

Cicatrisation de la tranche carrée en viande bovine: découverte d'une cause de ce défaut de qualité

Pierre-Alain Dufey et Vincent Gremaud, Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 1725 Posieux
Renseignements: Pierre-Alain Dufey, e-mail: pierre-alain.dufey@alp.admin.ch, tél. +41 26 407 72 76



Surface avec un revêtement asphalté qui répond à la réglementation du système SRPA (sorties régulières en plein air), programme encouragé par la Confédération.

Introduction

La cicatrisation de la tranche carrée (CTC) est l'expression utilisée en Suisse par la filière de viande bovine pour désigner un défaut de qualité apparaissant sur un muscle de la cuisse, le *Biceps femoris* (BF) ou *gluteobiceps*, qui joue un rôle important lorsque l'animal se couche ou se lève. Selon la nature ou l'étendue de ce défaut qui apparaît dans la partie médiane du muscle, celui-ci est inutilisable pour la fabrication de la viande séchée, un produit à haute valeur ajoutée. Ce problème a été identifié depuis quelques décennies déjà et a fait l'objet d'une étude approfondie sans que les auteurs puissent en identifier les causes (Keller *et al.* 1987). Plus récemment,

Tribot Laspiere et Coulon (2006) en France ont publié un document sur ce phénomène appelé «Nœuds nerveux» par la branche. Ce travail comportait une enquête sur la fréquence d'apparition et une description histologique complète de ce défaut. Les auteurs n'ont pas cherché à étudier directement les causes, mais formulent quelques hypothèses qui ont principalement trait aux conditions d'élevage. En Allemagne, un lien avec les sites d'injection intramusculaire n'a pas pu être établi (Wandel et Wandel 2007). Concernant la nature de ces lésions, il s'agit d'une myopathie fibrosante focale (ou fibrose musculaire focale), plus ou moins associée à des cellules adipeuses ou nerveuses correspondant à une cicatrisation (Keller *et al.* 1987; Tribot Laspiere et Coulon 2006) et d'origine vraisemblablement post-traumatique liée à une blessure ou une rupture musculaire.

Devant l'augmentation de l'apparition du phénomène, l'interprofession suisse de la filière viande a procédé à un état des lieux (Proviande 2007), en faisant désosser plus de 1500 cuisses dans trois ateliers de découpe. Les résultats ont montré que toutes les catégories d'animaux, toutes les classes de charnure et tous les labels étaient concernés par le problème. Seules les fréquences à l'intérieur de ces différents groupes variaient. Globalement, 44 % des cuisses étaient touchées. Par rapport à Keller *et al.* (1987), les fréquences ont passé en 20 ans de 18 à 57,4 % et de 11,1 à 24,2 % respectivement pour les animaux de fabrication et les animaux d'étable. Devant ce constat, l'interprofession¹ a décidé, d'une part, de diminuer le prix indicatif de CHF 0.10 par kilo de carcasse pour les animaux de fabrication et les classes de charnure les plus faibles (-T, A, X) dans lesquelles la fréquence d'apparition se situe entre 60 et 70 % et, d'autre part, de mandater ALP pour trouver la ou les causes de cette cicatrisation. La baisse du prix indiquée ci-dessus met les agriculteurs en situation de devoir assumer financièrement le problème de la CTC, dont le coût est estimé à environ 2 millions de francs suisses par an, sans

¹ Proviande adresse ses remerciements à l'Office fédéral de l'agriculture pour son soutien financier.

avoir les moyens de remédier au problème. Le but de ce projet était donc de mettre en évidence la ou les causes possibles de ce défaut, afin de prendre les mesures préventives adéquates.

