



REVUE DOCUMENTAIRE

LES ANABOLISANTS DANS LA PRODUCTION DU VEAU

**PAR : Madame Tania NGAPO et Monsieur Claude GARIEPY
Centre de recherche et de développement sur les aliments**

POUR : Fédération des producteurs de bovins du Québec

Juillet 2004

Plan

Résumé et financement	3
1. Introduction	4
2. Œstradiol	5
2.1 Caractéristiques de production	5
2.2 Qualité de la viande	8
3. Zéranol.....	10
4. Clenbutérol et salbutamol	11
4.1 Caractéristiques de production	11
4.2 Qualité de la viande	12
5. Antimicrobiens anabolisants	15
6. Hormone de croissance	18
7. Comparaison d’anabolisants	19
8. Autres approche	23
9. Interdiction des anabolisants.....	24
10. Conclusion	25
11. Documentation	26
12. Documents non utilisés.....	30

Résumé

Les effets des anabolisants sur les caractéristiques de production et sur la qualité de la viande sont décrits d'après l'information tirée des documents traitant de la question. Parmi les agents examinés figurent l'œstradiol, le zéranol, le clenbutérol, le salbutamol, les anabolisants antimicrobiens, l'hormone de croissance et les combinaisons de certains de ces agents avec l'acétate de trenbolone, la progestérone et la testostérone. En général dans les études, on compare des sujets auxquels on administre un anabolisant avec des sujets témoins, mais, dans certains cas, on compare plusieurs anabolisants entre eux ou différentes séries d'anabolisants. Comme les effets des anabolisants sont connus, il est possible d'estimer les conséquences de leur élimination de la production du veau et de les exprimer en termes économiques. Il semble qu'il n'existe pas de moyens de remplacement, mais si l'on venait à en trouver, il est probable que l'opportunité de leur utilisation serait vite remise en question. Avec l'élimination des anabolisants de la production du veau, il resterait vraisemblablement un système où les autres conditions de production sont déjà optimisées.

Financement

Cette revue de littérature a été financée par les Fonds de recherche des Comités de mise en marché du veau de grain et du veau de lait de la Fédération des producteurs de bovins du Québec.

1. Introduction

On peut améliorer le rendement des productions animales en augmentant la vitesse de croissance des animaux au moyen d'hormones (naturelles ou synthétiques) qui se lient à des récepteurs spécifiques dans les tissus ciblés ou par l'ajout à la ration de composés antimicrobiens qui modifient la microflore intestinale des animaux en bonne santé, ce qui améliore leur performance. Une somme de travail considérable a été consacrée aux effets des anabolisants sur les caractéristiques de production et sur la qualité de la viande, et des revues documentaires, dont celles de Van der Wal et Berende (1983) et de Toullec et Quillet (1984), ont été réalisées sur les effets des agents anabolisants chez les animaux servant à la production d'aliments de consommation humaine, y compris les veaux. Une liste très partielle d'anabolisants commerciaux figure au tableau 1. Certains de ces produits ne sont plus dans le commerce, mais, comme il en est question dans certaines des expériences décrites ici, ils ont été relevés dans la liste. La réglementation régissant l'utilisation des anabolisants dans la production du veau varie selon le pays, mais nous n'aborderons pas cet aspect ici : nous traiterons uniquement des effets de ces produits sur les caractéristiques de production et la qualité de la viande, tels qu'ils sont décrits dans la documentation.

Tableau 1. Quelques anabolisants commerciaux

Marque	Composition	Utilisation
Calf-oid	10 mg d'œstradiol + 100 mg de progestérone	veaux
Component C	10 mg d'œstradiol + 100 mg de progestérone	veaux
Component H	20 mg d'œstradiol + 200 mg de testostérone	génisses
Component S	20 mg d'œstradiol + 200 mg de progestérone	bouvillons
Component TH	200 mg d'acétate de trenbolone	génisses
Compudose	25,7 mg d'œstradiol	bouvillons et génisses
Encore	43,9 mg d'œstradiol	bouvillons et génisses
Finaplix-H	200 mg de testostérone	génisses
Finaplix-S	140 mg de testostérone	bouvillons
Forplix	36 mg de zéranol + 140 mg d'acétate de trenbolone	
Heifer-oid	20 mg d'œstradiol + 200 mg de testostérone	génisses
Implix	20 mg d'œstradiol + 200 mg de testostérone	
Implus-C	10 mg d'œstradiol + 100 mg de progestérone	veaux
Implus-H	20 mg d'œstradiol + 200 mg de testostérone	génisses
Implus-S	20 mg d'œstradiol + 200 mg de progestérone	bouvillons
MGA	acétate de mélangestrol	génisses
Ralgro	36 mg de zéranol	
Revalor	20 mg d'œstradiol + 140 mg d'acétate de trenbolone	
Revalor-G	8 mg d'œstradiol + 40 mg d'acétate de trenbolone	bouvillons et génisses
Steer-oid	20 mg d'œstradiol + 200 mg de progestérone	bouvillons
Synovex C	10 mg d'œstradiol + 100 mg de progestérone	veaux
Synovex H	20 mg d'œstradiol + 200 mg de testostérone	génisses
Synovex S	20 mg d'œstradiol + 200 mg de progestérone	bouvillons
Torelor	40 mg d'œstradiol + 200 mg d'acétate de trenbolone	
Torevex-S	20 mg d'œstradiol + 200 de progestérone	

