



Impacts des conditions de pré-abattage sur la qualité technologique de la viande de volaille

Martine DEBUT¹, Elisabeth LE BIHAN-DUVAL¹ et Cécile BERRI¹

¹ Station de Recherches Avicoles, INRA de Tours, 37380 NOUZILLY

RÉSUMÉ

Les travaux de recherche menés jusqu'à présent ainsi que les observations des professionnels de l'abattage et de la transformation montrent que le déterminisme de la qualité technologique de la viande est complexe, donnant à l'apparition des défauts de qualité un caractère aléatoire. Il apparaît donc nécessaire de mieux identifier les facteurs de variation de la qualité technologique afin d'améliorer les méthodes de production, qu'elles soient liées à la sélection des animaux ou aux conditions d'élevage, d'abattage et de transformation. Cette revue bibliographique concernera plus particulièrement l'impact des conditions de pré-abattage sur la qualité technologique de la viande de Poulet et de Dinde. Les diverses études citées soulignent en effet l'importance de la dernière phase de vie des animaux, allant de leur enlèvement dans le bâtiment d'élevage jusqu'à leur abattage, sur la qualité ultérieure des produits.

SUMMARY

Impact of pre-slaughter conditions on poultry technological meat quality.

Nowadays, the professionals of slaughter and meat products transformation observe that the determinism of the technological meat quality is complex and the appearance of meat quality defects is thus random. So, it appears necessary to better identify the factors of variation of technological meat quality in order to improve the methods of production, which are either related to the selection of the animals or the rearing, slaughter and transformation conditions. This bibliographical review will more particularly relate to the impact of the pre-slaughter conditions on the technological meat quality of the turkey and chicken meat. The various quoted studies thus underline the importance of the last phase of life of the animals, from their removal in the farm until their slaughter, on the later quality of the meat products.

1. INTRODUCTION

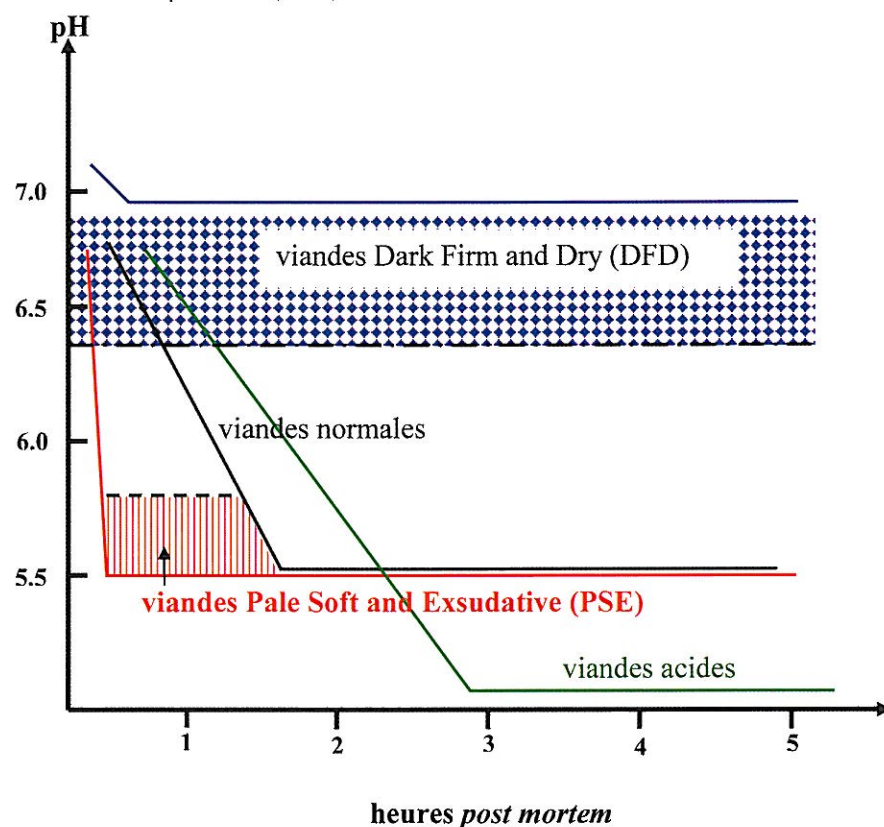
Outre la qualité sanitaire aujourd'hui considérée comme un pré-requis, les principales caractéristiques de qualité sont d'une part la qualité sensorielle ou organoleptique et d'autre part la qualité technologique. La première s'évalue grâce à un jury confirmé de dégustateurs qui notent de façon subjective la viande sur entre autres sa saveur, sa jutosité, sa tendreté ou encore sa couleur. De manière plus objective, la qualité technologique s'évalue à partir de différentes mesures telle que la couleur, la cinétique de chute du pH *post mortem*, les pertes en eau au ressuyage ou encore l'aptitude à la transformation estimée notamment par la

mesure du rendement Napole largement utilisé chez le porc [Naveau et al., 1985]. Les qualités organoleptiques et technologiques sont influencées à la fois par la vitesse de chute du pH dans le muscle après la mort et son niveau final ou pH ultime. En effet, les caractéristiques de la viande sont le fait de l'évolution physico-chimique des muscles squelettiques initiée à la mort de l'animal [Monin, 1988]. Après la saignée, le métabolisme musculaire est profondément modifié en raison de l'arrêt de la circulation sanguine; c'est la phase d'installation de la *rigor mortis* ou rigidité cadavérique. Le muscle se trouve alors en anoxie et la synthèse de l'ATP repose alors sur la dégradation anaé-

robie du glycogène (glycogénolyse) qui conduit à une accumulation d'acide lactique et à une diminution du pH musculaire [Monin, 1988]. De précédentes études ont montré que la vitesse de chute et le pH ultime sont des facteurs déterminants de la qualité de la viande de nombreuses espèces dont le Porc et le Poulet. Cependant les données manquent encore chez la volaille pour définir les plages optimales de variation pour le pH. Citons cependant à titre d'exemple l'étude de Kijowski et Niewiarowicz [1978], qui rapportent que les viandes dites normales se caractérisent chez le Poulet, par un pH à 15 min *post-mortem* proches de 6,2 et un pH ultime d'environ 5,8 [Fletcher,

