

INRA Laboratoire Croissance et
Métabolismes des Herbivores
Theix 63122 St-Genès-Champanelle

* INRA Station de Génétique
Quantitative et Appliquée
78352 Jouy-en-Josas Cedex

** INRA Département
de Technologie de la Viande
Theix 63122 St-Genès-Champanelle

Possibilités d'améliorer la productivité et la qualité des produits de la filière viande bovine

La filière viande bovine traverse une crise grave. Sans vouloir faire dépendre son salut des seuls résultats de la Recherche, une meilleure connaissance des mécanismes biologiques, des recherches en cours et des innovations envisageables peut aider à une meilleure maîtrise des processus d'élaboration et de transformation du muscle en viande.

La filière viande bovine est actuellement confrontée à de très sérieuses difficultés économiques. En effet, le coût d'élaboration de cette viande demeurant élevé, quelles qu'en soient les étapes, les marges bénéficiaires sont faibles pour les divers acteurs de la filière et la viande est jugée trop chère par les consommateurs, comparativement à la viande de porc et de volaille et compte tenu de la satisfaction qu'ils en tirent ou de l'usage qu'ils veulent en faire.

L'amélioration de la situation économique passe donc par un effort important de réduction des coûts et d'amélioration de la qualité des produits.

Des progrès sans doute appréciables peuvent être envisagés pour réduire les coûts de production : d'une part durant la vie des animaux par un effort de sélection et d'amélioration de la nutrition ; d'autre part, après l'abattage, par un effort de mécanisation et d'automatisation intense : la filière viande bovine reste une grande consommatrice de main d'œuvre.

Le maintien de la consommation de viande passe aussi par une amélioration de la qualité. Encore faut-il que les divers acteurs de la filière s'accordent sur cette notion. Elle ne recouvre pas, en effet, les mêmes critères pour le producteur, le transformateur, le distributeur ou le consommateur. Il importe donc que les qualités recherchées soient mieux connues des divers partenaires de la filière et pour cela que des liaisons s'établissent entre eux ou se resserrent. La filière doit sortir de l'ère de la cueillette pour mettre en place une élaboration de produits soumis à des cahiers des charges précis. La Recherche peut aider à les établir.

La viande bovine présente cependant une caractéristique avantageuse pour le consommateur, lui permettant un choix très vaste : sa diversité d'origine, tant par la race de l'animal, son type (veau, taurillon, génisse, bœuf, vache) que par le muscle dont elle est issue. Toutefois, l'acheteur, à quelque endroit qu'il soit dans la filière, recherche une garantie de constance de qualité pour un produit considéré. Encore faut-il que l'effort qu'il exige de la part du fournisseur en amont se traduise par une valeur ajoutée. C'est l'absence de valeur ajoutée, à tous les niveaux de la filière, qui explique en partie les

Résumé

La filière viande est confrontée à un double problème de réduction des coûts de production, et d'amélioration de la qualité des produits. Parmi les principaux axes explorés par la Recherche dans ce domaine, l'attention a été focalisée sur la physiologie de la croissance, sa maîtrise par la nutrition et la sélection et enfin la technologie de la viande.

Les caractéristiques biologiques des fibres musculaires conditionnent en partie les caractéristiques qualitatives des muscles. Il est donc important de bien connaître les mécanismes de mise en place des différents types de fibres au cours de la différenciation. Par ailleurs, l'étude du contrôle nutritionnel et hormonal et du déterminisme génétique de l'évolution des fibres, au cours du développement, doit permettre de proposer des méthodes d'élevage adaptées à l'élaboration d'un produit capable de satisfaire la filière et le consommateur.

Un effort important est consacré à la mise au point de méthodes d'appréciation de la qualité du produit pour remplacer le système de cotation actuel reposant sur une appréciation subjective de la carcasse. Il s'agit de mesurer plus précisément le rendement en muscles, mais aussi les caractéristiques de cette matière première qui déterminent les qualités organoleptiques et hygiéniques de la viande.

La maîtrise des procédés de transformation, depuis la technologie d'abattage, le ressuyage, l'automatisation de la découpe et du dessossage, jusqu'aux techniques de conditionnement et de restructuring de la viande sont autant de secteurs de recherches générateurs de progrès à moyen terme. Enfin, la maîtrise de la qualité nécessite une connaissance approfondie de la biochimie de la transformation du muscle en viande après l'abattage.

difficultés financières qu'elle rencontre. Mais cet effort ne pourra se développer que quand on disposera d'outils fiables, et de mise en œuvre simple, pour mesurer cette qualité et la contrôler tant au niveau de la carcasse que de la viande.

Les multiples facteurs qui déterminent la qualité de la viande sont cependant aujourd'hui mieux cernés. Les uns semblent étroitement liés à l'animal, plus particulièrement aux caractéristiques biologiques du muscle (Valin 1988) (type de fibres, teneur et nature du collagène, teneurs en pigments et en lipides intramusculaires, teneur en glycogène...), les autres dépendent des conditions de transformation du muscle en viande, plus particulièrement de sa maturation (Ouali 1990). Maîtriser l'ensemble de ces facteurs en associant les voies génétiques, nutritionnelles et technologiques, devrait permettre d'améliorer les qualités organoleptiques des viandes consommées en l'état (viandes à griller). Elles ne représentent toutefois que 30 à 40 % de la musculature chez un bovin. Le reste (viande à braiser et à bouillir) voit aussi sa consommation baisser (Mainsant 1990) car son temps de cuisson trop long s'accorde mal avec un changement de mode de vie des consommateurs. Par ailleurs son prix de revient trop élevé, comparativement à la viande de porc et de volaille, condamne son emploi comme matière première dans des préparations à base de viande. Il doit donc être revalorisé soit par l'acquisition d'un statut recherché de « viande de bœuf » dans des plats cuisinés portant cette appellation, soit par la mise au point de nouveaux procédés de préparation tels que la restructuration.

