

Qualités des viandes : influences des caractéristiques des animaux et de leurs conditions d'élevage

B. LEBRET^{1,2}, S. PRACHE^{3,4}, C. BERRI⁵, F. LEFÈVRE⁶, D. BAUCHART^{3,4}, B. PICARD^{3,4},
G. CORRAZE⁷, F. MÉDALE⁷, J. FAURE^{1,2}, H. ALAMI-DURANTE⁷

¹ INRA, UMR1348 PEGASE, F-35590 Saint-Gilles, France

² Agrocampus Ouest, UMR1348 PEGASE, F-35000 Rennes, France

³ INRA, UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

⁴ Clermont Université, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, F-63000 Clermont-Ferrand, France

⁵ INRA, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France

⁶ INRA, UR1037 Physiologie et Génomique des Poissons, F-35000 Rennes, France

⁷ INRA, UR1067 Nutrition, Métabolisme, Aquaculture, F-64310 Saint-Pée-sur-Nivelle, France

Courriel : Benedicte.Lebret@rennes.inra.fr

Les caractéristiques des animaux et leurs conditions d'élevage déterminent pour une large part les qualités nutritionnelles, technologiques et sensorielles des viandes et de la chair de poisson. Mais les attentes des acteurs des filières animales et des consommateurs portent aussi sur une dimension extrinsèque de la qualité des produits en lien avec des modes d'élevage respectueux du bien-être animal et de l'environnement, et garantissant l'authenticité et la typicité des produits.

La qualité des viandes, des produits carnés et piscicoles regroupe différentes composantes intrinsèques (composition des carcasses, qualité technologique, sensorielle et nutritionnelle) et extrinsèques (interactions entre les productions animales et l'environnement, utilisation de ressources alimentaires locales, bien-être des animaux, réduction de l'utilisation de produits médicamenteux en élevage, origine des produits et authenticité des pratiques de production et de transformation...) (Lebret et Picard 2015). Les qualités intrinsèques des viandes sont déterminées notamment par la structure et la composition du muscle à l'abattage (Listrat *et al* 2015) qui dépendent elles-mêmes de la race, du sexe et de l'âge à l'abattage des animaux, mais peuvent aussi être modulées par leurs conditions d'élevage : conduite alimentaire (niveau et nature de la ration), type d'habitat, système de production (par exemple, production biologique) (pour revues, Sauveur 1997, Berri *et al* 2005a,b chez la volaille ; Lebret *et al* 1999, Lebret 2008 chez le porc ; Priolo *et al* 2001, Prache 2014 chez l'ovin ; Médale *et al* 2003, Lefèvre et Bugeon 2008 chez les poissons ; Hocquette *et al* 2005, Micol *et al* 2010 chez le bovin). Les qualités extrinsèques sont déterminées par les systèmes de production des animaux et de leurs

produits. L'importance croissante qui leur est accordée par les consommateurs et plus largement les citoyens incite fortement les filières à repenser leurs pratiques et à proposer de nouveaux systèmes d'élevage pour satisfaire ces attentes, avec des impacts possibles sur la qualité intrinsèque des produits.

Cet article traite des qualités intrinsèques et extrinsèques des viandes et chairs issues des principales espèces animales d'élevage (porcins, bovins, ovins, poulets, poissons). Il fait le point sur l'influence des caractéristiques des animaux (type génétique, sexe, âge, poids) et de leurs conditions d'élevage (conduite alimentaire, mode de logement...) dans la détermination des qualités intrinsèques des produits (composition de la carcasse, qualités technologique, nutritionnelle et sensorielle des viandes). Il met en évidence les similitudes ou au contraire les spécificités des espèces dans leur réponse aux effets de facteurs internes ou d'élevage influençant ces qualités. Il décrit également comment les attentes relatives aux qualités extrinsèques des produits sont prises en compte par des démarches qualité reposant sur des signes officiels ou d'autres initiatives privées ou collectives, à partir d'exemples choisis dans les différentes filières.

1 / Composition corporelle et qualité des carcasses

La qualité des carcasses correspond à la proportion de viande maigre ou de chair relativement aux tissus gras, osseux et aux viscères. La valeur commerciale des carcasses étant déterminée par leur composition (maigre/gras), leur conformation et leur poids, un rendement en carcasse (poids de carcasse relativement au poids vif de l'animal au stade d'abattage) ainsi qu'une proportion de muscle élevée sont recherchés, dans toutes les espèces (Lebret et Picard 2015). L'amélioration de la qualité des carcasses a constitué un des principaux objectifs des travaux de recherche conduits sur la qualité des produits animaux depuis plusieurs décennies, associée au développement de méthodes permettant d'estimer la composition corporelle. Des progrès considérables ont été réalisés pour accroître la production de viande maigre ou de chair dans les différentes espèces, et mieux connaître les facteurs de variation de la qualité des carcasses.

1.1 / Teneur et répartition des tissus maigre et gras

La proportion des tissus musculaires et adipeux constitue un élément fondamental

de la qualité des carcasses, or ceux-ci présentent une croissance relative (rapport entre l'accroissement du tissu et celui du corps entier ou coefficient d'allométrie) différente. Le tissu musculaire se développe globalement au même rythme que le corps entier, alors que le tissu adipeux se développe plus tardivement et s'accroît ensuite fortement. Par conséquent, la composition de la carcasse évolue sans cesse de la naissance au stade adulte, l'adiposité augmentant avec le degré de maturité (rapport poids à l'abattage/poids adulte). Certains critères d'appréciation de la carcasse (rapport muscle/os, note d'état d'engraissement) dépendent donc largement du degré de maturité de l'animal à l'abattage.

Les méthodes d'évaluation de la qualité des carcasses (méthodes automatisées en filière porcine vs visuelles – subjectives – en filière bovine par exemple), ainsi que les critères pris en compte pour le paiement diffèrent entre les espèces (Lebret et Picard 2015). A titre d'exemple, le paiement d'une carcasse de porc est basé principalement sur son poids et son Taux de Muscle des Pièces (TMP, %), prédit à partir de mesures linéaires de gras et de maigre. La qualité et le prix d'une carcasse ovine ou bovine sont fondés sur 3 critères : le poids (qui dépend de la race), la conformation et l'état d'engraissement, élément majeur de détermination du prix, défini par l'importance et la répartition des tissus adipeux. En Europe, la conformation des carcasses bovines et ovines est classée selon la grille EUROP et leur état d'engraissement est noté visuellement de 1 à 5. Un système automatisé basé sur des images de l'intérieur et de l'extérieur de la carcasse bovine a été mis en place dans les abattoirs (Salifou *et al* 2013), mais cette évaluation ne peut pas rendre compte des teneurs en lipides intermusculaires et Lipides IntraMusculaires (LIM).

Chez les volailles, l'engraissement de la carcasse s'estime le plus souvent au niveau abdominal. La sélection et la nutrition animale ont été des leviers très efficaces pour réduire l'engraissement des volailles et optimiser leur rendement en viande (particulièrement au niveau du filet). Il est généralement admis que l'engraissement de la carcasse n'est pas directement associé à la teneur en LIM, néanmoins l'alourdissement des poulets destinés à l'industrie de la transformation conduit à une augmentation de la teneur en LIM des filets, conjuguée à un engraissement légèrement supérieur (Baéza *et al* 2012).

Chez les poissons, la qualité des carcasses dépend d'abord de leur poids relativement au poids vif : la quantité de tissu adipeux péri-viscéral influence donc fortement le rendement en carcasse, surtout chez les espèces capables de

stocker des lipides autour des viscères comme la truite arc-en-ciel (Weil *et al* 2013). La proportion de masse musculaire est le second critère d'importance et sa prédiction, en fonction d'indicateurs externes, est à redéfinir pour chaque nouvelle espèce domestiquée.

Il est donc important de connaître les différents facteurs qui influencent la composition du gain de poids et le site de stockage des tissus adipeux dans les différentes espèces, et de les prendre en compte pour maîtriser la qualité et la valeur commerciale des carcasses.

1.2 / Facteurs de variation liés à l'animal : physiologie de la croissance, sexe et cycle reproducteur, génétique

La physiologie de la croissance de l'animal, notamment la composition chimique et tissulaire du gain de poids varie entre et intra espèces selon le stade physiologique, mais aussi le type génétique et le type sexuel. Elle détermine les caractéristiques (quantité relative, composition) des dépôts musculaires et adipeux, et donc l'âge optimal à l'abattage selon les espèces et les systèmes de production.

Chez les ovins, on considère qu'un agneau est « fini » et prêt à être abattu lorsqu'il atteint un degré de maturité de 30 à 40% de son poids potentiel adulte, soit 24 à 32 kg pour des agneaux de race Mérinos d'Arles ou Charmoise, et 35 à 45 kg pour des agneaux de race lourde Ile-de-France, Berrichon du Cher, Rouge de l'Ouest ou Texel (Thériez 1985). Comme chez plusieurs espèces, l'adiposité corporelle présente un dimorphisme sexuel, les mâles étant plus maigres que les femelles. Par ailleurs, plus l'agneau est léger à la naissance, plus il est gras à un poids donné (Villette et Thériez 1981). A chaque type d'animal correspond donc un poids maximum d'abattage au-delà duquel l'agneau présentera un engraissement excessif.

La composition des carcasses de poulet est en premier lieu liée à la vitesse de croissance des animaux. Au niveau mondial, la production de poulets repose essentiellement sur l'élevage de génotypes standards à croissance rapide, abattus à environ 6 semaines et qui présentent des rendements en filet élevés et peu de gras abdominal (Baéza *et al* 2012). Cependant, il existe des productions alternatives basées sur des souches plus rustiques à croissance plus lente, mieux adaptées à des élevages extensifs comme les productions Label Rouge en France (voir ci-dessous). Quel que soit le type génétique, les rendements en filets et en cuisse mais aussi le pourcentage de gras

abdominal augmentent avec l'âge à l'abattage (Baéza *et al* 2012). Par ailleurs, pour un âge donné, ces caractères sont souvent supérieurs chez les femelles, dont le développement musculaire est plus précoce et l'adiposité supérieure par rapport aux mâles (Chabault *et al* 2012).

La castration des animaux mâles modifie la composition du gain de poids en favorisant l'accrétion lipidique, conduisant à des carcasses plus grasses (Prunier et Bonneau 2006). Elle est pratiquée dans différentes espèces (bovins, ovins, porcs) pour faciliter leur élevage en réduisant l'agressivité des animaux, limiter les problèmes de comportement et de saillies indésirables chez les ovins élevés au pâturage, et éviter des défauts de qualité de viande : manque de tendreté chez le bovin, développement de composés malodorants chez le porc et les ovins. Chez les bovins, l'élevage de bœufs permet de bien valoriser les ressources fourragères, en particulier en zones herbagères et de moyenne montagne (Micol *et al* 2010). Cependant, la castration est remise en cause actuellement dans l'espèce porcine en particulier pour des considérations éthiques (cf. partie 5).

Chez les poissons, l'adiposité augmente avec l'âge et la taille (toutes choses égales par ailleurs) et varie fortement en fonction du cycle reproducteur. La mobilisation des réserves adipeuses au moment de l'élaboration des gamètes affecte généralement les dépôts musculaires, influençant ainsi la qualité des produits (Weil *et al* 2013). La production de poissons stériles (triploïdes), pratique qui tend à s'étendre à l'ensemble de la production de salmonidés au niveau international, permet de s'affranchir de ces variations.

L'adiposité globale des animaux et la répartition des tissus adipeux peuvent être maîtrisées par la sélection génétique, avec l'objectif commun à toutes les espèces d'améliorer le rendement en carcasse et de réduire l'adiposité. Ainsi, en production porcine, la sélection contre l'adiposité pratiquée depuis les années 1960 dans les principales races utilisées en croisements en production conventionnelle a été très efficace pour augmenter le TMP des carcasses (Lebret et Faure 2015). A l'opposé, les races locales présentent une très forte adiposité sont valorisées dans des systèmes de production spécifiques (cf. partie 3). Chez les bovins, la sélection sur la masse musculaire induit une augmentation du rapport muscle/gras. Ainsi, les races à viande sont beaucoup plus maigres que les races laitières, les races rustiques étant intermédiaires (Salifou *et al* 2013). Les bovins culards qui présentent une hypertrophie musculaire d'origine génétique (mutation dans le gène codant le facteur de croissance myostatine) ont aussi de faibles teneurs en LIM et en tissu conjonctif.

Ces caractéristiques sont à l'origine d'une viande très tendre mais avec peu de goût (Chelh *et al* 2009). Certaines races comme la Rouge des Prés sont caractérisées par un développement squelettique important affectant le rendement en muscle de la carcasse. En aviculture, la sélection génétique a aussi été très efficace pour augmenter le rapport muscle/gras. Ainsi, les souches de poulets standards actuelles présentent des rendements en filet supérieurs à 20% et un engraissement abdominal proche de 2% (Baéza *et al* 2012), alors que les souches à croissance lente utilisées en production plein air (type Label Rouge) se caractérisent par des rendements en filet plus faibles (environ 16%) et un engraissement deux fois plus élevé (Chabault *et al* 2012). Les croisements utilisés pour les productions certifiées (certifications de conformité) présentent des caractéristiques corporelles intermédiaires à celles des poulets standards et Label Rouge (Berri *et al* 2005a).

La sélection génétique peut aussi modifier la répartition des tissus adipeux. Chez la truite arc-en-ciel, une sélection divergente sur la teneur en LIM a permis d'obtenir une lignée « muscle maigre » stockant les lipides préférentiellement au niveau péri-viscéral et une lignée « muscle gras » qui les stocke au niveau musculaire, ces lignées présentant des teneurs en LIM variant du simple au triple à la 5^{ème} génération de sélection (2,3 vs 8%, respectivement, chez des truites de 200 g ; Jin *et al* 2014).

1.3 / Facteurs de variation liés aux conditions d'élevage

Dans la plupart des espèces, la conduite alimentaire (niveau et nature des apports) constitue un puissant levier pour moduler les dépôts relatifs de tissus gras et maigre au cours de la croissance, qui vont déterminer la composition corporelle au stade d'abattage.

a) Niveau des apports alimentaires

Chez le porc en croissance, une restriction alimentaire (réduction des apports relativement aux besoins) réduit l'adiposité et améliore la qualité des carcasses, le dépôt de lipides étant plus sensible aux apports en énergie que le dépôt de protéines (Lebret 2008, Mourot et Lebret 2009). Une phase de réalimentation après la restriction induit une croissance compensatrice qui favorise les dépôts adipeux. Au final, la composition corporelle est généralement similaire à celle de porcs alimentés à volonté, mais cette pratique permet de moduler la qualité de la viande (cf 3.2 a).

Chez les bovins élevés en zones herbagères, la croissance compensatrice est

pratiquée pour réduire les coûts alimentaires en hiver (restriction), les animaux étant placés au pâturage l'été (compensation). Comme chez le porc, elle entraîne une augmentation des dépôts adipeux, qui varie toutefois selon l'âge et le sexe de l'animal (Hoch *et al* 2003). Chez les ovins, une diminution de l'apport énergétique réduit la vitesse de croissance mais n'influence pas la composition corporelle de l'agneau (Thériez 1985). Toutefois, chez les agneaux nourris exclusivement au lait, l'augmentation des apports accroît la vitesse de croissance et l'adiposité. Par ailleurs, une réduction drastique des apports alimentaires réduisant de 2 à 3 fois la vitesse de croissance par rapport aux témoins, diminue également l'adiposité. Ceci peut se rencontrer chez des agneaux engraisés à l'herbe qui, dans certains cas, présentent une croissance inférieure à 100 g/j et produisent alors des carcasses lourdes et maigres. A l'inverse des bovins, la restriction suivie d'une réalimentation afin de favoriser l'expression d'une croissance compensatrice est peu pratiquée en élevage ovin. Chez l'agneau, le sevrage induit généralement une réduction de l'état d'engraissement. Ainsi, des agneaux de race Limousine sevrés à 6 semaines présentent une moindre épaisseur de gras dorsal que des agneaux laissés sous la mère jusqu'à l'abattage (2,8 contre 4,5 mm), alors qu'un sevrage tardif (2 à 3 semaines avant l'abattage) n'a pas d'effet significatif sur l'état d'engraissement (Thériez 1985).

