qualité de la viande consommée (Durand *et al* 2010, Tribot Laspière et Legrand 2013).

Un front de recherches actuellement en fort développement réside dans la combinaison des facteurs d'amont et des facteurs d'aval les plus pertinents dans un unique modèle de prévision de la qualité sensorielle et notamment de la tendreté de la viande. En effet, les pays qui ont enrayeré la chute de la consommation de viande bovine sont ceux qui ont développé des outils d'aide à la décision utilisant au mieux les connaissances acquises. Le meilleur exemple est celui de l'Australie qui a mis au point le système MSA (pour « *Meat Standards Australia* »). Il s'agit d'un modèle mathématique permettant de prévoir la qualité de la viande bovine pour chaque combinaison de muscle et de méthode de cuisson (figure 8) à partir d'une douzaine de paramètres (âge et poids des animaux, type génétique, pH et couleur de la viande, mode de suspension des carcasses, degré de persillé du muscle, et aussi

Figure 8. Le système australien MSA permet de prédire la qualité de la viande bovine à partir d'une douzaine de paramètres pour chaque combinaison de muscle et de méthode de cuisson.

Modèle de prédiction australien MSA

MSA2000model®

Suspension des carcasses **AT**

Sexe **m**

0

0

Poids de la carcasse **200**

100

N

Persillé **130**

Durée de maturation **5**

Épaisseur de gras **5**

pH **5.40**

Couleur **2**

n

Vitesse de croissance **1.32**

Critères expliquant la qualité

Niveau de qualité MSA

Nom du morceau	Référence muscle	Jours de maturation	Steak Grillé	Boeuf rôti	Sauté	Tranches fines	En cocotte	Corned-beef
Filet	TDR062		5	4	5			
Entrecôtes	CUB045		3	3	3	4		
Faux-Filet	STR045		3	3	3	3		
Paleron	OYS036		4	3	4	4		
Boule de macreuse	BLD096		3	3	3	3	3	
Filet mignon	CTR085			3	3	3	3	
Rumsteack	RMP131		3	3	3	3		
Partie du rumsteack	RMP231		3	3	3	4		
Tranche	KNU099		x	3	3	3	3	
Gîte noix	OUT005			x	x	3	3	3
Rond de gîte	EYE075		x	3	3	3	3	x
Tende de tranche	TOP073		x	3	x	3	3	
Collier	CHK078			3	3	3	3	
Bavette de flanchet	TFL051				3		3	
Pièce parée	RIB041				3			
Poitrine	BRI056				x	3	3	x
Jarret	FQshin						3	

durée de maturation et méthode de cuisson...). Une première étude en France a tout d'abord conclu que ce système méritait d'être étudié plus avant dans les contextes français et européens (Hocquette *et al* 2011). Il a également été montré que le système MSA permettait de prévoir la qualité de la viande bovine irlandaise (Allen 2014) et celle de la viande française malgré des différences de type d'animaux (vache et taurellons en France vs bœufs en Australie) et de degré de cuisson au grill (55°C pour une cuisson « saignante » en France vs 74°C pour une viande « bien cuite » en Australie) ; (Legrand *et al* 2013). Environ 70% des échantillons de viande sont classés par le modèle MSA selon leur niveau d'acceptabilité réel par le consommateur, ce qui est mieux que par les approches de biochimie ou de génomique. De plus, les critères de qualité des carcasses (conformation et engraissement selon la grille EUROP) sur lesquels sont payés les éleveurs n'ont aucune relation avec la qualité sensorielle de la viande en bouche (Bonny *et al* 2016). Ceci explique pourquoi un consommateur peut acheter de la viande bovine très chère sans en être nécessairement satisfait, et vice versa. Ces recherches se poursuivent avec des collègues polonais et irlandais professionnels ou académiques, dans l'objectif de construire un modèle européen de prévision de la qualité de la viande bovine qui serait inspiré du système MSA comme

cela a été discuté lors d'un récent workshop européen (Farmer *et al* 2016). Ce modèle de prévision apporte de nouvelles stratégies pour les généticiens. En effet, le potentiel d'un muscle à produire une viande de qualité, pondéré par le poids relatif de ce muscle dans la carcasse permet de calculer un index MSA au niveau de la carcasse, en prenant en compte l'ensemble des muscles de celle-ci. Un tel index permet de partager des informations de l'amont à l'aval avec l'objectif d'améliorer les pratiques susceptibles d'accroître la qualité moyenne du produit. De plus, cet index MSA peut être considéré comme le potentiel génétique de chaque animal à produire une viande de qualité toutes choses égales par ailleurs (c'est-à-dire à même durée de maturation, à même cuisson...) ; (McGilchrist *et al* 2015). Cet index peut également aider au pilotage de la maturation en fonction du potentiel de qualité prédit et des cinétiques attendues d'attendrissement de la viande.

3 / Les qualités extrinsèques

3.1 / Vers une alimentation durable au niveau mondial ?

Aux qualités intrinsèques des viandes préalablement décrites s'ajoutent des critères de qualité extrinsèques. Nous

considérerons dans cet article la définition des qualités extrinsèques proposée par Grunert (2006) qui inclut l'ensemble des motivations d'achat des consommateurs ayant un lien avec le produit lui-même comme par exemple la qualité de vie ou le bien-être à la fois des êtres humains consommateurs de viande et des animaux producteurs de viande, ce qui comprend notamment les conditions de production des animaux dans une perspective de production durable. La FAO a proposé en 2010 une définition de l'alimentation durable, entendue comme une alimentation qui « protège la biodiversité et les écosystèmes, est acceptable culturellement, accessible, économiquement loyale et réaliste, sûre, nutritionnellement adéquate et bonne pour la santé, [et qui] optimise l'usage des ressources naturelles et humaines ». Ces critères prennent de plus en plus d'importance pour les consommateurs et plus largement pour les citoyens, surtout dans les pays développés. Différents exercices théoriques ont conduit à conceptualiser cette notion de développement durable en s'appuyant classiquement sur trois piliers que sont la protection de l'environnement, la dimension économique et la dimension sociale (revues de Hocquette et Chatellier 2011, Hocquette *et al* 2012 et 2014a, Fouquery-Mérel *et al* 2014).