Ce panorama de la situation montre que le salut de la filière dépend en partie d'une meilleure connaissance des mécanismes biologiques, des résultats des recherches en cours et des innovations envisageables.

Notre objectif n'est pas de dresser un tableau exhaustif de l'ensemble de ces travaux, mais de présenter les principaux axes explorés par la Recherche, principalement à l'INRA, tout au long de la filière et destinés à réduire les coûts de production, à améliorer la productivité des animaux et des outils industriels et la qualité des produits proposés aux consommateurs. Ils portent essentiellement sur la physiologie de la croissance, sur sa maîtrise par la sélection et la nutrition et sur la technologie de la viande.

1 / Physiologie de la croissance

C'est durant la vie fœtale que se mettent en place les tissus musculaires et osseux. Mieux appréhender chez le bovin, durant ce stade, l'ontogénèse de ces tissus, et par suite le déterminisme de leurs caractéristiques biologiques ultérieures, paraît fondamental si l'on veut mieux comprendre et maîtriser leur développe-

ment dans le sens d'une amélioration de la croissance musculaire et de la qualité de la viande. D'autant que le développement tissulaire durant cette phase est aussi méconnu chez les autres espèces de mammifères.

Le tissu musculaire est constitué de fibres dont les caractéristiques contractiles et métaboliques conditionnent en partie la transformation du muscle en viande (Robelin 1990), bien que la nature et l'importance des relations entre qualité de la viande et types de fibres soient encore à préciser. C'est ainsi qu'il existe une corrélation positive significative entre la proportion de fibres rouges et la flaveur et la jutosité, entre la teneur en lipides intramusculaires et la flaveur : les muscles à plus forte teneur en fibres rouges ont une teneur plus élevée en lipides intramusculaires, accompagnée d'une intensité de flaveur supérieure (Valin *et al* 1982). Par ailleurs, les muscles à plus forte proportion de fibres glycolytiques, à contraction rapide présentent, après l'abattage, une chute de pH plus rapide et mûrent plus vite (Valin 1988). Des travaux de recherches sont donc en cours pour préciser, durant la vie fœtale, la chronologie de la différenciation de ces fibres et les mécanismes de régulation. Ils tentent, notamment, de préciser si les différentes populations de fibres observées après la naissance ne sont pas issues de différentes lignées cellulaires, tel que cela a été décrit chez le poulet, et par suite déterminées génétiquement. Ces travaux seront complétés par l'étude de la différenciation d'autres cellules présentes dans le tissu musculaire (adipocytes, fibroblastes) pouvant jouer un rôle dans l'élaboration des qualités de la viande telles que la flaveur et la tendreté. Ils permettront de faire la part, à la naissance, du déterminisme génétique et de ce qui peut être modifié au cours de la période d'élevage.

L'état de développement du squelette à la naissance conditionne, quant à lui, le format adulte de l'animal et donc, indirectement, sa vitesse de croissance et sa composition corporelle à un poids donné. S'assurer d'un développement optimal du squelette durant la vie fœtale représente donc un objectif nécessaire pour envisager une croissance musculaire maximale ultérieurement. Des recherches ont donc été mises en place sur ce tissu, à deux niveaux : les premières visent à préciser les mécanismes de régulation des transports phosphocalciques placentaires qui conditionnent la minéralisation du squelette fœtal ; les secondes approfondissent les mécanismes de régulation de l'activité des cellules osseuses. Des méthodes d'évaluation de plus en plus spécifiques (histomorphométrie et dosage sérique de l'ostéocalcine, peptide synthétisé uniquement par les ostéoblastes, cellules qui élaborent la matrice osseuse) sont mises au point pour apprécier le rôle de divers facteurs de régulation de la croissance osseuse (Pastoureau 1990).

Ainsi, d'ici quelques années, on devrait être en mesure de préciser non seulement ce qui relève du déterminisme génétique, mais également ce qui peut-être modifié durant la vie fœtale, soit par l'intermédiaire de la mère soit directement par action exogène sur le fœtus.

La qualité de la viande est fonction des caractéristiques des fibres musculaires. L'étude de leur différenciation au cours de la vie fœtale permettra de faire la part du déterminisme génétique et de ce qui peut être modifié ultérieurement par les conditions d'élevage.