2. Œstradiol

L'œstradiol, la progestérone et la testostérone sont les principales hormones stéroïdes utilisées comme anabolisants (Aiello, 1998). On peut poser des implants hormonaux dans l'oreille des animaux, les oreilles étant rejetées à l'abattage, ce qui élimine le risque que le consommateur ingère des résidus en quantités toxiques. Lorsqu'elles sont utilisées comme anabolisants, les hormones ne peuvent être administrées par injection intramusculaire parce qu'il y a un risque d'accumulation de résidus à une concentration toxique au point d'injection.

L'œstradiol est un puissant anabolisant pour les ruminants. Lorsqu'on l'utilise en comprimés, il faut y adjoindre un autre stéroïde (habituellement de la testostérone ou de la progestérone), à raison, approximativement, de 1 partie d'œstradiol pour 10 parties de l'autre stéroïde, pour ralentir la vitesse de libération de l'œstradiol et prolonger la durée effective de l'implant jusqu'à environ 100 jours. Les hormones androgènes, ou mâles, naturelles ont la propriété de provoquer l'apparition de caractères mâles (effet androgène); dans la synthèse des stéroïdes anabolisants, il est essentiel d'augmenter le facteur de croissance dans une forte proportion par rapport à l'effet androgène. L'acétate de trenbolone est un composé de ce genre : il donne peu de résidus dans la viande et le lait, il est presque inactif lorsqu'il est administré par voie orale et il est détruit par la chaleur (Heitzman, 1974).

2.1 Caractéristiques de production

Dans une expérience, on a posé à 42 veaux des implants de 17β -œstradiol (20 mg), avec ou sans acétate de trenbolone (140 mg), environ 43 jours avant l'abattage, effectué à 111 ou 148 jours (Grandadam *et al.* 1973, 1975a,b,c). Le gain pondéral a augmenté de 17,4 % chez les veaux auxquels on a posé un implant de 17β -œstradiol (20 mg) avec de l'acétate de trenbolone (140 mg), si bien que le poids de la carcasse s'est accru de 8,5 %. L'indice de consommation aussi s'est amélioré, dans une proportion de 10 %.

Les effets de l'œstradiol sur les caractéristiques de production des veaux ont aussi été étudiés par Verbeke *et al.* (1976); leurs travaux ont porté sur deux implants hormonaux commerciaux, l'un contenant de l'œstradiol (20 mg) et de la testostérone (200 mg), l'autre de l'œstradiol (20 mg) et de l'acétate de trenbolone (140 mg); 40 veaux ont reçu un implant 4, 8 ou 4 et 8 semaines avant l'abattage. Chez les sujets n'ayant reçu qu'un seul implant 8 ou 4 semaines avant d'être abattus, on a observé, par comparaison aux témoins, un effet favorable sur le gain pondéral (augmentation de 8-11 %), l'indice de consommation (amélioration de 7-13 %) et l'indice de carcasse. Ces effets se sont révélés supérieurs chez les sujets ayant reçu un implant 8 et 4 semaines avant d'être abattus (gain pondéral de 15-18 % et indice de consommation amélioré dans une proportion de 12-15 % par comparaison aux témoins). Les effets des implants d'œstradiol et d'acétate de trenbolone étaient supérieurs à ceux des implants d'œstradiol et de testostérone.

Van Weerden (1984) a présenté les résultats de 6 expériences portant sur un total de 67 veaux auxquels des implants de 17β -œstradiol (20 mg) et de testostérone (200 mg) ont été posés en vue d'une comparaison avec 58 veaux non traités. Le poids vif à l'abattage était compris entre 160 et 200 kg, celui des animaux traités dépassant en moyenne de 3,5 kg celui des témoins. Cette différence, jugée inférieure à ce qui s'observe normalement, a été expliquée par le fait que, dans la plupart des cas, les veaux n'ont pas été abattus lorsque les effets du traitement anabolisant étaient maximum; il n'y a toutefois aucun renseignement sur la date de pose des implants, ni sur l'âge des animaux au moment de l'abattage. Aucune différence de rendement ou de couleur de carcasse n'a été observée, mais, en moyenne, la conformation était légèrement meilleure chez les animaux traités.