Démarche

Selon les auteurs précités, les lésions surviendraient durant la période d'élevage des animaux. Or, le constat ne peut être effectué qu'après la mort de l'animal. A partir de là, deux questions se posent: à quelle période de vie de l'animal apparaissent ces lésions et quelle technique d'investigation peut permettre un diagnostic et un suivi du vivant de l'animal? Pour les animaux, les recherches se sont concentrées sur le bétail de l'exploitation d'ALP âgé de 5 à 15 mois. Pour la technique, en fonction de son potentiel et des possibilités d'acquisition, le choix s'est porté sur l'utilisation de l'échographie comme outil d'investigation et de diagnostic. La formation, le suivi et l'interprétation des images ultrasonographiques, ainsi que le conseil pour les choix techniques ont été assumés par un spécialiste en médecine vétérinaire, deux radiologues et un expert en formation aux ultrasons. La localisation de la zone externe correspondante sur l'animal vivant, et sur pied, a dû être précisée. La validation des observations échographiques a été réalisée en examinant 148 cuisses de vaches de réforme aux abattoirs Marmy S.A. à Estavayer-le-Lac peu avant leur abattage et en relevant la présence de tissus cicatrisés lors du désossage.

Matériel et méthodes

L'appareil à ultrasons utilisé était le Logiq 200 Pro de la firme GE Healthcare équipé d'une sonde linéaire de 5 MHz modulable jusqu'à 6.5 MHz. Avant l'examen, une tonte et un rasage de la zone à examiner ont été pratiqués.

Des prises de sang ont été effectuées, ainsi que les dosages des taux de créatine kinase (CK), d'aspartate amino-transférase ou glutamate oxaloacétique-transaminase (ASAT), d'alanine amino-transférase ou glutamate pyruvate-transaminase (ALAT). Les mesures photométriques ont été réalisées à l'aide de l'appareil Autoanalyser Alizé 200 de BioMérieux.

Résultats et discussion

Deux types de cicatrices

A quelques exceptions près, la localisation des cicatrices est extrêmement homogène. Les cicatrices sont de deux types: le premier, le plus fréquent, est de forme conique >

Résumé

La cicatrisation de la tranche carrée est l'expression utilisée en Suisse pour désigner un défaut de qualité apparaissant sur le principal muscle utilisé pour la fabrication de la viande séchée, le muscle *Biceps femoris* ou gluteobiceps. Ce problème, connu depuis des décennies, est en forte augmentation, mais sa ou ses causes sont inconnues à ce jour. Pour cette raison, l'interprofession de la viande a confié un mandat de recherche à ALP. L'échographie a été choisie comme outil d'investigation pour permettre un diagnostic et un suivi de l'animal vivant, en particulier dans la période d'élevage. Cette orientation s'est révélée judicieuse. La localisation précise de la zone d'intérêt sur l'animal vivant et debout a été réalisée. Des lésions ont pu être observées et suivies dans le temps. La découverte d'un cas jusqu'alors négatif, corroborée par des valeurs sanguines anormales, ont permis d'exclure la plupart des hypothèses émises jusqu'alors. Une nouvelle hypothèse a alors été formulée, celle d'un traumatisme ponctuel lié à une chute par glissade et rotation du train-arrière sur une surface en dur. Pour 91 % des animaux déclarés tombés, l'investigation échographique s'est révélée positive. L'euthanasie d'une partie d'entre eux a confirmé dans tous les cas la présence d'une cicatrice. L'augmentation du phénomène pourrait ainsi correspondre notamment à l'augmentation de stabulation libre ayant des aires en dur associée à une augmentation du risque de chute.



Figure 1 | Coupe d'une tranche carrée marquée par une cicatrisation importante de type net, de forme conique ou triangulaire, de nature compacte. Forme de lésion la plus fréquente.

ou triangulaire, de nature compacte, partant depuis la base de l'aponévrose du côté interne du muscle vers le côté externe (fig. 1). En coupe, cette cicatrice peut s'étendre sur les deux tiers de la hauteur du muscle, voire plus rarement sur l'entier du muscle. Le deuxième est de forme et de nature diffuse (fig. 2). Ces deux types de lésions peuvent parfois se présenter sur la même tranche carrée et il existe divers stades pour chacun d'eux. Les cicatrices apparaissent indifféremment du côté gauche ou droit de l'animal, et parfois des deux côtés.

