



*Association Française
des Vétérinaires Taurins*



Union des Villes Taurines Françaises

Résumé du Rapport final d'activité

*B. Picard¹, V. Santé-Lhoutellier², D. Durand¹, D. Micol¹, G. Cattiau³,
A. Boissy¹, H. Compan⁴*

INRA, ¹UR 1213 Herbivores, ²UR UR370 Qualité des Produits Animaux, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

³INRA, INRA, SADR, Chemin de Borde-Rouge, Auzeville, 31326 Castanet-Tolosan, France

⁴Association Française des Vétérinaires Taurins, 13 bis rue du Crémat, 30000 Nîmes, France

Travaux de recherche sur la faiblesse musculaire et
les chutes des taureaux de combat pendant la corrida

Nutrition des taureaux de combat et stress oxydant

Rapport d'activité sur les travaux de recherche INRA- AFVT :

« La faiblesse musculaire et les chutes des taureaux de combat pendant la corrida, nutrition des taureaux et stress oxydant. »

Cette étude a été le fruit d'une collaboration entre l'Association Française des Vétérinaires Taurins (AFVT) et l'INRA. Elle a bénéficié d'un soutien financier de l'UVTF, de la région PACA, de l'Association Française des Eleveurs de Taureaux de Combat, de clubs taurins, de diverses associations et de sociétés privées que nous remercions sincèrement.

Nous adressons également tous nos remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidés à la réalisation de ce projet, en particulier les villes taurines et les arènes dans lesquelles ont été réalisés les différents prélèvements et avec notation du comportement du toro et film complet de la lidia: Arles, Nîmes, Béziers, Saint-Martin de Crau, Bayonne, Orthez, Garlin, Roquefort, Parentis, St Perdon : au total 27 Corridas ont été étudiées.

Nous remercions également les bouchers de l'abattoir Alazard et Roux de Tarascon pour leur aide précieuse lors des prélèvements à Arles et Saint-Martin de Crau. Tous nos remerciements vont également à la société Solier à Nîmes et au personnel des abattoirs de Bayonne. Nous remercions les DSV correspondantes qui nous autorisés à effectuer ces prélèvements et les vétérinaires des arènes Dr Germe et Dr Priaulet pour leur aide efficace.

Nous sommes très reconnaissants envers les éleveurs français et espagnols qui nous ont permis de travailler sur leurs taureaux et ont aimablement répondu à nos questionnaires.

Les prélèvements effectués en 2003 lors de la Féria de Pâques à Arles, sur deux lots de taureaux : 6 « novillos » de l'élevage de Blohorn prélevés le lendemain de la corrida à l'abattoir Alazard et Roux et 6 taureaux de l'élevage Miura prélevés aux arènes à l'issue de la corrida, ont servi à caler le protocole de prélèvements. Des échantillons de sang, foie, muscles : Triceps brachial (*triceps Brachii*) et Demi-tendineux (*semitendinosus*) et urine ont été prélevés. Nous avons pu ainsi nous rendre compte que certains prélèvements prévus initialement tels que les surrénales, étaient illusoire. Nous avons vu qu'il était impératif d'avoir un emplacement pour prélever sur le site même des arènes, le plus proche possible de la sortie du taureau. En effet, le sang doit être prélevé le plus rapidement possible après la mort de l'animal. La distance parcourue par le taureau (de l'arène jusqu'au lieu de

prélèvement) est variable d'une arène à l'autre. Elle a été la plus courte à Bayonne et Nîmes. D'autre part, nous avons pu observer que le prélèvement d'urine n'était pas toujours possible, la vessie arrivant souvent vide! Ces premiers prélèvements ont aussi été utilisés pour choisir les dosages les plus pertinents à retenir pour l'étude. Ils ont aussi montré qu'il était nécessaire de disposer d'un point zéro (obtenu à partir d'une prise de sang faite sur un taureau soumis à aucune contrainte), utile pour les interprétations des dosages sanguins. Pour l'obtenir nous avons effectué, avec l'aide de François Germe, une prise de sang sur deux taureaux avant et après la corrida. Ceci a été réalisé à Saint-Martin de Crau lors d'une corrida privée organisée par François ROUX. Malheureusement, cette expérience nous a démontré qu'il était impossible d'obtenir ce point témoin à partir d'une prise de sang faite sur un taureau en contention car la contention induit un stress fort de l'animal qui était visible sur les résultats des dosages sanguins. Une solution pour obtenir ce point « zéro » serait d'endormir l'animal ou d'effectuer des prises de sang lors des traitements prophylactiques.

Toutefois, les analyses faites sur les différents échantillons prélevés ont permis d'apporter des informations originales sur les propriétés musculaires des taureaux de la race Brave qui ont fait l'objet de très peu d'études scientifiques, en particulier en France. Elles ont également servi à révéler les modifications physiologiques induites par la corrida. Ces premiers résultats ont été validés par un article scientifique dans la revue de Médecine Vétérinaire de Toulouse (Picard et al., 2006).