1999a; Van Laack et al., 2000). Par contre, un pH à 15 min *post-mortem* proche du niveau du pH ultime, alors que le muscle est encore chaud ou un niveau final de pH anormalement bas ($\text{pH} \leq 5,7$) entraînent une dénaturation des protéines musculaires. Celle-ci conduit à une détérioration du pouvoir de rétention en eau et de la coloration du muscle. Ces défauts d'abord décrits chez le Porc (Figure 1) ont également été observés chez la Dinde (Santé et al., 1991; Barbut, 1996, 1997b; Pietrzack et al., 1997; Sosnicki et al., 1998; Owens et al., 2000) et le Poulet (Barbut, 1997c; Van Laack et al., 2000). Les viandes PSE dont le pH à 15 min est faible, se caractérisent par des pertes en eau par exsudation de la viande fraîche plus importantes (McKee et Sams, 1997; Pietrzack et al., 1997; Hahn et al., 2001; Molette et al., 2003) mais aussi par une diminution du rendement de saumurage-cuisson (Van Laack et al., 2000; Fernandez et al., 2002; Molette et al., 2003) et une texture de la viande cuite plus dure (McKee et Sams, 1997; Hahn et al., 2001; Molette et al., 2003). Par contre, pour la couleur, les études semblent contradictoires. Certains auteurs trouvent des viandes plus pâles (Pietrzack et al., 1997; Fernandez et al., 2002) alors que d'autres ne trouvent aucune différence significative de couleur entre des groupes de Dindes variant uniquement sur leur vitesse de glycolyse (Rathgeber et al., 1999; Molette et al., 2003). Les viandes dites "acides" se caractérisent par un pH ultime bas ($\text{pH} \leq 5,7$) pouvant entraîner des modifications structurales importantes au niveau du muscle avec des répercussions importantes sur la qualité technologique. Ainsi, Barbut (1997a) a observé chez la Dinde que lorsque le pH ultime est diminué artificiellement par ajout d'une solution de HCl ($\text{pH} = 4,5$), on assiste à une déstructuration du réseau fibrillaire musculaire conduisant à une structure en agrégats défavorable à la rétention de l'eau. Dans cette étude, les pertes en eau lors d'une centrifugation atteignent 44,8 % pour la cuisse et 50,4 % pour le filet lorsque le pH est de 4,5 alors qu'aucune perte en eau n'est observée dans les deux muscles pour un pH de 7,5. Les pertes à la cuisson sont aussi affectées et varient de 0,1 % lorsque le pH est

■ Figure 1 : Qualité technologique de la viande de Porc en fonction de l'évolution post mortem du pH musculaire d'après Monin (1988)



de 7,5 à 29,9 % lorsque ce dernier atteint 4,5. En exacerbant artificiellement les différences, cette étude montre bien l'importance du pH ultime sur le pouvoir de rétention en eau de la viande. Un autre type de défaut est celui des viandes dites DFD pour Dark, Firm and Dry, présentant un niveau final de pH élevé [pH ultime d'environ 6,7] (Kijowski et Niewiarowicz, 1978). Ces viandes plus sombres et plus colorées présentent des pertes en eau plus faibles, mais montrent une sensibilité plus grande aux développements microbiens (Allen et al., 1997). Ces différentes cinétiques et le type de viande qu'elles produisent sont illustrés sur la figure 1 établie à partir des résultats obtenus chez le Porc.

Les travaux de recherche menés jusqu'à présent, ainsi que les observations des professionnels de l'abattage et de la transformation, montrent que le déterminisme de la qualité technologique de la viande est complexe, donnant à l'apparition des défauts de qualité un caractère aléatoire. Il apparaît aujourd'hui nécessaire de mieux identifier les facteurs de variation de la qualité technologique afin d'améliorer les méthodes de production, qu'elles soient liées à la sélection des animaux ou

aux conditions d'élevage, d'abattage et de transformation. Comme pour de nombreux autres caractères, la qualité technologique de la viande de volailles dépend à la fois de facteurs génétiques et de facteurs environnementaux.

Cette revue bibliographique concernera plus particulièrement l'impact des conditions de pré-abattage sur la qualité technologique de la viande de Poulet et de Dinde et fera le point sur les principaux indicateurs comportementaux et physiologiques pouvant être utilisés pour évaluer le niveau de stress des volailles. Les diverses études citées soulignent en effet l'importance de la dernière phase de vie des animaux, allant de leur enlèvement dans le bâtiment d'élevage jusqu'à leur abattage, sur la qualité ultérieure des produits.