Localisation

La localisation de Keller *et al.* (1987) s'est révélée imprécise, voire inexacte. Cette imprécision est probablement due au fait que l'examen anatomique est réalisé sur une carcasse puis transposé sur l'animal vivant en posture debout, au repos.

Dans cette posture, nous avons pu établir que la zone d'intérêt se situe au milieu mais légèrement au-dessous de l'axe situé entre la rotule (*Patella*) et l'extrémité de l'ischium, ou tubérosité ischiatique, un os du bassin. Cette zone, illustrée à la figure 3, se trouve en réalité juste en dessous du fémur.

Identification des lésions chez l'animal vivant

Les examens ultrasonographiques et l'interprétation des images obtenues nécessitent une pratique et une expérience importantes. Dans le cas présent, la chose est facilitée par le fait que l'investigation est limitée à une zone extrêmement réduite puisque celle-ci a été très bien définie au préalable. Néanmoins, la pose d'un diagnostic sûr n'est pas toujours possible. En conséquence, les examens échographiques ont été classés de la manière suivante: muscle *BF* sans anomalie, muscle *BF* avec lésion ou muscle *BF* avec lésion probable. Les ultrasons du muscle *BF* sans anomalie montrent une structure horizontale homogène (fig. 4). Les images ultrasonographiques des muscles avec lésion présentent une zone foncée ou hypoéchogène (= de faible écho), voire noire ou anéchogène (= vide d'écho) de forme verticale, parfois inclinée en son sommet (fig. 5). Les muscles dont l'examen aux ultrasons révèle une anomalie à l'endroit de la blessure présumée, sans pour autant que cette anomalie soit nette, entrent dans la catégorie muscle *BF* avec lésion probable.

Lorsqu'une lésion ou une anomalie du tissu musculaire était constatée par ultrasonographie, un examen visuel de l'animal était pratiqué. Aucun signe extérieur visible, c'est-à-dire aucun lien avec une tumescence, des lésions cutanées, une boiterie, une posture ou un comportement particulier dans la façon de se lever et de se coucher, n'a pu être établi. A ce stade de l'étude toutefois, le moment d'apparition de la lésion n'était pas connu.

La réactivité des animaux lors de la tonte, du rasage, de l'examen aux ultrasons et d'une palpation appuyée a été notée. Aucune corrélation n'a été mise en évidence entre les réactions des individus et l'occurrence d'une blessure sur la tranche carrée. Chaque animal réagit de façon propre à la tonte (bruit, vibrations), au rasage, à



Figure 2 | Coupe d'une tranche carrée marquée par une cicatrisation de type diffus.

l'appui de la sonde lors de l'examen échographique et à une palpation à l'endroit des éventuelles blessures. Même lors d'une palpation appuyée sur leurs tranches carrées, les animaux atteints ne réagissaient pas significativement plus que les animaux sains.

Tournant de l'étude

Les animaux positifs ont été régulièrement investigués afin d'observer l'évolution des lésions constatées. Les investigations ultrasonographiques portaient systématiquement sur les deux côtés, avec et sans lésion, de l'animal. Sur un animal, alors qu'aucune différence notable n'était observée sur le côté droit déjà atteint, une légère anomalie est apparue sur le côté gauche jusqu'alors indemne (fig. 6). Ces résultats ont été corroborés par la prise de sang. L'avant-dernière prise de sang (n=9) montre des valeurs anormalement élevées du taux de CK et le double des valeurs précédentes pour l'ASAT (fig. 7). Les valeurs sanguines normales vont d'après Radostits *et al.* (2007) de 11 à 40 U/l pour l'ALAT, de 78 à 132 U/l pour l'ASAT et de 35 à 280 U/l pour la CK. Avec un taux de CK de 2870 U/l, la valeur est 20 fois supérieure à la moyenne des autres valeurs du même animal et dix fois plus élevée que la limite supérieure normale. Les CK sont des

enzymes, présentes principalement dans les cellules musculaires, qui sont libérées dans le sang lorsque ces cellules sont détruites, notamment lors de déchirures. Un taux de CK sanguin élevé peut mettre en évidence une déchirure musculaire récente.