Au cours de la temporada 2004, nous avons prélevé des échantillons (sang, foie, muscles, urine) sur 60 taureaux, soit 10 corridas dont 9 élevages espagnols : Miura, Sanches Arjona, Cebada Cago, Fuente Ymbro, Los Espartales, Zalduendo, JP Domecq, Martelilla, Victorino Martin. La dixième corrida, correspond à une corrida concours (Saint-Martin de Crau, Avril 2004) composée de 6 taureaux venant chacun d'un élevage français différent : André, Gallon, Margé, Meynadier, Tardieu, H. Yonnet. Pour l'étude, ces 6 taureaux ont été regroupés sous le terme « élevage français ».

Sur l'ensemble de ces 60 taureaux, nous avons analysé les propriétés musculaires, le métabolisme musculaire et hépatique, les hormones du stress.

Le comportement des taureaux tout le temps de la lidia a été filmé.

la dépense énergétique, les allures, les signes de faiblesse dans les 3 tercio, les chutes numérotées de 1 à 5 selon la gravité., les baisses de rythme anormales après les piques, pendant la faena de muleta et les difficultés respiratoires (bouche ouverte, bouche fermée) ont

été enregistrées sur une grille de notation pour le calcul d'une note « **énergie** » et une note « **faiblesse** »

Ces notes de comportement ont été mises en relations avec les différentes analyses de laboratoires ainsi qu'avec les informations concernant l'animal (âge, poids, état d'engraissement) et son alimentation (analyse de la composition de la ration).

Les résultats obtenus ont été présentés oralement à Arles en Mars 2005 à l'occasion de la fêria de Pâques, à Nîmes en Septembre 2005 pour la fêria des vendanges, à l'Assemblée Générale des éleveurs de Taureaux de Combat à Arles en Février 2005, lors de réunions organisées par le club taurin de Vic Fézensac en Février 2006 et de Bayonne en Mars 2006, à une réunion de l'AFVT à Bayonne en 2005. Ils ont aussi fait l'objet d'une communication orale au Congrès Mondial des Eleveurs de Taureaux de Combat à Caceres (Espagne) en Octobre 2005 et au Symposium du Toro de Lidia à Zafra (Espagne) en Octobre 2005. Deux à trois articles scientifiques et article de vulgarisation ont été publiés.

Ces premiers travaux ont permis de caractériser les muscles des taureaux de race Brave pour lesquels très peu de données étaient disponibles, et de pouvoir répondre aux 3 questions qui ont justifié nos recherches.

- **1ère question :**

Les différences dans la typologie et le métabolisme des fibres musculaires qui existent entre les races domestiques existeraient elles entre les différents encastes dans la race brave ?

- **2ème question :**

S'il y a des différences entre encastes, aurait-on là l'explication des problèmes de faiblesse ? ou certains taureaux seraient ils mieux équipés que d'autres pour le type d'efforts à fournir pendant la lidia ?

- *des efforts type sprint, à la sortie et au capote*

- *des efforts type 1ère ligne et haltérophile au cheval*

- *des efforts alternés puis d'endurance dans le 3^{ème} tercio*

- **3ème question :**

Est-il possible d'orienter le développement musculaire par des **techniques d'élevage adaptées** pour obtenir des toros plus forts et plus mobiles ?

Les muscles des bovins renferment 3 types de fibres musculaires :

- **les fibres rouges lentes oxydatives de type I**, qui utilisent les lipides comme source d'énergie pour se contracter, leur fonctionnement nécessitant la présence d'oxygène.

Ces fibres interviennent dans les mouvements lents et de longue durée, de type endurance.

- **les fibres rouges rapides oxydo-glycolytiques ou type IIA**, qui sont des fibres dites intermédiaires car elles sont capables d'utiliser deux sources de nutriments (ou carburant) pour fournir de l'énergie pour la contraction musculaire : les sucres et les graisses (lipides). Elles ont donc la possibilité de pouvoir s'adapter à des changements de rythme. Ces fibres sont sollicitées dans les exercices de type fractionné.
- **les fibres dites « blanches rapides glycolytiques » ou IIX**, qui utilisent exclusivement les sucres (glucose, glycogène) pour la production d'énergie. Ces fibres qui n'ont pas besoin d'oxygène pour fonctionner, sont impliquées dans les exercices très rapides et de courte durée de type sprint

Nos travaux ont montré que ce dernier type de fibre (blanc, rapide glycolytique IIX) **est en très faible proportion, voire absent, chez les taureaux de race Brave** (Picard et al., 2006), alors que dans le muscle de l'épaule, le *triceps brachii* chez les principales races allaitantes françaises, nous trouvons habituellement en moyenne de **30 à 35%** de ce type de fibres.

Cette particularité de la race Brave a plusieurs origines : **La première est génétique** car cette race rustique adaptée aux systèmes extensifs, sélectionnée pour les jeux taurins n'a jamais été sélectionnée sur sa masse musculaire contrairement aux races à viande. Or, nos travaux montrent que la sélection sur la masse musculaire a orienté la composition du muscle vers un accroissement de fibres IIX ; l'exemple extrême étant le culard Blanc- Bleu - Belge et la race Blonde d'Aquitaine chez qui ces fibres IIX sont majoritaires.

D'autre part, les taureaux de combat ne sont pas castrés, or les hormones mâles (la testostérone) induisent une augmentation des fibres I et IIA et une diminution des IIX.