Comme pour les autres espèces, la composition corporelle des volailles dépend des apports énergétiques et protéiques. Les dépôts de lipides dans les tissus adipeux et musculaires sont affectés par la quantité des apports, mais aussi le rapport énergie/protéine, ainsi que par la composition des lipides ingérés ($\omega 3/\omega 6$).

Cette situation s'observe également chez les poissons, où une augmentation de la ration ou de la teneur en lipides de l'aliment accroît les dépôts adipeux au niveau du site privilégié de stockage des lipides de l'espèce considérée. A l'inverse, une période de jeûne provoque une mobilisation des réserves adipeuses, les sites mobilisés étant très variables d'une espèce à l'autre (Weil *et al* 2013). Chez la truite, l'effet de la restriction alimentaire sur la composition corporelle dépend du stade de développement et du poids : les juvéniles de 70 g maintiennent leur quantité de protéines corporelles et mobilisent leurs réserves lipidiques au profit d'une augmentation de la teneur en eau, alors que les alevins de 1,3 g maintiennent leurs teneurs corporelles en eau et en énergie (Salze *et al* 2014). Cette étude montre aussi que la restriction alimentaire affecte principalement le muscle blanc (utilisé lors des mouvements brusques

d'attaque ou de fuite) chez les juvéniles, le muscle rouge (utilisé lors des mouvements réguliers de nage) et les viscères étant préservés.

b) Nature des apports alimentaires

Outre la quantité des apports alimentaires, leur nature et en particulier le rapport entre protéines (ou lysine, l'acide aminé le plus limitant pour la croissance chez le porc) et énergie détermine la composition du gain de poids et le rapport maigre/gras des carcasses. Ainsi, un régime déficitaire en protéines apporté à volonté accroît l'adiposité corporelle et déprécie la qualité des carcasses porcines (Lebret *et al* 1999). On observe le même effet chez l'agneau, où la distribution d'une ration pauvre en azote relativement à l'énergie réduit la vitesse de croissance et favorise le stockage d'énergie sous forme de lipides. A l'inverse, en cas de ration excédentaire en azote par rapport à l'énergie (ration trop riche en azote ou apports énergétiques insuffisants), la croissance peut être réduite, mais la composition corporelle n'est pas modifiée (Thériez 1985). Chez la truite, la réduction du rapport protéine/énergie par ajout de lipides permet d'augmenter la vitesse de croissance pondérale dès les jeunes stades, mais conduit à l'obtention de phénotypes gras présentant une teneur réduite en muscle comparativement aux témoins de même poids (Alami-Durante *et al* 2014).

Dans toutes les espèces, le respect du rapport azote/énergie dans la ration est donc un moyen d'optimiser la composition corporelle et éviter l'excès de gras. En pratique, les besoins des animaux variant avec l'âge, quelle que soit l'espèce, on utilise successivement différents aliments dont la teneur en protéines diminue progressivement. Chez la truite, une alimentation à base d'ingrédients végétaux accroît l'adiposité tant au niveau musculaire que péri-viscéral, ce qui affecte les rendements en carcasse et en filets (Le Boucher *et al* 2011). Ces modifications sont vraisemblablement dues au fait que le remplacement total de la farine de poisson par des sources protéiques végétales ne permet pas de répondre parfaitement aux besoins des poissons pour la croissance protéique. La nature des apports alimentaires permet aussi de contrôler la croissance et la composition corporelle des volailles. Ainsi, l'augmentation des apports en lysine par rapport aux protéines totales constitue un levier particulièrement efficace pour améliorer les rendements en filet et diminuer l'adiposité des carcasses (Tesseraud *et al* 2014).

c) Environnement d'élevage

L'environnement de l'animal (température, logement...) influence également

la composition corporelle. Des porcelets en post-sevrage (7 à 25 kg environ) élevés au froid sont plus maigres que ceux placés à thermo-neutralité, même lorsqu'ils sont alimentés à volonté, leur capacité d'ingestion étant trop limitée pour couvrir leurs besoins accrus. Cet effet est cependant réversible si les porcs sont replacés à thermo-neutralité en phase de croissance-finition (25 à 115 kg) (Faure *et al* 2013). Chez des porcs en croissance-finition alimentés à volonté, le froid (12°C) relativement au chaud (28°C) ne modifie pas la quantité mais la répartition des tissus gras au stade final d'abattage, en favorisant les dépôts sous-cutanés aux dépens des dépôts internes (Lefaucheur *et al* 1991). En revanche, l'exposition au chaud (31 vs 18°C) réduit le niveau d'ingestion spontanée et l'adiposité corporelle (Lebret et Mourou 1998). Chez le poulet, l'exposition continue à une température élevée (32°C par exemple) détériore la croissance et le développement du filet, avec pour conséquence des animaux plus gras (Ain Baziz *et al* 1996).

L'élevage des porcs sur paille, incluant une plus grande surface disponible par animal et une température ambiante réduite (17°C environ), conduit souvent à des carcasses plus grasses par rapport au logement sur caillebotis (22°C) si les animaux sont alimentés à volonté, l'augmentation du niveau d'ingestion spontanée à cette température étant alors plus importante que nécessaire pour couvrir les besoins énergétiques accrus (Millet *et al* 2005, Lebret 2008). En fait, l'impact de modes d'élevage alternatifs (courette extérieure ou parcours) sur l'adiposité dépend des conditions climatiques (moyenne et variations de température) et du niveau d'activité physique des porcs en regard des apports alimentaires : une moindre adiposité est souvent observée en conditions froides, alors qu'en conditions plus clémentes, l'adiposité est équivalente voire accrue par rapport à l'élevage conventionnel (Lebret 2008). Chez le poulet, l'accès à un parcours extérieur augmente l'activité physique, ce qui entraîne une réduction de l'état d'engraissement des animaux (Bourin *et al* 2013).

2 / Qualité technologique

La qualité technologique de la viande correspond à son aptitude à être transformée en produits cuits ou crus, entiers ou divisés, et concerne donc principalement le porc, la volaille et les poissons. Les indicateurs de qualité technologique (vitesse et amplitude de chute du pH post-mortem (*p.m.*), perte en eau, couleur, déstructuration des viandes...) peuvent être affectés par les conditions d'élevage des animaux qui influencent les pro-

priétés musculaires, en particulier le niveau des réserves énergétiques (glycogène notamment) et le métabolisme péri- et *p.m.* (Berri 2015, Lebret et Faure 2015, Lebret et Picard 2015).

Les principaux défauts de qualité technologique de la viande touchent surtout la longe et le jambon chez le porc et le filet chez la volaille : viandes exsudatives (« PSE : *Pale, Soft and Exsudative* » ; porc, volaille), à bas pH ultime (pH_u ; porc) ou à coupe sombre (« DFD : *Dark, Firm and Dry* » ; volaille). Ces défauts présentent un très fort déterminisme génétique (Berri 2015, Lebret et Faure 2015) mais peuvent aussi être modulés par les caractéristiques des animaux et leurs conditions d'élevage (Lebret 2008, Tesseraud *et al* 2014). Ainsi, l'augmentation de l'âge à l'abattage pour la production de poulets lourds (> 3 kg) s'accompagne d'une augmentation importante de la taille des fibres musculaires qui, comme cela a été démontré dans cette espèce (Berri *et al* 2007), aboutit à un pH_u du filet plus élevé, une couleur plus sombre et des pertes en eau réduites au cours du stockage (Baéza *et al* 2012).

Concernant l'alimentation, le niveau des apports protéiques relativement à l'énergie ou au profil en acides aminés de la ration peuvent modifier le pH_u de la viande de poulet, le stockage du glycogène au niveau musculaire semblant dépendre de la nature des apports nutritionnels (Jlali *et al* 2012). Chez le porc en revanche, hormis la durée de jeûne pré-abattage, l'alimentation a peu d'effet sur les propriétés musculaires déterminant la qualité technologique, comme la teneur en glycogène (Lebret *et al* 1999, Lebret 2008).

Une réduction de la température ambiante en élevage favorise les réserves en glycogène musculaire chez le porc, conduisant à un pH_u inférieur et une altération de la qualité technologique notamment dans les muscles glycolytiques (Lefaucheur *et al* 1991, Faure *et al* 2013). Le même effet peut être observé en mode d'élevage alternatif où il peut se cumuler aux conséquences d'une activité physique accrue sur le métabolisme musculaire (métabolisme plus oxydatif qui épargnerait les réserves en glycogène), toutefois les réponses des animaux aux conditions d'élevage et leurs conséquences sur la qualité des produits sont trop variables pour que des lois générales puissent être établies (Lebret 2008). Par ailleurs, il a été montré chez le porc notamment, que la réactivité des animaux aux événements pré-abattage (transport, nouvel environnement, éventuellement mélange avec des animaux « inconnus »), qui influence fortement le métabolisme musculaire et la qualité technologique de la viande, peut dépendre

de leurs conditions d'élevage et de leur expérience antérieure (Terlouw *et al* 2015). Chez le poulet, la température d'élevage et les conditions pré-abattage peuvent aussi affecter le stockage du glycogène musculaire et consécutivement le pH_u de la viande (Debut *et al* 2003). Toutefois leur incidence est souvent due à des conditions d'environnement ou de manipulations extrêmes (Terlouw *et al* 2015).

Chez les poissons, le niveau et le type de transformation dépendent de l'espèce et de la taille des individus : certaines espèces sont commercialisées entières, d'autres sous forme de filets qui peuvent être cuits, salés ou fumés. Les rendements de transformation dépendent du procédé et des caractéristiques initiales du produit. Contrairement aux porcs et aux volailles, le pH_u de la chair varie très peu au sein d'un lot de poissons élevés dans des conditions comparables, et il n'y a pas de niveau de qualité clairement associé à sa valeur. Le pH_u dépend, en particulier, du poids commercial du poisson et de son statut nutritionnel, et ne descend jamais en deçà de 6,0 environ. Les rendements au salage augmentent avec l'épaisseur des filets et sont inversement corrélés à leur teneur en lipides, du fait d'une moindre teneur en eau des filets les plus gras (Morkore *et al* 2001). Les rendements de cuisson dépendent de la composition des filets, mais aussi des propriétés fonctionnelles des protéines musculaires qui déterminent la capacité de rétention d'eau. Ces caractéristiques sont très variables d'une espèce à l'autre et sont sensibles à certains paramètres environnementaux, en particulier la température, les poissons étant poikilothermes (Lefèvre et Bugeon 2008).

3 / Qualité sensorielle

L'aspect (couleur, persillé), la texture (tendreté, jutosité) et la saveur des viandes résultent d'interactions complexes entre le type génétique, le type sexuel et l'âge des animaux, leurs conditions d'élevage ainsi que les conditions d'abattage et de transformation des viandes (voir aussi dans ce numéro Lebret et Picard 2015, Listrat *et al* 2015, Prache et Bauchart 2015, Terlouw *et al* 2015).

3.1 / Facteurs de variation liés à l'animal : race, sexe, âge à l'abattage

Le type génétique ou la race constitue un facteur important de variation de la qualité sensorielle dans les différentes espèces, cet effet pouvant être modulé par les conditions d'élevage. Les études comparatives présentent toutefois souvent le biais de considérer des animaux de stades physiologiques différents en

raison des différences de potentiel de développement musculaire et de maturité physiologique entre races.

Ainsi chez les bovins, des différences de précocité (âge auquel les animaux atteignent le stade de maturité) entre races peuvent influencer la qualité sensorielle de la viande, notamment la couleur et la tendreté : les types génétiques anglo-saxons et les races laitières, plus précoces que les races à viande continentales, présentent une viande plus rouge à un âge donné. Ces différences s'expliquent principalement par la proportion de fibres blanches rapides glycolytiques inférieure dans les races laitières comparativement aux races allaitantes (Hocquette *et al* 2005). Concernant la qualité gustative, la principale composante généralement discriminée entre races est la tendreté qui impacte fortement l'appréciation globale de la viande. Les différences de tendreté dépendent des composantes fibres musculaires, tissu conjonctif et LIM, qui varient selon les races (Dransfield *et al* 2003, Listrat *et al* 2015). Une étude portant sur onze races bovines européennes a montré que les animaux de race Pirenaica produisent des viandes très tendres, juteuses et de flaveur élevée, alors que les animaux de race Simmental conduisent à des viandes dures, de moindre flaveur et moins juteuses (figure 1, Olleta *et al* 2008). Au-delà de la race, le gène culard a un effet positif sur la tendreté de la viande bovine, en induisant une hypertrophie du muscle, un métabolisme plus glycolytique et une moindre teneur en collagène et en LIM (Guillemin *et al* 2009). Les travaux récents de génomique montrent que l'origine des qualités sensorielles est multifactorielle et dépend de processus biologiques complexes dont certains dépendent du type de muscle considéré (Picard *et al* 2015).

Dans l'espèce porcine, certaines races donnent des viandes de qualité sensorielle élevée, dont les races à performance de croissance élevées Duroc (riche en LIM) ou Hampshire (estimée pour la qualité de la viande fraîche en Europe du Nord), ainsi que les races locales à croissance lente et forte adiposité et dont la qualité gustative des produits est reconnue : par exemple, les races Blanc de l'Ouest, Basque, Gascon et Nustrale en France, Ibérique en Espagne, Alentejano au Portugal, Cinta Senese et Nero Siciliano en Italie (Bonneau et Lebret 2010, Pugliese et Sirtori 2012 ; cf. 3.2.b).

L'âge à l'abattage ou le type sexuel peuvent aussi fortement influencer la qualité sensorielle *via* la composition de la chair. Chez les volailles, les poulets Label Rouge à croissance lente, issus d'une souche spécifique et abattus à 81 j d'âge minimum contre environ 40 j pour les poulets standards se caractérisent par une viande plus ferme, moins juteuse et de flaveur plus intense que celle des poulets standards (Sauveur 1997). Ces différences de souche et d'âge, qui se superposent en partie, s'accompagnent de modifications de la composition chimique (collagène, lipides) et du métabolisme du muscle, les poulets Label Rouge présentant un métabolisme *p.m.* plus rapide et un pH_u plus faible du fait des réserves en glycogène accrues comparativement aux poulets standards (Debut *et al* 2003, Berri *et al* 2005b). Chez les bovins et les ovins, l'augmentation de l'âge à l'abattage s'accompagne d'une augmentation de la teneur du muscle en myoglobine et donc de l'intensité de couleur rouge (indice a*) de la viande (Micol *et al* 2010). La viande bovine issue d'animaux âgés est moins tendre que celle issue d'animaux jeunes (vaches de réforme *vs* génisses, Patterson *et al* 2002, ou bovins mâles entiers ou castrés de 33 *vs* 12 ou 24 mois, Oury *et al* 2007). En

revanche, une variation de l'âge (4 *vs* 9 ans) chez les vaches de réforme de races à viande ou laitières n'influence pas la tendreté de la viande (Jurie *et al* 2002, Oury *et al* 2007). A l'inverse de la tendreté, la flaveur de la viande bovine s'accroît progressivement avec l'âge des animaux en relation avec l'augmentation du taux de LIM (Micol *et al* 2010).

A âge et race similaires, le type sexuel du bovin (mâle entier, mâle castré ou femelle) induit des différences de qualité organoleptique. La viande des femelles et des mâles castrés dans une moindre mesure, est jugée plus tendre que celle des animaux entiers, alors que la jutosité et la flaveur sont supérieures pour les viandes de mâles castrés en accord avec leur état d'engraissement plus élevé (Salifou *et al* 2013). Chez le porc, la viande de mâles castrés est parfois jugée plus tendre que celle des femelles en raison d'un taux de LIM supérieur, mais cette différence n'est pas systématique (Lebret *et al* 1999). La viande de mâles entiers peut être plus dure que celle des mâles castrés ou des femelles, toutefois le principal problème des viandes de porc mâle entier est le risque d'odeur sexuelle (Lebret et Faure 2015).