Ces observations ont indiqué qu'un événement traumatique était intervenu peu avant l'investigation. Il est également connu qu'un hématome frais passe par une phase hyperéchogène (zone claire = écho important) transitoire avant de se lyser ou de se cailloter (Peetrons 2006). Cette phase dure quelques heures, puis la zone devient hypoéchogène, voire anéchogène. A ce stade, le contraste avec l'échostructure normale du muscle devient plus important. C'est pourquoi une échographie devrait être réalisée entre le 3^e et le 5^e jour post-traumatique et c'est probablement ce qui explique que l'anomalie constatée n'était que peu marquée et considérée comme légère. Par la suite, la lésion est apparue de manière caractéristique sur les échographies.

Afin d'avoir une confirmation ultime des mesures échographiques, la génisse sur laquelle ces observations ont été réalisées a été euthanasiée. La découpe des deux cuisses a révélé la présence de cicatrices des deux côtés confirmant le diagnostic échographique. >



Figure 3 | A. La zone concernée est au milieu de l'axe situé entre la rotule (Patella) et l'extrémité de l'ischium, ou tubérosité ischiatique, un os du bassin. Elle se situe juste en dessous de l'axe du fémur. B. Sonde linéaire à 6,5 MHz.

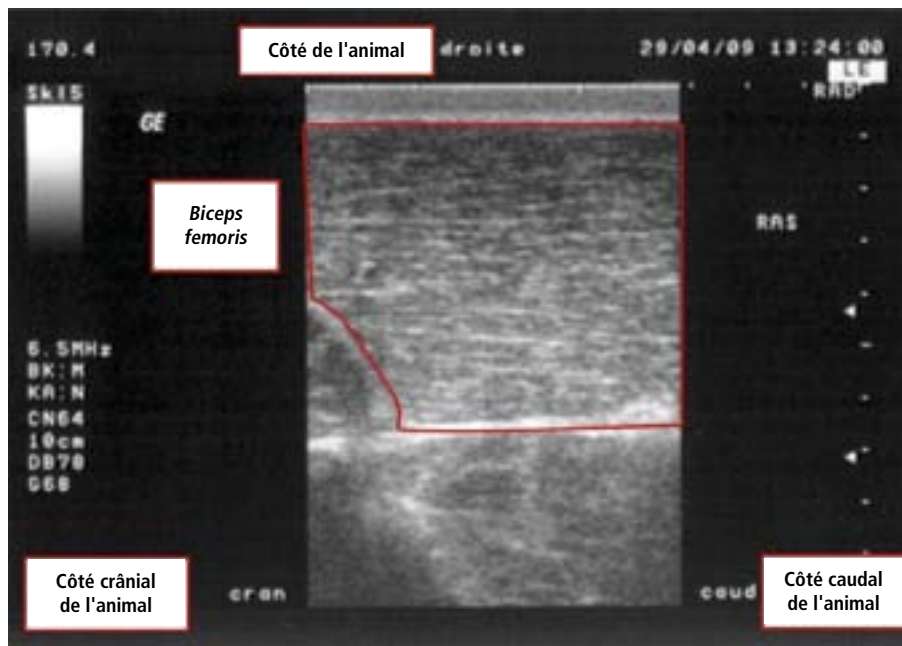


Figure 4 | Image ultrasonographique du muscle *Biceps femoris* sans lésion (échostructure homogène).

