

# Stress des animaux et qualités de leurs viandes. Rôles du patrimoine génétique et de l'expérience antérieure

Les qualités sensorielles et technologiques de la viande dépendent des conditions d'évolution du métabolisme musculaire au moment de l'abattage. Or ces conditions sont largement influencées par l'état physiologique de l'animal et notamment de ses éventuelles réactions de stress.

Alors que la préoccupation d'une meilleure maîtrise des qualités organoleptiques et technologiques des viandes est toujours d'actualité, d'autres intérêts ont émergé, notamment celui porté au bien-être animal, qui joue un rôle important dans l'image de la viande auprès du consommateur. Le stress à l'abattage est associé au manque de respect pour le

bien-être animal et est à l'origine de variations dans les qualités des viandes. Le présent article a pour objectif de décrire les liens entre les réponses physiologiques et comportementales de stress et certaines qualités technologiques des viandes, notamment celles liées au métabolisme glycolytique. Est en particulier discutée l'influence de deux facteurs importants, le patrimoine génétique et l'expérience antérieure sur la façon dont l'animal évalue et réagit à la situation. Les propos sont illustrés par des données expérimentales, obtenues dans des expérimentations contrôlées sur le porc, et, dans une moindre mesure, sur le bovin. Les autres espèces ne sont pas abordées pour des raisons de concision. Ces expérimentations ne reflètent pas forcément la situation exacte des pratiques commerciales d'abattage, mais elles permettent d'apprécier l'effet des facteurs qui nous intéressent. Tout d'abord, quelques notions sur les concepts de stress et de bien-être et sur la transformation du muscle en viande sont introduites.

## Résumé

Les réactions de stress aux procédés de l'abattage influencent la vitesse du métabolisme musculaire avant et après la mise à mort, et par ce biais, les qualités des viandes. Ce phénomène est essentiellement lié à une baisse des réserves glycolytiques et à une augmentation de l'activité ATPasique. Les réactions comportementales, physiologiques et métaboliques aux événements stressants dépendent du patrimoine génétique des animaux et de leur expérience antérieure. Par exemple, certaines races sont plus réactives à l'Homme ou à un changement d'environnement. L'effet des changements physiologiques sur le métabolisme dépend entre autres du nombre et du fonctionnement des récepteurs des cellules musculaires ; ce nombre est également influencé par le patrimoine génétique. Concernant l'expérience antérieure, une défaite dans un combat ou l'élevage en isolement ou attaché peut augmenter la réactivité comportementale et physiologique à un objet non familier ou à la distribution du repas quotidien. Il est probable qu'une telle élévation de la réactivité au stress renforce les effets du stress de l'abattage sur les qualités des viandes. La facilité du chargement, du déchargement et des manipulations et par conséquent les réactions de l'animal à ces situations, dépendent de la familiarité de la situation. Chez le veau de boucherie, l'attitude de l'éleveur vis-à-vis de ses animaux influence dans une certaine mesure les réactions du veau aux procédés d'abattage et les qualités de ses viandes. En résumé, nous connaissons une partie des rôles du patrimoine génétique, du mode d'élevage et des réactions de l'animal aux conditions d'abattage dans le déterminisme des qualités des viandes. Il est nécessaire d'étendre ces connaissances et d'en étudier les mécanismes sous-jacents.

## 1 / Stress, qualités des viandes : rappels

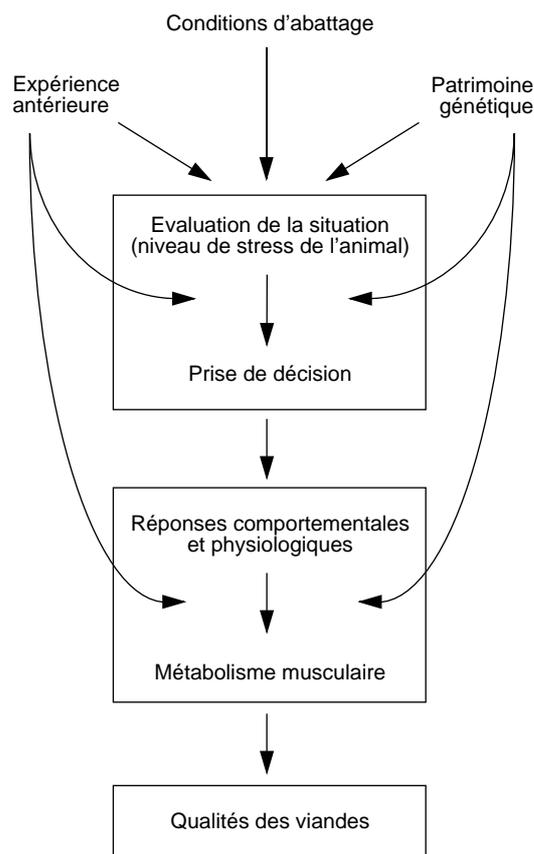
### 1.1 / Stress

Les pionniers des recherches sur le stress furent Walter Cannon (1914) et Hans Selye (1932). Cannon a démontré que le système sympatho-médullo-surénalien (notamment la

sécrétion de l'adrénaline et de la noradrénaline) est nécessaire pour faire face à des perturbations physiques et physiologiques. Le rôle important du système cortico-surrénalien (notamment la sécrétion des glucocorticoïdes) dans la réponse de stress a été reconnu par Selye. La théorie de Selye associait le terme stress surtout au stress physique (fatigue, maladie) et à des réponses physiologiques. Plus tard, cette théorie a été critiquée par Mason (1971), car elle n'intégrait pas la dimension émotionnelle de l'état de stress. Actuellement, il n'existe toujours pas de définition précise du concept de stress. La définition de l'état de stress chez l'animal la plus souvent citée est "le résultat de la sollicitation exagérée des capacités d'ajustement comportementale et physiologique de l'animal" (Fraser *et al* 1975). Cette définition ne fait toujours pas référence à l'état mental ou physiologique de l'animal de manière explicite. De plus, l'imprécision notamment du terme "exagérée" rend difficile de déterminer, pour certaines situations, si un individu donné est stressé.

**Figure 1.** Représentation schématique des liens entre la réactivité au stress, le stress à l'abattage et les qualités des viandes.