L'âge est un autre facteur qui peut intervenir, car il est connu qu'avec l'âge il apparaît une diminution de la proportion des fibres IIX dans les muscles et au contraire une augmentation des I et IIA. Or, ces taureaux ont 4 à 5 ans ce qui est bien supérieur aux âges habituels où nos observations sont faites sur les espèces domestiques.

Enfin, **l'exercice et l'alimentation** jouent également un rôle sur la composition en fibres des muscles. Les animaux qui se déplacent dans des systèmes d'élevage extensif par rapport à ceux en stabulation ou dans des parcs fermés, ont plus de fibres rouges I et IIA et moins de IIX. Pour finir, **l'alimentation à base d'herbe** induit aussi une augmentation de la proportion des fibres rouges I et IIA au détriment des IIX alors que **les rations d'engraisement augmentent la proportion de fibres rapides IIX**.

En conclusion les bovins domestiques de races à viande à fort volume musculaire et destinés à l'engraissement en système intensif, ont une plus forte proportion de fibres rapides glycolytiques IIX, les races rustiques extensives ont une plus forte proportion de fibres lentes oxydatives I et oxydo glycolytiques IIA.

La typologie des fibres musculaires de la race brave caractérise sa rusticité et sa bonne adaptation à un système d'élevage extensif : toutefois l'alimentation de finition des derniers mois, qui peut se comparer à des rations d'engraissement, la raréfaction des pâtures, la limitation des déplacements peuvent modifier la proportion des fibres.

On retrouve les mêmes différences dans les caractéristiques musculaires chez le cheval en fonction de sa race, du type d'effort qu'on lui demande et de son entraînement : ainsi un cheval de course type sprint aura plus de fibre rapides glycolytiques IIX qu'un cheval de course d'endurance à métabolisme plus oxydatif, de plus il sera entraîné pour le type d'effort demandé.

Nous avons donc démontré dans nos premières recherches que les caractéristiques musculaires des taureaux de combat sont très différentes des races à viande bovine.

Des travaux complémentaires dans le cadre de caractérisation de l'AOC Taureau de Camargue conduites en collaboration avec l'abattoir Alazard et Roux de Tarascon, montrent que les bovins de la race Di-Biou sont encore plus extrêmes que les bovins de race Brave, avec des proportions encore plus élevées de fibres rouges I et IIA (Picard et al., 2009 ; Santé-Lhoutellier et al., 2010).

D'autre part, nous avons aussi montré qu'au sein de la race Brave il existe des différences entre encastes, entre élevages dans le même encaste, entre individus dans le même élevage sur la composition des fibres musculaires, ce qui est logique étant donné les divers types morphologiques selon les encastes, et les différences dans la conduite de l'élevage et de l'alimentation.

Les taureaux qui renferment le plus de fibres rapides IIX contiennent moins de fibres IIA. Le rapport IIA/IIX est donc très variable d'un élevage à l'autre. Ce rapport présente un certain intérêt pour les efforts physiques demandés pendant la corrida car **les fibres IIX sont impliquées dans les mouvements brefs et intenses du premier tercio** et elles utilisent essentiellement les glucides (le glycogène) comme source d'énergie pour faire fonctionner le muscle. Les fibres IIA, elles, ont la particularité de pouvoir utiliser à la fois les glucides et les

lipides (les graisses) pour fournir de l'énergie au muscle. Elles sont donc plus facilement adaptables aux changements de rythme et de type d'effort physique tels qu'on peut les observer au cours des différentes phases de la corrida.

Nous avons pu étendre l'effectif des taureaux étudiés dans le cadre d'une collaboration avec l'Université de Léon et le Centre de Recherche sur le Taureau de Lidia à Salamanque en association avec l'ITACYL (Institut Technique Agraire de Castilla y Leon). Un étudiant vétérinaire (Daniel Bartolomé) est venu dans notre laboratoire (URH, INRA Theix) réaliser des analyses de fibres musculaires sur des taureaux issus d'une quinzaine d'élevages différents avec des effectifs de 6 à 20 taureaux par élevage. Ces élevages étaient représentatifs de 6 « encastes » différents.

Les prélèvements effectués en Espagne confirment bien des différences fortes entre élevages et entre « encastes ». Par exemple les taureaux de Miura ainsi que le taureau de Hubert Yonnet de la corrida concours de Saint-Martin de Crau 2004, ne renferment pas ou très peu de fibres IIX et à l'opposé les taureaux de JP Domecq en renferment 10%, les autres « encastes » se situent entre 3 et 7% de fibres IIX.

Quant aux taureaux de Victorino Martin, bien que possédant une proportion relativement importante de fibres rapides IIX, ils ont aussi la faculté de bien s'oxygéner puisqu'ils terminent régulièrement la bouche fermée : se rapprocheraient-ils de l'équilibre idéal ou leur capacité respiratoire serait elle meilleure du fait de leur morphologie ?

Ces résultats ont été présentés sous forme de conférence invitée (écrite et orale) à l'ouverture du Symposium International du Toro de Lidia à Zafra en 2007 (Picard et al., 2007).