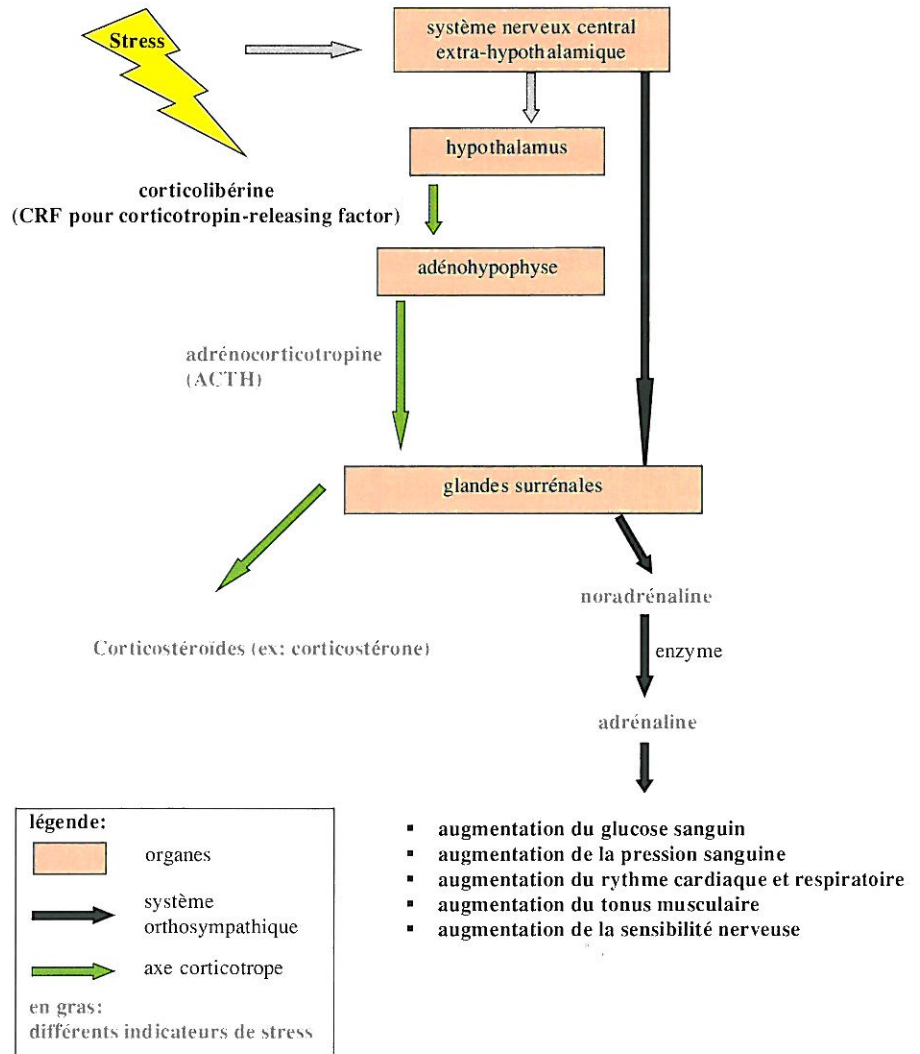
2. INDICATEURS PHYSIOLOGIQUES ET COMPORTEMENTAUX D'ÉVALUATION DE LA RÉPONSE AU STRESS

Même si le "stress" est un terme difficile à définir, il sera considéré dans cette synthèse comme "tous facteurs externes de

perturbation de l'animal". De nombreuses méthodes ont été employées pour essayer d'évaluer le stress chez les volailles et d'autres espèces (Hill, 1983). Elles incluent des techniques physiologiques, des études du comportement ou encore des mesures de la productivité qui ne seront pas abordées ici (Hill, 1983).

Lorsque l'animal est confronté à une situation stressante, son système nerveux orthosympathique est immédiatement activé et un peu plus tardivement l'axe corticotrope. La plupart des hormones intervenant au niveau de ces deux voies peuvent en fait être considérées comme des indicateurs de réponse au stress des oiseaux. Les étapes et hormones intervenant au niveau de ces deux voies sont représentées sur la figure 2. Le stress va être perçu puis intégré au niveau du système nerveux central extra-hypothalamique. Cette information va ensuite être transmise via la voie nerveuse à l'hypothalamus et au système orthosympathique. L'activation du système nerveux orthosympathique entraîne la sécrétion, à partir des glandes surrénales, de la noradrénaline et de l'adrénaline. Ces deux hormones peuvent ainsi être considérées comme les premiers indicateurs de la réponse immédiate au stress (Hill, 1983). L'adrénaline a pour effet d'augmenter la glycémie et la pression sanguine ou encore le rythme cardiaque et respiratoire qui sont des paramètres mesurables pour estimer le niveau de stress des oiseaux (Hill, 1983). Une autre voie utilisée lors de la réponse au stress est l'axe corticotrope qui fait intervenir la corticolibérine qui activera la sécrétion d'adénocorticotropine ou ACTH dont la concentration sanguine pourra alors être mesurée. L'ACTH stimulera alors les glandes surrénales qui vont libérer des corticostéroïdes comme la corticostérone, dont l'élévation de la concentration sanguine est utilisée comme indicateur de stress (Hill, 1983). La corticostérone agissant sur les organes lymphatiques, on assiste à un changement de la numération leucocytaire ou encore du ratio hétérophiles/lymphocytes. parfois utilisé comme indicateur de stress, notamment dans le cas d'un stress chronique (Jones et al., 1988; Mitchell et al., 1992).

■ Figure 2 : Principaux indicateurs de réponses au stress intervenant au niveau du système nerveux orthosympathique et de l'axe corticotrope, d'après Siegel (1971)



Par ailleurs, un rôle du pancréas dans la réponse au stress a aussi été identifié (Hill, 1983). L'élévation de la concentration sanguine de glucagon, responsable en partie de l'activation de l'axe corticotrope, peut être considérée comme un indicateur de stress (Freeman, 1980). De plus, la sécrétion de cette hormone entraîne une augmentation de la concentration sanguine d'acides gras libres (Freeman et Manning, 1976; Freeman et al., 1984b). Un autre indicateur de la réponse au stress des oiseaux est la mesure de l'activité de la créatine kinase plasmatique, enzyme importante des muscles squelettiques. L'activité élevée de cette enzyme au niveau plasmatique est indicatrice de dommages musculaires (Hollands et al., 1980) et est parfois associée à des myopathies induites par un stress de chaleur (Mitchell et Sandercock, 1995; Sandercock et al., 1999;

Sandercock et al., 2001] ou encore de transport (Mitchell et al., 1992).