La domestication des poissons d'élevage étant beaucoup plus récente que celle des animaux terrestres, moins de données sont disponibles sur la différenciation qualitative de souches ou de lignées. Néanmoins l'héritabilité de nombreux paramètres de qualité a été démontrée notamment chez les salmonidés, dont la teneur en LIM, la couleur et la texture des filets. Chez les salmonidés, la ploïdie des poissons (2n ou 3n) affecte les qualités sensorielles telles que l'odeur, la couleur ou la texture des filets. L'âge à l'abattage, qui correspond souvent à un type de produit différent (entier *vs* filet ou darne), affecte notablement les qualités sensorielles du produit (Lefèvre et Bugeon 2008).

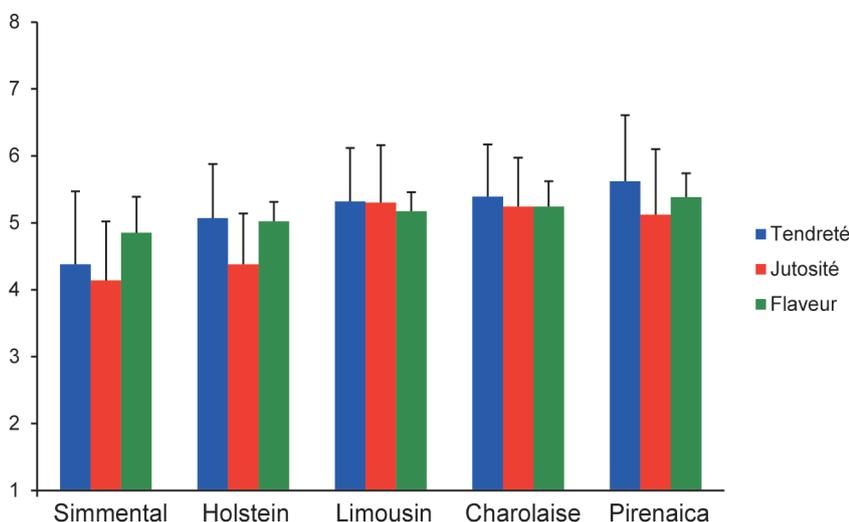
3.2 / Facteurs de variation liés aux conditions d'élevage

a) Conduite alimentaire

Le niveau et la nature de la ration d'un animal, en déterminant la composition et les caractéristiques de la carcasse et des tissus dont le muscle (cf. § 1), peuvent influencer ainsi les composantes sensorielles de la viande.

Chez la plupart des espèces, la réduction du niveau alimentaire s'accompagne d'une réduction de l'adiposité de la carcasse et du muscle. Chez le porc, une restriction en période de finition réduit le taux de LIM, pouvant altérer ainsi la tendreté et la jutosité de la viande (Lebret *et al* 1999). Cette pratique peut être

Figure 1. Caractéristiques sensorielles (évaluées de 1 = absence à 8 = élevée) du muscle Longissimus thoracis de cinq races bovines (d'après Olleta *et al* 2008).



rencontrée en production Label Rouge pour respecter l'âge minimum imposé à l'abattage. Afin de limiter la vitesse de croissance sans altérer la qualité, une réduction des apports en protéines ou en acides aminés relativement à l'énergie, qui favorise le dépôt de LIM, peut être pratiquée. Une stratégie intéressante consiste à réduire progressivement le rapport lysine/énergie afin d'augmenter spécifiquement les LIM sans modifier l'adiposité de la carcasse (Mourot et Lebreton 2009).

Chez le bovin, la réduction des LIM consécutive à la restriction alimentaire peut également altérer la tendreté, même si le taux de LIM n'expliquerait que 3 à 10% de la variabilité de tendreté (Dransfield *et al* 2003). Ainsi, chez des génisses Charolaises abattues à 33 mois, une réduction de 380 à 360 kg du poids de carcasse suite à une restriction s'accompagne d'une réduction de 15% de la note de tendreté (Oury *et al* 2007). Par ailleurs, l'influence négative de la restriction sur la tendreté serait associée à une moindre proportion de fibres glycolytiques à vitesse de maturation rapide (Micol *et al* 2010, Listrat *et al* 2015). Cette modification du métabolisme augmenterait la teneur en pigments, donnant une couleur plus rouge à la viande de taurillons restreints comparée à celle de taurillons recevant des apports alimentaires supérieurs et abattus au même poids (Geay *et al* 2002). La proportion de tissu conjonctif peut aussi s'accroître et la solubilité du collagène diminuer suite à une restriction (Fischell *et al* 1985). Enfin, la moindre adiposité corporelle des animaux restreints peut accentuer le phénomène de contracture au froid et modifier le processus de maturation de la viande (Salifou *et al* 2013).

Chez les poissons, une période de jeûne avant abattage ou la distribution d'un aliment à faible teneur en lipides en fin de cycle d'élevage permet d'éviter un dépôt excessif de lipides dans la chair (Rasmussen 2001) et de réduire ainsi le risque de texture huileuse due à l'exsudation de gouttelettes lipidiques. Cependant, une teneur relativement élevée en lipides confère à la chair une texture onctueuse recherchée pour les produits fumés (Robb *et al* 2002).

La réalimentation des animaux (bovins, porcins) consécutive à une restriction entraîne une croissance compensatrice qui peut induire une amélioration de la tendreté de la viande des bovins suite à une augmentation *i)* de la néo-synthèse de collagène plus soluble ou de nature différente de celui préexistant dans le muscle (Listrat *et al* 2015), *ii)* de la proportion de fibres musculaires glycolytiques, à maturation plus rapide, aux dépens de la proportion de fibres lentes,

ou *iii)* de la teneur en LIM. Ces modifications sont toutefois variables selon l'âge et le sexe de l'animal et selon le muscle considéré (Hoch *et al* 2003). Chez le porc, la croissance compensatrice peut aussi améliorer la tendreté de la viande suite à une augmentation de la vitesse de renouvellement des protéines musculaires (Lebreton 2008). Cette stratégie a également été envisagée pour augmenter l'accrétion des LIM chez l'animal en finition et améliorer la qualité sensorielle, toutefois les périodes de restriction et de réalimentation doivent être optimisées pour atteindre cet objectif (Lebreton *et al* 2007).

La nature de l'alimentation des animaux peut aussi influencer la qualité sensorielle des viandes ou de la chair. Chez le bovin, les variations de composition de la ration entraînent des modifications des processus digestifs qui régulent la nature et les proportions des nutriments absorbés par l'animal et seraient susceptibles de modifier les qualités sensorielles de la viande (Geay *et al* 2002). Cependant, dans de nombreux travaux, l'effet de la nature des aliments est confondu avec celui du niveau alimentaire. La revue de Oury *et al* (2007) montre qu'à même niveau alimentaire, la nature des aliments (fourrages secs ou humides) a peu d'effet sur la tendreté et la jutosité de la viande bovine. Des rations supplémentées en lipides induisent particulièrement des modifications de la flaveur de la viande. Chez les ovins, la majorité des études portent sur la comparaison de modes d'élevage (herbe vs. bergerie) : les effets de la nature de l'alimentation sont donc confondus avec ceux du mode de logement (cf. § 3.2.b).

En productions aquacoles, la nature des sources protéiques incorporées dans les aliments peut être très diverse mais semble avoir peu d'impact sur les qualités organoleptiques du filet de poisson (Médale *et al* 2013). Toutefois, les pigments contenus dans certains végétaux peuvent modifier la couleur de la chair des salmonidés. Par exemple, la lutéine et la zéaxanthine du maïs donnent une teinte jaune à la chair, mais la flaveur n'est pas affectée (Skonberg *et al* 1998). La nature des lipides alimentaires, qui conditionne la composition en Acides Gras (AG) des tissus dont le muscle, ne modifie pas de façon notable les caractéristiques sensorielles de la chair. Il a été montré chez certaines espèces (truite, saumon, daurade) qu'avec un fort taux d'incorporation d'huiles végétales dans les aliments, l'odeur et le goût spécifique de « poisson » étaient moins prononcés, toutefois ces effets ne semblent pas affecter les préférences des consommateurs (Rosenlund *et al* 2010). L'incorporation de vitamine E (α -tocophérol) dans la ration prévient l'oxydation des AG poly-

insaturés (AGPI), évitant ainsi l'apparition d'odeurs ou de goûts de rance liées à des composés de dégradation. Cette supplémentation est également pratiquée en cas de teneurs élevées en AGPI dans la ration des volailles (Bou *et al* 2009) et des porcins (Mourot et Lebreton 2009).

b) Mode d'élevage : type de logement, pâturage, élevage extensif

Le mode d'élevage des ruminants a des conséquences importantes sur plusieurs composantes de la qualité sensorielle. Par exemple, la viande d'agneaux ou de bovins élevés à l'herbe présente en moyenne une couleur plus sombre que celle d'animaux élevés en bâtiments et alimentés à l'auge avec une ration à base d'aliments concentrés (Priolo *et al* 2001). Cela est dû à une teneur plus élevée du muscle en myoglobine, effet directement lié au mode d'élevage auquel s'ajoutent des effets indirects comme l'augmentation de l'activité physique et de l'âge à l'abattage chez les animaux au pâturage (Renner 1981, Prache et Thériez 1988, Micol *et al* 2010). Outre le risque accru de viande sombre ou à pH_u élevé, l'élevage à l'herbe peut aussi accroître la variabilité de ces caractéristiques en raison de la variabilité des conditions de pâturage et de croissance des animaux (Prache et Thériez 1988).

Un autre point marquant concerne la flaveur de la viande, généralement plus forte chez les agneaux élevés à l'herbe qu'en bergerie. Cette flaveur pastorale résulte des interactions entre les AG ramifiés à chaîne courte responsables de la flaveur caractéristique de la viande ovine (Mottram 1998), le scatole (composé malodorant issu de la dégradation ruminale du tryptophane) et des produits d'oxydation de l'acide linoléique (Prache 2014). La flaveur et l'odeur de la viande sont exacerbées si la prairie est riche en légumineuses (trèfle blanc, luzerne) en raison de leur teneur élevée en protéines rapidement dégradables favorisant la synthèse ruminale de scatole, qui se dépose proportionnellement dans le tissu gras (Devincenzi *et al* 2014). Ceci peut se rencontrer notamment en production biologique (cf. § 5).

L'alimentation à l'herbe comparative-ment à une alimentation à base de céréales influence aussi la flaveur de la viande bovine en modifiant la nature des AG tissulaires qui déterminent les composés volatils formés lors de la cuisson : les aldéhydes, cétones et terpènes sont ainsi plus abondants dans la viande de bouvillons élevés à l'herbe et associés à la flaveur « pastorale » (Geay *et al* 2002). En revanche, le pâturage comparative-ment à une alimentation à base d'ensilage ou de céréales influence peu la jutosité

de la viande, malgré des différences d'adiposité et de tendreté (Geay *et al* 2002, Oury *et al* 2007).

Hormis la saveur, chez les ovins le mode d'élevage influence le risque d'apparition de deux défauts du gras de couverture : un manque de fermeté (gras mou voire huileux, alors qu'on recherche un gras ferme) et une couleur indésirable (brun-rouge, voire jaune alors qu'on cherche un gras blanc) (Prache et Bauchart 2015). Ces défauts, souvent associés, peuvent conduire à une dépréciation commerciale et à l'exclusion des démarches qualité. Le manque de fermeté est surtout observé chez les agneaux de bergerie, dont les tissus contiennent moins d'AG saturés (AGS) pairs et plus d'AGS impairs, d'AG insaturés et d'AG ramifiés. Le niveau et la durée d'allaitement ont toutefois un effet favorable, les lipides du lait étant riches en AGS pairs. Chez les agneaux d'herbe, la nature de la prairie peut influencer la qualité du gras de couverture : par exemple une prairie riche en légumineuses comparativement à du ray grass accroît le rapport AGPI/AGS, pouvant altérer la fermeté du gras (Lourenço *et al* 2007). Les défauts de couleur du gras sont dus à la présence de pigments d'origine alimentaire (caroténoïdes), pathologique (bilirubine) ou métabolique (Prache *et al* 1990). La couleur légèrement plus jaune du gras de couverture des agneaux d'herbe résulte de l'ingestion de caroténoïdes, ce qui a conduit à proposer ces pigments pour authentifier l'alimentation à l'herbe (Prache *et al* 2007). Le défaut de gras brun/rouge peut être attribué à l'accumulation excessive de pigments hémiques et aux produits de la peroxydation des AGPI (Prache *et al* 1990). La limitation des apports d'aliment concentré en

fin d'engraissement au profit du fourrage, la distribution de céréales entières et la castration permettent de diminuer ces défauts (Thériez *et al* 1997).

Comme chez les ruminants, le type d'habitat et plus largement le mode d'élevage du porc peuvent influencer la qualité sensorielle de la viande, *via* leur impact sur les propriétés musculaires. L'élevage sur paille est associé à une saveur supérieure du bacon (Maw *et al* 2001). Pour des porcs de génotype conventionnel, l'élevage sur courette ou parcours peut produire une viande plus juteuse et de couleur rouge plus intense (Lebret *et al* 2011) mais ces effets ne sont pas systématiques (Millet *et al* 2005). L'élevage en plein air a des effets contrastés sur la qualité sensorielle, selon les conditions climatiques et la conduite alimentaire : une amélioration, comme une dégradation de la tendreté liée à une diminution des LIM et du pH_u ont été ainsi été rapportés (Lebret 2008). Par ailleurs, l'élevage extensif peut conduire à des gras de bardière plus mous, suite à une augmentation de la proportion d'AGPI avec la réduction de la température ambiante, en particulier chez les porcs de génotypes maigres dont les tissus contiennent peu d'AGS (Lebret et Mourot 1998). En revanche, l'élevage de porcs de race locale en conditions extensives et selon une conduite alimentaire mixte (ressources naturelles complétées par un aliment conventionnel) ou spécifique (par exemple, finition exclusive aux glands pour le porc Ibérique dans les conditions d'élevage de l'appellation Bellota), associés à un âge et un poids d'abattage élevés, permettent l'expression de leur potentiel génétique favorable à la qualité sensorielle (tendreté, jutosité, saveur) : dépôt élevé de LIM favorisé par une crois-

sance compensatrice en finition en particulier dans le système Corse ou certains systèmes Ibériques, composition spécifique en AG, couleur rouge de la viande (figure 2) (Pugliese et Sirtori 2012, Lebret *et al* 2013).