2 / Maîtrise du développement tissulaire et des caractéristiques biologiques des muscles au cours de la période d'élevage

2.1 / Par le biais de la sélection

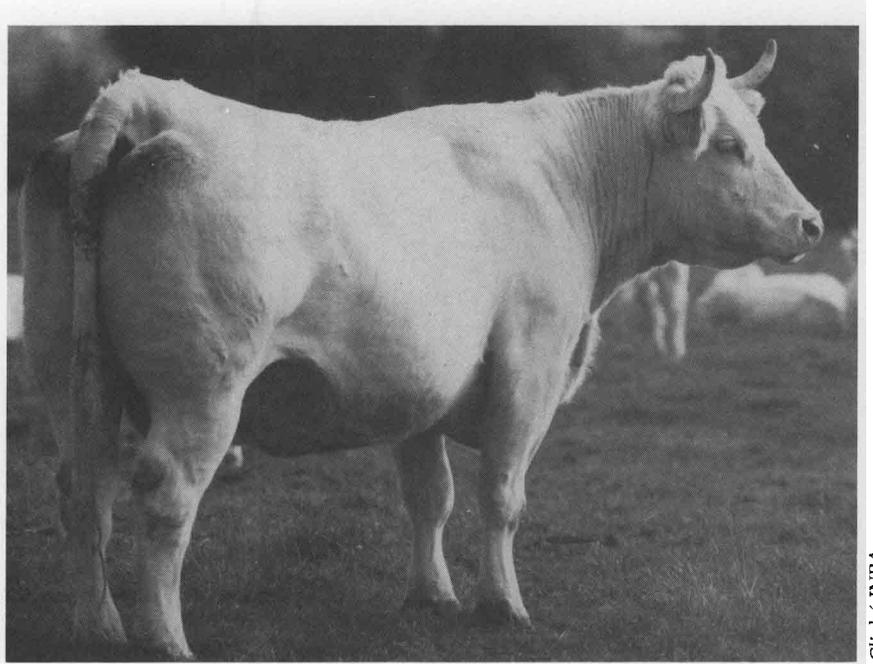
La mise en place d'une sélection permettant d'améliorer la qualité de la viande suppose l'existence d'une variabilité génétique et d'une héritabilité suffisantes des caractéristiques biologiques des muscles. Or, l'analyse des principales études réalisées dans le monde (Renand 1990) montre qu'il existe bien une variabilité d'origine génétique non négligeable pour les qualités de la viande. Elle autorise l'idée qu'une amélioration génétique de ces caractéristiques est possible. C'est notamment le cas de la tendreté - principale qualité recherchée pour la viande bovine - pour laquelle une amélioration est envisageable, simultanément à une amélioration de la croissance musculaire.

Des travaux ont donc été engagés à l'INRA pour tenter d'analyser expérimentalement, en race à viande (Charolaise), les répercussions d'une sélection de la capacité de croissance musculaire sur les aptitudes bouchères des bovins. Ils ont pour objectif d'approfondir les connaissances du déterminisme génétique des mécanismes qui régissent les relations entre la croissance musculaire et les caractéristiques biologiques des muscles, conditionnant la qualité de la viande. Ils permettront ainsi, de raisonner un choix d'objectifs de sélection pertinents et de proposer pour le futur des méthodes de sélection adaptées aux races à viande.

Il est important par ailleurs, dans le prolongement des études sur l'évolution des caractéristiques biologiques musculaires, de quantifier la transmission de ces caractéristiques au niveau de la descendance. Cette connaissance permettrait notamment d'orienter le choix des futurs reproducteurs vers la production d'une viande de meilleure qualité. Des programmes importants de recherches sont donc mis en place à l'INRA, soutenus par le Ministère de la Recherche et de la Technologie et les Organisations professionnelles des races Limousine et Charolaise, qui visent à préciser l'héritabilité de ces caractéristiques musculaires.

2.2 / Par le biais de la nutrition

Le nombre de fibres musculaires étant pratiquement déterminé à la naissance, l'amélioration de la croissance musculaire post-natale ne peut s'envisager que par une synthèse protéique intense (le poids de protéines à la naissance, comme le poids de muscle, peut être multiplié par 30 au stade adulte) et un accroissement du diamètre des fibres musculaires (Robelin 1990). Il y a toutefois, pour chaque fibre, une taille maximale imposée par la fonction normale du muscle. Les facteurs d'élevage tels que la nutrition (énergétique et azotée) sont donc prépondérants pour révéler au maximum



Cliché INRA

Des travaux sont engagés à l'INRA pour analyser, en race Charolaise, les répercussions d'une sélection de la capacité de croissance musculaire sur les aptitudes bouchères.

le potentiel génétique de l'animal. Les lois générales d'action du niveau nutritionnel sur la croissance musculaire, mais aussi sur le développement des tissus adipeux, ont été précisées (Micol *et al* 1990). Des tables d'apports alimentaires recommandés (Geay et Micol 1988) et de la valeur des aliments ont été proposées par l'INRA, permettant de satisfaire au mieux les besoins de croissance de l'animal. Il est dès lors possible de conduire mieux que par le passé un animal d'une race donnée, en modulant sa vitesse de croissance, selon l'âge, par le biais du niveau alimentaire. On peut, ainsi, limiter la formation excessive des dépôts adipeux, tout en assurant une qualité de carcasse suffisante et une croissance musculaire proche du potentiel. Une meilleure maîtrise de la répartition tissulaire pourrait toutefois être envisagée par le biais d'un contrôle hormonal de la croissance (Geay 1990).