Le premier critère de durabilité est d'assurer la sécurité alimentaire, c'est-

à-dire l'approvisionnement en protéines (notamment animales) de l'intégralité de la population humaine. En 2012-2014, environ 805 millions de personnes étaient en situation de sous-alimentation chronique dans le monde. La réduction de la faim appelle une réelle volonté politique et une approche intégrée, qui nécessitera notamment des mesures économiques et politiques (FAO 2014). Cette problématique questionne aussi la R&D pour développer des approches multicritères permettant d'optimiser la production et de réduire les pertes et les gaspillages notamment par l'optimisation des procédés de transformation. L'ensemble de ces considérations a conduit à la conclusion que « le développement durable des filières viande pose trois défis majeurs à l'échelle mondiale : la santé (animale et humaine), l'équité et l'environnement » (Mottet *et al* 2014).

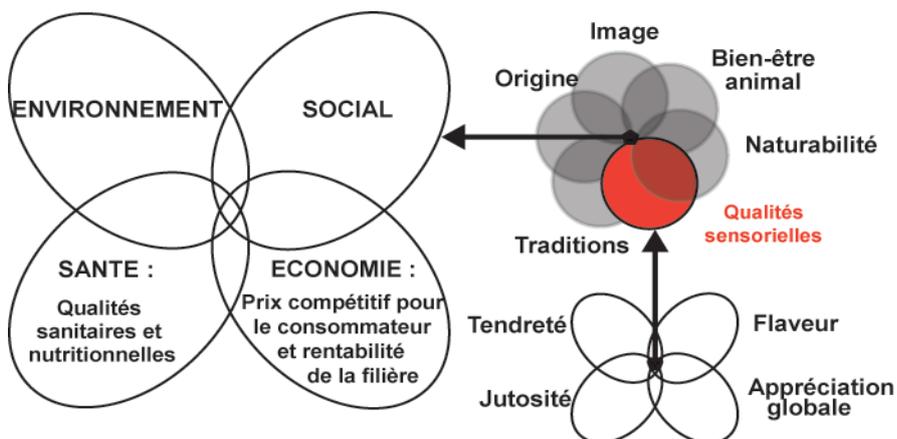
3.2 / Les préoccupations des consommateurs français

Les motivations d'achat des consommateurs sont diverses et incluent à la fois des facteurs externes au produit (liés par exemple au mode vie des consommateurs) et les qualités extrinsèques du produit qui comprennent notamment la durabilité des conditions de production, l'origine, et diverses considérations culturelles, sociales et économiques (figure 9).

Au niveau national, consommer durablement consiste à consommer des produits plus respectueux de l'environnement pour 44% des Français (revue de Fouquery-Mérel *et al* 2014). Toutefois, dans un contexte de crise économique, les Français apparaissent moins préoccupés par l'environnement, même si certains sont attirés par les produits issus de l'agriculture biologique. En 2013, 83% des Français affirmaient prêter attention au caractère « naturel » des produits qu'ils achetaient, la naturalité voulant dire « absence de produits chimiques » et donc « bons pour la santé » (pour 60% des Français) ainsi que « posséder un goût authentique » (pour 56% des Français) ; (revue de Fouquery-Mérel *et al* 2014). Un front de recherche réside aujourd'hui dans l'objectivation des impacts environnementaux positifs (maintien de la biodiversité végétale, entretien des paysages, etc.) ou négatifs (production de Gaz à Effet de Serre [GES], consommation d'eau...) de la production de viande et dans la combinaison de ces impacts afin de proposer un index environnemental de l'amont à l'aval (revue de Scollan *et al* 2011).

Concernant l'origine, 71% des Français déclarent que l'origine des produits alimentaires est un critère de qualité important, y compris pour évaluer la

Figure 9. Nécessité de développer une production de viande durable pour répondre aux préoccupations de plus en plus complexes des consommateurs et des citoyens (adapté de Fouquery-Mérel, Paré, Fosse, DGAL 2014 et Botreau, communication personnelle).



durabilité d'un produit. Le contexte économique accentue l'intérêt pour le « *made in France* » : 73% des Français déclarent privilégier les produits d'origine française. Dans le cas particulier de la viande bovine, l'origine peut également inclure la notion de race avec une préférence pour les races bovines françaises, notamment pour les races à viande. De plus, les Français sont très attachés aux produits locaux, la production locale étant généralement perçue comme naturelle (Bigot et Hoibian, 2010). Les produits de proximité, basés sur un approvisionnement local, sont perçus « comme étant de meilleure qualité (84%), de meilleur goût (82%), respectant davantage l'environnement (79%), plus authentiques (77%), sans conservateur ni produit chimique (70%), fabriqués dans de meilleures conditions d'hygiène et de sécurité alimentaire (64%) » et aussi moins chers (59% des personnes interrogées) en raison d'un nombre réduit d'intermédiaires à rémunérer (revue de Fouquery-Mérel *et al* 2014).

Bien que moins importantes que l'origine française (Bigot et Hoibian 2010), les motivations d'achat d'aliments produits de manière durable (Mathé *et al* 2009) peuvent être diverses : la recherche d'une meilleure éthique (par exemple, favoriser le commerce équitable ou lutter contre le gaspillage alimentaire), une volonté politique (contestation des valeurs de la société actuelle) et surtout un besoin de se rassurer et de garantir la santé. En effet, 84% des Européens disent vouloir privilégier les produits alimentaires bons pour leur santé dans les années qui viennent (revue de Fouquery-Mérel *et al* 2014).