Les mesures comportementales concernent généralement les réponses d'adaptation à la situation. En situation de stress aigu, on peut ainsi observer des comportements de fuite, d'agression ou encore d'immobilisation (Hill, 1983). En particulier, chez la volaille, de violents battements d'ailes apparaissent lorsque les oiseaux sont accrochés par leurs pattes sur la chaîne d'abattage (Gregory et Bell, 1987). Un tel comportement, assimilable à une tentative de fuite, peut être considéré comme un indicateur de "mal-être" (Sparrey et Kettlewell, 1994). Un autre comportement associé à un stress ponctuel est l'immobilité tonique. Dans la nature, lorsqu'un prédateur vient de capturer sa proie, cette dernière va feindre la mort en se plaçant en immobilité tonique,

ce qui a pour but de désintéresser le prédateur [Jones, 1986]. Cette réaction a pu être estimée grâce au test d'immobilité tonique dans lequel l'opérateur place l'animal sur le dos dans un berceau de contention. Dans cette position l'animal s'immobilise, on dit "qu'il entre en immobilité tonique". On mesure alors le temps pendant lequel il reste dans cette situation. Plus la durée d'immobilité tonique est longue, plus l'animal est considéré comme peureux [Jones, 1986]. Ce test a, par exemple, été utilisé pour estimer la réaction au stress de transport chez le poulet de chair [Cashman et al., 1989].

3. IMPACTS DES CONDITIONS DE PRÉ-ABATTAGE SUR LA QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DE LA VIANDE

Bien que de nombreuses études aient été réalisées sur l'effet des conditions de pré-abattage, elles intègrent le plus souvent des critères d'appréciation du Bien-Etre animal [Mitchell et al., 1992 ; Gregory, 1994] sans forcément aller jusqu'à l'es-

timiation de la qualité des produits. Dans l'état actuel de nos connaissances, on peut cependant conclure à un rôle déterminant chez la volaille des heures précédant la mort de l'animal incluant en particulier les étapes de mise à jeun, ramassage, transport et abattage (Figure 3).

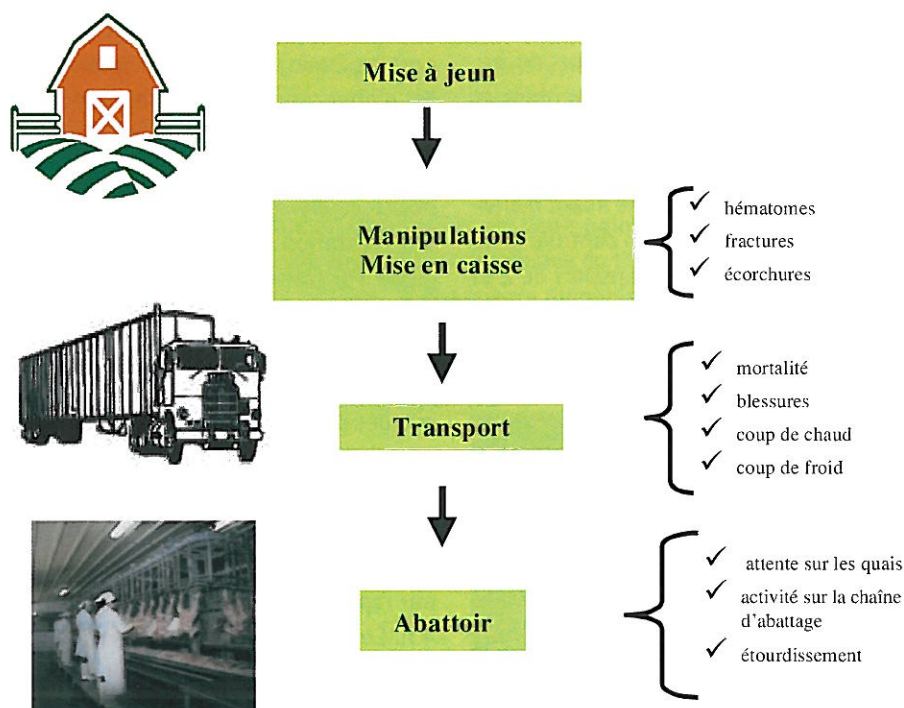
3.1. LA MISE À JEUN

La qualité sanitaire est une préoccupation majeure. En effet, les carcasses peuvent être contaminées par différents pathogènes telles que les bactéries *Salmonella* et *Campylobacter*. Cette contamination se fait le plus fréquemment à l'abattoir, la matière fécale contenue dans le tube digestif pouvant être répandue accidentellement lors de l'éviscération des animaux. Afin de réduire le danger de contamination, les oiseaux sont donc mis à jeun quelques heures avant leur mise en caisse afin de réduire leur contenu intestinal [Warriss et al., 1999]. Cette diète va également modifier les caractéristiques métaboliques et la qualité des viandes, avec cependant des variations entre études en fonction des conditions expérimentales. Ainsi, Sams et Mills [1993] observent une diminution progressive des réserves en glycogène estimées à 4,72 mg/g de muscle en absence

de mise à jeun et à 3,08 mg/g de muscle après un jeûne de 10 h. De même, Kotula et Wang [1994] observent une réduction marquée progressive de la quantité de glycogène dans le filet variant de 7,04 [sans mise à jeun] à 5,35 et 3,48 mg/g de muscle après 12 h et 36 h de diète, respectivement.