Diverses études récentes mettent aussi en évidence l'importance de la qualité des nutriments énergétiques (acétate, corps cétoniques, acides gras longs, triglycérides, glucose...) et azotés (acides aminés) mis à la disposition du muscle sur la protéinogénèse; l'équilibre de ces nutriments pouvant jouer également sur l'état hormonal de l'animal et orienter le métabolisme protéique et lipidique. C'est ainsi que chez le veau préruminant la substitution partielle d'acétate, de glucose ou d'acides gras à chaîne moyenne à une partie des acides gras longs de l'aliment d'allaitement a permis d'accroître de 12 % la fixation de protéines et de réduire d'autant le dépôt de lipides (Vermorel *et al* 1974; Aurousseau 1989). C'est dans cette voie que se développent maintenant les recherches. Réalisées à la fois sur animal entier et, de plus en plus, sur les principaux organes (tractus digestif, foie) et les groupes de muscles, ces études visent à mieux comprendre les

mécanismes mis en jeu. Il s'agit d'orienter l'utilisation des nutriments énergétiques vers la fourniture d'énergie libre (ATP) pour la protéinogénèse plutôt que pour la lipogénèse. L'objectif est de définir les besoins spécifiques du tissu musculaire en croissance, de maîtriser l'orientation du métabolisme des nutriments, notamment au niveau du foie, afin de mieux satisfaire ces besoins et, enfin, de préciser la nature des nutriments absorbables au niveau intestinal, capables d'orienter ce métabolisme et de satisfaire les besoins musculaires. Ces études devraient également déboucher sur une meilleure maîtrise de l'importance et de la nature des lipides intramusculaires. Ceux-ci, comme on l'a vu précédemment, participent étroitement à la flaveur et à la jutosité de la viande. Toutefois, seuls les phospholipides semblent en être la cause, les triglycérides devant être limités car plutôt néfastes à la santé du consommateur.

Si le nombre de fibres musculaires paraît fixé à la naissance, sur le plan qualitatif leurs caractéristiques métaboliques et fonctionnelles pourraient être modifiées, comme le sont d'autres caractéristiques musculaires (teneur en lipides, en collagène, solubilité du collagène..) par les facteurs d'élevage : niveau nutritionnel induisant le rythme de croissance, facteurs hormonaux endogènes ou exogènes, mode de stabulation entravant plus ou moins les mouvements des animaux. C'est ainsi que des boeufs de 2 ans soumis à une implantation de stéroïdes durant 60 jours, ont présenté à l'abattage une modification de la composition et du typage des fibres, qui s'est traduite par une maturation moins rapide et une moindre tendreté de la viande (Ouali *et al* 1988). Un vaste ensemble

d'études a été mis en place, en race à viande (Limousine), pour analyser l'évolution de l'ensemble de ces caractéristiques musculaires durant la vie post-natale ainsi que l'importance relative de différents facteurs d'élevage tels que l'âge, la gestation suivie de la parturition, les rythmes de croissance et les facteurs hormonaux exogènes. L'ensemble de ces études va permettre tout d'abord de préciser ce qui est acquis à la naissance. Cela pourrait ainsi conduire à proposer une méthode de prévision des aptitudes à la production de viande chez le veau nouveau-né. Par ailleurs, ces études servent de base à l'élaboration de stratégies de conduites, d'itinéraires de productions, intégrant les contraintes de l'élevage et les objectifs de la production de viande : diminuer les coûts et améliorer la qualité. D'autres travaux sont aussi engagés à l'INRA sur cet axe. Ils visent une meilleure valorisation de la viande bovine en s'appuyant sur son image de qualité, tout en prospectant les processus d'extensification des ressources herbagères. Le ruminant est, certes, un mauvais transformateur des protéines végétales en viande consommable, comparativement au monogastrique (6 à 7 g de protéines animales consommables produites par un boeuf de 3 ans pour 100 g de protéines ingérées, contre 20 à 22 g produites par un poulet). Le ruminant, en revanche, présente l'avantage de pouvoir utiliser les parties végétatives des plantes fourragères et de valoriser ainsi et entretenir les surfaces nécessairement couvertes d'herbe. C'est dans cet esprit qu'ont été mis en place divers travaux de recherches. Les uns visent à préciser les modalités d'élaboration d'une viande capable de satisfaire un consommateur gourmet (20 % de la population consommatrice de viande) à partir de génisses et de jeunes vaches de race à viande (Limousines), conduites selon des schémas de plus en plus étalés dans le temps (de 24 à 43 mois), incluant pour certaines un vêlage avant l'abattage. Les autres cherchent à définir les possibilités de mise en place d'une production de viande de qualité à partir d'animaux laitiers, valorisant des ressources en herbe avec peu d'intrants complémentaires. Cette prospective se situe dans les conditions herbagères de l'Ouest, en complémentarité d'une production laitière spécialisée.

L'ensemble de toutes ces études devrait donc permettre, dans les prochaines années, de mieux maîtriser la production et la composition des muscles dans des conditions économiques d'élaboration.

3 / Estimation de la qualité des carcasses et des viandes

Un des freins à l'effort de qualité de la filière est, comme nous l'avons signalé précédemment, l'ignorance dans laquelle elle se trouve de la composition de sa matière première et de la qualité des produits qu'elle met sur le marché. Ceci est dû à l'absence de moyens permettant de les caractériser objectivement.

Les systèmes de cotation en vigueur pour définir la valeur des carcasses, et par suite leur



De nombreuses études ont été mises en place pour analyser, en race Limousine, l'évolution des caractéristiques musculaires au cours de la vie de l'animal et l'importance relative des différents facteurs d'élevage.

prix, reposent en effet sur une appréciation subjective de la conformation et de l'état d'engraissement de ces carcasses. Ces systèmes sont critiquables à bien des égards : ils manquent de reproductibilité dans le temps et l'espace ; la variabilité intraclasse du rendement en viande peut surpasser la variabilité interclasse ; mis à part l'introduction d'animaux culards dans la comparaison, la relation conformation/répartition des masses musculaires et la relation entre ce classement et la qualité de la viande dans l'assiette du consommateur sont faibles. Dans un premier temps des travaux ont été réalisés au Danemark et en France visant à automatiser, à l'aide d'un robot, le jugement de la conformation et de l'état d'engraissement, selon les normes de la cotation EUROPA, assurant ainsi l'homogénéité des jugements dans le temps et l'espace. Ces travaux sont arrivés au stade de la réalisation de prototypes actuellement testés en sites industriels. Ils déboucheront à court terme sur des applications.