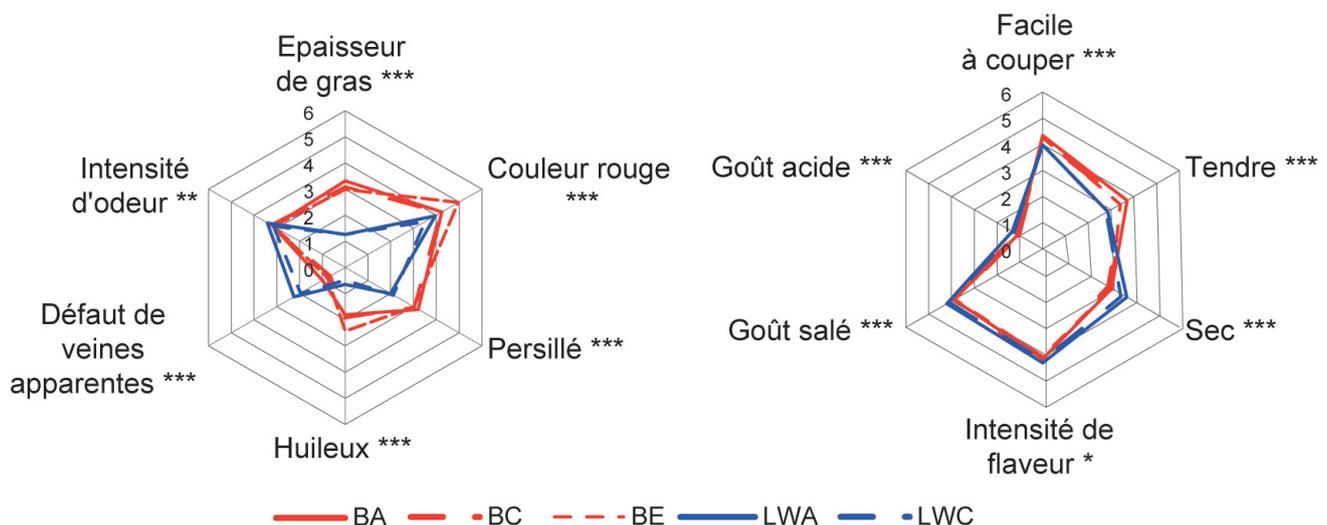
Chez les souches de volailles à croissance lente, l'accès à un parcours extérieur peut influencer la couleur des carcasses et des viandes (plus jaunes) et accroître la solidité des os (Fanatico *et al* 2005, 2007). Les effets stricts de l'élevage sur parcours (pour une même souche de volaille) sont généralement modérés. Ils permettraient cependant d'améliorer l'appréciation globale de la viande par les consommateurs sans modifier spécifiquement les propriétés de texture, jutosité ou saveur (Ponte *et al* 2008a).

Chez les poissons, l'intégrité du muscle et la texture semblent plus affectées par les techniques d'abattage, les conditions de stockage et les procédés de transformation que par les facteurs d'élevage. Le développement de la pisciculture en systèmes d'eau recirculée pour limiter la dépendance des élevages vis-à-vis de la ressource en eau (cf. § 5) affecte peu la qualité des produits chez la truite arc-en-ciel, toutefois une attention doit être portée aux saveurs « terreuses » de la chair des poissons que peuvent engendrer des microorganismes du milieu d'élevage (Labbé *et al* 2014).

4 / Qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle de la viande et de la chair de poisson correspond à leur capacité à satisfaire les besoins nutritionnels de l'Homme (cf. Lebret et Picard 2015, ce numéro) ; cette dimension inclut

Figure 2. Qualité sensorielle de jambons secs issus de porcs de race Basque (B) ou Large White (LW) élevés dans différents systèmes d'élevage : conventionnel (C), alternatif sur litière et courette (A) ou extensif (E) (d'après Lebret *et al* 2013).



Les critères relatifs à l'aspect, la texture et la saveur sont notés sur une échelle de 0 (absence) à 6 (élevé).
* : P < 0,05 ; ** : P < 0,01 ; *** : P < 0,001.

aussi les transferts nutritionnels négatifs associés (polluants organiques, résidus médicamenteux...). Toutefois, ces derniers ne sont pas considérés dans le cadre de cette synthèse, dans laquelle le terme de « qualité nutritionnelle » correspond aux transferts nutritionnels positifs associés à la consommation de viande ou de chair de poisson : apports en protéines, lipides, vitamines et minéraux. Ceux-ci dépendent de l'espèce considérée, mais aussi du sexe et de l'âge des animaux à l'abattage. Les propriétés nutritionnelles de la viande et de la chair de poisson peuvent aussi être modulées par les conditions d'élevage afin de mieux répondre aux besoins nutritionnels humains.

4.1 / Facteurs de variation liés à l'animal : race, sexe, âge à l'abattage

Les constituants musculaires déterminant la qualité nutritionnelle de la viande sont surtout les lipides, micronutriments et vitamines, dont la teneur et la nature varient avec l'espèce, la race, ou l'âge à l'abattage, alors que la teneur et la composition des protéines varie peu. Ainsi, la teneur en protéines est comprise entre 20 et 23% dans la viande de bovin et de porc et entre 18 et 21% dans la viande d'agneau, quels que soient la race et le type de muscle. De même, la teneur en protéines de la chair des poissons (comprise entre 16 et 25% selon les espèces) varie peu avec le génotype, l'âge ou les conditions d'élevage et d'alimentation. La composition en acides aminés est, elle aussi, relativement stable (Médale *et al* 2003). Le poulet fait exception puisque l'augmentation de l'âge à l'abattage s'accompagne d'une augmentation de la teneur en protéines de la viande (Touraille *et al* 1981). En revanche, chez tous les animaux, la teneur en LIM est très variable selon la race et le muscle considérés.

Chez le porc, l'influence du type génétique sur la qualité nutritionnelle des viandes dépend directement du niveau d'adiposité corporelle : à conditions d'élevage équivalentes, des génotypes gras produiront des viandes riches en lipides saturés ou mono-insaturés résultant d'une synthèse endogène élevée (le porc ne synthétisant pas d'AGPI) comparativement à des génotypes maigres (Lebret et Mourou 1998). De même le type sexuel influence l'adiposité donc la qualité nutritionnelle des produits, les mâles entiers étant plus maigres et présentant des tissus plus riches en AGPI que les mâles castrés, les femelles étant intermédiaires. L'augmentation simultanée de l'âge et du poids à l'abattage peut entraîner une augmentation plus ou moins marquée du taux de LIM, notamment chez les génotypes riches en LIM (Lebret *et al* 1999).

Chez le poulet, l'évolution de la teneur en LIM avec l'âge est plus variable, toutefois elle augmente significativement entre 5 et 8 semaines d'âge chez les souches standards actuelles (Baéza *et al* 2012). Chez les poissons, la teneur en lipides de la chair varie fortement d'une espèce à l'autre (de 0,3 à 13% ou plus) (tableau 1) et augmente généralement avec l'âge ou le poids à l'abattage chez les poissons d'élevage.

4.2 / Facteurs de variation liés aux conditions d'élevage

Les possibilités de modulation des qualités nutritionnelles des muscles varient en fonction des espèces et des constituants nutritionnels : les teneurs en lipides, minéraux et vitamines et le profil en AG sont plus facilement modulables par l'alimentation que ne le sont la teneur en protéines ou le profil en acides aminés.

Les recommandations nutritionnelles pour l'homme en matière d'alimentation lipidique sont de diminuer les apports lipidiques totaux et en AGS, et de rééquilibrer le rapport en AGPI des séries n-6 et n-3 en augmentant l'apport de n-3 (ANSES 2011). Etant donné que les muscles des espèces d'intérêt agronomique diffèrent par leur contenu en AGS, AG mono-insaturés (AGMI) et AGPI, mais aussi par leur profil en AG notamment celui des AGPI (tableau 2), une première approche pour tendre vers les recommandations nutritionnelles est la diversification des espèces entrant dans le régime alimentaire, avec consommation régulière de poisson pour leur exceptionnelle richesse en AGPI à longue chaîne : EPA (acide eicosapentaénoïque

C20:5) et DHA (acide docosahexaénoïque C22:6). La teneur de la chair de poisson en EPA et DHA varie selon les espèces (tableau 1) et reflète celle des lipides ingérés (Corraze et Kaushik 2009, Médale *et al* 2013). Elle est très élevée lorsque les lipides alimentaires sont apportés sous forme d'huile de poisson (tableau 2). La disponibilité limitée de cette huile en raison des quotas de la pêche minotière ne permettant plus de couvrir la demande importante de l'aquaculture, des recherches sont effectuées pour lui trouver des substituts. Le remplacement des matières premières d'origine marine, riches en AGPI n-3 à longue chaîne, par des matières premières végétales dans les aliments aquacoles induit une augmentation des AG caractéristiques des huiles végétales incorporées (acides oléique C18:1, linoléique C18:2 et linoléique C18:3) et une diminution des teneurs en EPA et DHA dans la chair des poissons (Corraze et Kaushik 2009, Médale *et al* 2013). Les variations peuvent être plus ou moins drastiques en fonction du génotype des poissons (Morais *et al* 2011). Du fait de la très grande plasticité de la composition en AG de la chair, il est possible de restaurer les teneurs en EPA et DHA et préserver ainsi la valeur nutritionnelle en distribuant un aliment de finition à base d'huile de poisson en fin de cycle d'élevage (Corraze et Kaushik 2009, Rosenlund *et al* 2010). D'autres facteurs environnementaux, tels que la température et la salinité, peuvent induire des modifications de la composition en phospholipides et du degré d'insaturation des AG (Corraze et Kaushik 1999). Généralement, la proportion d'AGPI est d'autant plus élevée que la température est basse, car les AGPI assurent la fluidité membranaire. Cependant ces varia-

Tableau 1. Teneur moyenne en lipides et acides gras polyinsaturés (AGPI) de la chair des principales espèces de poissons d'élevage (g/100g) (Données issues du projet « Composition nutritionnelle des produits aquatiques » <http://www.nutraqua.com>).

Nom commun	Nom scientifique	Lipides	AGPI n-3	EPA	DHA
Perche du Nil	<i>Lates niloticus</i>	0,3	0,14	0,02	0,08
Sole tropicale	<i>Cynoglossus spp.</i>	0,3	0,13	0,04	0,06
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	2,1	0,16	0,01	0,07
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	2,5	0,31	0,07	0,06
Turbot	<i>Psetta maxima</i>	3,8	1,07	0,36	0,43
Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>	4,1	1,26	0,44	0,58
Dorade royale	<i>Sparus aurata</i>	4,8	1,24	0,33	0,56
Truite	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	6,0	1,72	0,37	0,78
Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>	12,9	2,28	0,61	0,87

EPA : acide ecosapentaénoïque ; DHA : acide docosahexaénoïque

Tableau 2. Effet de la source de lipides alimentaires sur la teneur en lipides totaux (g/100g tissu frais) et la composition en acides gras (en % des AG identifiés) du muscle.

Espèce (poids vif)	Bovin (637 kg) ⁽¹⁾		Ovin (35 kg) ⁽²⁾		Porc (110 kg) ⁽³⁾		Poulet (4,2 kg) ⁽⁴⁾		Saumon (1,8 kg) ⁽⁵⁾		Bar (0,37 kg) ⁽⁶⁾	
Régime	Colza + Lin	Lin	Céréales	Herbe	Tourn.	GL	HS + palme	GL extrudée	Huile poisson	HL 100%	Huile poisson	HL 80%
Lipides totaux	3,06	3,11	4,61	5,04	1,89	1,79	1,63	1,37	7,4	8	13,4	14,9
∑ AGS	44,1	42,5	49	50,8	37,8	37,7	35,5	31,7	19,9	12,7	31,3	24,1
∑ AGMI	48,8	49,3	43,1	41,7	44,8	44,3	54,2	45,1	57,1	24,2	31,9	28,9
∑ AGPI	7,1	8,2	7,9	7,5	17,4	18,0	19,3	23,2	22,9	66,1	35,9	46,8
C 18:2 n-6	2,9	3,1	4,4	3,3	13,2	12,3	16,9	16,3	3,9	13,1	4,6	9,8
C 18:3 n-3	0,59	0,75	0,77	1,46	0,48	1,48	0,12	5,92	0,8	38,7	1,2	20,9
C 20:5 n-3	0,26	0,36	0,03	0,39	0,12	0,36	ND	ND	4,3	1,3	9,2	4
C 22:5 n-3	0,62	0,71	0,21	0,31	0,36	0,59	0,02	0,3	1,5	0,4	1,5	0,6
C 22:6 n-3	0,02	0,07	0,02	0,01	0,07	0,14	0	0,03	8,1	3,1	14,1	8,1
∑ AGPI n-6	5,5	6,2	4,8	3,3	16,0	15,0	19,1	16,9	4,9	14,0	6,8	11,1
∑ AGPI n-3	1,57	2,01	1,05	3,51	1,02	2,57	0,14	6,25	17,5	49,1	28,4	35,1
C18:2/C18:3	4,9	4,1	4,6	2,3	27,6	8,3	140,7	2,75	4,9	0,3	3,8	0,5

⁽¹⁾ Vache de race Normande, muscle semi-tendineux (Häbeanu *et al* 2014) ; ⁽²⁾ Agneau de race Romane, muscle de type selle (Gandemer *et al* 2008) ; ⁽³⁾ Porc mâle castré [Large White × (Landrace × Piétrain)], muscle Longissimus (Corino *et al* 2008) ;

⁽⁴⁾ Poulet standard lourd, filet (Baéza *et al* 2013) ; ⁽⁵⁾ Filet (Bell *et al* 2004) ; ⁽⁶⁾ Filet (Montero *et al* 2005).

Tourn = Tournesol ; GL = Graine de Lin ; HS = Huile de Soja ; HL = Huile de Lin

tions restent faibles par rapport à celles induites par l'alimentation.

Une seconde approche pour répondre aux recommandations en matière d'alimentation lipidique humaine est l'enrichissement des viandes d'animaux terrestres en AGPI n-3 par voie nutritionnelle, en leur donnant accès à des aliments et/ou des ingrédients alimentaires riches en AGPI : herbe jeune ou graines de lin chez les bovins (Scollan *et al* 2005, Häbeanu *et al* 2014) et les ovins (Aurousseau *et al* 2004, Gandemer *et al* 2008), colza ou graines de lin chez le porc (Corino *et al* 2008, Mourot et Lebret 2009) et herbe, huile de poisson, huile de colza ou graines de lin chez le poulet (Lopez-Ferrer *et al* 2001, Ponte *et al* 2008b, Baéza *et al* 2013). L'efficacité du procédé dépend de l'espèce animale mais aussi de la source d'AGPI utilisée : origine variétale et forme d'apport. L'ajout de lin sous forme d'huile ou de graines extrudées dans le régime alimentaire permet d'augmenter la teneur musculaire en C18:3 et de diminuer le rapport C18:2/C18:3 chez les bovins et les ovins, ainsi que les porcs et les poulets où cet effet est particulièrement marqué (tableau 2). Cependant, les teneurs en AGPI à longue chaîne tels que l'EPA et le DHA sont peu augmentées, et restent bien inférieures à celles présentes dans les poissons. La distribution aux bovins d'aliments riches en AGPI favorise le dépôt d'acide linoléique conjugué (CLA C18:2 9cis,11trans) et de son précurseur

l'acide vaccénique (C18:1 11trans), et permet d'améliorer la composition en AGS de la viande en augmentant la teneur en acide stéarique (C18:0) au détriment de l'acide palmitique (C16:0) (Bauchart *et al* 2005). Chez l'agneau, l'alimentation à l'herbe permet d'améliorer le profil de la viande en AGS et AGPI, mais ces effets positifs diminuent si les agneaux sont finis en bergerie avec un régime à base de concentré (Aurousseau *et al* 2007).

Les AGPI étant les AG les plus sensibles à la peroxydation, leur augmentation dans la viande est susceptible de favoriser la peroxydation lipidique (Lebret et Picard 2015). Chez les bovins, ce phénomène peut être réduit en diminuant le stress émotionnel juste avant l'abattage, et en modifiant les conditions de stockage ultérieur de la viande (Gobert *et al* 2010). Pour l'ensemble des espèces, la lipoperoxydation peut être limitée par l'ingestion de molécules antioxydantes. Chez les bovins, elle peut être très fortement réduite par l'apport combiné dans la ration de finition des animaux d'un antioxydant de type vitamine E et d'un mélange d'extraits végétaux riches en antioxydants de type polyphénols (Gobert *et al* 2010). Chez le porc, un enrichissement de la viande en vitamine E peut être également obtenu aisément par la supplémentation alimentaire (Mourot et Lebret 2009). En conditions d'élevage plus extensives, la consommation d'herbe permet d'augmenter les

apports en vitamine E et caroténoïdes simultanément aux AGPI contenus dans l'herbe ou les ressources naturelles (glands...) (Lebret 2008). La vitamine E protège de l'oxydation, mais permet aussi d'améliorer la stabilité de la couleur et de limiter la perte en eau en réduisant l'altération *p.m.* des membranes cellulaires. L'apport combiné de vitamines E et C permet également de renforcer l'intensité de la couleur (Mourot et Lebret 2009). Chez les volailles, le pouvoir antioxydant de la vitamine E, des caroténoïdes et des polyphénols d'extraits végétaux (romarin, origan) a aussi été démontré, mais il dépend logiquement du degré d'insaturation des AG alimentaires (Bou *et al* 2009). Chez les poissons, la teneur en vitamine E, liposoluble, est plus élevée lorsque la chair est grasse. Il en est de même pour les vitamines A et D. La teneur en vitamine E de la chair de truite augmente proportionnellement à son taux d'incorporation dans l'aliment, (Frigg *et al* 1990) alors que celle en vitamines hydrosolubles augmente avec le niveau d'apport alimentaire pour atteindre un plateau correspondant à la saturation des capacités de stockage du tissu musculaire.