Dans la même publication (Van Weerden, 1984), on présente les résultats de 11 expériences réalisées avec du 17β -œstradiol (20 mg) en combinaison avec de l'acétate de trenbolone (140 mg). En moyenne, le poids vif à l'abattage était supérieur de 4 kg chez les animaux traités, et, encore une fois, on estime que l'abattage n'a pas été effectué lorsque l'effet des hormones était maximal. Aucune différence de rendement de carcasse ni d'effet systématique sur la couleur des carcasses n'ont été observés, mais, dans toutes les expériences, la conformation de la carcasse des animaux traités a été jugée meilleure.

Dans une étude portant sur 24 veaux, Renerre *et al.* (1989) ont constaté que la pose d'un implant Revalor (œstradiol et acétate de trenbolone) 60 jours avant l'abattage (à 4 mois) a donné lieu à une augmentation du poids de la carcasse de 8,2 % et à l'amélioration de la conformation de la carcasse. L'ajout à la ration d'une matière brute « ligno-cellulosique » à base de paille n'a pas eu d'effet sur les caractéristiques de la carcasse, mais, une combinaison de cette matière brute et de Revalor a donné la conformation la meilleure.

Scheid *et al.* (1974) ont étudié des implants hormonaux à deux vitesses de libération chez 358 veaux abattus à 95 jours. Ils ont constaté que les implants à libération lente sont meilleurs. Dans une autre étude, une augmentation du poids vif a été observée par rapport aux témoins chez des veaux auxquels on a posé un implant de 17β -œstradiol (20 mg) et d'acétate de trenbolone (140 mg) 53-43 jours avant l'abattage. Les effets de la pose de l'implant plus tôt, soit 96-84 jours avant l'abattage, n'ont pas duré pendant toute la période expérimentale, et le poids vif de certains animaux à l'abattage était moins élevé que celui des témoins. Avec deux implants posés l'un, 96-84 jours, l'autre, 53-43 jours avant l'abattage, les effets semblent intermédiaires entre ceux de l'implant unique posé tard et ceux de l'implant unique posé tôt, et sont parfois inférieurs à ce qu'on observe chez les témoins. Le gain pondéral quotidien moyen suit la même tendance. Par rapport aux témoins, la conformation de la carcasse s'est améliorée avec tous les traitements sauf dans le cas des veaux qui ont reçu un implant unique tôt; les meilleurs résultats ont été obtenus avec les implants doubles.

On a proposé d'utiliser une préparation d'anabolisant cutanée à verser sur le dos des animaux pour éviter l'apparition de sites d'injection; Schilt *et al.* (1998) l'ont évaluée dans une expérience portant sur 23 veaux. La moitié des animaux recevant l'anabolisant ont été rasés le jour précédant l'administration de

la préparation; de l'œstradiol (25 mg) et du stanozolol (stéroïde anabolisant de synthèse apparenté à la testostérone; 110 mg) ont été mélangés, avec et sans dipropionate de beclométhasone (un corticostéroïde; 10 mg), pour préparer une solution de 10 mL qu'on faisait pénétrer par massage dans la peau des animaux. Les médicaments ont été administrés une fois par semaine ou une fois toutes les 2 ou 4 semaines. D'après les résultats préliminaires, la préparation cutanée de stanozolol et d'œstradiol a fait augmenter le poids de la carcasse, mais, avec le mélange qui renfermait en plus du dipropionate de beclométhasone, le poids de la carcasse a baissé (la signification statistique n'a pas été déterminée).

Toullec et Manis (1986) ont étudié les effets d'un mélange d'œstradiol (20 mg) et d'acétate de trenbolone (140 mg; implant « Revalor ») chez des veaux de boucherie recevant des rations différentes : une ration riche en lipides, une ration riche en glucides et une ration standard. Chez tous les veaux ayant un implant on a observé un gain pondéral plus rapide et un meilleur indice de consommation que chez les témoins (sans implant). En moyenne, la différence de croissance observée après 8 semaines chez les animaux ayant un implant était de 14 % chez les animaux qui ont reçu la ration standard et de 25 et 9 %, respectivement, chez ceux qui ont reçu la ration riche en lipides et chez ceux qui ont reçu la ration riche en glucides par comparaison aux témoins, sans implants, qui ont reçu les mêmes rations. Chez les animaux qui ont reçu la ration standard, les différences ont été observées surtout les semaines 2, 3 et 4, puis elles ont pratiquement disparues. Chez les animaux dont la ration était modifiée, la durée effective de l'implant semble avoir été prolongée (de 1 semaine pour la ration riche en glucides et de 3 semaines pour la ration riche en lipides). La nature de l'apport énergétique des aliments n'a pas eu d'effet significatif, mais l'interaction anabolisant-aliment était telle que les anabolisants semblent avoir été moins efficaces avec la ration riche en glucides.