La réduction de glycogène musculaire apparaît beaucoup plus modérée dans l'étude d'Edwards et al. [1999] avec une diminution de 13 % après un jeûne de 24 h. Ces auteurs soulignent aussi l'importance des conditions de mise à mort des animaux qui affectent énormément la quantité de glycogène musculaire. Cette dernière est ainsi réduite de 23 % en cas de dislocation des cervicales par rapport à une injection de barbiturique, en raison sans doute d'un stress accru et de contractions musculaires plus importantes avec la première méthode. L'effet de la durée de mise à jeun sur la quantité de glycogène dans le foie est également marqué avec une réduction d'environ 40 % après 36 h et 77 % après 24 h selon Kotula et Wang [1994] et Edwards et al. [1999], respectivement. Selon les premiers auteurs, cette réduction drastique des réserves en glycogène pourrait rendre les animaux plus sensibles aux stress subis par la suite pendant le transport et à l'abattoir, occasionnant davantage de problèmes pathologiques et de morts, mais ce fait n'est pas clairement établi. En terme de qualité de la viande, Kotula et Wang [1994] observent une diminution significative du pH initial (3 min post-mortem) [de 6,97 à 6,36] et de la tendreté de la viande après des jeûnes allant de 0 h à 36 h. Cette acidification plus rapide des muscles des oiseaux mis à jeun peut s'expliquer en partie par l'arrêt de l'apport en glucose alimentaire, ce qui entraîne l'initiation précoce de la glycolyse anaérobie musculaire avant même la mort de l'animal. A l'inverse, et malgré une diminution du glycogène musculaire en fonction du temps de jeun, ces derniers auteurs n'observent pas de différences significatives du pH ultime, de la couleur ou du pourcentage d'humidité (lié à la jutosité) de la viande. Sams et Mills [1993] n'observent aucune différence de pH ou de tendreté entre des périodes de mise à jeun de 0, 5 et 10 h. En pratique,

■ Figure 3 : Différentes étapes déterminantes pour la qualité des carcasses et technologique de la viande, d'après Veerkamp (1992)



des durées de mise à jeun variant de 4 à 10 h sont généralement recommandées et en particulier imposées à 5 heures pour la production de poulets de type Label. Imposer une mise à jeun trop longue (jusqu'à 24 heures) constitue un stress et peut entraîner des pertes de poids, jusqu'à 10 % du poids vif et 6 % du poids de carcasse selon Warriss et al. [1999]. Par ailleurs, même avec des temps de mise à jeun prolongés, on n'évite pas le risque de contamination entre animaux par les défécations, elles mêmes dépendantes du niveau de stress des animaux au moment de leur mise en caisse et pendant le transport.

3.2. LA MANIPULATION ET LA MISE EN CAISSE

Il y a peu de doutes sur le fait que la manipulation et la mise en caisse des animaux constituent des actes stressants [Gregory, 1994 ; Lambooij, 1999]. En particulier, la durée de mise en caisse augmente significativement le niveau de corticostérone plasmatique [Kannan et Mench, 1996] traduisant un état de stress accru des animaux. Les principaux défauts de carcasse décrits dans le tableau 1 rapporté par Bouvarel et al. [1996] sont le plus souvent liés aux conditions de ramassage des volailles. Tel est le cas des hématomes, des griffures ou encore, dans une moindre mesure, des fractures subies par les animaux.

Ceux-ci peuvent entraîner un déclassement des carcasses à l'abattoir ou, dans les cas sévères, la mort des animaux pendant le transport. Par contre en terme de qualité de la viande, Kannan et al. [1997] ne notent aucune différence de perte en eau à la cuisson, de texture ou de couleur du filet entre des lots de poulets mis en caisse pendant des durées variant de 0 h à 4 h.

3.3. LE TRANSPORT ET LES CHANGEMENTS THERMIQUES ENVIRONNEMENTAUX

Le transport est un stress complexe [Freeman et al., 1984b] qui peut à la fois avoir une composante psychologique (due au bruit, à l'entassement dans les caisses...), mais aussi physique, en particulier avec les stress thermiques occasionnés par les températures extrêmes ("coup de chaud" ou "coup de froid"), les courants d'air et l'humidité, mais aussi les traumatismes (fractures et hématomes) subis par les animaux. Le transport induit tout d'abord de la mortalité, dont le pourcentage varie bien sûr suivant les conditions de transport (matériel, température extérieure, densité des animaux, durée du transport...). Dans une enquête anglaise portant sur plus de 3,2 millions de poulets et 1 000 transports, Warriss et al. [1992] observent que si le taux de mortalité reste relativement stable pour des transports de moins de 4 h (0,15 %), il augmente drastiquement (0,28 %) pour des transports plus longs, traduisant une détérioration des conditions de maintien des animaux pour des durées longues de transport. Par ailleurs, différentes études soulignent l'état de stress des animaux. Ainsi, Mitchell et al. [1992] observent chez le poulet standard une augmentation du taux plasmatique de créatine kinase, ainsi que des changements dans la numération leucocytaire et le ratio hétérophiles/lymphocytes après un transport de 3 h. Freeman et al. [1984a] observent quant à eux, chez des poulets standards, une augmentation de la concentration plasmatique de corticostérone allant d'environ 1,4 ng/ml en situation contrôle à 4,5 et 5,5 ng/ml après un transport de 2 et