Les teneurs en certains minéraux et oligo-éléments de la viande et de la chair de poisson peuvent aussi être modulées par voie alimentaire. Chez les poissons, c'est le cas du phosphore, du sélénium et du fluor, majoritairement apportés par l'alimentation (Médale *et al* 2003). C'est aussi le cas du sélénium chez le porc,

alors que dans cette espèce une supplémentation alimentaire en fer est moins efficace pour accroître sa teneur dans la viande, le fer se déposant préférentiellement dans les abats notamment le foie (Mourot et Lebret 2009).

5 / Conjuguer les attentes envers les qualités intrinsèques et extrinsèques des produits carnés et piscicoles par les systèmes d'élevage

Dans les parties précédentes, nous avons montré comment les caractéristiques des animaux et les facteurs d'élevage modifient les dépôts musculaires et adipeux et modulent la qualité intrinsèque des viandes et de la chair de poisson. La qualité des produits carnés et piscicoles dépend alors de ces caractéristiques intrinsèques et objectives du produit, mais aussi de qualités extrinsèques et de préférences subjectives exprimées par les consommateurs et les citoyens (Gouin

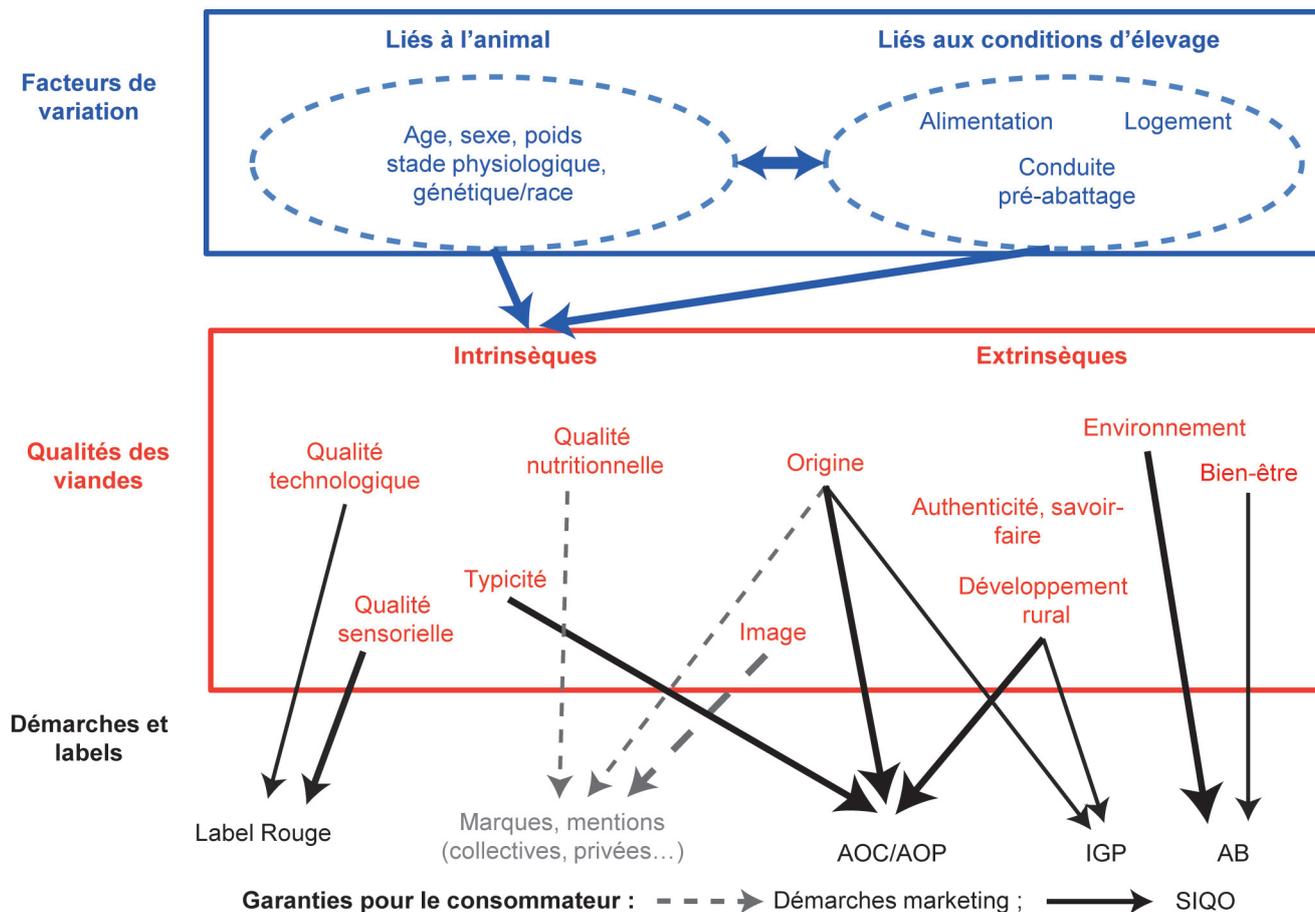
2014) (figure 3). Les attentes et les perceptions des consommateurs sont essentielles car elles influencent l'acte d'achat du produit et déterminent son image et sa valeur ajoutée. L'évolution du comportement des consommateurs représente donc un enjeu majeur pour les filières carnées et piscicoles, qui s'adaptent pour répondre à ces nouveaux besoins.

Parmi les qualités extrinsèques, les citoyens et les consommateurs de produits carnés et de poisson apportent une importance croissante à la préservation des ressources et la réduction des intrants, au respect de l'environnement et du bien-être animal, à l'utilisation de pesticides et d'OGM, et à l'authenticité du produit, qui caractérisent les différents modes et filières de production (Grunert 2006). Plusieurs études montrent que des éléments de communication et d'information relatifs au mode de production des animaux ou de leur origine peuvent modifier l'appréciation sensorielle des produits par les consommateurs (Dransfield et al 2005, Kole et al 2009). Des liens et des interactions complexes et parfois diffi-

les à détecter existent donc entre les critères de qualités intrinsèques et extrinsèques des produits, l'appréciation et les choix des consommateurs.

Face à cet enjeu stratégique, économique et de marketing que représente la qualité des produits carnés et piscicoles, les filières ont développé une grande diversité de signes de qualité, publics ou privés, au travers de marques, mentions ou labels. Cette multiplicité des signes de qualité, bien que rassurante quant à l'origine au mode de production et de transformation des produits, peut néanmoins induire de la confusion chez le consommateur. Par exemple, le cahier des charges de l'Agriculture Biologique (AB) s'engage sur une obligation de moyens (respect de l'environnement, du bien-être animal et interdiction de l'utilisation de substances chimiques), mais pas sur une obligation de résultats quant à la qualité intrinsèque du produit. Cependant, 91% des consommateurs bio choisissent ce signe de qualité pour préserver leur santé ou pour la qualité et le

Figure 3. Schéma simplifié de l'influence des facteurs animaux et d'élevage sur les qualités des viandes et de la prise en compte des attentes qualitatives dans les démarches de qualité encadrées par les pouvoirs publics ou issues initiatives privées.



Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine (SIQO), Appellation d'Origine Contrôlée/Protégée (AOC/AOP), Identification Géographique Protégée (IGP), Agriculture Biologique (AB). La taille des flèches représente l'importance relative des dimensions qualitatives garanties aux consommateurs au travers des cahiers des charges et des réglementations. Les relations présentées ne sont pas exhaustives.

goût des produits (Agence Bio 2014). Parmi les différentes démarches qualité, les Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine (SIQO) constituent aujourd'hui la meilleure garantie pour les consommateurs (Gouin 2014). Nous illustrons ci-dessous les liens entre les SIQO et les qualités intrinsèques et extrinsèques des produits carnés et aquacoles, au travers de quelques exemples emblématiques des filières de production de viande en France.

Au-delà des attentes des consommateurs, ces qualités extrinsèques renvoient aussi à des questions éthiques et citoyennes liées aux systèmes de production et aux habitudes de consommation des produits carnés. Les acteurs de la recherche et des filières animales françaises prennent en compte ces questions lors de l'évaluation et de la conception de systèmes d'élevage innovants en cohérence avec les principes de l'agro-écologie (Dumont *et al* 2013). De la même façon que le comportement des consommateurs a fait évoluer les caractéristiques intrinsèques de la qualité des produits, la considération des qualités extrinsèques par l'ensemble des acteurs des filières fait évoluer les systèmes de production de viande et de chair afin de concilier durablement l'ensemble des attentes qualitatives.

5.1 / Les productions de viande et chair sous signes officiels de qualité et d'origine

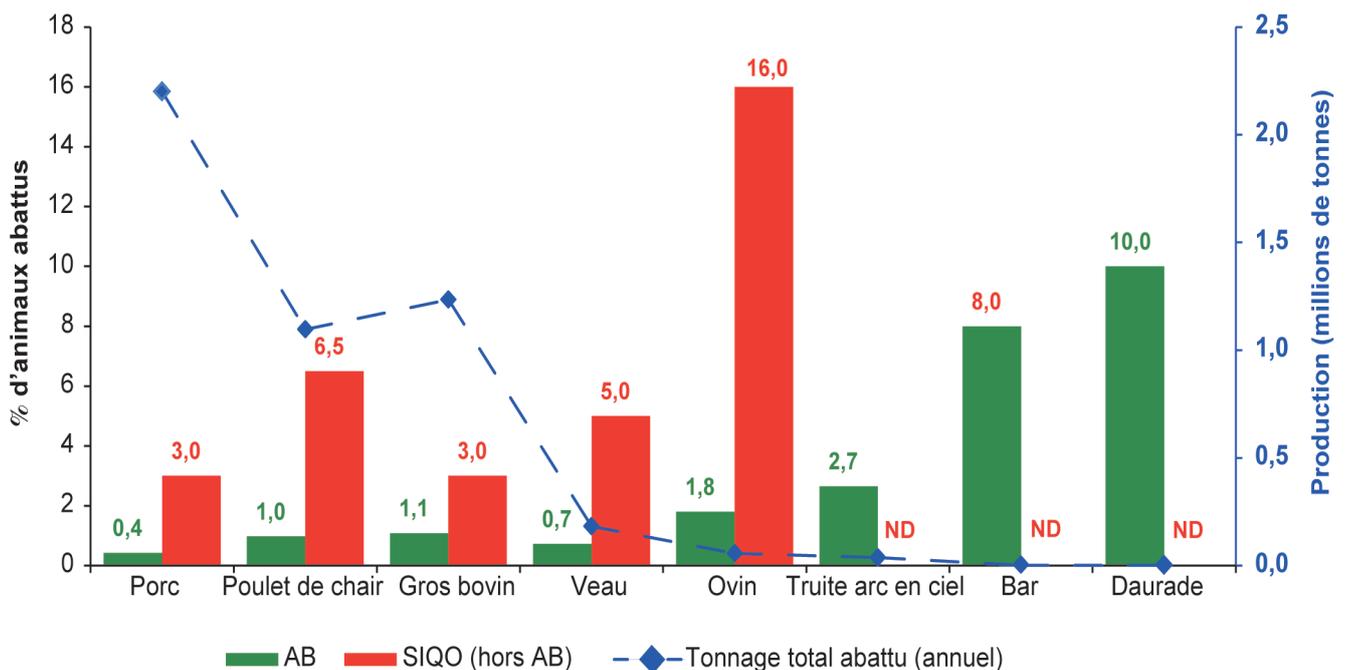
Comme pour tous les produits alimentaires, les productions de viande et de poissons sous SIQO sont encadrées par le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, en application de règlements français pour le Label Rouge (LR) et européens pour l'AOP (Appellation d'Origine Protégée), l'IGP (Indication Géographique Protégée) et l'AB. Les SIQO sont gérés par l'INAO (<http://www.inao.gouv.fr/>). En France, plus de 500 viandes (bovine, ovine, porcine, volaille), charcuteries et poissons sont produits et commercialisés sous ces SIQO (tableau 3). Malgré cette diversité, les animaux sous SIQO (hors AB) représentent une faible part de la production française : 3% des abattages de porcs et de gros bovins, 6,5% des poulets de chair et jusqu'à 16% des agneaux abattus. Si l'AB a progressé depuis les cinq dernières années, elle représente moins de 1% des abattages de porcs et de veaux, 1% des poulets de chair et des gros bovins et 1,8% des agneaux abattus en France (figure 4).

Ces signes officiels visent à apporter des garanties aux consommateurs concernant (figure 3) :

- *l'origine des produits* : i) l'AOP, déclinaison au plan européen de l'AOC : (Appellation d'Origine Contrôlée) désigne un produit dont la production, la transformation et l'élaboration sont réalisées dans une aire géographique déterminée et selon un savoir-faire reconnu et constaté, qui donne ses caractéristiques au produit. L'AOP garantit un lien très fort du produit avec son terroir et valorise la typicité du produit. ii) L'IGP (Indication Géographique Protégée) signifie que les caractéristiques d'un produit sont liées à la zone géographique de sa production ou de sa transformation, selon des conditions déterminées. Ce signe valorise un lien au territoire, qui est toutefois plus ténu que dans le cas de l'AOP, et une certaine notoriété du produit. L'AOP et l'IGP participent au développement rural des territoires et valorisent les savoir-faire et l'authenticité des produits. En production de viande et produits carnés, le nombre d'AOC/AOP reste limité. Les IGP sont plus nombreuses car elles laissent plus de flexibilité pour développer des filières de production de qualité (tableau 3).

- *la qualité supérieure* : le Label Rouge désigne des produits qui, par leurs conditions particulières de production ou de fabrication, présentent des caractéristiques spécifiques établissant un niveau de qualité supérieure par rapport aux autres produits similaires : l'objectif

Figure 4. Part des animaux et des poissons abattus en France sous Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine (SIQO) en 2013 (sauf poulet : 2008 et poissons : 2012) et tonnage total d'animaux abattus par espèce en tonnes équivalent carcasse (animaux terrestres) ou en tonnage brut (poissons) (d'après INAO 2011, 2014 ; Zubiaurre 2013 ; Agence Bio 2014 ; Interbev 2014 ; IFIP 2014).



Les données de production sous SIQO (hors AB) ne sont pas disponibles (ND) pour les poissons. Le pourcentage de viande de poulet (poulet prêt à cuire) consommé en France sous SIQO est plus élevé (60% en Label Rouge, 7% en AB et 33% en standard ou certifié (Synalaf 2015).

Tableau 3. Nombre de produits carnés et poissons produits sous Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine (hors AB) en 2013 en France. (d'après INAO 2014, <http://www.inao.gouv.fr>).

	AOC/AOP	IGP	Label Rouge
Volailles	4	31	328
Viandes bovines	4	8	26
Viandes ovines	3	10	13
Viandes porcines ⁽¹⁾	/ (3)	16 (9)	61 (44)
Poissons ⁽²⁾	/	1	19

AOC/AOP : Appellation de d'Origine Contrôlée/Protégée ; IGP : Identification Géographique Protégée ;

⁽¹⁾ dont charcuteries et salaisons entre parenthèses ; ⁽²⁾ Pêche et pisciculture hors mollusques et crustacés, conserves et soupes.

est clairement de distinguer le produit sur sa qualité intrinsèque. Ces caractéristiques spécifiques sont fixées dans un cahier des charges élaboré par les acteurs privés, à partir de la notice technique du type de produit diffusée par le ministère de l'agriculture, qui définit les critères minimaux à remplir. Le LR est le signe officiel prédominant pour les viandes, charcuteries et poissons, toutes espèces confondues.