La prédiction précise de la mesure du rendement en viande de la carcasse est difficile à atteindre dans le cas des bovins, alors que ce problème est relativement bien résolu dans le cas des porcins. La difficulté avec l'espèce bovine provient de la spécificité des caractéristiques des carcasses des animaux, qui se traduit par une distribution diffuse des tissus adipeux compliquant la mise en œuvre de techniques indirectes d'estimation de la composition. Théoriquement, l'utilisation de scanner X ou RMN permet de résoudre le problème avec une très grande précision. Mais l'utilisation en abattoir de ces techniques n'est guère envisageable à moyen terme, compte tenu de leur coût et de l'absence de développement de ces outils en dehors des applications médicales. Les recherches en cours explorent plusieurs pistes, toutes relatives à la mise en œuvre de méthodes indirectes, donc nécessitant des étalonnages. Ainsi au Danemark sont testées des techniques dérivant de celles utilisées sur les carcasses de porc, et en Grande Bretagne la possibilité d'une mesure du pourcentage de tissus adipeux par le biais d'une technique ultrasonore. Dans l'état actuellement connu de leur développement, la précision de ces techniques n'est pas encore suffisante pour que leur utilisation soit possible dans la pratique. D'autres voies sont également explorées, en particulier à l'INRA, qui reposent sur une analyse quantitative de la conformation et de la charnure des carcasses, relevant, pour une application en continu, de la mise en œuvre de techniques d'analyses d'images. Cette approche permettrait d'accéder, au moins dans un premier temps, à la détermination du rapport muscle sur os ; ceci améliorerait très sensiblement le système de cotation en vigueur.

Le démontage, de plus en plus précoce après l'abattage, de tout ou partie de la carcasse fournit une matière première destinée à être plus ou moins profondément transformée et dont on doit connaître assez précisément la composition élémentaire (teneur en protéines, lipides...) pour pouvoir ajuster la composition des produits finaux. A cette fin, des essais de méthodes optiques indirectes ont déjà été tentés qui ont donné le jour à des applications. Les efforts des chercheurs de l'INRA portent main-

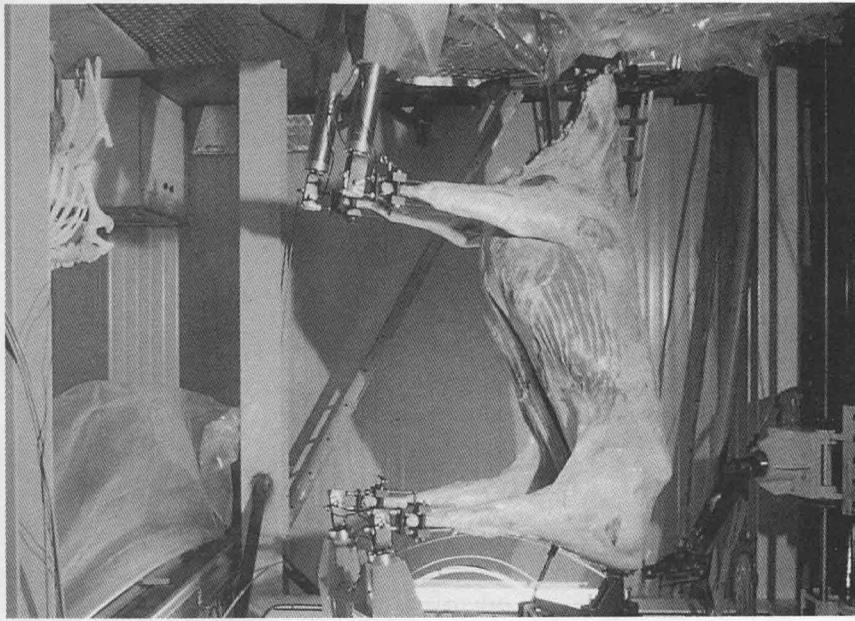
tenant sur le développement de méthodes directes utilisables en continu et reposant soit sur l'utilisation des rayons X soit sur des techniques de RMN bas champ pour certaines matières premières ou produits intermédiaires. La faisabilité de ces méthodes est déjà largement démontrée, la réalisation des prototypes est tout à fait envisageable à moyen terme.