Par ailleurs, les motivations d'achat des consommateurs liées au produit sont également culturelles et sociales, mais ces aspects socio-culturels évoluent et

parfois s'inversent : ainsi, alors que la consommation de poisson reste plus fréquente dans les foyers plus aisés, la consommation de viande, autrefois plus importante dans les catégories favorisées, est aujourd'hui plus importante dans le bas de l'échelle sociale. De plus, la viande de bœuf, de porc et la charcuterie sont davantage consommées chez les personnes les moins aisées, tandis que les catégories supérieures consomment davantage d'agneau et de volaille. Il semblerait que le principal moteur de ce type de changement soit une diffusion des goûts et des pratiques alimentaires du haut vers le bas de l'échelle sociale : les pratiques des milieux aisés sont imitées par les classes inférieures (phénomène d'imitation), puis les classes supérieures se détournent des pratiques pour lesquelles elles ont été imitées pour en adopter de nouvelles (phénomène de distinction) en plus d'un certain attrait pour les produits exotiques et rares. Mais la diffusion des pratiques alimentaires se ferait plutôt à partir des milieux intellectuels avec beaucoup de diplômés (souvent plus riches, mais pas toujours) vers les autres couches moyennes. Dans notre société moderne, même si le végétarisme reste l'apanage des catégories supérieures, il est observé des indices de diffusion sociale de ce régime vers d'autres catégories de consommateurs plus populaires. Les pratiques alimentaires sont donc et continueront d'être de puissants marqueurs sociaux (revue de Laisney 2013). Toutes ces évolutions doivent être combinées avec d'autres facteurs comme l'effet générationnel ou encore les facteurs économiques toujours déterminants.

En effet, malgré l'importance des facteurs sociologiques mentionnés ci-dessus, le prix de la viande reste le facteur le plus important pour 78% des Français, devant la qualité gustative (46%) et les

habitudes familiales (36%). De plus, sur le long terme, force est de constater que la consommation de produits carnés a été favorisée historiquement par l'augmentation des revenus des consommateurs et la baisse des prix relatifs de la viande (revue de Laisney 2013). Aujourd'hui, le prix au niveau du consommateur dépend de nombreux facteurs dont les coûts de production incluant l'augmentation du prix des intrants au niveau des élevages.

3.3 / Les leviers d'action possibles

Face à l'évolution du contexte économique, les éleveurs de bovins allaitants ont augmenté la taille de leur exploitation à main-d'œuvre constante, entraînant une augmentation de la productivité du travail de plus de 30% en 15 ans, ainsi que déjà évoqué. Les éleveurs ont adapté leur système de production pour simplement maintenir leur revenu. De nos jours, il leur est aussi demandé de limiter les impacts environnementaux de la production de viande pour mieux répondre aux attentes sociétales mentionnées plus haut. Différentes études ont évalué conjointement les impacts environnementaux et les résultats économiques de systèmes de production « bovins » à partir de données d'une soixantaine de fermes commerciales situées dans le bassin allaitant charolais (Veysset *et al* 2010 et 2011). En moyenne, dans ces exploitations, les animaux sont responsables de 78% des émissions totales de GES (éructation, déjections), les intrants de 15% (CO₂ issu de l'énergie nécessaire à la fabrication et au transport des intrants, N₂O lié à l'épandage des engrais) et l'utilisation directe d'énergie (carburant, lubrifiants, électricité) n'est responsable que de 5% des émissions brutes de GES. Ces émissions sont partiellement compensées par le stockage du carbone dans les prairies. D'une façon générale, en France, où la place des fourrages dans la ration alimentaire des bovins est importante (80% d'herbe dans la ration pour les bovins à viande), le stockage de carbone compense environ 30% des émissions de GES des bovins laitiers et à viande et jusqu'à 50% des émissions en système herbager (Dollé *et al* 2015). Ces résultats moyens cachent en fait une grande variabilité des émissions de GES associée à une grande variabilité des résultats économiques des mêmes exploitations. Toutefois, les exploitations les plus efficaces, c'est à dire maximisant la production de viande en minimisant l'utilisation d'intrants,

présentent à la fois les meilleurs résultats économiques (plus de revenus avec des charges maîtrisées) et les plus faibles émissions nettes par unité produite. Il est donc possible de combiner de bonnes performances économiques et environnementales. Ce sont généralement les exploitations qui présentent la meilleure technicité qui sont capables d'atteindre ce double objectif. Il s'agit d'une stratégie gagnant-gagnant où à la fois le consommateur et l'éleveur, et de plus l'environnement, sont gagnants (Veysset *et al* 2010 et 2011). Concernant l'impact environnemental, les recherches actuelles, comme par exemple le projet européen Beef Carbon, visent une réduction de 15% de l'empreinte carbone de la viande bovine à échéance de 10 ans (Dollé *et al* 2015).

D'autres exemples de stratégie gagnant-gagnant ont été observés (revue de Hocquette *et al* 2014b). Ainsi, par exemple, il est connu depuis longtemps que lorsque les animaux sont stressés pendant la période d'abattage, le risque de produire des viandes de mauvaise qualité sensorielle et/ou technologique, notamment des viandes à pH élevé, augmente (Anonyme 1988). D'importantes durées de transport ont par ailleurs été parfois associées à de légères altérations de la tendreté et/ou de la jutosité de la viande de veau (Legrand *et al* 1995, Fernandez *et al* 1996). De même, une relation négative a été observée entre la note de tendreté de la viande et la fréquence cardiaque (indicateur de stress) mesurée soit pendant les manipulations juste avant le départ de la ferme, soit en réaction à un événement soudain pendant un test en élevage (revue de Terlouw 2015). Il est donc possible de répondre à la fois aux préoccupations éthiques (respecter le bien-être animal) et sensorielles (couleur et tendreté satisfaisantes) des consommateurs par une meilleure maîtrise de la conduite et de l'abattage des animaux. C'est d'ailleurs sur ce constat que débute le Guide des Bonnes Pratiques sur la maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir, récemment rédigé par l'Institut de l'Élevage, l'Adiv et Interbev (Mirabito *et al* 2013). Un enjeu aujourd'hui est d'être capable de combiner tous les critères de qualité sachant que de nouvelles méthodologies préalablement développées dans le domaine du bien-être animal (programme Welfare Quality) sont potentiellement disponibles pour cela (revue de Hocquette *et al* 2012).