Le muscle des taureaux Brave étant bien caractérisé, nous nous sommes intéressés à analyser son fonctionnement pendant la corrida afin de comprendre l'origine des faiblesses musculaires et des chutes rencontrées par certains taureaux. Pour cela nous avons analysé un grand nombre de paramètres sanguins, des paramètres musculaires (sur un muscle caractéristique de l'avant et un de l'arrière), du foie et des paramètres urinaires, ceci sur des prélèvements faits aux arènes le plus rapidement possible après la mort du taureau (dans le quart d'heure post-mortem). Ces données de laboratoire ont été mises en relation avec les notes de dépense énergétique, faiblesse et chutes (notées sur une grille par le même intervenant) pour chacun des taureaux au cours de la corrida.

Les résultats montrent que les taureaux qui renferment le plus de fibres IIX (rapides glycolytiques qui interviennent dans les mouvements rapides et brefs et qui utilisent

essentiellement le glycogène comme « carburant ») chutent le plus, mais ne sont pas forcément les plus faibles.

En effet l'estimation de la dépense énergétique et donc de la force du taureau se fait sur tous les efforts de la lidia : ainsi un taureau qui galope beaucoup dès sa sortie et dans le capote puis qui s'emploie beaucoup au cours de 2 ou 3 piques, ne peut être qualifié de faible s'il chute en début de faena, car dans l'ensemble de la lidia il aura consommé beaucoup d'énergie.

Les taureaux les plus faibles présentent une accumulation de lactate dans le muscle (métabolite marquant la mauvaise utilisation du glucose par le muscle) donc une acidification du muscle. Ces taureaux présentent encore, à la fin de la corrida, des réserves en glycogène dans le foie et le muscle, ce qui semble indiquer **qu'ils utilisent mal ces réserves** pour produire de l'énergie pour le fonctionnement du muscle.

Un autre aspect du fonctionnement musculaire lors de l'effort a été abordé. Lors d'un exercice musculaire intense, il apparaît inévitablement une production de molécules délétères pour le fonctionnement du muscle et les performances de l'animal appelées « radicaux libres ». Naturellement, l'organisme est équipé pour lutter contre ce phénomène en mobilisant des « anti-oxydants ».

Nos travaux montrent que les taureaux les mieux équipés en antioxydants, ont moins de problèmes de faiblesse que les autres.

D'autre part, les données concernant l'alimentation des taureaux ont montré que le rapport cellulose/matière grasse est important à prendre en compte, les taureaux présentant un rapport cellulose/matière grasse le plus faible chutaient le plus.

Enfin, nous avons montré que les taureaux les plus gras, mais pas forcément les plus lourds, chutaient le plus et étaient les plus faibles. L'ensemble de ces résultats a également fait partie de la conférence d'ouverture du Symposium International du Toro de Lidia à Zafra en 2007 (Picard et al., 2007).

Ainsi, les résultats obtenus dans le premier contrat de recherche AFVT-INRA (2003-2005) puis complétés et validés dans le second contrat (2006-2009) nous ont permis de définir plusieurs types de comportements pendant la « lidia » :

1. Les taureaux « glycolytiques », qui possèdent une proportion relativement importante de fibres IIX :

Ils dépensent beaucoup d'énergie dans le 1^{er} « tercio », galopent beaucoup chargent avec violence la cape, avec des rotations et des sauts sur les antérieurs, ils poussent fort au cheval avec des mouvements de levier de bas en haut. Ces efforts consomment beaucoup

de glycogène et peuvent provoquer une accumulation rapide d'acide lactique à l'origine de chutes et de baisse de rythme anormale au cours du 2^{ème} et 3^{ème} « tercio ». Ces taureaux soit « s'oxygènent » bien, résistent aux processus de peroxydation et récupèrent des efforts du 1^{er} « tercio » pour conserver assez de mobilité, soit s'oxygènent mal, ne résistent pas au stress oxydatif, et continuent à chuter en perdant leur mobilité.

2. Les taureaux « oxydatifs » avec une proportion plus importante de fibres I et II A, moins « explosifs » trottent plus qu'ils ne galopent : le 1^{er} « tercio » correspond à un échauffement, avec moins de risques d'un épuisement prématuré. Ces taureaux supportent mieux l'épreuve des piques, chutent moins et gardent plus de force et de mobilité dans le 3^{ème} « tercio ».

3. Il y aurait (tout au moins en théorie) le taureau idéal avec beaucoup de mobilité dès sa sortie et au capote, conservant de la mobilité après un minimum de 2 vraies piques, et conservant son allure de galop, sans gènes flexions, pour un 3^{ème} tercio correspondant par sa durée au goût du public actuel.

Ce taureau doit avoir des propriétés musculaires lui permettant une bonne adaptation à des changements de rythme comme ils existent au cours des différentes phases de la corrida. Pour cela il doit avoir un bon équilibre fibres IIX/IIA, avec relativement peu de IIX. Il doit pouvoir utiliser correctement ses réserves en sucre et graisse et pour cela être bien oxygéné lors de l'effort. Son état d'engraissement ne doit pas être excessif avec une alimentation bien équilibrée en protéines, minéraux, amidon, matières grasses, et un bon rapport fourrage/concentré.

Ainsi les taureaux de l'encaste « Domecq » dont les muscles des membres antérieurs contiennent 10% de fibres rapides IIX dépensent beaucoup d'énergie dans le premier tercio et sont plus dépendants du carburant glycogène, ce qui peut expliquer qu'après être entrés au galop dans l'arène, puis dans le capote, puis dans le cheval, puis dans la muleta ils s'épuisent faute de carburant à ½ faena. La baisse de rythme arrive d'autant plus vite que la position du museau au ras du sol caractérisant les qualités de noblesse, gêne l'approvisionnement en oxygène qui doit prendre le relais du glycogène.