Enfin, l'appréciation de caractéristiques qualitatives de la matière première, telles que la qualité hygiénique de celle-ci et ses qualités organoleptiques, en particulier la tendreté dans le cas des bovins, font l'objet de travaux importants. Certains visent à doter l'industrie des sondes nécessaires à la caractérisation des flores polluant les carcasses. L'aboutissement de ces travaux est tout à fait probable à court terme. En revanche, la mesure de la texture et donc de la tendreté potentielle de la viande, d'une manière non destructive et très rapide, voire en continu, ne sera pas réalisable à court terme compte tenu de la difficulté du problème. Mais des recherches intensives sont consacrées à ce thème tant en France (INRA) qu'aux Etats Unis et certains progrès sont facilement concevables. Ainsi, certaines caractéristiques qualitatives du tissu conjonctif comme sa tendreté dépendent de la maturité des animaux c'est à dire de leur âge physiologique à l'abattage. La caractérisation de cette maturité physiologique peut s'appuyer sur la mesure de la teneur en pigments des muscles par l'intermédiaire de sondes et/ou sur l'appréciation du degré d'ossification de certains cartilages, pouvant relever de la mise en œuvre de techniques d'analyse d'images. Dans le cas des bovins il serait particulièrement utile de disposer d'une méthode non destructive de mesure de la valeur absolue du degré de maturation *post-mortem* de la viande. Cela revient pratiquement à estimer la tendreté potentielle des muscles nobles (à griller), pauvres en tissu conjonctif. Les travaux récents réalisés à l'INRA (Lepetit *et al* 1986) ont permis de mettre au point une telle méthode de mesure, non destructive pour l'échantillon sur lequel elle est appliquée. Le développement, à partir de cette méthode, d'un test utilisable en site industriel paraît envisageable à moyen terme. Compte tenu de la très grande variabilité de vitesse de maturation qui existe entre animaux, un tel test permettra de trier les animaux sur ce caractère et d'optimiser le temps de maturation.

4 / Maîtrise des procédés

Comme nous le faisons remarquer dans l'introduction, la réduction des coûts dans la filière nécessite un effort important de mécanisation et d'automatisation. Toutefois, l'introduction d'innovations doit tenir compte de l'ensemble des contraintes qui s'imposent à cette filière, afin d'éviter que l'amélioration d'une opération unitaire puisse engendrer des effets pervers sur certaines autres. Ainsi, optimiser le ressuyage en ne tenant compte que de la limitation des pertes de poids a eu des conséquences néfastes sur la tendreté de la viande. Son correctif, la stimulation électrique, a pu paraître décevant à bon nombre alors que cette

Actuellement, la valeur des carcasses est basée sur leur conformation et leur état d'engraissement. De nouvelles méthodes d'estimation des critères tels que le rapport muscle/os ou le pourcentage de tissu adipeux permettront une appréciation plus objective de leur qualité.



Cliché INRA/P. Salé

Installation pour l'étude du désossage automatique de la carcasse de bovin.

technique peut potentiellement permettre de maîtriser la biochimie de la transformation du muscle en viande. Un nouveau procédé de stimulation électrique pilotée vient d'être réalisé par l'INRA en collaboration avec un équipementier.

Alors que la filière maîtrise les chaînes d'abattage à cadence élevée, il apparaît maintenant nécessaire d'aborder les problèmes de technologie de l'abattage en tenant compte de la physiologie de l'animal, tant pour maîtriser les conséquences du stress dû à cette opération sur la qualité de la viande, que pour minimiser la souffrance de l'animal, dans des conditions compatibles avec les contraintes économiques. Des travaux dans ce sens sont entrepris dans plusieurs pays qui visent en particulier la mise au point de méthodes d'abattage électrique. De telles méthodes permettent en effet de provoquer une mort instantanée et d'assurer une efficacité de l'abattage indépendante de la précision ou de la technicité de l'homme ou de la machine qui réalisent la saignée. Les façons de réaliser un arrêt cardiaque immédiat à l'abattage sont maintenant très largement documentées, mais l'insertion d'une telle opération sur la chaîne implique encore des travaux de développement (problème de cadence, conditions de la saignée...).

Le ressuyage est une opération très sensible pour la filière. Or, si on sait limiter les pertes de poids durant cette opération par une réfrigération rapide, c'est le plus souvent au détriment de la qualité de la viande et en particulier de la tendreté. Les recherches entreprises visent donc à maîtriser la perte de poids, tout en préservant la qualité du produit, par une bonne gestion de l'évolution des profils de température ou de concentration en eau des viandes au cours de leur réfrigération et de leur stockage. Ces recherches se focalisent plus particulièrement sur l'étude des échanges à l'interface air/

produit, l'obtention des coefficients de transfert chaleur-matière et la mesure de la diffusivité de l'eau dans la viande. La qualité hygiénique des produits réfrigérés dépendant de la prolifération microbienne à la surface des produits, cette dernière peut être contrôlée par la maîtrise de l'activité de l'eau de cette surface. Ces études doivent donc permettre d'acquérir des bases scientifiques suffisantes pour optimiser le ressuyage traité jusqu'ici sur la base d'extrapolation de données obtenues dans des conditions par trop éloignées de celles qui prévalent dans l'industrie de la viande.

Le désossage et la découpe, gros consommateurs de main d'oeuvre, constituent un point de la filière où des gains de productivité sont tout à fait indispensables. Au cours des dernières années, on a vu en France apparaître et se développer avec l'aide de spécialistes de l'équipement des techniques d'aide au désossage manuel qui connaissent des applications pratiques. Cette approche du problème est intéressante car elle engendre des gains de productivité tout à fait significatifs, tout en s'intégrant assez facilement dans l'organisation classique des structures existantes. A plus long terme, la robotisation des opérations de découpe et de désossage constituera certainement une solution élégante de ce problème. Toutefois l'automatisation totale du désossage est une tâche très compliquée, compte tenu de l'extrême variabilité de forme, de composition, de résistance mécanique des carcasses. Ceci implique le développement d'un outil capable de s'autoadapter aux contraintes imposées par les différentes carcasses. Les études en cours, à l'INRA en particulier, ont démontré la faisabilité d'une robotisation de cette opération. Elles devraient permettre à court terme d'aborder la réalisation de prototypes dédiés, qu'il conviendra alors de tester en site industriel pour résoudre, entre autre, les problèmes de cadence.