Enfin, n'oublions pas qu'une bonne compréhension de la pluralité des attentes des consommateurs est un prérequis pour développer des démarches commerciales adaptées. Toutefois, la transparence, l'authenticité et le savoir-faire sont certes nécessaires pour redonner confiance aux consommateurs, mais cela est loin d'être suffisant. En effet, de véritables stratégies marketing et commerciales sont essentielles pour que les filières viandes puissent redonner aux consommateurs le plaisir d'acheter et de consommer leurs produits (Gouin *et al* 2014).

Conclusion

Force est de constater que la satisfaction des consommateurs vis-à-vis des qualités de la viande et des produits carnés d'origine bovine est un phénomène complexe d'appréciations objective et subjective du produit par des critères très divers qui varient selon des facteurs culturels et qui évoluent au fil du temps. Alors que la recherche a principalement travaillé jusqu'à présent au développement d'outils analytiques soit dans le secteur amont, soit dans le secteur aval pour étudier les facteurs de variation de chacune des qualités intrinsèques du produit (qualités sanitaires, sensorielles, nutritionnelles), elle doit aujourd'hui privilégier des outils intégratifs pour prévoir globalement ces critères de qualité. La recherche doit aussi apporter des outils pour objectiver et prévoir les qualités extrinsèques (sécurité alimentaire, impact environnemental, performances économiques...). De nouvelles méthodologies sont potentiellement disponibles pour combiner tous ces différents critères de qualité, avec l'objectif d'identifier des stratégies gagnant-gagnant dont un certain nombre d'exemples sont déjà connus. Un nouveau front de recherche pour évaluer et combiner les critères subjectifs que sont les qualités extrinsèques est donc en pleine expansion, afin de mieux répondre aux attentes sociétales de plus en plus nombreuses et diverses de nos concitoyens.

Remerciements

Les auteurs remercient pour leur aide V. Marzin, J. Normand et P. Tribot Laspière du service Qualité des viandes de l'Institut de l'Élevage, ainsi qu'Alain Kondjoyan de l'Unité QUAPA de l'Inra.