4 h, respectivement. De plus, ces mêmes auteurs observent une augmentation de la concentration d'acides gras libres chez les poulets transportés pendant 2 et 4 h, qu'ils relient à la sécrétion par le pancréas de glucagon en réponse à un stress aigu. Les résultats obtenus par Cashman et al. [1989] soulignent l'impact de la durée de mise en caisse et du transport sur le niveau de peur des animaux : par rapport à des poulets mis en caisse pendant plus de 7 h et transportés seulement pendant 10 min, la durée d'immobilité tonique est significativement augmentée chez des poulets mis en caisse pendant seulement 15 min mais transportés pendant 2 h. Du point de vue de la qualité de la viande, il a été rapporté que le transport avant abattage est source d'épuisement des oiseaux. Celui-ci se traduit par une diminution, chez le poulet standard, des réserves hépatiques et musculaires en glycogène, par un ralentissement de l'acidification du muscle [Warriss et al., 1999] et par un pH ultime plus élevé [Lambooij, 1999]. En étudiant la qualité de la viande du filet de dinde, Owens et Sams (2000) ont aussi observé des pH initiaux et ultimes significativement plus élevés et des luminosités plus basses correspondant à des viandes plus sombres pour les animaux transportés pendant 3 h par rapport à ceux non-transportés. Dans leurs études comparant deux souches différentes [de type Label et Standard], Debut et al. [2002, 2003] n'observent pas de réel effet défavorable après 2 h de transport (vs 2 min) sur la qualité de la viande. Ils n'observent qu'une augmentation significative du pH ultime de la cuisse conduisant à une diminution de la luminosité, seulement chez les Labels et à une augmentation du rendement technologique. Par contre, Cashman [1987] [cité dans Kannan et al. [1997]] a observé que des poulets standards transportés pendant 2 h présentent une viande plus pâle que des poulets non-transportés. Chez le poulet standard, Ehinger [1977] montre qu'après un transport de 2 h, la tendreté et le pouvoir de rétention en eau de la viande sont significativement plus faibles par rapport à un transport plus long de 4 h. Cette variabilité dans les résultats pourrait en partie s'expliquer par la différence des conditions du transport (un

Tableau 1 - Principaux défauts d'aspect entraînant des saisies partielles, observés en abattoirs chez la dinde (70 lots), d'après Bouvarel et al. [1996].

Défauts d'aspect (% carcasses atteintes)	Femelles	Mâles
Hématomes	21	30
Griffures	20	6
Picage profond	3	0
Plaies	5	1
Fractures	9	9
Pustules	4	21
Ampoules du bréchet	0	6

transport de 2 h n'affectant peut-être pas encore significativement les réserves en glycogène du muscle] mais aussi des génotypes utilisés.

Par ailleurs, les transports ayant lieu toute l'année, il arrive qu'en été les animaux subissent un "coup de chaleur" néfaste pour la qualité des carcasses et de la viande. Ainsi, Petracci et al. (2001) notent une baisse significative du poids des carcasses des animaux transportés à 34 °C par rapport à ceux transportés à 25 °C ou 29,5 °C. Des stress thermiques à 29 °C pendant 12 h (Holm et Fletcher, 1997), 33 °C pendant 2 h (Sandercock et al., 1999) et 35 °C pendant 2 h (Debut et al., 2003) avant la mort conduisent à une diminution du pH ultime. Les conséquences en terme de qualité de la viande sont défavorables, allant vers une augmentation de la pâleur des viandes (Debut et al., 2003), une augmentation des pertes en eau de la viande crue (Sandercock et al., 1999 ; Petracci et al., 2001) ou cuite (Petracci et al., 2001 ; Debut et al., 2002, 2003) associée à une texture de la viande cuite plus dure (Froning et al., 1978 ; Holm et Fletcher, 1997 ; Petracci et al., 2001) ou encore à une diminution du rendement technologique (Debut et al., 2003). Hocking et al. (1994) et Sandercock et al. (1999) ajoutent que ces variations de qualité de la viande sont aussi associées à d'autres changements physiologiques "d'adaptation" au stress thermique (augmentation de la température corporelle, alcalose respiratoire) et à de possibles dommages des membranes musculaires révélés par l'augmentation du taux plasmatique de créatine-kinase (Mitchell et Sandercock, 1995).

A l'opposé, en hiver les transports peuvent produire des "coups de froid" dont les conséquences ont été relativement peu étudiées. Holm et Fletcher (1997) ont mesuré le pH ultime, la réflectance (L^*), les indices de rouge (a^*) et de jaune (b^*), les pertes en eau à la cuisson et la résistance au cisaillement de la viande de poulets transportés à 7 °C, 18 °C ou 29 °C. Ils ne mettent en évidence aucune différence significative de pH, de couleur, de pouvoir de rétention en eau ou encore de dureté de la viande des animaux transportés à 7 °C par rapport aux témoins

maintenus à 18 °C. Dans leur étude, seul le "coup de chaud" affecterait significativement certains indicateurs de qualité de la viande. Il serait donc intéressant de poursuivre ces études avec des températures plus basses pour préciser leur impact en terme de qualité de la viande.

3.4. LES MÉTHODES D'ABATTAGE

3.4.1. L'ACCROCHAGE

La gestion des animaux sur le site d'abattage peut avoir des conséquences importantes sur le niveau de stress et la qualité de la viande. Ainsi, l'étude de Kannan et al. (1997) souligne l'importance d'un temps de repos en caisse avant l'abattage, conduisant à une diminution significative du taux de corticostérone plasmatique. L'accrochage sur la chaîne d'abattage met l'animal dans une position angoissante qui se traduit par une augmentation significative du taux de corticostérone plasmatique (Kannan et al., 1997). Les oiseaux vont alors tenter de s'échapper en essayant de se redresser et en battant violemment des ailes. Un questionnement existe quant à la recommandation d'une durée "optimale" d'accrochage, qui doit être limitée en raison de la position inconfortable alors imposée à l'animal. Cependant, elle doit être suffisante pour permettre à l'animal de se calmer avant son étourdissement, et éviter que les animaux ne se redressent et échappent au bain d'électronarcose. Selon une étude britannique portant sur 30 sites industriels d'abattage et environ 50 000 poulets, les débâtements se produisent le plus fréquemment au moment de l'accrochage, alors que leur fréquence devient très faible (moins de 0,3 %) après 12 s d'accrochage (Gregory et Bell, 1987). Ce type d'étude amène à recommander des durées minimales d'accrochage de l'ordre de 12 s chez le Poulet et 25 s chez la Dinde (Gregory et Grandin, 1998). Par ailleurs, l'étude britannique suggère quelques "facteurs déclenchants" des battements d'ailes, tels qu'un accrochage trop brutal, un bruit ou une lumière trop vive, des crochets de taille mal adaptée, la perte du contact visuel avec les congénères. L'activité sur la chaîne d'abattage apparaît défavorable en terme de qualité de la viande. En comparant des dindes anesthésiées avant l'accrochage ou pou-