A l'opposé les taureaux des encastes Miura, Atanasio, etc... moins pourvus en fibres rapides IIX, et plus équilibrés en fibres oxydoglycolytiques IIA, sortent moins explosifs, s'épuisent moins dans le 1^{er} tercio et sont plus résistants.

Ainsi, cette première étude a permis d'expliquer les modifications physiologiques observées chez les taureaux présentant des problèmes de chutes et de faiblesse musculaire. Nous pouvons ainsi définir quelles devraient être en théorie les caractéristiques physiologiques d'un taureau « idéal » ne présentant pas de problèmes de faiblesse.

Il reste maintenant à montrer comment les obtenir !

Pour cela nous avons mis en place un **second contrat de recherche INRA-AFVT pour une étude de l'influence du régime alimentaire, en particulier l'apport de composés anti-oxydants**, qui devrait améliorer l'état physiologique des taureaux de la manière suivante :

- améliorer la fourniture et l'utilisation du glucose par le muscle,
- stimuler les fonctions hépatiques de détoxification et de production de glucose,
- contrôler le statut anti-oxydant par des agents intervenants aux divers stades des phénomènes de peroxydation.

L'objectif principal du deuxième contrat de recherche AFVT-INRA (2006-2009) était de modifier les propriétés des muscles des taureaux dans un sens le plus favorable aux efforts demandés lors de la corrida, **en jouant essentiellement sur l'alimentation**. En effet, nous avons vu que les facteurs génétiques, l'exercice et l'alimentation avaient un effet sur les propriétés des muscles. Le volet génétique est très important mais il est sous la responsabilité de l'éleveur qui a ses propres critères de choix, aussi nous avons exclu cet aspect.

L'exercice est beaucoup utilisé, en particulier dans les élevages espagnols avec la construction de « **taurodromes** ». Les travaux de nos collègues espagnols de l'Université de Cordou montrent qu'il faut plusieurs mois d'entraînement avant de voir un résultat significatif sur les propriétés des muscles. De plus, il faut que le type d'entraînement soit bien défini et contrôlé car il peut avoir des effets inverses à ceux attendus. La mise en place de tels programmes d'exercice est très contraignante pour l'éleveur.

Aussi, nous avons donc choisi de tenter de modifier les propriétés des muscles **en jouant sur l'alimentation**, ce qui est plus facile à gérer par l'éleveur.

Concernant l'alimentation, nous avons tout d'abord axé nos travaux sur l'optimisation des défenses anti-oxydantes des taureaux. Nous avons vu dans notre première étude que le statut anti-oxydant des taureaux était un des facteurs lié aux chutes et faiblesse des taureaux. Il est

possible d'agir sur le niveau des défenses en augmentant la teneur en substances capables de "piéger" les molécules dites "oxydées", ces substances étant connues sous le terme générique d'anti-oxydants comme des études conduites chez le sportif de haut niveau l'avaient montré. Il est également possible d'augmenter le niveau de défense anti-oxydante en stimulant les systèmes de défenses endogènes de l'organisme en particulier les enzymes dites anti-oxydantes. Ces enzymes, pour fonctionner de façon optimale ont besoin de cofacteurs qui sont souvent des oligoéléments. Ainsi, nous avons ainsi choisi d'incorporer à l'aliment des taureaux en période de préparation de la corrida (6 à 8 semaines avant la corrida) des anti-oxydants et des oligoéléments dont la nature et la quantité a été formulée en fonction des connaissances acquises chez le cheval et les petits ruminants. Cette préparation a été faite par la Société EVIALIS DP Nutrition de Védène. Le niveau final d'apport de ces compléments nutritionnels naturels a été déterminé en fonction des niveaux déjà présents dans l'alimentation de base des taureaux. Sur deux « temporadas » successives nous avons travaillé avec des éleveurs volontaires afin de disposer pour un même élevage d'un lot d'animaux ayant reçu cette préparation alimentaire et l'autre non.

Nous avons pu réaliser un essai dans l'élevage de Christophe Fano sur deux lots (avec ou sans antioxydants) de 6 vaches conduites en même temps et tientées le même jour. A la fin de l'essai nous avons prélevé du sang et du muscle de la cuisse (*semitendinosus*) par biopsies, sur l'ensemble des vaches suite à cette tiente. Ce protocole très rigoureux, basé sur deux lots de vaches conduites dans les mêmes conditions et différant uniquement par l'apport d'anti-oxydants et oligo-éléments, nous a permis d'obtenir des résultats intéressants. Ces données ont été complétées par un essai similaire avec l'élevage Gallon où nous avons un lot « témoin » sans apport d'anti-oxydants et un lot « expérimental » avec apport d'anti-oxydants. Ces deux lots de taureaux ont fait l'objet de prélèvements musculaires et sanguins à l'issue de deux corridas : à Garlin pour le lot témoin et à Béziers pour le lot expérimental. Bien que rajoutant un effet « corrida » les résultats obtenus étaient cohérents avec les données obtenues dans l'élevage Fano. Les principaux résultats obtenus ont montré une modification de la proportion des différents types de fibres par l'apport d'anti-oxydants, dans les deux muscles de l'avant et de l'arrière.