Références

- AFNOR, 1987. NF X 50 120, « Vocabulaire pour le management et l'assurance de la qualité ».
- AFNOR, 1994. ISO 8402, « Vocabulaire pour le management et l'assurance de la qualité ».
- AFSSA, 2006. Impact des pratiques de cuisson sur les risques microbiens alimentaires. Projet CUI-06-030. Compte rendu d'étude AFSSA, IFIP, Inra, Interbev.
- Allen P., 2014. Test du système MSA pour prédire la qualité de la viande bovine irlandaise. Viandes Prod. Carnés, VPC-2015-31-1-5. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_31/3115_allen_testing_msa_on_irish_beef.pdf.
- Al-Owaimer A.N., Suliman G.M., Picard B., Hocquette J.F., 2014. Chemical composition and structural characteristics of Arabian camel (*Camelus dromedarius*) m. *longissimus thoracis*. Meat Sci., 96, 1233-1241.
- Anonyme, 1988. Le chemin de la qualité passe par vous. Iteb, Interbev.
- Anonyme, 2009. Cahier des clauses particulières pour l'achat public de viandes de boucherie réfrigérées ou surgelées, pièces ou hachées, et de produits tripiers. Institut de l'Élevage, Interbev, Inaporc.
- Anonyme, 2012. Observatoire des Prix et des marges : l'industrie de la viande marge peu. Zoom, édité par SNIV-SNCP, 3, 3-5.
- ANSES, 2011. Avis relatif à la révision de la définition des *E. coli* entéro-hémorragiques (EHEC) majeurs typiques, à l'appréciation quantitative des risques liés à ces bactéries à différentes étapes de la chaîne alimentaire, selon les différents modes de consommation des steaks hachés, et à la prise en compte du danger lié aux *E. coli* entéro-pathogènes (EPEC) dans les aliments. Avis de l'Agence nationale de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail du 11 janvier 2011.
- Bastien D., 1996. Evaluation du pouvoir contaminant en fabrication de viandes hachées : Impact de différents éléments du process sur la qualité hygiénique des viandes hachées. Compte rendu d'étude Institut de l'Élevage, Interbev, Ofival.
- Bastien D., Denoyelle C., Tribot Laspière P., 2002. Age à l'abattage, « suspension pelvienne, pratique de « l'affranchi » : pour une meilleure argumentation des choix techniques en matière de gestion de la tendreté dans les démarches qualité. Renc. Rech. Rum., 9, 251-254.
- Bastien D., Tribot Laspière P., 2003. Comparative effects of pelvic suspension and ageing on bovine meat quality. 49th ICoMST, 31st August- 05th September, São Paulo, Brazil.
- Bastien D., Lucbert J., Cartier P., 2006. La propreté des bovins à l'abattoir : état des lieux de la situation, facteurs explicatifs et outil de notation. Renc. Rech. Rum., 13, 317-320.
- Bastien D., Tribot Laspière P., 2006. Prerigor skeletal alteration to improve beef tenderness. 52nd ICoMST, 13-18th August, Dublin, Ireland.
- Bauchart D., Gandemer G., 2010. Qualité nutritionnelle des viandes et abats de bovin. In: Bauchart D., Picard B. (Eds). Muscle et viande de ruminant. Synthèses. Versailles, France Éditions Quae, 115-130.
- Bauchart D., Thomas A., 2010. Facteurs d'élevage et valeur santé des acides gras des viandes. In: Bauchart D., Picard B. (Eds). Muscle et viande de ruminant. Synthèses. Versailles, France, Éditions Quae, 131-142.
- Bauchart D., Chantelot F., Gandemer G., 2008. Qualités nutritionnelles de la viande et des abats chez le bovin : données récentes sur les principaux constituants d'intérêt nutritionnel. Cah. Nutr. Diét., 43, 1S29-1S39.
- Bauchart D., Thomas A., Durand D., Parafita E., 2010. Maturation sous vide et lipides des viandes bovines. Viandes Prod. Carnés, 28, 111-115. <file:///C:/Users/jfhocquette/Downloads/bauchard%201.pdf>
- Bertin Y., Forano E., 2013. Sécurité microbologique de la viande de bœuf : Comprendre comment les souches *Escherichia coli* entéro-hémorragiques (EHEC) persistent dans le tube digestif des bovins. Viandes Prod. Carnés, 30, 1-4.
- Bibbal D., Loukiadis E., Kérourédan M., Ferré F., Dilasser F., Peytavin de Garam C., Cartier P., Oswald E., Gay E., Auvray F., Brugère H., 2015. Prevalence of carriage of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* serotypes O157:H7, O26:H11, O103:H2, O111:H8, and O145:H28 among slaughtered adult cattle in France. Appl. Environ. Microbiol., 81, 1397-1405.
- Bièche-Terrier C., Augustin J.C., Loukiadis E., Cartier P., 2015. Évaluation du degré d'homogénéité de la contamination des mélanges de viandes hachées vis à vis des germes présents en faible quantité. Compte rendu d'étude Institut de l'Élevage, Interbev, FranceAgriMer.
- Bigot R., Hoibian S., 2010. Les Français avancent à grands pas sur la longue route écologique, Cahier de recherche n° 272, décembre, 125p. <http://www.credoc.fr/pdf/Rech/C272.pdf>
- Bonny S.P.F., Pethick D.W., Legrand I., Wierzbicki J., Allen P., Farmer L.J., Polkinghorne R.J., Hocquette J.F., Gardner G.E., 2016. European conformation and fat scores have no relationship with eating quality. Animal, 10, 996-1006.
- Bouvard V., Loomis D., Guyton K.Z., Grosse Y., Ghissassi F.E., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Mattock H., Straif K., 2015. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. Lancet Oncology, 16, 1599-1600.
- Brugère H., Auvray F., Mariani-Kurkdjian P., King L.A., Loukiadis E., 2012. *E. coli* producteurs de shigatoxines (STEC) : définitions, virulence et propriétés des souches entéro-hémorragiques (EHEC). Bul. Epidémiol., Santé animale et alimentaire, 50 (Spécial risques alimentaires microbiologiques), 23-29.
- Cartier P., 1990. Maîtrise de la qualité microbologique du haché : possibilité et limites du contrôle par échantillonnage. Compte rendu d'étude Institut de l'Élevage, Interbev.
- Cartier P., 1993. Qualité bactériologique des viandes hachées : Interprétation et intérêt des contrôles réalisés sur matières premières. Compte rendu d'étude Institut de l'Élevage, Interbev.
- Cartier P., 1997. Le Point Sur La qualité microbologique de la viande bovine. Collection Le Point Sur... Institut de l'Élevage, Interbev.
- Cartier P., 2009. Traitement des carcasses bovines par « steam vacuum » en cours d'abattage. Compte rendu d'étude Institut de l'Élevage, Interbev, FranceAgriMer.
- Cartier P., 2012. Essai de Sécurisation des Viandes Hachées Fraîches (VHF) et Surgelées (VHS) par Hautes Pressions (HP). Compte rendu d'étude Institut de l'Élevage, Interbev, FranceAgriMer.
- Cartier P., Bastien D., 1995. Evaluation du pouvoir contaminant en fabrication de viandes hachées : Élaboration d'une grille à usage expérimental. Compte rendu d'étude Institut de l'Élevage, Interbev.
- Champion F., Monniot C., Chotteau P., Millet G., Richard M., You G., 2015. Où va le bœuf ? Vers toujours plus de transformation ! Économie de l'Élevage. Dossier viande bovine française, 461 (octobre), 44 p. Institut de l'Élevage, Interbev Bovins, CNE, Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt.
- Chotteau P., 2014. La filière viande bovine française. Viandes Prod. Carnés, VPC-2014-30-6-4. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3064_chotteau_filiere_v viande_bovine_francaise.pdf
- Chriki S., Gardner G.E., Jurie C., Picard B., Micol D., Brun J.P., Journaux L., Hocquette J.F., 2012. Cluster analysis application in search of muscle biochemical determinants for beef tenderness. BMC Biochem., 13, 29.
- Chriki S., Renand G., Picard B., Micol D., Journaux L., Hocquette J.F., 2013. Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. Livest. Sci., 155, 424-434.
- Chelh I., Rodriguez J., Bonnieu A., Cassar-Malek I., Cottin P., Gabillard J.C., Leibovitch S., Hadj Sassi A., Seiliez I., Picard B., 2009. La myostatine : un régulateur négatif de la masse musculaire chez les vertébrés. Inra Prod. Anim., 22, 397-408.
- Crédoc, 2009. Les évolutions sociales. Baromètre de la perception de l'alimentation. Études réalisées pour le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Présentation du 24 septembre 2009.
- Culioli J., 1999. La qualité de la viande bovine : aspects biologiques et technologiques de la gestion de la tendreté. Bull. Acad. Vet. Fr., 72, 25-46.
- Denoyelle C., Lebihan E., 2003. Intramuscular variation in beef tenderness. Meat Sci., 66, 241-247.
- DGAL, 2016. Instruction technique DGAL/SDSSA/2016-238 du 18/03/16. Gestion des souillures sur les carcasses à l'abattoir. <https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2016-238/telechargement>
- Dockès A.C., Magdelaine P., Daridan D., Guillaumin A., Rémondet M., Selmi A., Gilbert H., Mignon-Grasteau S., Phocas F., 2011. Attentes en matière d'élevage des acteurs de la sélection animale, des filières de l'agroalimentaire et des associations. In : Numéro spécial,