vant se débattre sans aucune contrainte, Ngoka et al. (1982) ont montré que l'activité était associée dans le filet à une chute du pH plus rapide, une capacité de rétention en eau de la viande fraîche plus faible et un indice de rouge (a^*) plus élevé. De même, Debut et al. (2003) observent un impact important de l'activité des oiseaux sur la chaîne d'abattage sur les critères de qualité de la viande. En accord avec les auteurs précédents, ils observent une acidification plus rapide des muscles du filet et de la cuisse chez les oiseaux se débattant le plus violemment sur la chaîne d'abattage. La coloration rouge du filet est augmentée par l'activité très probablement en raison d'un flux sanguin plus important au niveau des muscles. Selon les mécanismes décrits précédemment, l'agitation des animaux sur la chaîne d'abattage peut donc être un facteur de risque dans l'apparition des phénomènes de "contracture au chaud" (ou "heat shortening") aboutissant à des viandes dures. Ce phénomène traduit la relation positive entre quantité d'acide lactique dans le muscle au moment de l'abattage et dureté de la viande à 24 h *post-mortem* décrite par Khan et Nakamura (1970). Du fait de son caractère plus glycolytique, le filet serait plus sensible que la cuisse au phénomène de contracture au chaud. Les résultats récents de Debut et al. (2003) précisent davantage les sensibilités différentes des différents types de muscle à ces phénomènes: plus marquée dans le cas du filet du fait de son caractère totalement glycolytique et son rôle primordial dans les battements d'ailes, la sensibilité est moins prononcée pour la cuisse du fait de son caractère plus oxydatif et sa moindre sollicitation par les mouvements des animaux sur la chaîne.

3.4.2. LES MÉTHODES D'ÉTOURDISSEMENTS

L'étourdissement des oiseaux avant la saignée est une obligation légale. D'un point de vue éthique, l'objectif est de rendre les animaux insensibles à la douleur jusqu'à ce que la mort survienne pendant la saignée. D'un point de vue technologique, il est de réduire les mouvements, voire d'immobiliser les animaux, afin de limiter les mouvements excessifs et faciliter la saignée (notamment pour les machines automatiques de

décapitation) et préserver ainsi la qualité des carcasses et de la viande (Fletcher, 1999b ; Savenije et al., 2002 ; McNeal et al., 2003). L'étourdissement électrique (électronarcose / électrocution) et celui en atmosphère modifiée (étourdissement au gaz) sont les deux méthodes principalement utilisées en Europe (Fletcher, 1999b ; Raj, 1999). L'électronarcose implique de sortir les oiseaux des caisses de transport puis de les accrocher vivants sur la chaîne d'abattage (Raj, 1999). Cette étape est souvent ressentie comme pénible par la personne affectée à ce poste surtout pour des animaux lourds comme les dindes. De plus, l'accrochage favorise l'activité physique des animaux juste avant leur mort, ce qui peut être défavorable pour la qualité de la viande.

Lors de l'électronarcose, la tête des animaux est plongée dans un bain d'eau électrolysée par un générateur. Une première électrode est connectée au rail où sont suspendus les oiseaux et la deuxième dans le bac, le courant circulant donc à travers tout le corps de l'animal (Bilgili, 1992 ; Fernandez et al., 1998). Outre les problèmes liés à la manipulation des oiseaux et à leur activité sur la chaîne d'abattage, cette méthode présente des inconvénients intrinsèques le plus souvent liés aux difficultés de réglage (Santé et al., 1996). En Europe, on recommande des intensités électriques d'environ 100 mA pour les poulets et de 150 mA pour les dindes appliquées pendant une durée minimum de 4 s (Raj, 1999). Aux Etats Unis, il n'existe pas de conditions statutaires pour étourdir les oiseaux mais cependant la majorité des abattoirs appliquent un courant de 5-6 mA pendant une durée minimum de 10 s (Health et al., 1994). L'intensité et la fréquence du courant électrique reçues par l'animal sont deux facteurs prépondérants pour l'efficacité de l'étourdissement et par conséquent pour la qualité des carcasses et des viandes (Santé et al., 1996). Ainsi, une électronarcose inappropriée peut entraîner une mauvaise saignée des oiseaux et divers défauts de carcasse tels que des fractures, des hémorragies au niveau des extrémités des ailes ou encore au niveau des épaules. Elle peut aussi entraîner des défauts de qualité de viande par l'apparition d'hémorragie (pétéchies) au niveau

des muscles (surtout du filet) et en affectant le développement de la rigor mortis. L'électronarcose peut être inadaptée à cause d'un courant d'intensité ou de fréquence trop faibles ou trop importantes (Raj, 1999). Ainsi, chez les poulets de chair, Papinaho et al. (1995), Papinaho et Fletcher (1995, 1996) notent une augmentation significative du pH à 15 min *post mortem* consécutivement à une augmentation de l'intensité de l'électronarcose (de 0 (non étourdi) à 200 mA). Ces auteurs expliquent cette différence d'acidification du muscle par une stimulation précoce de la glycolyse chez des oiseaux non-étourdis et pouvant battre des ailes. Par contre, ils n'observent aucune influence de l'intensité de l'électronarcose sur le pH ultime, les pertes en eau à la cuisson ou encore la tendreté de la viande. Comme évoqué précédemment, la fréquence électrique est également un paramètre important. Elle influe en particulier sur le rythme cardiaque. Ainsi, appliquer un courant de 150 mA-50 Hz induit, chez la dinde, en même temps que la disparition de la "conscience", un arrêt cardiaque systématique chez les femelles et dans 60 % des cas chez les mâles (Fernandez et al., 1998). De même, Gregory et Wilkins (1989) rapportent qu'utiliser un courant sinusoïdal de 50 Hz entraîne un arrêt cardiaque chez 90 % des poulets. Cet arrêt cardiaque est en fait défavorable pour la saignée mais aussi pour la qualité de la viande. Lorsqu'on augmente la fréquence au-delà de 50 Hz sans changer l'intensité du courant, le pourcentage d'animaux tués diminue significativement (Fernandez et al., 1998) ce qui améliore la rapidité et l'efficacité de la saignée (Santé et al., 1996). Par contre, de hautes fréquences électriques (300-1 000 Hz) entraînent des battements d'ailes chez la dinde pendant la saignée et accélérant la vitesse de chute du pH