Le stress d'un animal dépend de la nature des manipulations qui précèdent l'abattage, de son patrimoine génétique et de son expérience antérieure. Il provoque des réponses comportementales et physiologiques. L'effet de ces réponses sur le métabolisme dépend de leur ampleur, et du patrimoine génétique et de l'expérience antérieure de l'animal.



On peut dire que plus un individu se sent menacé par rapport au bon fonctionnement de son corps (impossibilité de se coucher et de se tourner, problèmes de soif, de faim, de douleur ou de maladie...) et de son équilibre mental (contexte social inadapté, problèmes de peur, de frustration, de sur- ou sous-stimulation par l'environnement...), plus il sera stressé. Dans cet article, le terme d'état de stress fera référence à l'état physiologique, comportemental et psychologique de l'animal, face à une situation supposée menaçante.

Nous ne pouvons qu'estimer l'état psychologique de l'animal à l'aide de mesures physiologiques et comportementales, car nous manquons d'indicateurs directs. En fonction de l'origine du stress, différentes mesures peuvent être choisies. Les mesures comportementales concernent généralement les réponses d'adaptation à la situation (fuite, agression, immobilisation, exploration...). Concernant la physiologie, les taux sanguins de cortisol, principal glucocorticoïde chez de nombreuses espèces, sont souvent utilisés car ils augmentent suite à l'application de facteurs de stress très différents. L'activité du système nerveux autonome est une autre mesure couramment utilisée. Le système nerveux autonome a deux branches, le système (ortho)sympathique et le système parasympathique. Le premier inhibe entre autres les organes digestifs et stimule les poumons et le cœur. Le système parasympathique a un effet contraire. L'activité cardiaque reflète l'équilibre des activités des deux branches. La sécrétion des catécholamines (adrénaline et noradrénaline) dans le sang est sous le contrôle de la branche sympathique. Contrairement au système cortico-surrénalien, le système autonome est rapide : les variations de cortisolémie apparaissent après une vingtaine de minutes et peuvent durer plusieurs heures, alors que la fréquence cardiaque et les taux sanguins d'adrénaline et de noradrénaline varient en quelques secondes ou minutes. La difficulté de l'interprétation de ces mesures réside dans le fait que toutes ces variations peuvent se produire en dehors de tout état de stress, simplement suite à une activité physique ou à une vigilance accrue.

Enfin, il est important de noter que l'état de stress de l'animal dépend non pas de la situation, mais de son évaluation de la situation. Chaque individu est forgé de manière unique par son patrimoine génétique et son expérience antérieure. Par conséquent, l'état de stress d'un animal est une expérience individuelle et subjective. Sa façon de réagir à différentes situations de stress est appelée la réactivité au stress (physiologique et/ou comportementale ; figure 1). La réactivité au stress est donc une caractéristique de l'animal.

## 1.2 / Qualités des viandes

Après la saignée, le métabolisme musculaire est profondément modifié en raison de l'arrêt de la circulation sanguine. Le muscle se trouvant en anoxie, la synthèse de l'ATP repose alors sur la dégradation de la phosphocréatine et surtout sur la glycolyse anaé-

robie (pour revue : Monin 1988). A mesure que le taux d'ATP diminue et que le glycogène est dégradé, des protons et des molécules de lactate sont formés, entraînant une diminution du pH du muscle. La valeur à laquelle le pH se stabilise est appelée le pH ultime. La vitesse de la chute du pH dépend de la vitesse de dégradation de l'ATP, c'est-à-dire de l'activité ATPasique. L'amplitude de la diminution du pH dépend des réserves musculaires, essentiellement en glycogène, au moment de la mort. Les qualités organoleptiques et technologiques sont influencées à la fois par la vitesse et par l'amplitude de chute du pH. Une diminution du pH trop rapide entraîne la dénaturation des protéines musculaires qui conduit à une viande pâle, flasque et exudative. Elle est dure à manger. D'une façon générale, plus le pH ultime est bas, plus la couleur de la viande est claire. Les viandes à pH ultime élevé sont de couleur sombre et ont une plus grande sensibilité aux développements microbiens. Le pH ultime explique une partie importante de la variabilité de la tendreté, de la jutosité et de la flaveur, celles-ci augmentant avec le pH. Mais il convient de noter que la couleur dépend également du taux de pigment, et donc de fer présent dans le muscle sous forme hémnique. Le fer entre dans la composition de l'hème, lui-même constituant des pigments qui donnent leur couleur rouge au sang et au muscle, de l'hémoglobine et de la myoglobine.

La maturation de la viande, qui est associée à la dégradation des protéines et des lipides musculaires, se traduit par l'augmentation de la tendreté de la viande et le développement de sa flaveur. Ce processus, qu'il est souhaitable de laisser se dérouler pendant quelques jours, commence quelques heures après l'abattage dès l'installation de la *rigor mortis* (Ouali 1990).

### 1.3 / Facteurs de stress et qualités des viandes

Le transport et l'abattage des animaux sont associés à une multitude de facteurs potentiellement stressants. Ces facteurs sont d'origine physique, comme l'absence d'aliments, la restriction de la prise d'eau, les mouvements du camion, les chocs provoqués par des pertes d'équilibre, par des coups reçus d'autres animaux ou du manipulateur, et d'origine psychologique, car tout changement de la situation habituelle est susceptible de provoquer la peur chez l'animal. Le départ du milieu habituel, le changement du milieu social, l'introduction dans des environnements inconnus et la présence de personnes non familières sont des exemples. Les qualités des viandes sont fortement influencées par le comportement et par l'état physiologique des animaux pendant la période de pré-abattage et au moment de l'abattage (cf figure 1). L'activité physique entraîne une diminution des réserves énergétiques musculaires, induite par une activation de la phosphorylase et la glycolyse. Cette activation métabolique est sous-tendue par des changements physiologiques tels que l'augmentation de la fréquence cardiaque et la libération d'hor-

mones (cortisol, (nor)adrénaline). L'état de stress, dû aux facteurs énumérés ci-dessus, ne fait que renforcer les réponses comportementales et physiologiques, et par conséquent les changements métaboliques.