Ces éléments, valeur CK extrêmement élevée et échographie positive, ont constitué une nouvelle piste dans l'étude. Un événement ponctuel inconnu provoquant cette lésion est intervenu entre les deux examens échographiques. Les hypothèses émises dans les études citées

en introduction – une injection / de légers traumatismes de faible intensité, mais répétés, réguliers voire permanents, provoqués au cours de l'élevage / un défaut d'aplomb / un traumatisme ponctuel en relation avec la naissance (constrictions et étirements musculaires assez violents en cas de vélage difficile) – pouvaient être écartées. A ce stade, il était possible de conclure qu'un événement traumatique unique pouvait être à l'origine de ce tissu cicatriciel.



Figure 5 | Image ultrasonographique du muscle *Biceps femoris* avec lésion conique partant de l'aponévrose interne (zone hypoéchogène entourée).

Nouvelle hypothèse sur la cause de la CTC

Une hypothèse jamais évoquée dans la littérature était un **traumatisme ponctuel lié à une chute par glissement sur une surface en dur**. Cette hypothèse est renforcée par le fait que les chutes de bovins provoquées par une rotation complète de l'arrière-train sont possibles, assez violentes, et que la zone d'impact d'une telle chute correspond à la zone anatomique étudiée. En plus, les conditions de détention de l'animal au moment de l'apparition de cette blessure étaient les suivantes: stabulation libre dans une étable à deux surfaces: une aire de repos, en couche profonde, et une aire d'affouragement, en béton profilé. La chute par glissement sur cette dernière surface était donc plausible et permettait d'étayer l'hypothèse émise.

Observations de chutes spontanées

Depuis, toutes les chutes observées par le personnel de l'exploitation d'ALP ont été signalées (jour, animal, côté) et des examens échographiques ont été pratiqués. En

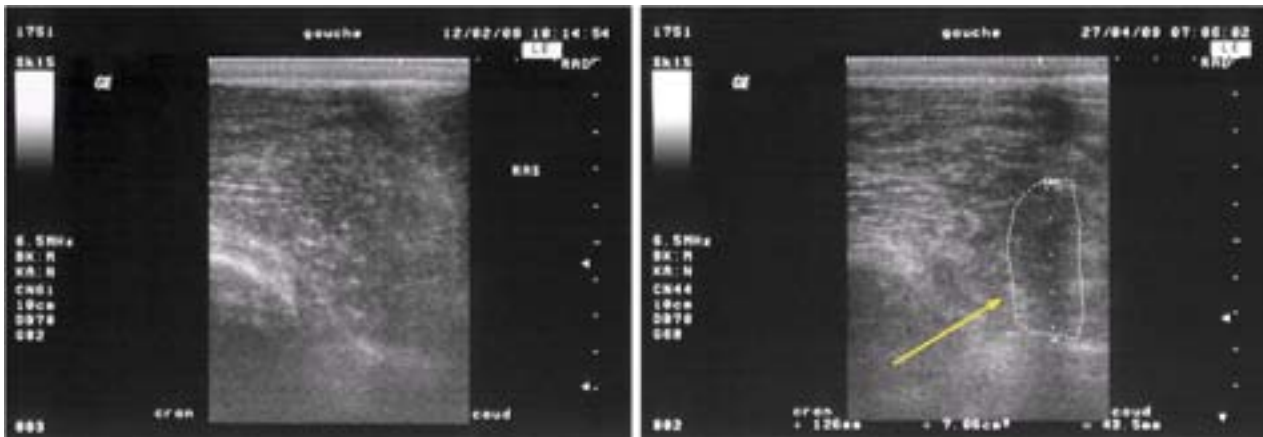


Figure 6 | Apparition d'une blessure. Diagnostic du 12.02.09: muscle *Biceps femoris* (BF) sans lésion. Diagnostic du 27.04.09: muscle BF avec lésion probable.

tout, onze animaux, dont neuf veaux ou jeunes broustards, ont été annoncés. Sur ces onze cas, dix des examens échographiques se sont révélés positifs.