initial (Raj, 1999). Ces résultats sont confirmés par Santé et al. (1996) qui observent une vitesse de chute de pH plus rapide pour des dindes étourdies par un courant de 480 ou 600 Hz vs 50 ou 300 Hz. Ceci s'explique très probablement par les battements d'ailes des dindes ayant survécu à une électronarcose de haute fréquence (480 ou 600 Hz). La difficulté réside donc dans le choix d'une intensité et d'une fréquence permettant d'allier inconscience et maintien de l'activité cardiaque et par suite d'obtenir une saignée plus abondante et plus rapide (Santé et al., 1996).

Alternatives à l'électronarcose, l'utilisation d'atmosphères modifiées s'est développée dans les années 1980 et essentiellement en Angleterre (Fernandez et al., 1998). La pratique de cette méthode permet d'éliminer une partie des problèmes d'inconfort et de souffrance rencontrés lors de l'accrochage et de l'électronarcose (Fletcher, 1999b). Les animaux sont alors directement étourdis dans les caisses de transport qui passent dans un tunnel plongé dans une atmosphère modifiée et contrôlée. A la sortie du tunnel, les animaux sont accrochés inconscients sur la chaîne d'abattage. L'activité physique avant leur mort est donc limitée et les conditions du poste d'accrochage améliorées. Des études se sont attachées à comparer la qualité des carcasses et de la viande après une électronarcose ou un étourdissement avec différents mélanges gazeux. Ainsi, des études en conditions industrielles sur la dinde et le poulet, Raj et al. (1997) observent une amélioration de la présentation des carcasses lorsque les oiseaux sont étourdis avec une atmosphère contrôlée vs un étourdissement électrique (voir Tableau 2).

Chez le poulet, Raj et al. (1990) observent que les filets des oiseaux étourdis élec-

Tableau 2 - Effets des méthodes d'étourdissement sur la prévalence de défauts de carcasse et qualité de la viande chez la dinde [d'après Raj (1994)].

% de carcasse avec	Anoxie (90 % argon dans l'air)	30 % de CO ₂ et 60 % d'argon dans l'air	Electrique (150 mA par oiseau)
Bouts des ailes rouges	3,1	1,7	9,9
Hémorragie au niveau de l'aile	9,3	7,6	16,5
Hémorragie au niveau de l'épaule	0,4	0,3	1,2
Hémorragie dans le filet	0,8	2,7	62,5

triquement ont un pH à 20 min plus élevé que les filets des poulets étourdis par des mélanges gazeux (Argon ou CO₂). En terme de qualité des viandes, les résultats fluctuent d'une étude à l'autre notamment pour la couleur et la texture. Ainsi Raj et al. (1990) observent une viande de poulet plus sombre et plus rouge chez les oiseaux étourdis à l'argon (par rapport aux méthodes avec du CO₂ ou électrique), aucune variation de ces paramètres n'est observée dans une étude complémentaire comparant un mélange gazeux (30 % CO₂, 60 % argon et 10 % d'air) à l'électronarcose (80 mA-50Hz par oiseau) (Raj et al., 1997). Savenije et al. (2002) observent quant à eux une viande plus pâle et moins rouge chez des animaux étourdis avec des mélanges gazeux (soit CO₂/O₂/N₂ ou Ar/CO₂) par rapport à l'électronarcose. Aucun effet sur la texture n'est observé dans leur étude alors que Raj et

al. (1990, 1997) avaient observé une viande plus dure chez les animaux étourdis électriquement par rapport au gaz. Même si ces résultats semblent parfois contradictoires, ils suggèrent tout de même un impact de la méthode de narcose sur la qualité des viandes. Par contre, cette méthode pourrait se développer pour répondre à la fois au souci de "Bien-Etre" des animaux et à la demande du personnel des abattoirs. Outre les aspects de qualité technologique, il serait également important d'aller jusqu'à la qualité sensorielle de la viande en relation avec la méthode d'étourdissement, en particulier pour les produits de découpe qui se développent actuellement.

4. CONCLUSIONS

Aujourd'hui en France, loin d'avoir un système de production unique, il existe une

forte diversification des produits avec des souches variées (du type label au type standard) et des conditions d'élevage différentes (en claustration ou avec un accès à un parcours). En conséquence, il faut considérer l'effet d'un nombre important de facteurs, qu'ils soient liés à la génétique ou à l'environnement, pour améliorer la qualité des viandes dans marché ou découpe et transformation sont en expansion. Notre revue montre l'importance des heures précédant la mort de l'animal sur son niveau de stress et la qualité de sa viande. Ceci n'exclue pas l'effet de facteurs en amont pendant la période d'élevage, qu'il faudra à l'avenir mieux préciser. Par ailleurs, des études récentes soulignent aussi l'influence du type génétique sur la réactivité au stress et les caractéristiques de qualité. C'est donc par une approche globale qu'il faudra à l'avenir raisonner l'amélioration de la qualité.