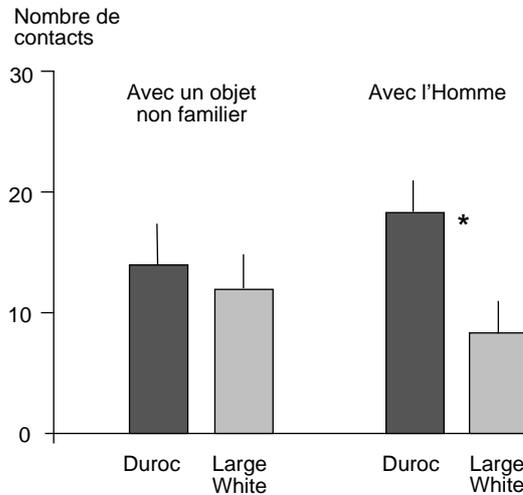
Concrètement, pendant la période pré-abattage (transport, attente à l'abattoir), une activité physique accrue diminue les réserves glucidiques du muscle, et ce d'autant plus si elle est associée à un état de stress. Selon le muscle étudié, cette diminution peut se traduire par un pH ultime plus élevé et une couleur plus sombre. Souvent on obtient des viandes plus tendres et juteuses, mais plus difficile à conserver (Lewis *et al* 1962a et 1962b, Hendrick *et al* 1964, Monin 1988, Lewis *et al* 1989). Une activité physique élevée et/ou un état de stress importants immédiatement avant l'abattage (conduite et passage au restrainer) se traduisent par l'augmentation de l'activité ATPasique, qui provoque une glycolyse et une acidification plus rapide des muscles concernés, pouvant conduire à des viandes avec un pouvoir de rétention d'eau réduit (Monin 1988, Terlouw *et al* 1997, D'Souza *et al* 1999).

Cependant, les effets des conditions d'abattage sur les qualités des viandes varient selon l'individu et selon la situation. La façon de réagir au stress et l'influence des réactions de stress sur le métabolisme musculaire dépendent entre autres de l'expérience antérieure et du patrimoine génétique de l'animal. Ces idées sont développées ci-dessous.

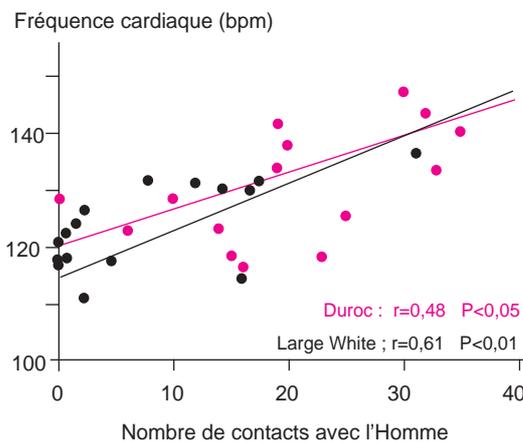
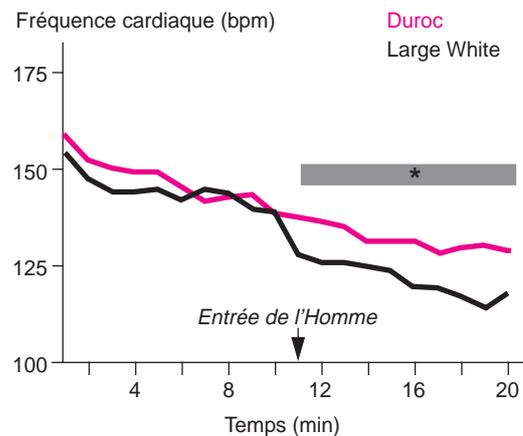
## 2 / Patrimoine génétique et réponses de stress

Il est bien connu qu'à l'intérieur d'une espèce, certaines races répondent de manière plus prononcée à des facteurs de stress que d'autres. Notre étude sur des porcs, comparant des Duroc et des Large White illustre ces différences raciales (Terlouw *et al* 1997). Les animaux ont été élevés de manière identique dans une même animalerie. Chaque porc a été soumis individuellement à deux tests, l'exposition à un objet non familier et l'exposition à l'Homme, chacun durant 20 minutes. Dans ces tests, l'animal est introduit dans une case expérimentale (3,80 x 2,60 m) où il reste seul pendant 10 minutes. Pour le test d'exposition à un objet non familier, un cône de circulation est ensuite descendu du plafond. Pour le test d'exposition à l'Homme une personne entre et se positionne contre une des barrières. Chaque fois que le porc touche la personne, celle-ci se déplace et se positionne contre une autre barrière. Il s'est avéré que les Duroc ont une fréquence de contact avec l'Homme significativement plus élevée que les Large White (figure 2). En plus, cette différence comportementale était associée à une différence physiologique : en présence de l'Homme, les Duroc avaient une fréquence cardiaque plus élevée que les Large White. Cette augmentation s'explique par la plus grande activité physique des Duroc : en effet, on observe une corrélation positive entre la fréquence de contact avec l'Homme et la fréquence cardiaque (figure 3).

**Figure 2.** Nombre de contacts avec l'objet non familier et avec l'Homme lors de tests d'exposition de porcs Duroc et Large White (voir texte).



**Figure 3.** Fréquence cardiaque (bpm : battements par minute) chez des porcs Duroc et Large White lors d'un test d'exposition à l'Homme et corrélation entre la fréquence cardiaque et le nombre de contacts avec l'Homme.



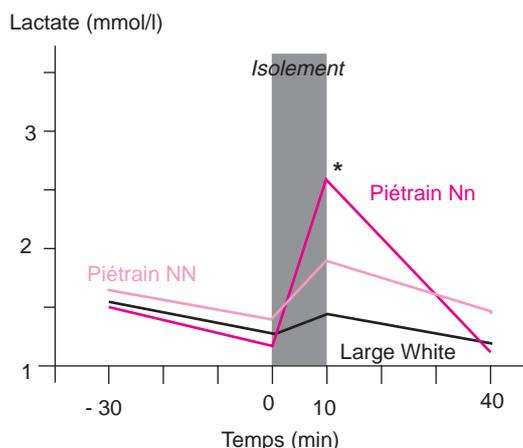
Ces résultats montrent que la présence de l'Homme n'était pas évaluée de la même manière par les porcs des deux races. Les données ne permettent pas de déterminer laquelle des races était la plus stressée dans la

situation du test : l'approche de l'Homme dépend à la fois de la peur que sa présence engendre chez l'animal (la tendance de celui-ci à garder une distance) et de la motivation de l'animal de le toucher ou de l'explorer (sa tendance à diminuer la distance). Ainsi, pour les Duroc, l'ensemble de ces tendances penchait plus vers une attirance pour l'Homme que pour les Large White. Les Duroc avaient moins peur et/ou étaient plus attirés par l'Homme que les Large White. Quelle que soit la raison, les Duroc avaient des réponses comportementales et physiologiques plus prononcées à ce test.