- Amélioration génétique. Mulsant P., Bodin L., Coudurier B., Deretz S., Le Roy P., Quillet E., Perez J.M. (Eds). INRA Prod. Anim., 24, 285-296.
- Dollé J.B., Brocas C., Gac A., Moreau S., Le Gall A., 2015. Élevage bovin et changement climatique. Viandes Prod. Carnés, VPC-2015-32-1-1. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_32/3211_dolle_elevage_bovin_et_changement%20climatique.pdf.
- Durand D., Scislawski V., Gruffat D., Chilliard Y., Bauchart D., 2005. High-fat rations and lipid peroxidation in ruminants: consequences on the health of animals and quality of their products. In: Indicators of milk and beef quality Publication. Hocquette J.F., Gigli S. (Eds). ÉAAP Publication 112, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, 137-150.
- Durand D., Parafita E., Peyron A., Bauchart D., 2010. Maturations et cuissons de longues durées des viandes bovines. Viandes Prod. Carnés, VPC 2011-29-1-2. [file:///C:/Users/jfhocquette/Downloads/2912_durand_maturation%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/jfhocquette/Downloads/2912_durand_maturation%20(2).pdf)
- Durand D., Gobert M., Gatellier P., 2012. Oxydation des lipides et des protéines des viandes au cours des processus de transformation : mécanismes, conséquences et prévention. In : 14^{èmes} Journ. Sci. Muscle et Technologies des Viandes. Viandes Prod. Carnés, 9-16.
- EFSA, 2011. Scientific Opinion on the evaluation of the safety and efficacy of lactic acid for the removal of microbial surface contamination of beef carcasses, cuts and trimmings. EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ). EFSA Journal, 9, 2317.
- Evrat-Georgel C., 2005. Étude préalable sur la construction d'une table de composition nutritionnelle des produits carnés (viande et abats de ruminants). Compte rendu N°170532016. Institut de l'Élevage, CIV, Ofival.
- FAO, 2010, rapport final Biodiversité et régimes alimentaires durables. Unis contre la faim, Symposium scientifique international <http://www.fao.org/ag/humannutrition/biodiversity/fr/>
- FAO, 2014. L'État de l'insécurité alimentaire dans le monde. <http://www.fao.org/3/a-i4030f.pdf>
- Farmer L.J., Bowe R., Troy D.J., Sarah Bonny S., Birnie J., Dell'Orto V., Polkinghorne R.J., Wierzbicki J., de Roest K., Scollan N.G., Henchion M., Steven J. Morrison S.J., Legrand I., Roehe R., Hocquette J.F., Duhem K., 2016. Compte-rendu du congrès intitulé « Qualité durable de la viande bovine en Europe ». Viandes Prod. Carnés, février, 10p.
- Fernandez X., Monin G., Culioli J., Legrand I., Quilichini Y., 1996. Effect of duration of feed withdrawal and transportation time on muscle characteristics and quality in Friesian-Holstein calves. J. Anim. Sci., 74, 1576-1583.
- Fouqueray-Mérel C., Paré A., Fosse J., 2014. Consommations et pratiques alimentaires durables : analyse de données nationales issues d'enquêtes d'opinion. Centre d'Études et de Prospective. Analyse N° 69, 1-8.
- Font-i-Furnols M., Guerrero L., 2014. Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products. Meat Sci., 102, 27-34.
- FranceAgriMer, 2014. Les filières de l'élevage français. Les cahiers de FranceAgriMer, Edition d'août 2014.
- Gobert M., Gruffat D., Hâbeanu M., Parafita E., Bauchart D., Durand D., 2010. Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect beef against lipid oxidation. Meat Sci., 85, 676-683.
- Gouin S., 2014. Qualité des produits carnés : quelle démarche marketing pour créer de la valeur ajoutée ? Viandes Prod. Carnés, VPC-2014-30-6-8. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3068_gouin_qualite_produits_animaux_et_marketing.pdf
- Gruffat D., Picard B., Bauchart D., Micol D., 2015. La viande bovine : les principales qualités recherchées. Inra Prod. Anim., 28, 99-104.
- Grunert K.G., 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. Meat Science, 74, 149-160.
- Grunert K. G., Bredahl L., Brunso K., 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector, a review. Meat Sci., 66, 259-272.
- Guillemin N., Jurie C., Cassar-Malek I., Hocquette J.F., Renand G., Picard B., 2011. Variations in the abundance of 24 proteins biomarkers of beef tenderness according to muscle and animal type. Animal, 6, 885-894.
- Hocquette J.F., Chatellier V., 2011. Prospects for the European beef sector over the next 30 years. Animal Frontiers, 2, 20-28.
- Hocquette J.F., Legrand I., Jurie C., Pethick D.W., Micol D., 2011. Perception in France of the Australian system for the prediction of beef quality (MSA) with perspectives for the European beef sector. Anim. Prod. Sci., 51, 30-36
- Hocquette J.F., Bernard-Capel C., Vidal V., Jesson B., Levéziel H., Cassar-Malek I., 2012. The GENOTEND chip: a new tool to analyse gene expression in muscles of beef cattle for beef quality prediction. BMC Vet. Res., 8, 135.
- Hocquette J.F., Botreau R., Picard B., Jacquet A., Pethick D.W., Scollan N.D., 2012. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. Meat Sci., 92, 197-209.
- Hocquette J.F., Van Wezemael L., Chriki S., Legrand I., Verbeke W., Farmer L., Scollan N.D., Polkinghorne R., Rødbotten R., Allen P., Pethick D.W., 2014a. Modelling of beef sensory quality for a better prediction of palatability. Meat Sci., 97, 316-322.
- Hocquette J.F., Botreau R., Legrand I., Polkinghorne R., Pethick D.W., Lherm M., Picard B., Doreau M., Terlouw E.M.C. 2014b. Win-win strategies for high beef quality, consumer satisfaction, and farm efficiency, low environmental impacts and improved animal welfare. Anim. Prod. Sci., 54, 1537-1548.
- Juárez M., Basarab J.A., Baron V.S., Valera M., Larsen I.L., Aalhus J.L., 2012. Quantifying the relative contribution of ante- and post-mortem factors to the variability in beef texture. Animal, 6, 1878-1887.
- Laisney C., 2013. Les différences sociales en matière d'alimentation. Centre d'Études et de Prospective. Analyse, 64, 1-4.
- Le Bihan-Duval E., Talon R., Brochard M., Gautron J., Lefèvre F., Larzul C., Baéza E., Hocquette J.F., 2014. Le phénotypage de la qualité des produits : enjeux de société, scientifiques et techniques. Inra Prod. Anim., 27, 223-234.
- Lebret B., Prache S., Berri C., Lefèvre F., Bauchart D., Picard B., Corraze G., Médale F., Faure J., Alami-Durante H., 2015. Qualités des viandes : influences des caractéristiques des animaux et de leurs conditions d'élevage. Inra Prod. Anim., 28, 151-168.
- Lecerf J.M., 2014. La place de la viande dans la nutrition humaine. Viandes Prod. Carnés, VPC-2014-30-6-5 publié le 04 novembre 2014. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3065_lecerf_place_viante_dans_nutrition_humaine.pdf
- Legrand I., 1997a. *E. coli* O157:H7 et autres *E. coli* producteurs de verotoxines : des bactéries mortelles. 1^{ère} partie. Viandes Prod. Carnés, 18, 213-221.
- Legrand I., 1997b. *E. coli* O157:H7 et autres *E. coli* producteurs de verotoxines : des bactéries mortelles. 2^{ème} partie. Viandes Prod. Carnés, 18, 257-263.
- Legrand I., Fernandez X., Monin G., 1995. Effets du jeûne et de la durée du transport avant l'abattage sur la qualité de la viande de veau. Renc. Rech. Rum., 2, 239-242.
- Legrand I., Hocquette J.F., Polkinghorne R.J., Pethick D.W., 2013. Prediction of beef eating quality in France using the Meat Standards Australia system. Animal, 7, 524-529.
- Listrat A., Lebret B., Louveau I., Astruc T., Bonnet M., Lefaucheur L., Bugeon J. 2015. Comment la structure et la composition du muscle déterminent la qualité des viandes ou chairs. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). INRA Prod. Anim., 28, 125-136.
- Marzin V., Tribot Laspière P., Turin F., Denoyelle C., 2011. Meat tenderness: aging management of nine beef muscles. 57th ICoMST, 07-12th August, Ghent, Belgium, Session3, 014, 00662.
- Mathé T., 2009b. Comment les consommateurs définissent-ils l'alimentation durable ?. Crédoc, Cahier de recherche n° 270, 68p., <http://www.credoc.fr/pdf/Rech/C270.pdf>
- McGilchrist P., Polkinghorne R., Ball A., Thompson J., 2015. The Meat Standards Australia Index and the role of genetics. MLA. International Meeting on Beef and Lamb carcass grading to underpin consumer satisfaction. 20th-21th August, Paris, France.
- Micol D., Jurie C., Hocquette J.F., 2010. Chapitre 13. Qualités sensorielles de la viande bovine. Impacts des facteurs d'élevage ? Dans « Muscle et viande de ruminant ». Bauchart D., Picard B. (Eds). Éditions Quae, collections synthèses, 165-174.
- Ministère de l'économie, du redressement productif et du numérique, 2014. Arrêté du 10 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 18 mars 1993 relatif à la publicité des prix des viandes de boucherie et de charcuterie. J. O. de la République Française, 30 juillet 2014, texte 22 sur 102, 4p.
- Mirabito L., Marzin V., Vialter S., Frenicia J.P., Morlevat S., Alleyrangues X., 2013. Guide de bonnes pratiques. Maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir. Version 3.0, novembre 2013. Institut de l'Élevage, Adiv, Interbev, FranceAgriMer.
- Mottet A., 2014. Les filières viande face à leurs défis : quelle vision pour demain ? Viandes