L'apport d'anti-oxydants diminue significativement la proportion de fibres rapides glycolytiques et au contraire augmente la proportion de fibres rouges lentes oxydatives.

On oriente ainsi les muscles vers une composition de type « coureur de fond » qui présente plus d'aptitude à résister sur des efforts de longue durée. On observe d'autre part, une meilleure utilisation du glycogène chez les taureaux ayant reçu des anti-oxydants.

Enfait les anti-oxydants auraient le même effet sur le métabolisme musculaire que l'utilisation du « taurodrome ».

Ces résultats sont très originaux car c'est la première étude au niveau international qui révèle un effet des anti-oxydants sur les propriétés des muscles. L'effet observé est très important car toutes les études que nous avons pu faire sur l'effet de l'alimentation dans les races allaitantes mettaient en évidence des écarts beaucoup plus faibles entre les lots analysés. Ces résultats sont très encourageants, ils démontrent que l'on peut modifier les propriétés des muscles dans un sens favorable aux efforts demandés lors de la corrida grâce à cette préparation. L'effet observé va dans le même sens que ce qui pourrait être obtenu par un entraînement physique, avec une mise en oeuvre beaucoup moins fastidieuse pour l'éleveur. Ces résultats ont fait l'objet d'une communication au Symposium International du Toro de lidia à Zafra en Octobre 2007 (Durand et al., 2007) et au Symposium International sur la Physiologie des Ruminants (ISRP) en Septembre 2009 à Clermont-Ferrand (Durand et al., 2009). Un article est en préparation et sera soumis prochainement à la revue internationale *Veterinary Medicine International* (Durand et al., en préparation).

Bien qu'ayant un effet marqué sur les propriétés des muscles, l'apport d'anti-oxydants n'a toutefois pas eu d'effet fort sur la dépense énergétique, les chutes et faiblesse des taureaux. C'est pourquoi dans nous avons choisi de compléter cet apport d'anti-oxydants par un apport de glucoformateurs, comme cela est pratiqué chez la vache laitière à des périodes critiques comme au moment du pic de lactation. Nous avons utilisé le « **Bovergol** », qui était disponible et déjà bien maîtrisé chez les bovins laitiers. Sur les « temporada » 2007 et 2008, nous avons mis en place des essais dans les élevages Gallon, Jalabert, Blohorn, Margé, Yonnet avec des taureaux préparés avec anti-oxydants seuls et avec anti-oxydants et glucoformateurs. En particulier dans les élevages Gallon et Jalabert nous avons pu constituer deux lots de trois taureaux expérimentaux et trois témoins, ce qui permettait d'éliminer l'effet lieu de corrida. Les résultats d'observation et de notation de la dépense énergétique ont montré des performances améliorées avec la préparation anti-oxydants et glucoformateurs mais difficiles à quantifier

Afin de pouvoir quantifier précisément cet effet, il nous est apparu très important de disposer d'une méthode objective de quantification de l'activité physique de la dépense énergétique des taureaux au cours de la corrida.

Cette méthode a été mise au point dans le cadre de la thèse vétérinaire de Julien Garcia-Schneider encadrée par l'INRA, l'AFVT et l'ENVT (Garcia-Schneider 2008). Elle est basée sur l'analyse des films des corridas à l'aide d'un logiciel « **Observer** » utilisé en recherche

dans les études de comportement animal. La démarche a été d'établir une grille de critères à prendre en compte. Ainsi, sont minutés les temps passés à marcher, trotter, galoper, rester immobile, pousser au cheval, le critère bouche ouverte ou fermée et le nombre et type de chutes, pour chacune des phases de la corrida. A partir de ces temps, grâce à des travaux faits sur le cheval de course et avec l'aide de spécialistes éthologues « énergéticiens » de l'INRA, nous avons appliqué des coefficients qui permettaient **d'avoir une estimation quantitative de la dépense énergétique des taureaux pour chacune des activités physiques, et donc pour chaque phase de la corrida**. La mise au point de cet outil fait l'objet d'un article en préparation pour soumission dans une revue internationale (Garcia-Schneider et al., prêt à être soumis). Son utilisation sur un ensemble de 48 taureaux a permis de valider cet outil de **définir un taureau standard de référence** et de faire ressortir des différences marquées dans les performances et le comportement physique des taureaux selon les élevages (Garcia-Schneider 2008).

Par exemple le Dr Garcia Schneider a déterminé que la durée moyenne de la lidia des 48 taureaux était de 15mn 40 sec, que le temps d'immobilité était 62% du temps total, le temps de galop 16,5%, le temps de trot 5,5%, le temps de marche au pas de 16%.