Dans certains cas, la génétique a une influence directe sur la physiologie. L'exemple le plus connu dans l'espèce porcine est celui des porteurs de l'allèle n du gène majeur de la sensibilité à l'halothane (un anesthésique volatil d'usage courant). Les porteurs de cet allèle présentent une anomalie métabolique, liée à la mutation génétique d'une protéine d'un canal calcique du réticulum sarcoplasmique. L'entrée du calcium dans le cytoplasme est mal contrôlée et la réabsorption du calcium par le réticulum sarcoplasmique est déficiente (MacLennan *et al* 1990). Le calcium est un des principaux régulateurs de l'activation métabolique dans la cellule musculaire. Chez les porcs sensibles à l'halothane, l'inhalation de ce produit ou un état de stress peuvent provoquer le syndrome d'hyperthermie maligne, qui se caractérise par d'intenses contractures musculaires donnant une rigidité généralisée de la musculature, une élévation rapide de la température et une acidose métabolique des tissus, pouvant aboutir à la mort. Chez ces mêmes animaux, assez souvent, les réactions de stress avant l'abattage provoquent l'élévation de la température et la chute précoce du pH, entraînant la formation de viandes pâles, flasques et exsudatives (dites PSE). Chez les hétérozygotes, l'effet du stress sur les qualités des viandes varie selon le caractère considéré. On connaît peu l'effet de la présence d'un seul allèle n sur le comportement et la physiologie des porcs.

La grande majorité des porcs Piétrain sont homozygotes pour l'allèle n. Cependant, des lignées de Piétrain non porteurs de l'allèle n (Piétrain NN) ont été créées à des fins expérimentales ou par des sociétés de sélection. Ces lignées nous ont permis de comparer les réactions au stress de Piétrain NN avec celles de Large White NN et avec celles de Piétrain Nn (Terlouw *et al* 2000 et 2002). Dans un test d'isolement, chaque porc était introduit dans une cage expérimentale (3,80 x 2,60 m) où il restait seul pendant 10 minutes. L'étude du comportement n'a révélé aucun effet de la race, ni de la présence ou de l'absence de l'allèle n. Des prises de sang avant et après l'isolement montrent que l'isolement a induit des élévations des taux de lactate beaucoup plus prononcées chez les Piétrain Nn que chez les Piétrain NN et les Large White NN (figure 4). Ainsi, malgré l'absence de différences comportementales, le métabolisme accéléré des Piétrain Nn libère plus de pyruvate que le cycle de Krebs ne peut en absorber ; du lactate était donc libéré dans le sang.

**Figure 4.** Effet du test d'isolement (de 0 à 10 min) sur le taux du lactate sanguin chez des porcs Large White et des porcs Piétrain porteurs de l'allèle n du gène de sensibilité à l'halothane (Piétrain Nn) ou non (Piétrain NN).



L'effet de la race sur les réactions de stress existe aussi dans l'espèce bovine : des génisses Salers ont par exemple des réactions comportementales plus prononcées à l'isolement que des Frisonnes (Le Neindre 1989). L'auteur indique que l'interprétation de ces différences est complexe puisqu'elles peuvent être dues à différents facteurs. Plus récemment on a constaté en race Limousine, que la facilité de manipulation des génisses dépend partiellement de celle du père (héritabilité de 20 % ; Le Neindre *et al* 1995). Au moment de l'abattage, des réactions prononcées à la séparation d'avec les congénères et à la manipulation par l'Homme pourraient, bien sûr, avoir des conséquences négatives sur les qualités des viandes.

### 3 / Expérience antérieure et réponses de stress

L'évaluation par l'animal d'une situation et sa réponse comportementale et physiologique dépendent aussi de son expérience antérieure. Ainsi, chez la truie, la réponse cardiaque à la distribution d'aliment est influencée par le type du logement (Schouten *et al* 1991). Ce changement est lié à un changement d'équilibre entre les systèmes sympathique et parasympathique. Pour un bon fonctionnement des organes, l'activité de ces deux systèmes doit être en équilibre. Cet équilibre peut être perturbé par un stress chronique, provoqué dans ce cas par un logement mal adapté aux besoins de l'animal. L'étude montre chez la truie en gestation, attachée en permanence, une fréquence de base tout à fait normale par rapport à des truies témoins en stabulation libre sur paille. La différence s'observe lors d'événements significatifs comme la distribution d'aliment qui provoque des réactions importantes chez des animaux sous restriction alimentaire sévère. Schouten *et al* (1991) ont montré une accélération cardiaque, la fréquence étant de 10 à 15 battements par minute (bpm) pour des truies témoins et de 30 à 33 bpm pour les truies à l'attache. Ces chercheurs ont ensuite bloqué

successivement le système parasympathique et sympathique à l'aide de produits pharmacologiques. L'étude a démontré qu'au repos, l'activité de chacun des deux systèmes est similaire quel que soit le type de logement. La plus forte accélération cardiaque en réponse à la distribution de la nourriture chez les truies à l'attache était liée à une augmentation de la réactivité du système sympathique. Ainsi, le type de logement peut influencer l'équilibre physiologique ; l'effet apparaît quand l'animal est soumis à un facteur de stress.