- *le respect de l'environnement et du bien-être animal* : l'AB que garantit que le mode de production est respectueux de l'environnement et du bien-être animal. Elle encourage l'utilisation de ressources naturelles renouvelables et un fort lien des productions animales au sol *via* les ressources alimentaires (promotion du pâturage pour les ruminants) et l'utilisation des effluents d'élevage comme engrais pour les productions végétales, favorisant ainsi l'autonomie des élevages et la réduction des intrants.

Le choix de consommation d'un produit AB repose donc sur ses qualités extrinsèques, et ce mode de production est basé sur une obligation de moyens. A l'inverse, les SIQO AOP, IGP et LR distinguent la qualité intrinsèque d'un produit, et leurs cahiers des charges reposent sur une obligation de moyens, et une obligation de résultats notamment sur la qualité sensorielle (figure 3).

Les SIQO rendent compte en partie de la diversité des systèmes d'élevage et représentent une voie de valorisation intéressante dans les filières de production de viande. Cette diversité peut se retrouver aussi intra espèce au sein de chacune de ces productions sous SIQO, avec des conséquences directes sur les caractéristiques des produits. Nous avons choisi d'illustrer cette diversité au travers de quelques exemples emblématiques des différents filières animales.

a) Exemple du Label Rouge en volaille

La production de poulet Label Rouge s'est développée en France depuis 1965 pour répondre à des attentes de qualité supérieure de la viande relativement au poulet standard. Sa part importante (11% de la production de volailles en France en 2008) atteste de son succès auprès des consommateurs. Ses principaux atouts sont une qualité sensorielle supérieure objectivement reconnue, un mode de production « traditionnel », tout au moins plus extensif que les productions standards, associé à un génotype spécifique et un cahier des charges qui garantit la traçabilité du produit (Sauveur 1997). Les exigences de production (utilisation de souches à croissance lente, âge minimum à l'abattage, accès à un parcours extérieur, incorporation d'un minimum de céréales dans la ration...) expliquent certainement pourquoi en France, la consommation de volailles entières résiste mieux qu'ailleurs au développement des produits de découpe et autres élaborés de volailles. Ainsi en 2013, 23% de la consommation totale de viande de poulet en France est issue de la production Label Rouge. Au-delà de la qualité intrinsèque du produit (qualité sensorielle élevée), le LR volaille inclut une dimension qualitative extrinsèque (image) *via* l'élevage en plein air, qui participe au succès de ce produit auprès des consommateurs (Sauveur 1997).

b) AOP et IGP : exemples en filières bovine et porcine

Quatre productions de viande bovine bénéficient actuellement d'une AOC et AOP en France ; les AOC Taureau de Camargue et Maine Anjou s'appuient sur les spécificités de la race alors que l'AOC Bœuf Fin gras du Mézenc met en avant une typicité liée au mode de production. Les animaux (bœufs ou génisses de

diverses races) sont élevés au foin et à l'herbe sur le terroir du Mézenc et engraisés durant le dernier hiver avec du foin naturel de montagne produit localement. La quatrième, toute récente, l'AOC Bœuf de Charolles tire ses principales caractéristiques de pâturages répartis sur les régions Bourgogne et Rhône-Alpes. Les IGP comme l'IGP Fleur d'Aubrac (génisses croisées Aubrac × Charolais) permettent de bien valoriser des productions locales. Les génisses Fleur d'Aubrac, abattues entre 24 et 36 mois alternent pâturage et élevage en étable avec une alimentation sans maïs au-delà de 18 mois et des compléments à base de céréales.

Dans la filière porcine, trois AOP/AOC sont actuellement attribuées à des charcuteries (Coppa, Jambon sec et Lonzo de Corse) alors qu'il n'y a pas de viandes fraîches sous AOC, toutefois plusieurs demandes sont en cours d'instruction. Comme dans les autres filières animales, beaucoup plus de produits (viande fraîche ou charcuteries) bénéficient d'une IGP (tableau 3), en raison de la plus grande difficulté à démontrer que la spécificité d'un produit carné est liée à la fois à son mode de production, de transformation et d'élaboration qui concourent à sa typicité, que de sa zone géographique de production ou de transformation. La typicité du produit est plus aisée à démontrer pour les filières basées sur des races locales, dont plusieurs sont déjà engagées dans une démarche d'obtention d'AOC.

c) L'Agriculture Biologique (AB) : exemples en filières ovine, porcine et volailles

Afin de répondre aux objectifs généraux de respect de l'environnement et du bien-être animal, la réglementation de l'AB impose des exigences fortes en matière de logement, de conduite et d'alimentation des animaux. Les élevages AB utilisent souvent des races rustiques, généralement bien adaptées aux conditions d'élevage extérieures changeantes. Si la plupart de ces facteurs d'élevage influencent la qualité intrinsèque des produits, ils ne sont pas spécifiques de l'AB. En outre, comme en agriculture conventionnelle, les systèmes d'élevage rencontrés en AB sont très divers, ce qui limite la robustesse et la généralité d'études comparatives basées sur un exemple par type de production.

Deux études sur la viande ovine illustrent cette difficulté. La première, basée sur la comparaison de côtelettes issues d'élevages AB ou conventionnels achetées dans le commerce, concluait que la viande AB présentait des qualités sensorielles et nutritionnelles supérieures (Angood et al 2008). Ce dispositif présentait cependant des risques de confusions d'effets, les caractéristiques des animaux (race, sexe, âge...) et leurs

conditions d'élevage (alimentation, mode d'élevage...) étant inconnues. Une étude ultérieure s'affranchissant de ces confusions d'effets a abouti à des conclusions différentes et modulées selon le mode d'élevage, à l'herbe ou en bergerie (Prache *et al* 2011). Dans cette étude, la viande d'agneaux de bergerie présentait une qualité nutritionnelle supérieure en AB, la qualité sensorielle étant similaire pour les deux modes de production. La viande d'agneaux élevés à l'herbe, quant à elle, présentait également une qualité nutritionnelle supérieure en AB, mais la flaveur de la viande AB était moins appréciée. Il n'y a donc pas de réponse univoque en termes de qualité intrinsèque de la viande ovine AB, en raison des différents facteurs d'élevage (mode d'élevage et alimentation notamment) qui peuvent être impliqués.

De manière générale, l'élevage AB, en promouvant le pâturage, contribue à améliorer la valeur santé de la viande *via* la nature des AG déposés (Aurousseau *et al* 2004). De plus, les prairies AB sont souvent plus riches en légumineuses, ce qui est favorable à la teneur de la viande en AGPI n-3 (Lourenço *et al* 2007), mais risque d'augmenter les défauts de flaveur (Prache *et al* 2011, Devincenzi *et al* 2014). Comme les légumineuses sont essentielles pour l'autonomie alimentaire des élevages, les recherches s'orientent vers la mise au point de pratiques d'élevage permettant de limiter l'occurrence de ces défauts. Toutefois il est important de signaler que des critères de qualité intrinsèques jugés négatifs sur un produit standard peuvent être bien acceptés si le produit est différencié sur une dimension extrinsèque de qualité.

En production porcine biologique, les contraintes de la réglementation en termes de logement, alimentation et conduite d'élevage peuvent influencer les performances et le bien-être des animaux ainsi que les caractéristiques des carcasses et des viandes. Comme pour l'élevage ovin biologique, on observe une grande diversité des pratiques d'élevages avec *in fine* des conséquences variées sur la qualité intrinsèque des produits : selon le mode de logement (aire d'exercice ou parcours), la conduite alimentaire (restriction éventuelle), la nature des ressources protéiques et le type génétique, les indicateurs de qualité peuvent être améliorés ou dégradés : augmentation ou à l'inverse réduction de l'adiposité corporelle et du taux de LIM avec des impacts possibles sur la tendreté, éventuellement réduction du pH_u (élevage extérieur) (Prunier et Lebret 2009). Au final, ce ne sont pas directement les règles de la production AB, mais les pratiques d'élevage qui déterminent la qualité sensorielle, technologique et nutritionnelle des viandes porcines biologiques.

En production de volailles, la réglementation européenne AB autorise l'utilisation de souches dont la vitesse de croissance et l'âge d'abattage sont variables (contrairement à la notice LR). En conséquence, pour un âge à l'abattage donné, les performances de croissance des animaux vont fortement influencer la composition en lipides et les caractéristiques sensorielles de la viande (Horsted *et al* 2012). L'âge à l'abattage et la concentration énergétique et protéique de l'aliment vont aussi impacter les caractéristiques gustatives de la viande, avec des effets différents selon le type génétique utilisé (Horsted *et al* 2010). Sur un plan strictement sensoriel, la viande de poulet AB est parfois moins bien jugée que des produits standards (Brown *et al* 2008), mais une récente étude a montré que son appréciation par les consommateurs est plus liée à leur attente vis-à-vis du mode de production qu'aux caractéristiques sensorielles (Napolitano *et al* 2013).

5.2 / Systèmes d'élevage visant à améliorer les qualités extrinsèques des viandes et de la chair de poisson

La prise en compte des dimensions intrinsèques de la qualité liées aux caractéristiques des produits est nécessaire, mais peut apparaître réductrice pour répondre aux attentes et aux préoccupations des citoyens et des consommateurs envers la production de viande. L'image des produits et des systèmes d'élevage, le bien-être animal et la qualité environnementale représentent des enjeux actuels et futurs pour l'évaluation et la conception de systèmes d'élevage intégrant la qualité extrinsèque des produits carnés et piscicoles.

a) L'image des produits et des systèmes d'élevage piscicoles

Les poissons d'élevage ont longtemps souffert d'une comparaison systématique avec leurs congénères issus du milieu naturel, la demande étant alors de fournir des poissons de qualités similaires à celles des poissons sauvages. L'affichage de la provenance du poisson (pêche ou élevage) qui influence la perception de ses qualités (Kole *et al* 2009) reste une question d'actualité pour les espèces de production récente (morue, bar, daurade, turbot...), mais se pose de moins en moins pour les espèces pour lesquelles l'offre est presque exclusivement issue de la production piscicole (salmonidés, tilapia, panga...). Les contraintes de la production piscicole (pratiques, économiques, environnementales...) conduisent à des produits différents, mais offrent la possibilité de maîtriser la traçabilité, de moduler les caractéristiques de qualité par les facteurs d'élevage et de garantir la fraîcheur du produit. Le grand enjeu

actuel de la pisciculture d'espèces carnivores est le remplacement, dans les aliments, des farines et huiles de poissons issues de la pêche par d'autres matières premières, tout en maintenant la compétitivité de la filière. De nombreuses études portent sur les conséquences des substitutions par des produits végétaux sur la physiologie des poissons et la qualité intrinsèque des produits. Depuis peu, ces travaux sont complétés par des analyses de cycle de vie pour élargir les critères d'évaluation de cette transition alimentaire (Boissy *et al* 2011).

Dans le cadre de l'évolution générale de l'élevage piscicole vers des systèmes plus durables, des systèmes de production en circuits d'eau « recirculée » se développent. Ils permettent de limiter le prélèvement d'eau dans le milieu naturel tout en maintenant une capacité de production et une qualité des produits équivalentes à celles d'un système ouvert, toutefois le risque de développement de flaveur désagréable de la chair doit être surveillé (cf. 3.2.b) (Labbe *et al* 2014).

b) L'amélioration du bien-être animal chez le porc

Les systèmes d'élevage de porcs visant une amélioration du bien-être incluent généralement un enrichissement des conditions de vie des animaux, leur permettant de mieux exprimer leurs comportements notamment exploratoires : élevage sur paille, sur parcours, en plein air, etc. (Bonneau et Lebret 2010). Ces systèmes sont perçus favorablement par les consommateurs et les citoyens, toutefois leur impact sur les autres dimensions de la qualité notamment sensorielle peut être limité selon les génotypes et les conditions d'élevage (cf. § 3), illustrant l'écart qui peut exister entre qualité intrinsèque et qualité perçue (Edwards 2005, Lebret 2008). Une autre voie d'amélioration du bien-être des porcs concerne les méthodes de castration ; ainsi, la castration chirurgicale doit être pratiquée avec analgésie et/ou anesthésie prolongée depuis janvier 2012, et doit être abandonnée d'ici 2018, au profit de la production de mâles entiers ou immunocastrés (DG SANCO 2010). Par ailleurs, les porcs mâles entiers ayant une meilleure efficacité alimentaire et une meilleure rétention protéique que les castrés, produisent aussi moins de rejets, ce qui est favorable en termes d'impact environnemental (Prunier et Bonneau 2006). Les mâles entiers présentent aussi des carcasses plus maigres et une plus forte proportion d'AG insaturés dans les viandes, ce qui est favorable à leur qualité nutritionnelle, mais peut être problématique pour la fabrication de produits transformés secs pour lesquels une épaisseur minimale de lard dorsal et des gras plutôt saturés sont recherchés (Lebret

et Mourot 1998). Surtout, un système efficace de détection des carcasses odorantes et une bonne gestion de celles-ci (Lebret et Faure 2015) doivent être garantis afin d'envisager la production de porcs mâles entiers à grande échelle.

c) L'évaluation de la « qualité environnementale » des systèmes d'élevage de ruminants

L'ensemble des acteurs des filières de production animale (éleveurs, abatteurs, transformateurs, consommateurs) est de plus en plus concerné et sensibilisé aux problèmes environnementaux. Pour leur apporter des réponses pertinentes, il est important de pouvoir quantifier l'empreinte environnementale de la viande et des produits carnés, ce qui requiert des méthodes uniformisées (Aubin 2014). Ces études doivent être menées au moins à l'échelle du système de production. Nous développons ci-dessous deux exemples dans les filières de ruminants.

Dans les systèmes ovins allaitants, les principaux facteurs qui permettent de limiter l'utilisation d'énergie non renouvelable par kg de carcasse produite sont *i*) une part importante des besoins du troupeau couverts par les ressources fourragères, dont le pâturage, *ii*) une autonomie alimentaire élevée et *iii*) une faible utilisation de fertilisants chimiques (Benoit et Laignel 2010). Un des enjeux en production ovine allaitante, actuellement très consommatrice d'aliments concentrés, est de combiner une utilisation élevée du pâturage (pour à la fois diminuer l'utilisation d'énergie non renouvelable et préserver les prairies qui sont des réservoirs de biodiversité et des puits de carbone) avec une productivité animale élevée (Benoit et Laignel 2010, Prache *et al* 2011). Ces facteurs contribuent à réduire l'empreinte carbone de la viande produite, la dépendance aux aliments concentrés et la sensibilité à la volatilité du coût des intrants (Benoit et Laignel 2010).

L'amélioration de la durabilité de la production de viande bovine est également un défi majeur. Des indices de durabilité prenant en compte les critères de bien-être des animaux, de changement climatique, d'utilisation des ressources, de biodiversité, de responsabilité sociale et économique sont élaborés dans différents pays. Par exemple en Europe du Nord, un outil « *AnalysePlatformen* » (www.analyseplatformen.dk) a été conçu ; son application met en évidence qu'une réduction significative des émissions de gaz à effet de serre n'est possible que lorsque plusieurs techniques de production sont utilisées simultanément et que ces techniques nécessitent moins de surfaces pour la même production, les terres libérées pouvant être utilisées en particulier pour le stockage du carbone (cas

de la forêt). Une autre solution serait d'augmenter la part de la viande bovine en provenance du troupeau laitier car les émissions du troupeau laitier sont partagées entre la production de lait et celle de viande (Doreau *et al* 2011).

Conclusion

Cet article illustre l'importance des caractéristiques liées aux animaux et de leurs conditions d'élevage dans la détermination de la composition des carcasses et des qualités technologiques, sensorielles et nutritionnelles des viandes, ainsi que de leurs qualités extrinsèques liées aux attentes et perceptions des consommateurs.