Il est très intéressant de comparer à ces valeurs moyennes les valeurs par ganaderia et de constater par exemple qu'un toro de Fuente Ymbro galope 2 à 3 fois plus de temps qu'un toro de Victorino Martin dont le temps de trot est supérieur à toutes les ganaderias étudiées. Peut être cela explique-t-il la meilleure oxygénation des Victorino Martin. En se référant aux travaux faits sur le cheval, la dépense énergétique (DE) aux différentes allures a été estimée ainsi :

- **pas** : DE immobilité X 5 Kilocalories
- **trot** : DE immobilité X 15 Kilocalories
- **galop** : DE immobilité X 30 Kilocalories

Ainsi un taureau qui galope consomme en moyenne 2 fois plus d'énergie qu'un taureau qui trotte, de plus le galop d'un Domecq est beaucoup plus rapide qu'un Galop de Miura, ce qui peut contribuer à un épuisement plus précoce.

La thèse de doctorat vétérinaire (Influence de l'ajout de glucoformateurs et d'antioxydants lors de la préparation à la corrida du taureau Brave sur sa bravoure dans l'arène) qui sera soutenue en 2011 par Pierre Fiora termine notre cycle de recherches : elle a pour but d'étudier l'influence de la préparation alimentaire à base d'antioxydants et de glucoformateurs sur le

comportement du taureau dans l'arène en comparant la dépense énergétique et les signes de faiblesse de taureaux supplémentés avec des taureaux non supplémentés. L'étude menée par le Dr Julien Garcia et l' INRA (thèse Garcia-Schneider, 2008) avec le logiciel « Observer » a été utilisée pour calculer les performances de taureaux issus des trois grandes ganaderias françaises : Gallon, Jalabert et Margé.

Ces taureaux ont été combattus lors des temporadas 2006, 2007 et 2008 dans des arènes du Sud de la France (Orthez, Saint Perdon, Nîmes, Arles, Vic). Certains d'entre eux avaient reçu des glucoformateurs, d'autres des antioxydants, d'autres les deux types de substrats, et enfin nous disposions d'un lot dit « témoin » sans aucun additif.

Les vidéos des corridas ont été scrupuleusement analysées, chaque comportement du taureau noté et le logiciel nous a permis de calculer les performances lors de chacune des étapes de la corrida.

Les premiers résultats montrent les effets différents de ces deux types d'additifs.

Les taureaux ayant reçu des **glucoformateurs** se sont plus dépensés lors du premier tercio que les autres. La différence de dépense énergétique étant de l'ordre de 5%.

Les taureaux ayant reçu des **antioxydants** ont été plus combattifs lors des deux derniers tercios et ont ainsi permis de livrer une faena des muleta plus longue.

Bien que ces résultats doivent encore être analysés de manière plus approfondie, les premières conclusions sont d'ores et déjà encourageantes et confirment les notes de la grille Energie-Faiblesse, ainsi que nos observations : la préparation alimentaire aurait pour effets moins de baisses de rythme après les piques, une meilleure récupération dès le tercio de banderilles, plus de mobilité dans le 3^{ème} tercio.

Nous avons aussi étudié l'influence du temps que passe le taureau à pousser le cheval lors de la pique, sur son comportement lors des deux derniers tercios. Nous avons ainsi montré que plus le taureau passait de temps à pousser le cheval, moins sa dépense énergétique lors des deux derniers tercios était importante.

Nous avons également montré que le nombre de chutes lors des deux derniers tercios était indépendant du temps que passe le taureau à pousser le cheval.

Enfin, de façon complémentaire, la thèse de N. Mirabaud encadrée par l'INRA, l'AFVT et l'ENVT, qui a été soutenue début 2010, a porté sur **l'impact de la préparation en élevage, du transport et du temps et des conditions de séjour au corral sur le comportement des taureaux en corrida**. Ce travail a permis de bien mettre en évidence l'importance des conditions de transport ainsi que du temps de récupération au corral, la

disposition des corrals étant essentielle pour permettre aux animaux de récupérer le mieux possible.

L'ensemble de ces travaux nous permettra à terme d'utiliser ces données scientifiques pour proposer des conseils pour la préparation des taureaux depuis la phase d'élevage jusqu'à la sortie dans l'arène afin d'optimiser au maximum les conditions physiques des taureaux et limiter ainsi les problèmes de chutes et faiblesse.

La préparation alimentaire des taureaux de combat telle que nous l'avons définie doit s'intégrer dans les techniques modernes d'élevage au même titre que les rations mélangées « unefeed », la mise en place des « fundas » l'application rigoureuse des programmes sanitaires, l'entraînement, l'amélioration du confort durant le transport et le séjour dans les corrales , pour que le taureau sorte dans l'arène avec toute son intégrité physique.

Ces travaux de recherche n'ont pas eu pour but de trouver des recettes miraculeuses pour produire des taureaux parfaits, encastés, braves et nobles, ils nous ont permis de mieux comprendre le comportement du taureau pendant la lidia **dont les qualités sont avant tout le fruit des efforts de sélection du ganadero.**

Il n'est pas toujours facile de faire la part du « **mental** » et du « **moteur** » : nous n'avons travaillé que sur le moteur pour mieux comprendre son fonctionnement et essayer de donner plus de mobilité au taureau, pour extérioriser ses qualités et parfois ses défauts dont le mélange contribue au mystère de la corrida et au bonheur des aficionados.

Valorisation scientifique des résultats

- Articles primaires

Picard B., Santé-Lhoutellier V., Ameslant C., Micol D., Boissy A., Hocquette J.F., Compan H., Durand D., 2006. Caractéristiques physiologiques de taureaux de la race Brave à l'issue de la corrida. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 157, 293-301.