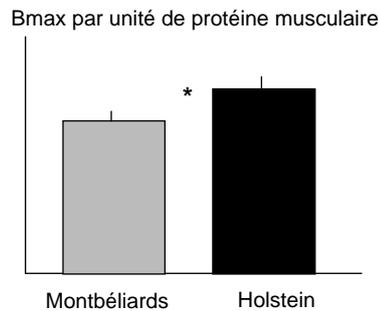
D'autres études montrent que chez les porcs en engraissement également, les réactions de stress sont influencées par l'expérience préalable. Ainsi chez des porcs ayant subi une défaite dans un test de combat, la réaction cardiaque à un objet non familier est plus importante. De même, des porcs élevés en isolement touchent moins rapidement un objet non familier (40 s) que des porcs logés par paires (20 s). Cette différence, associée à une fréquence cardiaque plus élevée chez les porcs élevés en isolement, suggère que le test a provoqué une peur plus intense chez les animaux de ce groupe (Ruis *et al* 2001). Le système sympathique stimule la mobilisation des réserves de glycogène musculaires. Une élévation de la réactivité sympathique chez les porcs au moment de l'abattage renforcerait ainsi l'effet du stress de l'abattage sur les qualités des viandes. Il est donc important d'éviter au maximum le stress durant la période d'élevage.

Chez les bovins, plusieurs études ont montré que le mode d'élevage et le type et la fréquence de contact avec l'éleveur ont un effet beaucoup plus marqué que la génétique sur la facilité avec laquelle les animaux se laissent manipuler (Boissy et Bouissou 1988, Boivin *et al* 1992, Le Neindre *et al* 1995).

### 4 / Patrimoine génétique, stress et qualités des viandes

Le patrimoine génétique influence aussi la façon dont l'état de stress influe sur les qualités des viandes. Premièrement, il y a des différences génétiques musculaires de base, comme par exemple la teneur en glycogène au repos (ex. Estrade *et al* 1994). Deuxièmement, la génétique peut influencer la façon dont les changements physiologiques se répercutent sur le muscle. Par exemple, l'effet stimulateur de l'adrénaline sur le métabolisme glycolytique musculaire dépend de la quantité des récepteurs  $\beta$ -adrénergiques fonctionnels sur la membrane de la cellule musculaire (Böhm *et al* 1997). Afin de savoir si des différences génétiques existent pour la quantité de ces récepteurs, nous avons comparé des veaux de boucherie, élevés ensemble, de races Holstein et Montbéliarde (observations personnelles). Des échantillons du muscle *Longissimus Lumborum* ont été prélevés à l'abattage et les quantités des récepteurs  $\beta$ -adrénergiques ont été déterminées par des techniques de liaison ligand-récepteur. Les

**Figure 5.** Capacité maximale de liaison spécifique ( $B_{max}$ ) des récepteurs beta-adrénergiques chez deux races de veaux de boucherie. Les Holstein ont plus de récepteurs par gramme de tissu musculaire que les Montbéliards.

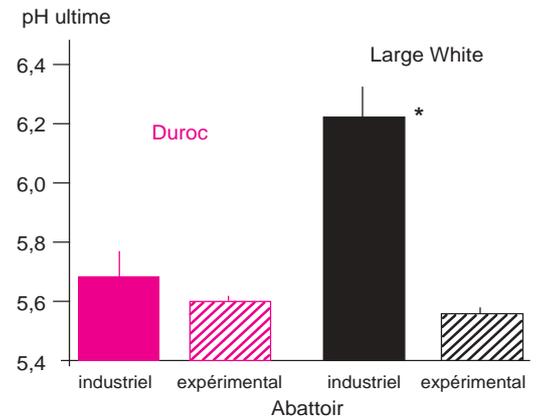


résultats montrent que les Holstein ont significativement plus de récepteurs que les Montbéliards, suggérant qu'une même quantité d'adrénaline pourrait avoir plus d'effet sur leur métabolisme musculaire que sur celui des Montbéliards (figure 5).

Enfin, en comparant les qualités des viandes de porcs Duroc et Large White (Terlouw *et al* 1997) abattus sur le site expérimental (pas de mélange d'animaux, pas d'attente, peu de transport, jeûne de 14 h), ou dans un abattoir industriel (mélange, attente, transport, jeûne de 34 h), nous avons constaté que les muscles des Large White sont beaucoup plus sensibles aux conditions d'abattage. En particulier, les pH ultimes des muscles *Adductor femoris*, *Biceps femoris* et *Semimembranosus* des Large White étaient significativement plus élevés après abattage industriel qu'après abattage expérimental (figure 6). L'indice de jaune des muscles *Longissimus Lumborum*, *Adductor femoris* et *Semimembranosus* de ces mêmes animaux était moins élevé. Chez les Duroc, les pH ultimes et la couleur de ces mêmes muscles n'étaient pas influencés par les conditions d'abattage. L'absence d'effet des conditions d'abattage chez les Duroc ne s'explique pas par une différence raciale de poids corporel (et donc pas par une différence de dépenses énergétiques), comme l'indique l'absence de corrélations entre le poids et le pH ultime, le poids et la couleur. Ces résultats pourraient indiquer qu'à la différence des Large White, l'état comportemental et physiologique des Duroc était peu influencé par les conditions d'abattage. Toutefois, l'étude avait mis en évidence des réactions comportementales et physiologiques similaires pour les deux races (test d'exposition à un objet non familier), voire plus prononcées pour les Duroc (test d'exposition à l'Homme). Il est donc possible que chez les Duroc, aussi bien que chez les Large White, l'état comportemental et physiologique soit influencé par les conditions d'abattage. Cet état aurait eu en revanche moins d'effet sur le métabolisme musculaire des Duroc. Par ailleurs, cet exemple montre que la production de viandes de bonne qualité n'indique pas forcément que l'animal n'ait pas subi de stress, comme cela semble être le cas pour les Duroc.

INRA Productions Animales, mai 2002

**Figure 6.** pH ultime du muscle *Adductor femoris* de porcs Duroc et Large White abattus dans un abattoir industriel ou expérimental.