L'utilisation des techniques de conditionnement a énormément progressé au cours des dernières années. Outre la protection - et la conservation des produits, la filière a commencé à utiliser l'emballage en tant qu'outil privilégié du marketing, destiné à mettre en valeur le produit. Conservation sous vide et en atmosphère contrôlée ont progressé en fiabilité au point que la filière viande bovine a pu mettre en oeuvre des techniques de conditionnement dans lesquelles la viande n'est plus visible. Ceci impose alors d'être certain de la qualité du produit à l'ouverture des emballages. Mais des progrès sont encore possibles, y compris dans le cas des viandes bovines. En particulier, des études ont montré que la conservation et le stockage des viandes bovines à pH élevé était envisageable sous atmosphère de CO₂ pur, permettant alors un très bon contrôle de la microbiologie du produit ainsi que de sa couleur. Les recherches en cours sur les méthodes de conservation sous vide visent surtout à améliorer la sûreté du procédé en l'associant à l'utilisation de flores microbiennes assurant une meilleure inhibition du développement des bactéries d'altérations, voire de certains germes pathogènes susceptibles d'être

présents sur les produits. Par ailleurs, des efforts de recherches très importants sont actuellement consacrés à réduire les risques de recontamination lors du processus d'emballage. La filière viande accède maintenant au concept de salle blanche.

Au chapitre des procédés, il convient enfin d'évoquer la restructuration des viandes. On a vu qu'une part importante de la musculature (60 à 70 %) ne peut, en l'état, fournir une viande à cuisson rapide (viande à griller ou à rôtir) du fait des caractéristiques du collagène qu'elle comporte. Une véritable innovation technologique était nécessaire pour réduire cette proportion, voire pour l'annuler. Une invention française a permis de breveter un procédé de destruction des types de muscles précédents, permettant dans un second temps, de reconstituer un produit possédant la structure fibreuse de la viande et pouvant être cuit sur le grill ou au four. L'INRA participe activement à l'industrialisation de ce procédé.

5 / Biochimie de la transformation du muscle en viande

Dans le cas des viandes bovines, deux étapes importantes de leur élaboration vont conditionner leur qualité : la période précédant l'abattage et la période qui le suit, durant laquelle a lieu le phénomène de maturation. Les problèmes qu'elles soulèvent retiennent particulièrement l'attention des chercheurs.

Sous l'effet du stress du transport avant l'abattage, certains animaux épuisent leurs réserves énergétiques en glycogène musculaire. Après l'abattage, cette insuffisance se traduit par une trop faible acidification des muscles conduisant à des défauts de couleur, à une mauvaise conservation à l'état réfrigéré et à une insuffisance, voire une absence, de maturation. S'il est possible de pallier en partie ces défauts par le biais de techniques de conditionnement ad hoc, il serait toutefois préférable de disposer de procédés permettant aux animaux de reconstituer rapidement leurs réserves glycolytiques avant d'être abattus. Par exemple, l'ITEB a récemment mis au point une technique nutritionnelle qui repose sur la distribution de sorbitol aux animaux, avant l'abattage.

Le phénomène de maturation, quant à lui, est de toute première importance puisqu'il conditionne la tendreté de la viande proposée au consommateur. Des travaux importants ont été entrepris, afin de comprendre les mécanismes biochimiques de la maturation (Ouali 1990). Ces recherches ont bien mis en évidence, comme on l'a évoqué au début de cet article, l'influence des caractéristiques musculaires - type de fibres - sur la vitesse et l'intensité de la maturation et révélé l'existence de mécanismes enzymatiques et non enzymatiques d'attendrissement post-mortem de la viande. Ils ont également montré l'importance de la phase d'acidification, qui suit immédiatement l'abattage, sur la cinétique de l'attendrissement ultérieur. L'en-

semble des connaissances acquises devrait permettre, à moyen terme, de modéliser ces transformations. Ceci peut conduire soit à adapter l'outil d'abattage en vue de l'optimisation de la maturation, soit pour un outil industriel donné, à définir les conditions optimales de son utilisation afin de fournir une viande tendre aux consommateurs.

Mais, au cours de la maturation, d'autres modifications biochimiques se déroulent, qui n'ont pas des retombées bénéfiques sur les caractéristiques du produit. En particulier, la myoglobine, pigment de la viande, s'oxyde progressivement, ce qui altère la couleur du produit jusqu'à le rendre impropre à la mise en vente. Si, sur le plan technologique, il est possible de retarder l'apparition de ce phénomène, il existe une variabilité très importante, entre animaux et entre muscles, dans la stabilité de la couleur qui, à technologie identique, conduit à des résultats très différents. Les recherches en cours, tant en France qu'aux Etats Unis, visent à améliorer la connaissance du mécanisme d'oxydation de la myoglobine. Celui-ci dépend beaucoup de l'environnement du pigment dans la fibre, donc du type de fibre et il est lié au mécanisme d'oxydation des lipides. Ces recherches doivent permettre d'identifier les caractéristiques biologiques des muscles les plus favorables à la stabilité de la couleur ; mais elles doivent également permettre de développer des techniques de conditionnement sur des bases moins empiriques.

Conclusion

Ce tour d'horizon bien qu'incomplet montre néanmoins que la filière viande bovine peut espérer profiter à court et à moyen termes de percées scientifiques nouvelles qui devraient lui permettre de continuer à améliorer sa productivité et les qualités de ses produits et, fait nouveau, à mieux prendre en compte et à maîtriser les contraintes nouvelles que lui impose son environnement.