Comme déjà constaté auparavant, mais cette fois en connaissant la date de la chute et donc de la lésion, aucun symptôme extérieur n'a pu être mis en relation avec la blessure. La douleur ressentie par les animaux touchés paraît ainsi négligeable et non décelable visuellement.

Sur les dix animaux diagnostiqués positifs, cinq ont été depuis euthanasiés, dans le cadre des essais respectifs auxquels ils étaient rattachés. L'examen de la tranche carrée correspondant au côté de la chute observée a

confirmé la présence d'une cicatrice à l'endroit attendu. Ce qui correspond à un taux de 100%. Pour les autres côtés examinés ($n = 5$), deux étaient également positifs à l'échographie, sans qu'une chute ait pu être observée, et trois négatifs. Lors de la découpe, les deux positifs ont été confirmés. Parmi les trois négatifs, une seule tranche carrée était réellement indemne de cicatrice, l'échographie n'ayant pas permis de déceler chez les deux autres une cicatrice de type diffus (voir fig. 2), mais peu prononcée, et une cicatrice classique, mais de très petite taille (moins de 2 cm). La plupart des animaux investigués ont donc vraisemblablement chuté également de l'autre côté. L'étude de Proviande (2007) va dans le même sens puisqu'elle indique que les animaux ayant des cicatrices des deux côtés sont plus nombreux que ceux n'ayant qu'un côté touché.

Cette démonstration comporte une faiblesse, puisque le statut échographique de l'animal juste avant la chute n'est pas connu. Pour cette raison, une autorisation avait été demandée aux autorités compétentes de pouvoir disposer d'un contrôle expérimental du statut échographique de l'animal avant et après une chute provoquée, ainsi que d'un examen du muscle après une euthanasie. Une telle expérimentation ayant été refusée, la démarche décrite auparavant demeure la seule possible. Néanmoins, un faisceau d'indices convergents vient combler cette lacune expérimentale:

- Les chutes par rotation du train-arrière exposent précisément le muscle investigué. Le point d'impact correspond à la localisation décrite. Ce mouvement étant par nature pratiquement toujours semblable, cela explique la régularité de l'emplacement de la

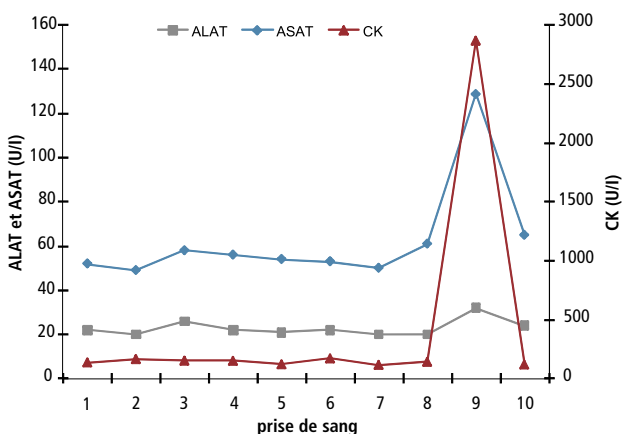


Figure 7 | Evolution dans le sang des taux de créatine kinase (CK), d'aspartate amino-transférase (ASAT) et d'alanine amino-transférase (ALAT). Les 10 prises de sang ont été effectuées dans un intervalle de 2 mois et demi.

cicatrice. Les glissades ayant lieu la plupart du temps sur des surfaces dures, la chute est violente et peut provoquer les traumatismes musculaires observés.