## 5 / Expérience antérieure, stress et qualités des viandes

Le chargement, le transport et le déchargement font partie des événements provoquant le plus de perturbations comportementales et physiologiques à l'abattage (Geverink *et al* 1998a). Sachant que la non familiarité des situations est souvent source de peur chez les animaux, Geverink *et al* (1998b) ont habitué un groupe de porcs à être manipulé en dehors de sa loge d'élevage. Le jour du départ à l'abattoir, les porcs manipulés sortaient plus facilement de leur loge (27 s) que les témoins (54 s). Toutefois, une part des résultats était contraire aux attentes. En effet, chez les animaux manipulés, à 60 minutes post-mortem les taux de glycogène du *Longissimus Lumborum* était plus bas que chez les témoins, et à 26 h la luminosité du même muscle était plus élevée. On peut donc supposer que la partie connue du transport (sortie de cage, manipulation) était moins stressante pour les porcs manipulés, mais que la suite des événements (transport, attente à l'abattoir) présentait un stress plus important pour ce groupe, expliquant la réduction plus importante des réserves glycolytiques avant l'abattage. L'explication de cet effet paradoxal peut être qu'à la différence des témoins, les porcs manipulés s'attendaient à rentrer dans leur loge après les manipulations. Ainsi, la disparité entre les attentes et la réalité était plus importante pour le groupe manipulé, provoquant plus de stress. Ce travail montre que l'expérience antérieure et les attentes des porcs peuvent avoir un effet significatif sur les qualités de leurs viandes.

Lensink *et al* (2000) ont démontré que l'attitude de l'éleveur vis-à-vis de ses veaux de boucherie influence aussi le comportement de ces animaux lors du transport à l'abattoir. Ainsi, les éleveurs qui ont tendance à avoir moins de contacts brutaux avec leurs animaux, fournissent des veaux qui se font charger et décharger plus facilement et qui ont une réponse cardiaque moins élevée au transport. Ces veaux donnent des viandes à pH ultime légèrement mais significativement plus bas. Lensink *et al* expliquent l'effet par

un moindre stress, d'où une moindre dépense énergétique pendant le transport et donc des réserves glycolytiques musculaires plus importantes.

## 6 / Réactivité individuelle au stress et qualités des viandes

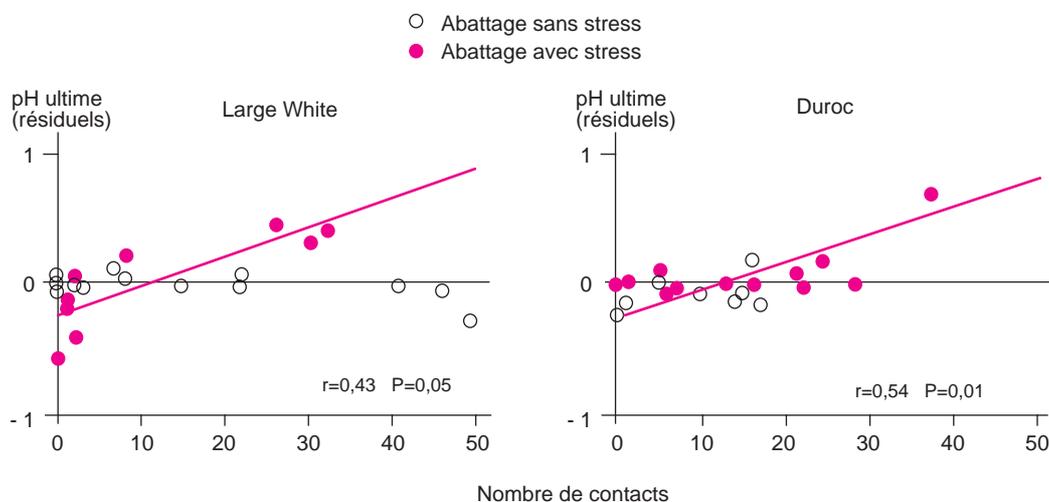
Des différences de réponse de stress existent non seulement entre des animaux de type génétique ou de mode d'élevage différents, mais aussi entre des individus d'une même lignée et d'un même élevage. Les individus montrent une certaine cohérence dans leur réactivité au stress : dans certains cas, la réactivité d'un animal dans une situation X prédit sa réactivité dans une situation Y, suggérant un profil comportemental/neurophysiologique général sous-jacent à cette réactivité. Ainsi, pour des cochettes, il a été établi que les notes données pour la facilité de sortir l'animal de sa loge et de le séparer du groupe social, la facilité pour lui faire parcourir un couloir, et le niveau de réactivité de l'animal à l'approche soudaine d'un humain, tendaient à être corrélées entre elles (Lawrence *et al* 1991). Les porcs de réactivité extrême, soit très élevée, soit très basse, ont été sélectionnés et soumis à d'autres tests. Dans un test d'exposition à un objet non familier, les porcs caractérisés comme ayant une forte réactivité touchaient et regardaient l'objet plus souvent que les porcs peu réactifs. Dans un test de compétition pour la nourriture, les porcs réactifs gagnaient un pourcentage plus élevé d'interactions agressives (Lawrence *et al* 1991). Une cohérence dans la réactivité à différentes situations a été observée pour différentes espèces et à différents âges (ex. porcs en engraissement, bovins, animaux de laboratoire, humains : Bohus *et al* 1987, Boissy et Bouissou 1995, Schrama *et al* 1997, Waldstein *et al* 1997).

Il est utile de disposer de tests de réactivité simples, qui peuvent être réalisés tôt dans la vie de l'animal et qui ont une valeur prédictive pour sa réactivité à d'autres situations, y com-

pris à l'abattage. Hessing *et al* (1993) ont testé une forme de réactivité chez des porcs âgés de 1 à 3 semaines. Il s'agit du test de retournement : l'animal est placé sur le dos et maintenu par la main de l'expérimentateur qui détermine si l'animal lui résiste. Après plusieurs répétitions, il s'est avéré qu'une grande partie des porcelets étaient constants dans leur réponse comportementale au test : 44 % résistaient toujours et 35 % ne résistaient jamais. Seulement 21 % des animaux avaient des réponses variables. Lors d'un test de rencontre sociale, les porcelets classés comme résistants se sont avérés plus souvent agressifs. Enfin, les expérimentateurs ont sélectionné les animaux qui avaient des niveaux élevés pour la résistance et pour l'agressivité ou, au contraire, des niveaux bas. Ces animaux différaient pour des variables comportementales et physiologiques dans un test d'exposition à un objet non familier. Ainsi, les animaux résistants/agressifs faisaient plus de tentatives pour s'échapper et avaient une réponse cardiaque plus prononcée à l'introduction de l'objet (Hessing *et al* 1994). A l'heure actuelle, nous ne savons pas si ces animaux ont également une plus forte réactivité au stress de l'abattage.