Prod. Carnés, VPC-2014-30-6-1. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3061_mottet_defis_filieres_v viande.pdf

Normand J., 2005. Cartographie de la composition en acide gras des viandes bovines françaises. Compte rendu n°17532017. Institut de l'Élevage, Interbev, Ofival.

Normand J., Bastien D., Bauchart D., Chaigneau F., Chesneau G., Doreau M., Farrié J.P., Joulie A., Le Pichon D., Peyronnet C., Quinsac A., Renon J., Ribaud D., Turin F., Weill P., 2005. Produire de la viande bovine enrichie en acides gras polyinsaturés oméga 3 à partir de graines de lin : quelles modalités d'apport du lin, quelles conséquences sur la qualité de la viande ? Renc. Rech. Rum., 12, 359-366.

Normand J., Bertout A., Le Pichon D., Bastien D., Ribaud D., 2010. Effets de la nature de la supplémentation lipidique, du mode de conservation et de la cuisson sur les qualités nutritionnelles et sensorielles de la viande hachée bovine. Renc. Rech. Rum., 17, 373-376.

Normand J., Rubat E., Evrat-Georgel C., Turin F., Denoyelle C., 2014. Les Français sont-ils satisfaits de la tendreté de la viande bovine ? Viandes Prod. Carnés, VPC-2014-30-5-2 http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3052_normand_enquete_nationale_tendrete.pdf.

Parafita E., 2010. Les viandes marinées. Les viandes marinées : Que savons-nous sur le marinage des viandes ? Viandes Prod. Carnés, 28, 47-50. <file:///C:/Users/jfhocquette/Pictures/Searches/Downloads/47-parafita.pdf>

Pierre F., 2016. Viandes rouges, charcuteries et cancer colorectal. Rôle central du fer héminique et de la catalyse de la peroxydation lipidique. Vers une prévention nutritionnelle ? Viandes Prod. Carnés, à paraître.

Picard B., Lebrete B., Cassar-Malek I., Liaubet L., Berri C., Le Bihan-Duval E., Lefèvre F., Hocquette J.F., Renand G., 2015. Des marqueurs génomiques au service de la qualité de la viande. INRA Prod. Anim., 28, 183-196.

Raynaud S., 2000. État des lieux scientifique et professionnel de la stimulation électrique en France. Institut de l'Élevage, Interbev, 80p.

Rémond D., Peyron M.A., Savary-Auzeloux I., 2010. Viande et nutrition protéique. In: Muscle et viande de ruminant. Bauchart D., Picard B. (Eds). Synthèses. Versailles, France, Éditions Quae, 255-266.

Rémond D., Duchène C., Bax M. L., Hafnaoui N., Oberli M., Santé-Lhoutellier V., Gaudichon C., 2014. Les 3 points forts des protéines de la viande : composition en acides aminés, digestibilité et vitesse de digestion. 15^{èmes} JSMTV, Viandes Prod. Carnés, 91-92.

Renand G., Allais S., 2010. La sélection des bovins pour une amélioration génétique de la qualité de la viande. In : Muscle et viande de ruminant. Bauchart D., Picard B. (Eds). Éditions Quae, collections synthèses, 151-161.