- La nature de la blessure, de l'intérieur vers l'extérieur du muscle, s'explique par le fait que le muscle, lors d'une chute, est compressé entre une surface plane (le sol) et une surface arrondie d'un diamètre relativement petit (l'os du fémur) par rapport à la masse de l'arrière-train. Il peut en résulter soit une rupture partielle du muscle (type de cicatrice classique) soit un écrasement avec hémorragie (type de cicatrice diffus). L'absence de signe visible sur le cuir de l'animal est également compréhensible.
- La fréquence du phénomène touche principalement les classes de charnure les plus faibles, la relation étant pratiquement linéaire, le muscle BF étant de faible épaisseur, l'amortissement lors de la chute est moindre et la blessure plus importante.
- Aux abattoirs, les blessures hémorragiques (non cicatrisées) n'apparaissent pratiquement que chez des jeunes animaux, indiquant que cette période de vie est la plus exposée aux chutes. Ceci s'explique par le comportement plus vif, plus fougueux et moins expérimenté des jeunes bovins. Néanmoins, en principe, tous les bovins peuvent être concernés.
- L'évolution négative de la situation ces dernières années semble aller de pair, d'une part, avec l'augmentation de la génétique laitière et, d'autre part, avec la détention plus fréquente en stabulation libre munies d'aires en dur (DPA, aire d'affouragement), ainsi qu'avec le vieillissement de leur revêtement.

Modes de détention en question

Les problèmes posés par des surfaces glissantes dans le mode de détention des bovins sont connus (Steiner et Van Caenegem 2003; Friedli *et al.* 2004). Tous les sols durs (béton, caillebotis ou asphalte) peuvent être à l'origine de glissades, même si les chutes surviennent plus fréquemment sur du béton; or c'est le matériau le plus couramment utilisé dans les exploitations actuelles. En outre, avec le temps, toutes les surfaces en dur deviennent moins adhérentes. Les aires d'exercice en béton devraient ainsi être assainies au minimum tous les quatre à cinq ans (Steiner 2008).

La relation entre les cicatrices observées aux abattoirs et les blessures dues à des chutes sur des surfaces en dur pourrait être un élément supplémentaire dans l'étude des modes de détention et du bien-être des ani-

maux. La fréquence de ces cicatrices pourrait devenir un indicateur pertinent de l'exposition aux chutes ou aux lésions liée aux modes de détention pratiqués. Cet outil de contrôle peu coûteux permettrait d'évaluer à moyen terme la situation et l'impact des mesures de correction, d'autant mieux que certains programmes sont encouragés et soutenus financièrement par la Confédération (SRPA et SST).

Conclusions

- L'échographie se révèle un outil de diagnostic très performant pour le suivi des bovins en période d'élevage.
- Un lien a pu être établi entre l'observation de chutes accidentelles sur des surfaces en dur par rotation du train-arrière et la présence de lésions musculaires dans le muscle *Biceps femoris*.
- La cicatrice de la tranche carrée est la conséquence d'un traumatisme musculaire hémorragique (déchirures, ruptures).
- L'amélioration de la situation, soit une diminution de la fréquence des muscles présentant cette anomalie, passe par une réduction importante des risques de chute. Elle va également clairement dans le sens d'une amélioration du bien-être des animaux. ■

Riassunto**Cicatizzazione della sottofesa della carne bovina: individuata una causa di questo difetto di qualità**

La cicatrizzazione della sottofesa è l'espressione utilizzata in Svizzera per indicare un difetto che si riscontra sul muscolo principale usato per la fabbricazione della carne secca, ossia il *biceps femoris* o gluteobiceps. Questo problema, sempre più frequente, è noto da decenni, ma fino ad oggi non se ne conoscono le cause. Per tale motivo, l'interprofession della carne ha affidato un mandato di ricerca ad ALP che ha optato per l'ecografia onde poter fare una diagnosi e seguire l'animale vivo, in particolare durante la fase dell'allevamento. Questo approccio si è rivelato sensato. Si è proceduto alla localizzazione del punto preciso da osservare sull'animale vivo e in grado di reggersi sulle proprie zampe. Successivamente sono state rilevate e monitorate delle lesioni. La scoperta di un caso risultato fino a quel momento negativo, corroborata da valori anomali del sangue, ha permesso di escludere la maggior parte delle ipotesi fino ad allora formulate. A quel punto si è formulata una nuova ipotesi; quella di un trauma puntuale legato a una caduta in seguito a scivolamento e rotazione del treno posteriore su una superficie dura. Nel 91 % degli animali che erano caduti, l'ecografia ha dato risultati positivi. La soppressione di una parte di questi animali ha confermato la presenza, in tutti i casi, di una cicatrice. La maggiore incidenza di questo fenomeno potrebbe essere attribuita in particolare al fatto che sempre più animali sono detenuti in sistemi di stabulazione libera con aree caratterizzate da una superficie dura e conseguente aumento del rischio di caduta.