Nos différentes études réalisées chez le porc (Terlouw *et al*, en préparation) montrent que des corrélations existent entre certains comportements dans des tests de réactivité et les qualités des viandes. Ainsi, le nombre de contacts avec l'objet non familier dans un champ clos est corrélé positivement avec le pH ultime de l'*Adductor femoris* après l'abattage (figure 7). Ces résultats suggèrent que les animaux touchant plus souvent l'objet sont plus réactifs aux événements précédant l'abattage, conduisant à une consommation plus importante des réserves glucidiques du muscle de la cuisse et, par conséquent, à une diminution *post-mortem* du pH moins importante. Ces corrélations ont été observées pour différentes races. Cependant, on ne trouve pas toujours les mêmes corrélations pour toutes les races. Ainsi, chez le Large White, la réactivité à l'Homme est corrélée avec différentes caractéristiques musculaires du *Longissimus lumborum* après l'abattage,

**Figure 7.** Corrélation entre le nombre de contacts lors d'un test d'exposition à un objet non familier et le pH ultime de l'*Adductor femoris* (résiduels après déduction de l'effet des conditions d'abattage) chez des porcs Large White et Duroc.



effet qui n'a pas été observé chez les Duroc (Terlouw *et al* 1997). Des études américaines et australiennes ont montré que des corrélations entre des caractéristiques comportementales et des qualités des viandes existent également chez les bovins (Fordyce *et al* 1988, Voisinet *et al* 1997). Des études approfondies sont nécessaires afin d'élucider les mécanismes sous-jacents à ces corrélations.

## Conclusion

Le présent article décrit et illustre l'impact du patrimoine génétique et de l'expérience antérieure de l'animal sur sa façon de réagir à des facteurs de stress y compris ceux rencontrés pendant la période avant l'abattage. Ainsi, chez le porc et chez le bovin, la race peut influencer les réactions comportementales et/ou physiologiques à l'Homme ou à la séparation d'avec les congénères. Chez le porc, la présence de l'allèle de la sensibilité à l'halothane influence les réponses physiologiques à l'isolement. L'expérience antérieure, comme l'expérience sociale ou la familiarité des situations, ou le stress chronique lié au logement et l'attitude de l'éleveur vis-à-vis de ses animaux influent sur la façon dont l'animal réagit à des situations nouvelles et aux manipulations par l'Homme, et sur la réactivi-

té du système physiologique. Les réactions de stress pendant la période du pré-abattage accélèrent le métabolisme musculaire *péri-mortem* et peuvent modifier, par ce biais, les qualités des viandes. La sensibilité des muscles aux effets des réactions de stress dépend également du patrimoine génétique.

Il est nécessaire de quantifier l'impact des différents facteurs de stress, en fonction du patrimoine génétique et de l'expérience de l'animal, sur les qualités des viandes et d'en étudier les mécanismes sous-jacents. Ces connaissances devraient ensuite permettre de faire des choix adaptés concernant les conditions d'abattage, les génotypes et les conditions d'élevage des animaux de boucherie, dans le but d'améliorer les qualités des viandes et de respecter le bien-être animal.

## Remerciements

La rédaction de cet article a bénéficié des commentaires de V. Santé et de deux relecteurs anonymes. Les dosages de récepteurs adrénergiques (veaux) ont été réalisés en collaboration avec I. Veissier, T. Astruc et C. Astier (INRA-Theix) et avec R. Garcia-Villar (INRA-Toulouse).

## Références

- Böhm S.K., Grady E.F., Bunnet N.W., 1997. Regulatory mechanisms that modulate signalling by G-protein-coupled receptors. *Biochem. J.*, 322, 1-18.
- Bohus B., Benus R.F., Fokkema D.S., Koolhaas J.M., Nyakas C., Van Oortmerssen G.A., Prins A.J.A., De Ruiter A.J.H., Scheurink A.J.W., Steffens A.B., 1987. Neuroendocrine states and behavioral and physiological stress responses. In: De Kloet E.R., Wiegant V.M., De Wied D. (eds), *Neuropeptides and brain function*, *Progr. Brain Res.*, 72, 57-70. Elsevier, Amsterdam/New York/Oxford.
- Boissy A., Bouissou M.F., 1988. Effects of early handling on heifer's subsequent reactivity to humans and to unfamiliar situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 20, 259-273.
- Boissy A., Bouissou M.F., 1995. Assessment of individual differences in behavioural reactions of heifers exposed to various fear-eliciting situations. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 46, 17-31.
- Boivin X., Braastad B.O., 1996. Effects of handling during temporary isolation after early weaning on goat kids' later response to humans. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 48, 61-71.
- Broom D.M., 1986. Indicators of poor welfare. *Br. Vet. J.*, 142, 524-526.
- Cannon W.B., 1914. The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. *Am. J. Physiol.*, 33, 356-372.
- D'Souza D.N., Dunshea F.R., Leury B.J., Warner R.D., 1999. Effect of mixing boars during lairage and pre-slaughter handling on pork quality. *Aust. J. Agric. Res.*, 50, 109-113.
- Estrade M., Ayoub S., Talmant A., Monin G., 1994. Enzyme activities of glycogen metabolism and mitochondrial characteristics in muscles of RN- carrier pigs (*Sus scrofa domestica*). *Comp. Biochem. Physiol. Biochem. Molec. Biol.*, 108, 295-301.
- Fordyce G., Wythes J.R., Shorthose W.R., Underwood D.W., Shepherd R.K., 1988. Cattle temperaments in extensive beef herds in Northern Queensland. 2. Effect of temperament on carcass and meat quality. *Austr. J. Exp. Agr.*, 28, 689-693.
- Fraser D., Ritchie J.S., Fraser A.F., 1975. The term "stress" in a veterinary context. *Br. Vet. J.*, 131, 653-662.
- Geverink N.A., Buhmann A., Van De Burgwal J.A., Lambooij E., Blokhuis H.J., Wiegant V.M., 1998a. Responses of slaughter pigs to transport and lairage sounds. *Physiol. Behav.*, 63, 667-673.
- Geverink N.A., Kappers A., Van de Burgwal J.A., Lambooij E., Blokhuis H.J., Wiegant V.M., 1998b. Effects of regular moving and handling on the behavioral and physiological responses of pigs to preslaughter treatment and consequences for subsequent meat quality. *J. Anim. Sci.*, 76, 2080-2085.
- Hedrick H.B., Parrish F.C.J., Bailey M.E., 1964. Effect of adrenaline stress on pork quality. *J. Anim. Sci.*, 23, 225-229.
- Hessing M.J.C., Hagelso A.M., Van Beek J.A.M., Wiepkema P.R., Schouten W.G.P., Krukowski R., 1993. Individual behavioural characteristics in pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 37, 285-295.
- Hessing M.J.C., Hagelso A.M., Schouten W.G.P., Wiepkema P.R., Van Beek J.A.M., 1994. Individual behavioural and physiological strategies in pigs. *Physiol. Behav.*, 55, 39-46.
- Lawrence A.B., Terlouw E.M.C., Illius A.W., 1991. Individual differences in behavioural responses of pigs exposed to non-social and social challenges. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 30, 73-86.
- Le Neindre P., 1989. Influence of rearing conditions and breed on social behaviour and activity of cattle in novel environments. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 23, 129-140.
- Le Neindre P., Trillat G., Sapa J., Ménessier F., Bonnet J.N., Chupin J.M., 1995. Individual differences in docility in limousin cattle. *J. Anim. Sci.*, 73, 2249-2253.