Parmi les caractéristiques des animaux, la race joue un rôle primordial pour toutes les espèces. L'âge à l'abattage est aussi un facteur important de modulation de la qualité et peut constituer une variable d'ajustement pour optimiser les propriétés des produits en fonction des filières et des marchés. Le type sexuel influence surtout l'adiposité des carcasses et le dépôt de lipides intramusculaires, outre l'effet spécifique sur le dépôt de molécules odorantes dans les tissus gras et le risque d'apparition de défauts d'odeur chez le porc mâle.

Parmi les conditions d'élevage, l'alimentation (niveau des apports relativement aux besoins, nature de la ration) joue un rôle essentiel pour moduler la composition du gain de poids (maigre/gras) et donc la composition des carcasses et des muscles. En particulier, la nature des lipides alimentaires influence la composition en acides gras des tissus, permettant ainsi de moduler la qualité nutritionnelle de la viande et des produits carnés et piscicoles. En termes de mode de logement, l'élevage extensif avec accès au pâturage permet de modifier les propriétés intrinsèques de la viande de ruminant. L'interaction entre des races ou génotypes spécifiques et des conditions d'élevage extensives permet d'exprimer le potentiel génétique des animaux et conduit à des produits de qualité sensorielle élevée (races locales et systèmes extensifs chez le porc ; génotypes à croissance lente et productions Label Rouge chez la volaille). Toutefois, chercher à améliorer certaines composantes qualitatives peut en altérer d'autres : ainsi, l'élevage des agneaux au pâturage et le mode de production biologique sont favorables pour la qualité nutritionnelle et l'image du produit, mais plutôt défavorables pour la qualité sensorielle (flaveur). De même, l'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits de la filière porcine *via* l'augmentation des teneurs en acides gras polyinsaturés peut être défavorable à leur aptitude à la transformation et à la conservation.

Une meilleure connaissance de la construction biologique de la qualité des viandes et de leur modulation par les conditions de production des animaux permettra de continuer à améliorer la diversité de l'offre en produits animaux carnés et piscicoles, tant sur les qualités intrinsèques des produits que sur leurs qualités extrinsèques liées aux systèmes d'élevage (impacts environnementaux, sociétaux, coûts, valeur ajoutée) afin de mieux satisfaire les attentes variées et complexes des consommateurs. Les démarches qualité en général, et les signes d'identification de la qualité et de l'origine en particulier, apportent des garanties au consommateur sur les dimensions qualitatives intrinsèques et extrinsèques et participent à la valorisation des qualités des viandes et de leurs filières de production. Enfin, le développement d'outils de prédiction des différentes composantes de la qualité, basés sur des applications de la génomique fonctionnelle (Picard *et al* 2015) ou des méthodes non invasives et rapides (Andueza *et al* 2015) associées aux outils de modélisation, doit être renforcé afin de disposer de moyens efficaces de prédiction de la qualité des viandes en abattoir, voire en élevage.

Remerciements

Les auteurs remercient Jérôme Bugeon, Didier Micol et Jacques Mourot pour avoir apporté leur expertise sur la qualité des produits piscicoles, les composantes sensorielle de la viande bovine et nutritionnelle de la viande porcine, respectivement, lors de la préparation de ce manuscrit.

Références

- Agence Bio, 2014. La Bio en France : de la production à la consommation. In : l'Agriculture biologique : ses acteurs, ses produits, ses territoires (chiffres clés). Ed. Agence Française pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique. 40p.
- Ain Baziz H., Geraert P.A., Padilha J.C., Guillaumin S., 1996. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poult. Sci.*, 75, 505-513.
- Alami-Durante H., Cluzeaud M., Duval C., Maunas P., Girod-David V., Médale F., 2014. Early decrease in dietary protein/energy ratio by fat addition and ontogenetic changes in rainbow trout muscle growth mechanisms: short- and long-term effects. *Br. J. Nut.*, 112, 674-687.
- Andueza D., Mourot B.P., Aït-Kaddour A., Prache S., Mourot J., 2015. Utilisation de la spectroscopie dans le proche infrarouge et de la spectroscopie de fluorescence pour estimer la qualité et la traçabilité de la viande. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). INRA Prod. Anim., 28, 197-208.
- Angood K.M., Wood J.D., Nute G.R., Whittington F.M., Hughes S.I., Sheard P.R., 2008. A comparison of organic and conventionally-produced lamb purchased from three major UK supermarkets: Price, eating quality and fatty acid composition. *Meat Sci.*, 78, 176-184.
- ANSES, 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras : rapport d'expertise collective (Ed. scientifique), 323p.
- Aubin J., 2014. Empreinte environnementale de la viande et des produits carnés. *Viandes Proc. Carnés, Hors-série 15^{èmes} JSMTV*, 7p.
- Aurousseau B., Bauchart D., Calichon E., Micol D., Priolo A., 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the M. longissimus thoracis of lambs. *Meat Sci.*, 66, 531-541.
- Aurousseau B., Bauchart D., Faure X., Galot A.L., Prache S., Micol D., Priolo A., 2007. Indoor fattening of lambs raised on pasture: Part 1: Influence of stall finishing duration on lipid classes and fatty acids in the longissimus thoracis muscle. *Meat Sci.*, 76, 241-252.
- Baéza E., Arnould C., Jlali M., Chartrin P., Gigaud V., Mercierand F., Durand C., Méteau K., Le Bihan-Duval E., Berri C., 2012. Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare, and technical and economic results. *J. Anim. Sci.*, 90, 2003-2013.
- Baéza E., Chartrin P., Gigaud V., Tauty S., Méteau K., Lessire M., Berri C., 2013. Effects of dietary enrichment with n-3 fatty acids on the quality of raw and processed breast meat of high and low growth rate chickens. *Br. Poult. Sci.*, 54, 190-198.
- Bauchart D., Gladine C., Gruffat D., Leloutre L., Durand D., 2005. Effects of diets supplemented with oil seeds and vitamin E on specific fatty acids of Rectus abdominis muscle in charolais fattening bulls. In: Indicators of milk and beef quality, EAAP Publication No 112, Hocquette J.F., Gigli S. (Eds), Wageningen Academic Publishers, NL. 431-436.
- Bell J.G., Henderson R.J., Tocher D.R., Sargent J.R., 2004. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids*, 39, 223-232.
- Benoit M., Laignel G., 2010. Energy consumption in mixed crop-sheep farming systems: what factors of variation and how to decrease? *Animal*, 4, 1597-1605.
- Berri C., 2015. La viande de volaille : des attentes sur la qualité qui se diversifient et des défauts spécifiques à corriger. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). INRA Prod. Anim., 28,.
- Berri C., Le Bihan-Duval E., Baéza E., Chartrin P., Picgirard L., Jehl N., Quentin M., Picard M., Duclos M.J., 2005a. Further processing characteristics of breast and leg meat from fast-, medium- and slow-growing commercial chickens. *Anim. Res.*, 54, 123-134.
- Berri C., Debut M., Santé-Lhoutellier V., Arnould C., Boutten B., Sellier N., Baéza E., Jehl N., Jégo Y., Le Bihan-Duval E., 2005b. Variations in chicken breast meat quality: implications of struggle and muscle glycogen content at death. *Br. Poult. Sci.*, 46, 572-579.
- Berri C., Le Bihan-Duval E., Debut M., Santé-Lhoutellier V., Baéza E., Gigaud V., Jégo Y., Duclos M.J., 2007. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *J. Anim. Sci.*, 85, 2005-2011.
- Boissy J., Aubin J., Drissi A., van der Werf H.M.G., Bell G.J., Kaushik S.J., 2011. Environmental impacts of plant-based salmonid diets at feed and farm scales. *Aquaculture*, 321, 61-70.
- Bonneau M., Lebret B., 2010. Production systems and influence on eating quality of pork. *Meat Sci.*, 84, 293-300.
- Bou R., Codony R., Tres A., Decker E.A., Guardiola F., 2009. Dietary strategies to improve nutritional value, oxidative stability, and sensory properties of poultry products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 49, 800-822.
- Bourin M., Guardia S., Bignon L., Mercierand F., Berri C. 2013. What innovative farm systems for intermediate "certified" meat-type chicken? *Eur. Symp. Quality Poult. Meat, Bergamo, Italy*, 4p.
- Brown S.N., Nute G.R., Baker A., Hughes S.I., Warriss P.D., 2008. Aspects of meat and eating quality of broiler chickens reared under standard, maize-fed, free-range or organic systems. *Br. Poult. Sci.*, 49, 118-124.
- Chabault M., Baéza E., Gigaud V., Chartrin P., Chapuis H., Boulay M., Arnould C., D'abbadie F., Berri C., Le Bihan-Duval E., 2012. Analysis of a slow-growing line reveals wide genetic variability of carcass and meat quality-related traits. *BMC Genetics*, 13, 90.
- 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.
- Corino C., Musella M., Mourot J., 2008. Influence of extruded linseed on growth, carcass composition, and meat quality of pigs slaughtered at 110 and 160 kg liveweight. *J. Anim. Sci.*, 86, 1850-1860.
- Corraze G., Kaushik S., 1999. Les lipides des poissons marins et d'eau douce. *OCL*, 6, 111-115.
- Corraze G., Kaushik S., 2009. Alimentation lipidique et remplacement des huiles de poisson par des huiles végétales en aquaculture. *Cah. Agric.*, 18, 112-118.
- Debut M., Berri C., Baéza E., Sellier N., Arnould C., Guémené D., Jehl N., Bouten B., Jégo Y., Beaumont C., Le Bihan-Duval E., 2003. Variation of chicken technological meat quality in relation with genotype and stress pre-slaughter conditions. *Poult. Sci.*, 82, 1829-1838.
- Devincenzi T., Prunier A., Nabinger C., Prache S., 2014. Dose-dependent response of fat skatole concentration and chop flavor and odour attributes to dietary alfalfa levels in grazing lambs. *Meat Sci.*, 98, 607-614.
- DG SANCO, 2010. www.alternativepig.eu/partnership/declaration.html, accédé le 02/02/2015.
- Doreau M., van der Werf H.M.G., Micol D., Dubroeuq H., Agabriel J., Rochette Y., Martin C., 2011. Enteric methane production and greenhouse gases balance of diets differing in concentrate in the fattening phase of a beef production system. *J. Anim. Sci.*, 89, 2518-2528.
- Dransfield E., Martin J.F., Bauchart D., Abouelkaram S., Lepetit J., Culioli J., Jurie C., Picard B., 2003. Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. *Anim. Sci.*, 76, 387-399.
- Dransfield E., Ngapo T.M., Nielsen N.A., Bredahl L., Sjöden P.O., Magnusson M., Campo M.M., Nute G.R., 2005. Consumer choice and suggested price for pork as influenced by its appearance, taste and information concerning country of origin and organic pig production. *Meat Sci.*, 69, 61-70.
- Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7, 1028-1043.
- Edwards S.A., 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livest. Prod. Sci.*, 94, 5-14.
- Fanatico A.C., Pillai P.B., Cavitt L.C., Owens C.M., Emmert J.L., 2005. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: growth performance and carcass yield. *Poult. Sci.*, 84, 1321-1327.
- Fanatico A.C., Pillai P.B., Emmert J.L., Gbur E.E., Meullenet J.F., Owens C.M., 2007. Sensory attributes of slow- and fast-growing chicken genotypes raised indoors or with outdoor access. *Poult. Sci.*, 86, 2441-2449.
- Faure J., Lebret B., Bonhomme N., Ecolan P., Kouba M., Lefaucheur L., 2013. Metabolic adaptation of different pig muscles to cold rearing conditions. *J. Anim. Sci.*, 91, 1893-1906.
- Fischell V.K., Abelery E.D., Judge M.D., Perry T.W. 1985. Palatability and muscle properties