Les progrès de la filière viande bovine ne dépendent cependant pas uniquement des recherches évoquées. D'autres recherches, passées sous silence, y contribuent : non seulement dans les 3 domaines évoqués (Génétique, Elevage, Technologie de la Viande), mais encore en Pathologie, en Economie et en Physiologie de la Reproduction. Certaines d'entre elles sont présentées dans cette revue. Elles doivent être confortées simultanément par des recherches dans le domaine de la nutrition humaine, afin que soit parfaitement cerné le statut nutritionnel des viandes, bovines en particulier, et par des recherches sur le comportement des consommateurs vis à vis de ces viandes. Nous ne sommes plus, en effet, à l'époque où il faut apprendre aux consommateurs à manger ce que l'on produit, mais bien à celle où l'on doit produire ce qu'ils souhaitent acheter.

Connaître les mécanismes biochimiques de la transformation du muscle en viande permettra de définir les conditions conduisant à une tendreté maximum.

Références bibliographiques

- AUROUSSEAU B., 1989. Application à l'alimentation du jeune préruminant des acides gras à chaîne moyenne : conséquences sur la croissance et la composition corporelle du veau et de l'agneau de boucherie. Thèse de l'Université de Bourgogne. 565 pp.
- GEAY Y., 1990. Diverses possibilités pharmacologiques de modifier la croissance et l'efficacité alimentaire des bovins. In : Croissance des bovins et qualité de la viande. R.G. Guilhermet et Y. Geay (Ed.) ENSAR Publ., Rennes.
- GEAY Y., MICOL D., 1988. Alimentation des bovins en croissance et à l'engrais. In : Alimentation des Bovins, Ovins et Caprins. R.Jarrige (Ed), INRA Publ. p.213-249.
- LEPETIT J., SALE P., OUALI A., 1986. Post-mortem evolution of rheological properties of the myofibrillar structure. *Meat Sci.*, 16, 161-179.
- MAINSANT P., 1990. Perspectives sur le marché C.E.E. et facteurs de la consommation. In : Croissance des bovins et qualité de la viande. R.G. Guilhermet et Y. Geay (Ed). ENSAR Publ., Rennes, p.273-289.
- MICOL D., ROBELIN J., 1990. Evolution de la Composition Corporelle et Facteurs Zootechniques de Variation. In : Croissance des bovins et qualité de la viande. R.G. Guilhermet et Y. Geay (Ed). ENSAR Publ., Rennes, p.15-30.
- OUALI A., ZABARI M., RENOU J.P., TOURAILLE C., KOPP J., BONNET M., VALIN C., 1988. Anabolic Agents in Beef Production : Effects on Muscle Traits and Meat Quality. *Meat Sci.*, 24, 151-161.
- OUALI A., 1990. Meat tenderization : Possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods*, 1, 129-165.
- PASTOUREAU P., 1990. Physiologie du développement du tissu osseux. In : Croissance des Bovins et Qualité de la Viande. R.G. Guilhermet et Y. Geay (Ed). ENSAR Publ., Rennes, p. 117-132.
- RENAND G., 1990. Déterminisme génétique des caractéristiques des carcasses et des viandes. In : Croissance des bovins et qualité de la viande. R.G. Guilhermet et Y. Geay (Ed). ENSAR publ., Rennes, p. 31-42.
- ROBELIN J., 1990. Différenciation, Croissance et Développement Cellulaire du Tissu Musculaire. In : Croissance des bovins et qualité de la viande. R.G. Guilhermet et Y. Geay (Ed). ENSAR Publ., Rennes, p.153-176.
- VALIN C., 1988. Différenciation du tissu musculaire. Conséquences technologiques pour la filière viande. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28, 845-856.
- VALIN C., TOURAILLE C., VIGNERON P., ASHMORE C.R., 1982. *Meat Sci.*, 6, 257-264.
- VERMOREL M., BOUVIER J.C., THIVEND P., TOULLEC R., 1974. Utilisation énergétique des aliments d'allaitement par le veau préruminant à l'engrais à différents poids. In : Proc. -th Symp. Energy Metabolism of Farm Animal. K.M.Menke (Ed), EAAP n°14, p. 143-146

Summary

Ways of improving productivity and quality in beef meat production and transformation.

It is necessary for the whole process of meat production, from animal husbandry to the meat industry, to try to reduce costs and increase quality. Among the major aspects taken into account by researchers, attention is focused in this article on growth physiology, its control by nutrition and breeding, and finally meat technology.

Biological characteristics of muscle fibers are closely related to meat quality. As a consequence, the knowledge of the ontogeny of various kinds of muscle fibers in the fetal calf is particularly relevant. Studies on nutritional and hormonal control of muscle growth as well, as the genetic basis of the development of muscular tissue may help to develop beef finishing systems able to produce meat acceptable for the industry and the consumers.

Objective methods of estimation of carcass and meat quality are also studied, in order to replace the subjective system based on carcass conformation which is still now currently used. The aim is to measure at slaughter, as accurately as possible, the meat yield of the carcass and also the biochemical characteristics of muscle which are responsible for meat quality.

Better processing control, from slaughtering, deboning, to conditioning and meat restructuring, also aids progress in the meat industry. Finally, a lot of research programs are devoted to biochemical transformation of muscle into meat after death.

GEAY Y., RENAND G., ROBELIN J., VALIN C., 1991. Possibilités d'améliorer la productivité et la qualité des produits de la filière viande. *INRA Prod. Anim.*, 4 (1), 41-48.