Bibliographie

- Friedli K., Gyax L., Wechsler B., Schulze Westerath H., Mayer C., Thio T. & Ossent P., 2004. Caillebotis en béton recouverts d'un revêtement en caoutchouc pour étables d'engraissement de bovins. Station de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), Cahier FAT n° 618, Ettenhausen, 8 p.
- Keller C., Schläpfer E. & Ossent P., 1987. Bedeutung und Ursachen beschädigter Unterspälten in der Bindenfleischproduktion. Institut für Nutztierwissenschaften, Gruppe Tierzucht, ETHZ Zürich, Zürich, 38 p.
- Peetrons P., 2006. Muscles. In: Atlas d'échographie du système locomoteur; membres inférieurs (2^e éd.). Ed. Sauramps Médical, 189–205.
- Proviande, 2007. Erhebung über die verwachsenen Unterspälten. Bericht der Arbeitsgruppe der Kommission Märkte und Handelsusancen, Bern, 8 p.
- Radostits O. M., Gay C.C., Hinchcliff K. W. & Constable P. D., 2007. Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. 10th Edition Saunders Elsevier, 2156 p.

Summary**Scarring of the outside flat in beef: determining one origin of this quality defect**

«Scarring of the Outside Flat» is the expression used in Switzerland to designate a quality defect appearing on the main muscle used to produce dried meat, the *Biceps femoris* or gluteobiceps. This problem, already known for decades and now clearly increasing, was still yet not explained. This led the inter-branch organisation for meat to award a research mandate to ALP. Ultrasound was chosen as an investigative tool to allow diagnosis and follow-up of the live animal, especially during the rearing period. This turned out to be a wise approach. The affected zone was pinpointed on the live, standing animal. Lesions were observed and monitored over time. The discovery of a case remained negative up till then, corroborated by abnormal blood values, allowed to exclude most of hypotheses made up to that point. A new hypothesis was that a point trauma due to a fall by slipping and to rotation of the hindquarters on a hard surface generated the lesion observed. The ultrasound scan was positive for 91 % of the animals declared to have fallen and by those that were euthanised the presence of a scar was confirmed. The rise in this phenomenon might therefore result of the increasing freestall housing with hard-surfaced areas, which an associated increasing risk of falling.

Key words: scarring of the outside flat, quality defect, beef, meat, ultrasound.

- Steiner B., 2008. Assainissement des aires d'exercice en béton. Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Rapport ART n° 690, Ettenhausen, 12 p.
- Steiner B. & Van Caenegem L., 2003. Comment mettre en place des voies de circulation plus respectueuses des animaux dans les étables? Station de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), Cahier FAT n° 594, Ettenhausen, 16 p.
- Tribot Laspierre P. & Coulon G., 2006. Les «nœuds nerveux» en viande bovine – fibromatose sur le Gîte noix. Département Technique d'Élevage et Qualité, Service Qualité des Viande, compte rendu final n°17 06 32 014, Paris, 43 p.
- Wandel J. & Wandel H., 2007. Zu Bedeutung und Ursachen beschädigter Unterspälten in der Bindenfleischproduktion. Zur Rinderhaltung – Mögliche Ursachen aus der Bestands- und Einzeltierbetreuung – Empfehlung. Stuttgart, 8 p.