- of beef influenced by preslaughter growth rate. *J. Anim. Sci.*, 61, 151-157.
- Frigg M., Prabucki A.L., Rudhel E.U., 1990. Effect of dietary vitamin E levels on oxidative stability of trout filets. *Aquaculture*, 84, 145-158.
- Gandemer G., Chantelot F., Duchène C., Durand D., Bauchart D., 2008. The nutritional quality of meats and offals differed deeply in cereal (indoor) and grass (outdoor) fed fattening lambs. *Int. Congr. Meat Sci. Technol.*, Cape Town, South Africa, 2B4.
- Geay Y., Bauchart D., Hocquette J.F., Culioli J., 2002. Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Prod. Anim.*, 15, 37-52.
- Gobert M., Gruffat D., Håbeanu 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, Hors-série 15^{èmes} JSMTV*, 11p.
- Grunert K.G., 2006. Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Sci.*, 74, 149-160.
- Guillemin N., Cassar-Malek I., Hocquette J.F., Jurie C., Micol D., Listrat A., Leveziel H., Renand G., Picard B., 2009. La maîtrise de la tendreté de la viande bovine : identification de marqueurs biologiques. *INRA Prod. Anim.*, 22, 331-344.
- Håbeanu M., Thomas A., Bispo Villar E., Gobert M., Gruffat D., Durand D., Bauchart D., 2014. Extruded linseed and rapeseed both influenced fatty acid composition of total lipids and their polar and neutral fractions in longissimus thoracis and semitendinosus muscles of finishing Normand cows. *Meat Sci.*, 96, 99-107.
- Hoch T., Begon C., Cassar-Malek I., Picard B., Savary-Auzeloux I., 2003. Mécanismes et conséquences de la croissance compensatrice chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 16, 49-59.
- Hocquette J.F., Ortigues-Marty I., Picard B., Doreau M., Bauchart D., Micol D., 2005. Maîtrise de la qualité de la viande issue des herbivores par les conduites d'élevage et l'alimentation offerte aux animaux. *Viandes Prod. Carnés*, 24, 7-18.
- Horsted K., Allesen-Holm B.H., Hermansen J.E., 2010. The effect of breed and feed-type on the sensory profile of breast meat in male broilers reared in an organic free-range system. *Br. Poult. Sci.*, 51, 515-524.
- Horsted K., Allesen-Holm B.H., Hermansen J.E., Kongsted A.G., 2012. Sensory profiles of breast meat from broilers reared in an organic niche production system and conventional standard broilers. *J. Sci. Food Agric.*, 92, 258-265.
- IFIP, 2014. Le porc par les chiffres. Ed IFIP, Paris, France, 44p.
- INAO, 2011. Synthèse statistiques volailles 2008. Ed. INAO, 7 p. <http://www.inao.gouv.fr/> accédé le 02/02/2015.
- INAO 2014. Chiffres clés 2013 des produits sous signes de la qualité et de l'origine. Eds INAO - FIL Rouge/Sylaporc. 6p. <http://www.inao.gouv.fr/> accédé le 02/02/2015.
- Interbev, 2014. Observatoire des Viandes BIO 2014 : Une dynamique toujours positive, Commission BIO d'INTERBEV, Communiqué de presse, 3p.
- Jin J., Panserat S., Kamalam B.J., Aguirre P., Véron V., Médale F., 2014. Insulin regulates lipid and glucose metabolism similarly in two lines of rainbow trout divergently selected for muscle fat content. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 204, 49-59.
- Jlali M., Gigaud V., Métayer-Coustard S., Sellier N., Tesseraud S., Le Bihan-Duval E., Berri C., 2012. Modulation of glycogen and breast meat processing ability by nutrition in chickens: Effect of crude protein level in 2 chicken genotypes. *J. Anim. Sci.*, 90, 447-455.
- Jurie C., Bauchart D., Culioli J., Dransfield E., Jailler R., Lepetit J., Listrat A., Martin J.F., Quali A., Geay Y., Picard B., 2002. Les caractéristiques du muscle Longissimus thoracis ne sont pas modifiées chez les vaches de réforme entre 4 et 9 ans d'âge. *Renc. Rech. Rum.*, 9, 266.
- Kole A.P.W., Altintzoglou T., Schelvis-Smit R., Luten J.B., 2009. The effects of different types of product information on the consumer product evaluation for fresh cod in real life settings. *Food Qual. Prefer.*, 20, 187-194.
- Labbé L., Lefèvre F., Bugeon J., Fostier A., Jamin M., Gaumé M., 2014. Conception d'un système innovant de truites en eau recirculée. *INRA Prod. Anim.*, 27, 135-146.
- Le Boucher R., Quillet E., Vandeputte M., Lecalvez J.M., Goardon L., Chatain B., Médale F., Mathilde Dupont-Nivet M., 2011. Plant-based diet in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum): Are there genotype-diet interactions for main production traits when fish are fed marine vs plant-based diets from the first meal? *Aquaculture*, 321, 41-48.
- Lebret B., 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal*, 2, 1548-1558.
- Lebret B., Mourot J., 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *INRA Prod. Anim.*, 11, 131-143.
- Lebret B., Picard B., 2015. Les principales composantes de qualité des carcasses et des viandes dans les différentes espèces animales. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 28, 93-98.
- Lebret B., Lefaucheur L., Mourot J., 1999. La qualité de la viande de porc. Influence des facteurs non génétiques sur les caractéristiques du tissu musculaire. *INRA Prod. Anim.*, 12, 11-28.
- Lebret B., Heyer A., Gondret F., Louveau I., 2007. The response of various muscle types to a restriction-realimentation feeding strategy in growing pigs. *Animal*, 1, 849-857.
- Lebret B., Prunier A., Bonhomme N., Foury A., Mormède P., Dourmad J.Y., 2011. Physiological traits and meat quality of pigs as affected by genotype and housing system. *Meat Sci.* 88, 14-22.
- Lebret B., Ecolan P., Bonhomme N., Pollet P.Y., Dourmad J.Y., 2013. Quality of fresh pork and dry-cured ham: interactive effects of pig breed (Basque or Large White) and production system (conventional, alternative or extensive). *Int. Symp. Mediterranean Pig. Acta Agric. Sloven.*, Suppl. 4, 77-80.
- Lebret B., Faure J., 2015. La viande et les produits du porc : comment satisfaire des attentes qualitatives variées ? In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 28, 111-114.
- Lefaucheur L., Le Dividich J., Mourot J., Monin G., Ecolan P., Krauss D., 1991. Influence of environmental temperature on growth, muscle and adipose tissue metabolism, and meat quality in swine. *J. Anim. Sci.*, 69, 2844-2854.
- Lefèvre F., Bugeon J., 2008. Biological basis of fish quality. *Sci. Alim* 28, 365-377.
- 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.
- López-Ferrer S., Baucells M.D., Barroeta A.C., Grashorn M.A., 2001. N-3 enrichment of chicken meat. 1. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poult. Sci.*, 80, 741-752.
- Lourenço M., Van Ranst G., De Smet S., Raes K., Fievez V., 2007. Effect of grazing pastures with different botanical composition by lambs on rumen fatty acid metabolism and fatty acid pattern of longissimus muscle and subcutaneous fat. *Animal*, 1, 537-545.
- Maw S.J., Fowler V.R., Hamilton M., Petchey A.M., 2001. Effect of husbandry and housing of pigs on the organoleptic properties of bacon. *Livest. Prod. Sci.*, 68, 119-130.
- Médale F., Lefèvre F., Corraze G., 2003. Qualité nutritionnelle et diététique des poissons ; constituants de la chair et facteurs de variations. *Cah. Nutr. Diet.*, 38, 37-44.
- Médale F., Le Boucher R., Dupont-Nivet M., Quillet E., Aubin J., Panserat S., 2013. Des aliments à base de végétaux pour les poissons d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 26, 303-316.
- Micol D., Jurie C., Hocquette J.F., 2010. Qualités sensorielles de la viande bovine. Impacts des facteurs d'élevage ? In : Muscle et viande de ruminants. Editions Quae, Versailles, France. 163-172.
- Millet S., Moons C.P.H., Van Oeckel M.J., Janssens G.P.J., 2005. Welfare, performance and meat quality of fattening pigs in alternative housing and management systems: a review. *J. Sci. Food Agric.*, 85, 709-719.
- Montero D., Robaina L., Caballero M.J., Ginés R., Izquierdo M.S., 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture*, 248, 121-134.
- Morais S., Pratoomyot J., Taggart J., Bron J., Guy DR., Bell J.G., Tocher DR., 2011. Genotype specific responses in Atlantic salmon (*Salmo salar*) subject to dietary fish oil replacement by vegetable oil: a liver transcriptomic analysis. *BMC Genomics*, 12, 255.

- Morkore T., Vallet J.L., Cardinal M., Gomez-Guillen M.C., Montero P., Torrisen O.J., Nortvedt R., Sigurgisladottir S., Thomassen M.S., 2001. Fat content and fillet shape of Atlantic salmon: Relevance for processing yield and quality of raw and smoked products. *J. Food Sci.*, 66, 1348-1354.
- Mottram D.S., 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chem.*, 62, 415-424.
- Mourot J., Lebret B., 2009. Modulation de la qualité de la viande de porc par l'alimentation. *INRA Prod. Anim.*, 22, 33-40.
- Napolitano F., Castellini C., Naspetti S., Piasentier E., Girolami A., Braghieri A., 2013. Consumer preference for chicken breast may be more affected by information on organic production than by product sensory properties. *Poult Sci.*, 92, 820-826.
- Olleta J.L., Sañudo C., Monsón F., Panea B., Alberti P., Campo M., Christensen M., Ertbjerg P., Failla S., Gigli S., Hocquette J.F., Hughes S.I., Williams J.L., Nute G.R., 2008. Sensory evaluation of several European cattle breeds. In : Options Méditerranéennes, Serie A: Seminaires Méditerranéens, Olaizola A., Boutonnet J.P., Bernués A. (Eds). Zaragoza, Spain, A-78, CIHEAM, 297-300.
- Oury M.P., Picard B., Istasse L., Micol D., Dumont R., 2007. Mode de conduite en élevage et tendreté de la viande bovine. *INRA Prod. Anim.*, 29, 309-326.
- Patterson D.C., Moore C.A., Moss B.W., Kilpatrick D.J., 2002. Parity associated changes in slaughter weight and carcass characteristics of Charolais crossbred cows kept on a lowland grass/grain silage feeding and management system. *Anim. Sci.*, 75, 221-235.
- Picard B., Lebret B., Cassar-Malek I., Liaubet L., Berri C., Le Bihan-Duval E., Lefèvre F., Hocquette J.F., Renand G., 2014. Des marqueurs génomiques au service de la qualité de la viande. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 28, 183-196.
- Ponte P.I., Rosado C.M., Crespo J.P., Crespo D.G., Mourão J.L., Chaveiro-Soares M.A., Brás J.L., Mendes I., Gama L.T., Prates J.A., Ferreira L.M., Fontes C.M., 2008a. Pasture intake improves the performance and meat sensory attributes of free-range broilers. *Poult. Sci.*, 87, 71-79.
- Ponte P.I., Alves S.P., Bessa R.J., Ferreira L.M., Gama L.T., Brás J.L., Fontes C.M., Prates J.A., 2008b. Influence of pasture intake on the fatty acid composition, and cholesterol, tocopherols, and tocotrienols content in meat from free-range broilers. *Poult. Sci.*, 87, 80-88.
- Prache S., Thériez M., 1988. Production d'agneaux à l'herbe. *INRA Prod. Anim.*, 1, 25-33.
- Prache S., Arousseau B., Thériez M., Renerre M., 1990. Les défauts de couleur du tissu adipeux sous-cutané des carcasses d'ovins. *INRA Prod. Anim.*, 3, 275-285.
- Prache S., Martin B., Nozière P., Engel E., Besle J.M., Ferlay A., Micol D., Cornu A., Cassar-Malek I., Andueza D., 2007. Authentification de l'alimentation des ruminants à partir de la composition de leurs tissus et produits. *INRA Prod. Anim.*, 20, 295-308.
- Prache S., Gatellier P., Thomas A., Picard B., Bauchart D., 2011. Comparison of meat and carcass quality in organically-reared and conventionally-reared pasture-fed lambs. *Animal*, 5, 2001-2009.
- Prache S., 2014. Advances, issues and challenges in organic lamb meat quality. In: Organic farming, Prototype for Sustainable Agriculture, Bellon S., Penvern S. (Eds), Springer, Netherlands. 313-324.
- Prache S., Bauchart D., 2015. La viande et la carcasse des agneaux : les principales qualités recherchées. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 28, 105-110.
- Priolo A., Micol D., Agabriel J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavor. *Anim. Res.*, 50, 185-200.
- Prunier A., Bonneau M., 2006. Y a-t-il des alternatives à la castration chirurgicale des porcelets ? *INRA Prod. Anim.*, 19, 347-356.
- Prunier A., Lebret B., 2009. La production biologique de porcs en France : caractéristiques des élevages, impacts sur la santé, le bien-être et la qualité des produits. *INRA Prod. Anim.*, 22, 179-188.
- Pugliese C., Sirtori F., 2012. Quality of meat and meat products produced from southern European pig breeds. *Meat Sci.*, 90, 511-518.
- Rasmussen R.S., 2001. Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquacult. Res.*, 32, 767-86.
- Renerre M., 1981. La couleur de la viande et sa mesure. *Viandes Prod. Carnés*, 2, 10-16.
- Robb D.H.F., Kestin, S.C., Warriss, P.D., Nute, G.R., 2002. Muscle lipid content determines the eating quality of smoked and cooked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 205, 345-358.
- Rosenlund G., Corraze G., Izquierdo M., Torstensen B., 2010. The effects of fish oil replacement on nutritional and organoleptic qualities of farmed fish. In: Fish oil replacement and alternative lipid sources in aquaculture feeds, Turchini G.M., Ng W.K., Tocher D.R. (Eds). CRC Press. 487-522.
- Salifou C.F.A., Youssao A.K.I., Ahounou G.S., Tougan P.U., Farougou S., Mensah G.A., Clinquant A., 2013. Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Ann. Med. Vet.*, 157, 27-42.
- Salze G., Alami-Durante H., Barbut S., Marcone M., Bureau D.P., 2014. Nutrient deposition partitioning and priorities between body compartments in two size-classes of rainbow trout in response to feed restriction. *Br. J. Nutr.*, 111, 1361-1372.
- Sauveur B., 1997. Les critères et facteurs de la qualité des poulets Label rouge, *INRA Prod. Anim.*, 10, 219-226.
- Scollan N., Richardson I., De Smet S., Moloney A.P., Doreau M., Bauchart D., Nuernberg K., 2005. Enhancing the content of beneficial fatty acids in beef and consequences for meat quality. In : Indicators of milk and beef quality, EAAP Publ. n°112. Hocquette J.F., Gigli S. (Eds). Wageningen Academic Publishers, NL. 151-162
- Skonberg D.I., Hardy R.W., Barrows F.T., Dong F.M., 1998. Color and flavor analyses of filets from farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-phosphorus feeds containing corn or wheat gluten. *Aquaculture*, 166, 269-277.
- Synalaf, 2015. <http://www.volaillelabelrouge.com/> Accédé le 12/02/2015.
- Terlou E.M.C., Cassar-Malek I., Picard B., Bourguet C., Deiss V., Arnould C., Berri C., Duval E., Lefèvre F., Lebret 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., Lebret B. (Eds). *INRA Prod. Anim.*, 28, 169-182.
- Tesseraud S., Bouvarel I., Fraysse P., Métayer-Coustard S., Collin A., Lessire M., Berri C., 2014. Optimiser la composition corporelle et la qualité des viandes de volailles en modulant le métabolisme par les acides aminés alimentaires. *INRA Prod. Anim.*, 27, 337-346.
- Thériez M., 1985. Engraissement et qualité des carcasses. Pâtre, Spécial Elevage des agneaux, 329, 13-15.
- Thériez M., Arousseau B., Prache S., Mendizabal J., 1997. Les défauts de couleur des gras d'agneaux. *Renc. Rech. Rum.*, 4, 295-301.
- Touraille C., Ricard F.H., Kopp J., Valin C., Leclercq B., 1981. Chicken meat quality. 2: Changes with age of some physico-chemical and sensory characteristics of the meat. *Archiv. Geflügelk.*, 45, 97-104.
- Villette Y., Thériez M., 1981. Influence of birth weight on lamb performances. 2. Carcass and chemical composition of lambs slaughtered at the same weight. *Ann. Zootech.*, 30, 169-182.
- Weil C., Lefèvre F., Bugeon J., 2013. Characteristics and metabolism of different adipose tissues in fish. *Rev. Fish Biol. Fisheries*, 23, 157-173.
- Zubiaurre C., 2013. The current status and future perspectives of European organic aquaculture. *Aquaculture Europe*, 38, 14-21.

Résumé

Cette synthèse présente l'influence des caractéristiques des animaux et de leurs conditions d'élevage sur les qualités des viandes et des chairs des principales espèces animales d'élevage (porc, bovins, ovins, poulets, poissons). Les dimensions intrinsèques (composition des carcasses, qualités sensorielle, nutritionnelle et technologique) et extrinsèques (interactions entre productions animales et environnement, bien-être des animaux, origine des produits, authenticité des pratiques de production...) de la qualité des produits sont considérées. Dans toutes les espèces, le type génétique et la conduite alimentaire sont les principaux déterminants de la composition des carcasses. La nature de l'alimentation des animaux constitue le principal levier pour moduler la qualité nutritionnelle, toutefois le niveau d'enrichissement des viandes et chairs en acides gras, minéraux ou vitamines favorables à la santé humaine varie selon les espèces. Pour une espèce donnée, les caractéristiques des animaux, leurs conditions d'élevage et d'abattage interagissent pour déterminer les propriétés (teneurs en lipides, glycogène, myoglobine...) et le métabolisme péri et post-mortem des muscles, et consécutivement la qualité sensorielle des viandes ou chairs et de leurs produits. À l'inverse, la qualité technologique, composante importante dans les filières porc, poulet et poisson résulte essentiellement du type génétique et des conditions d'abattage des animaux et de transformation des viandes. Dans les différentes filières animales, les qualités extrinsèques des produits font partie intégrante de certaines démarches collectives ou privées et sont garanties aux consommateurs au travers des signes officiels de qualité. Elles visent à améliorer les interactions favorables entre les productions animales et l'environnement et/ou le bien-être des animaux, garantir l'origine des produits et/ou valoriser l'authenticité des méthodes de production et de transformation. Différents exemples sont développés pour illustrer la prise en compte par les acteurs des filières de cette demande croissante des consommateurs et plus largement des citoyens envers leur alimentation.

Abstract

Meat quality: influence of animals' characteristics and rearing conditions

This review describes the influences of the characteristics of animals and their rearing conditions on the quality of meat and flesh in the main livestock species (pig, cattle, sheep, poultry, fish). Both the intrinsic (carcass composition and sensory, nutritional and technological qualities) and extrinsic (interactions between animal production and the environment, animal welfare, origin of products, authenticity of production practices...) dimensions of quality of meat and flesh products are considered. In all animal species, the genotype and feeding practices are the main factors determining carcass composition. Feed composition is the main factor modulating nutritional quality, even though the enrichment level of meat or flesh with fatty acids, minerals or vitamins favorable for human health depends on the species considered. Within species, interactions between the characteristics of animals and their rearing and slaughtering conditions determine the properties (intramuscular fat, glycogen, myoglobin contents...) and peri and post-mortem metabolism of muscles and, consequently, the sensory quality of meat or flesh and their products. Conversely, the technological quality of meat, which is important especially for pig, poultry and fish mainly results from the animal genotype and the slaughtering and processing techniques. In all meat animal chains, some productions are differentiated on claims on extrinsic qualities of products and are guaranteed to consumers by official quality schemes. They aim at improving the positive interactions between animal production and environment and/or animal welfare, or guaranteeing products origin or authenticity of production and processing methods. Some examples are described to underline the awareness of meat chain actors about the increasing demand from consumers and more generally citizens towards their diet.

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. In : Numéro spécial, Le muscle et la viande. Picard B., Lebret B. (Eds). INRA Prod. Anim., 28, 151-168.