Lensink B.J., Fernandez X., Boivin X., Pradel P., Le Neindre P., Veissier I., 2000. The impact of gentle contacts on ease of handling, welfare, and growth of calves and on quality of veal meat. *J. Anim. Sci.*, 78, 1219-1226.

Lewis P.K., Brown C.J., Heck M.C., 1962a. Effect of preslaughter treatments on certain chemical and physical characteristics of certain beef muscles. *J. Anim. Sci.*, 21, 433-438.

Lewis P.K., Brown C.J., Heck M.C., 1962b. Effect of stress on certain pork carcass characteristics and eating quality. *J. Anim. Sci.*, 21, 196-198.

Lewis P.K.J., Rakes L.Y., Brown C.J., Noland P.R., 1989. Effect of exercise and preslaughter stress on pork muscle characteristics. *Meat Science*, 26, 121-129.

MacLennan D.H., Duff C., Zorzato F., Fujii J., Phillips M., Korneluk R.G., Frodis W., Britt B.A., Worton R.G., 1990. Ryanodine receptor gene is a candidate for predisposition to malignant hyperthermia. *Nature*, 343, 559-61.

Mason J.M., 1971. A re-evaluation of the concept of "non specificity" in stress theory. *J. Psychiatr. Res.*, 8, 323-333.

Monin G., 1988. Stress d'abattage et qualités de la viande. *Rec. Med. Vet.*, 164, 835-842.

Ruis M.A.W., De Groot J., Te Brake J.H.A., Ekkel E.D., Van de Burgwal J.A., Erkens J.H.F., Engel B., Buist W.G., Blokhuis H.J., Koolhaas J.M., 2001. Behavioural and physiological consequences of acute social defeat in growing gilts: effects of the social environment. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 70, 3, 201-225.

Schouten W.G.P., Rushen J., De Passille A.M.B., 1991. Stereotypic behavior and heart rate in pigs. *Physiol. Behav.*, 50, 617-624.

Schrama J.W., Schouten W.G.P., Swinkels J.W.G.M., Gentry J.L., Reilingh G.D., Parmentier H.K., 1997. Effect of hemoglobin status on humoral immune response of weaning pigs differing in coping styles. *J. Anim. Sci.*, 75, 2588-2596.

Selye H., 1932. The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. *J. Clin. Endocrin.*, 6, 117-152.

Terlouw C., Rybarczyk P., Fernandez X., Blinet P., Talmant A., 1997. Comparaison de la réactivité au stress des porcs de races Large White et Duroc. *Journées Recherches Porcine en France*, 29, 383-390.

Terlouw E.M.C., Ludriks A., Schouten W.G.P., Vaessen S., Fernandez X., 2000. Stress reactivity and meat quality in pigs: effects of breed and halothane gene. *Proceedings of the 34th International Society of Applied Ethology, Floriapolis, Brésil.*

Terlouw E.M.C., Ludriks A., Schouten W.G.P., Vaessen S., Fernandez X., 2002. Race et sensibilité à l'halothane chez le porc : comparaison de la réactivité au stress et des qualités des viandes. *Viande et Produits carnés (soumis).*

Voisinet B.D., Grandin T., O'Connor S.F., Tatum J.D., Deesing M.J., 1997. *Bos indicus*-Cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Sci.*, 46, 367-377.

Waldstein S.R., Bachan E.A., Manuc S.B., 1997. Active coping and cardiovascular reactivity: A multiplicity of influences. *Psychosom. Med.*, 59, 620-625.

## Abstract

### ***Stress and meat quality. Role of the animal's genetic background and prior history.***

Stress reactions during the slaughtering procedure affect muscular metabolism before and after slaughter and consequently, meat quality. The phenomenon is principally related to a reduction in muscle glycogen stores and an increase in ATPase activity. The way animals react behaviourally, physiologically and metabolically to stress, depends on the animal's genetic background and prior history. For example, certain breeds are more reactive to human presence or to an unfamiliar environment. The effect of physiological changes on metabolism depends amongst others on the number of functional receptors on or in muscle cells, which appear to vary according to genetic background. Concerning history, the experience of a defeat in an agonistic encounter, of being housed in isolation or attached, may increase behavioural and physiological

reactivity to an unfamiliar object or to the distribution of the daily meal. It is likely that such an increase reinforces the effects of slaughter stress on meat quality. The ease of handling, loading and unloading depends on the degree of the animal's familiarity with the situation. For veal calves, the caretaker's attitude towards his animals has some influence on the calves' reactions towards slaughter procedures and on meat quality. In summary, we have some knowledge of the effects of genetic background, rearing method and stress reactivity towards slaughter procedures on meat quality. It is necessary to extend this knowledge and to elucidate underlying mechanisms.

TERLOUW E.M.C., 2002. Stress des animaux et qualités de leurs viandes. Rôles du patrimoine génétique et de l'expérience antérieure. *INRA Prod. Anim.*, 15, 125-133.