Picard B., Santé-Lhoutellier V., Fiot I., Gatellier P., Durand D., Micol D., 2009. Spécificités des muscles et de la viande des bovins de l'AOC taureau de Camargue. *Viandes et Produits Carnés*. 27 (4) 111-116.

Santé-Lhoutellier V., Gatellier P., Fiot I., Durand D., Micol D., Picard B., 2010. Specific features of muscles and meat from "AOC" guaranteed-origin Taure Camargue beef cattle. *Livestock Science*, 129 (1), 31-37.

En préparation pour soumission fin 2010:

D. Durand, D. Micol, H. Compan, V. Santé-Lhoutellier, D. Bartolome, N. Mirabaud, J. Garcia-Schneider, G. Cattiau, B. Picard., Effect of antioxidant supplementation in the diet of Brava cattle during extreme exercise. *Pour Veterinay Medicine International*

Picard B., Santé-Lhoutellier V., Micol D., Cattiau G., Boissy A., Compan H., Jurie C., Durand D., Physiologie musculaire et faiblesse des taureaux de corrida de la race Brave. *Revue Médecine Vétérinaire Lièges*.

Garcia-Schneider J., Boissy A., Santé-Lhoutellier V., Durand D., Micol D., Compan H., Cattiau G., Bartolomé D., Jurie C., Picavet D., Picard B. Une méthode objective d'évaluation des performances comportementales et de la dépense énergétique du taureau de *lidia*. Pour revue espagnole à définir

- Conférences et Communications courtes dans des congrès ou symposiums

Durand D., Santé-Lhoutellier V., Micol D., Mirabeau N., Garcia-Schneider J., Compan H., Picard B., 2009. Effects of antioxidant supplementation in the diet on blood parameters and muscle characteristics in fighting bulls during extreme exercise. XIth International Symposium on Ruminant Physiology, Clermont-Ferrand, France. September 6-9 2009.

Durand D., Micol D., Compan H., Santé-Lhoutellier V., Bartolome D., Mirabaud N., Garcia-Schneider J., Cattiau G., Picard B., 2007. Intérêt d'un apport en antioxydants dans l'alimentation du taureau de combat sur ses capacités physiques et métaboliques lors d'un exercice extrême. VIII Symposium del Toro de lidia, Zafra (Espagne), 26-27 Octobre 2007.

Micol D., Durand D., Sante-Lhoutellier V., Cattiau G., Compan H., Picard B., 2007. Fatigue

musculaire des taureaux de combat. 2èmes Journées d'Animation Scientifique du Département PHASE, Tours (FRA), 22, 23-24 octobre 2007. 165.

Micol D., Santé-Lhoutellier V., Sans P., Fiot I., Gattelier P., Durand D., Picard B., 2007. L'AOC "Taureau de Camargue" : spécificités de sa viande. VIII Symposium del Toro de lidia, Zafra (Espagne), 26-27 Octobre 2007.

Picard B., Durand D., Micol D., Compan H., Bartolome D., Mirabaud N., Garcia-Scheider J., Cattiau G., Santé-Lhoutellier V., 2007. Identification de los factores de la fatiga muscular del toro de lidia. VIII Symposium del Toro de lidia, Zafra (Espagne), 26-27 Octobre 2007.

Picard B., Santé-Lhoutellier V., Micol D., Durand D., 2007. Particularités des muscles des bovins de l'AOC Taureau de Camargue . 14èmes Rencontres Recherches Ruminants, Paris (FRA), 5-6 décembre 2007. 14. p. 98.

Picard B., Durand D., Santé-Lhoutellier V., Micol D., Cattiau G., Compan H., 2006. Particularités musculaires des taureaux de combat (race Brave). 13èmes Rencontres Recherches Ruminants, Paris (FRA), 6-7 Décembre 2006, 13, p.217.

Picard B., Fiot I., Durand D., Micol D., Santé-Lhoutellier V., 2006. Caractéristiques musculaires des bovins de l'AOC Taureau de Camargue. Viandes et Produits Carnés. 11e journées Sciences du muscle et technologies des viandes (JSMTV), Clermont-Ferrand (FRA), 4-5 octobre 2006. Hors série, 231-232.

Santé-Lhoutellier V., Gatellier PH., Fiot I., Durand D., Micol D., Picard B., 2006. Stabilité de la couleur et oxydation des lipides dans les viandes de l'AOC de Taureau de Camargue. Viandes et Produits Carnés. 11èmes journées Sciences du Muscle et Technologies de la Viande (JSMTV), Clermont-Ferrand (FRA), 4-5 octobre 2006. Hors série, 232-233.

- **Thèses Vétérinaires**

Ameslant C., 2007. Origine de la fatigue musculaire des taureaux de combat. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire présentée et soutenue à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.

Garcia-Schneider J.M.N., 2008. Développement et validation d'une nouvelle méthode quantitative et objective d'évaluation du comportement et des dépenses énergétiques du taureau Brave au cours de la corrida : applications à l'étude de la faiblesse des taureaux lors de la corrida. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire présentée et soutenue à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.

Mirabaud N., 2010. Influence de la conduite en Elevage, du transport et du séjour dans les corrals sur les performances des taureaux Brave en corrida. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire présentée et soutenue à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse.