Renand G., Picard B., Touraille C., Berge P., Lepetit J., 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of Young Charolais bulls. Meat Sci., 59, 49-60.

Rieu M., Roussillon M.A., Legendre V., 2014. La filière porcine française, une compétitivité à reconquérir. Viandes Prod. Carnés, VPC-2014-30-6-3. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3063_rieu_competitivite_filiere_porcine_francaise.pdf

Scollan N.D., Greenwood P.L., Newbold C.J., Yáñez Ruiz D.R., Shingfield K.J., Wallace R.J., Hocquette J.F., 2011. Future research priorities for animal production in a changing world. Anim. Prod. Sci., 51, 1-5.

Tavoularis G., 2012. Comment va évoluer le comportement des consommateurs en France ? Focus sur les évolutions de la consommation des produits carnés. Crédoc, FranceAgriMer, présentation lors de la 2^{ème} convention nationale professionnelle de la Fédération des industriels et des commerçants de la viande, 24 février 2012.

Terlouw E.M.C., Cassar-Malek I., Picard B., Bourguet C., Deiss V., Arnould C., Berri C., Le Bihan-Duval E., Lefèvre F., Lebrete B., 2015. Stress en élevage et à l'abattage : impacts sur les qualités des viandes. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebrete B. (Eds). INRA Prod. Anim., 28, 169-182.

Tribot Laspière P., 2015. L'attendrissage mécanique dans la filière de la viande bovine. Note de synthèse. Institut de l'Élevage, Interbev.

Tribot Laspière P., Legrand I., 2013. Effects of low temperature cooking method on roasts beef removed from 5 different. Muscles. 59th ICoMST, 18-23rd August, Izmir, Turkey, S10B-1.

Veysset P., Benoit M., Laignel G., Bébin D., Roulenc M., Lherm M., 2014. Analyse et déterminants de l'évolution des performances d'élevages bovins et ovins allaitants en zones défavorisées de 1990 à 2012. INRA Prod. Anim., 27, 49-64.

Veysset P., Lherm M., Bébin D., 2010. Energy consumption, greenhouse gas emissions and economic performance assessments in French Charolais suckler cattle farms: model-based analysis and forecasts. Agricult. Syst., 103, 41-50.

Veysset P., Lherm M., Bébin D., 2011. Productive, environmental and economic performances assessments of organic and conventional suckler cattle farming systems. Organic Agric., 1, 1-16.

Résumé

La filière bovine est importante en Europe, mais doit faire face à un contexte économique difficile, notamment en raison d'une baisse régulière de la consommation de viande par personne. Les opérateurs de l'élevage à la transformation dégagent peu de marges et les circuits de commercialisation sont de plus en plus complexes et déconnectés de la carcasse, base sur laquelle est encore rémunéré l'éleveur. En parallèle, les comportements des consommateurs évoluent par leurs lieux d'achat, la nature des produits consommés et les attentes qui se sont diversifiées au fil des années, amenant la recherche et le développement à élargir largement son champ d'action. Alors que les actions étaient centrées sur la production et son efficacité dans les années 1970-80, le champ de recherche a progressivement pris en compte les caractéristiques intrinsèques de la viande que sont les qualités sensorielles, sanitaires et nutritionnelles. S'y sont ajoutées plus récemment des qualités associées au produit (appelées qualités extrinsèques) répondant à des attentes sociétales larges, en lien avec les modes de production : bien-être animal, impact environnemental et durabilité des élevages. Cet article a pour objectif de présenter des approches de recherche transversales et intégrées qui sont souvent les seules à apporter les résultats escomptés, ainsi qu'illustré pour la maîtrise d'un risque sanitaire ou la prédiction de la qualité d'une viande en bouche. Certaines lacunes dans les connaissances subsistent encore sur ces aspects, mais de nombreux résultats sont disponibles, bien qu'ils ne soient pas toujours pris en compte dans les pratiques des opérateurs. Des travaux en lien direct avec les attentes des consommateurs sont de plus en plus nécessaires. La recherche doit apporter des outils intégratifs pour prédire de façon objective les qualités intrinsèques de la viande, mais aussi ses qualités extrinsèques. Un fort besoin d'innovation se fait effectivement ressentir pour conquérir de nouveaux marchés et répondre aux attentes sociétales. La combinaison des qualités intrinsèques et extrinsèques afin de mieux satisfaire les consommateurs est un enjeu majeur pour l'avenir de la filière viande bovine et plus largement de la filière viande de ruminants.

Abstract

Management of the many quality criteria for beef: a complex approach

The beef meat industry is important in Europe but has to face a difficult economic context partly due to a regular decrease in meat consumption. Operators at both farming and process levels make small margins and marketing channels have become more and more complex and disconnected from the carcass, which is the remuneration basis for breeders. At the same time, the consumers'

behavior evolves through their purchase sites, the types of products they consume and their expectations that are even more complex over time, leading research and development to open widely its range of actions. Whereas in the 1970's and 1980's the actions were focused on production and its efficiency, research has gradually included intrinsic meat characteristics such as sensory, sanitary, and nutritional values. More recently, this has been combined with qualities linked to the product (named extrinsic qualities) to meet large societal expectations linked to production practices: animal welfare, environmental impact, and farm sustainability. This paper presents crosscutting integrated research approaches to problems, which are often the only ones to give the expected results, as illustrated for a sanitary risk management or the prediction of meat eating quality. Despite certain gaps in knowledge, many results are available, although not always incorporated in the operator's practices. Research that is directly linked to the consumer's expectations is more and more essential. Research has to introduce integrative tools to objectively predict intrinsic qualities of meat, but also its extrinsic qualities. There is indeed a strong need for innovation to gain new markets and to answer societal expectations. A combination of the intrinsic and extrinsic qualities in order to better satisfy consumers is a major concern for the future of the beef industry and more generally of ruminant meat.

LEGRAND I., HOCQUETTE J.-F., DENOYELLE C., BIÈCHE-TERRIER C., 2016. La gestion des nombreux critères de qualité de la viande bovine : une approche complexe. *INRA Prod. Anim.*, 29, 185-200.