La plupart des travaux sur la production du veau sont réalisés avec des animaux mâles, mais O'Callaghan *et al.* (1987) ont étudié les effets d'implants œstradiol-progestérone commerciaux chez 189 veaux femelles, qu'ils ont répartis au hasard en différents groupes : 1) témoins (pas d'implant); 2) 10 mg de benzoate d'œstradiol et 100 mg de progestérone (moitié d'un implant « Synovex-S »); 3) 10 mg de benzoate d'œstradiol et 100 mg de progestérone (moitié d'un implant « Torevex-S »); 4) 20 mg de benzoate d'œstradiol et 200 mg de progestérone (implant « Synovex-S »); 5) 20 mg de benzoate d'œstradiol et 200 mg de progestérone (implant « Torevex-S »). Le gain pondéral quotidien dans une période de 83 jours a été de 987, 1 097, 1 164, 1 146 et 1104 g/jour et le poids de la carcasse, ajusté en fonction de la variation du poids initial et du nombre de jours écoulés jusqu'à l'abattage, était de 94,3, 100,2, 102,6, 101,7 et 101,7 kg chez les animaux des groupes 1 à 5, respectivement. On en a conclu qu'un implant de 10 ou 20 mg de benzoate d'œstradiol avec de la progestérone fait augmenter la vitesse de croissance des veaux femelles, et qu'une dose plus élevée n'entraîne pas d'accroissement additionnel.

2.2 Qualité de la viande

La pose d'un implant de 17β -œstradiol (20 mg), avec ou sans acétate de trenbolone (140 mg), environ 43 jours avant l'abattage n'a pas déterminé de différence de pertes au ressuage ou à la cuisson, ni de teneur en matière sèche ou de concentration de sodium, de potassium, de fer, de calcium, de sélénium et de magnésium entre les deux groupes de traitement et le groupe témoin (Grandadam *et al.*, 1973, 1975a, b, c). Les mesures ont été faites à 24 h et 8 jours *post mortem* dans les muscles de 42 veaux abattus à environ 111 ou 148 jours. Verbeke *et al.* (1976) ont obtenu des résultats comparables dans une expérience portant sur 40 veaux auxquels ils ont posé des implants d'œstradiol (20 mg) et d'acétate de trenbolone (140 mg) ou d'œstradiol (20 mg) et de testostérone (200 mg) 4, 8 ou 4 et 8 semaines avant l'abattage. Ils ont constaté que ni le pouvoir de rétention d'eau, ni la couleur de la viande (d'après la réflectance) n'étaient changés. Toutefois, les valeurs cisaillement ont augmenté chez les sujets du groupe ayant reçu le traitement à l'œstradiol et à la testostérone 8 et 4 semaines avant l'abattage. Valin *et al.* (1978) ont observé en plus, chez 54 veaux auxquels ils ont posé un implant de 17β -œstradiol (20 mg) et d'acétate de trenbolone (140 mg), une baisse de la tendreté de la viande (jury de dégustation de 10 personnes). Par ailleurs, la couleur (d'après la luminance et la chromacité déterminées par spectrophotométrie), la teneur en myoglobine et le pH final n'ont pas changé.

Une concentration supérieure d'œstradiol (36 mg), administrée à 22 veaux 50 jours avant l'abattage dans un implant avec acétate de trenbolone (140 mg), a donné les mêmes résultats que la concentration d'œstradiol moins élevée (Valin *et al.*, 1984). Les valeurs de tendreté, de jutosité et d'intensité de flaveur étaient moins bonnes pour la viande des veaux à implant; par ailleurs, aucune différence de perte à la cuisson ni de pH à 24 h n'a été observée. La nature des protéines déposées a changé, comme le dénotaient le changement des isoformes de la myosine, les proportions accrues de protéine dénaturée (déterminées au moyen d'une fibre optique) et le temps de relaxation moins élevé des protons mesuré par RMN.

Renner *et al.* (1989) ont utilisé un implant commercial (17β -œstradiol et acétate de trenbolone) chez 36 veaux 60 jours avant l'abattage à 4 mois; ils ont également constaté que, par comparaison aux témoins, l'implant est sans effet sur la couleur subjective de la viande maigre de même que sur le pH final, l'hématocrite, la teneur en pigments, la dénaturation des protéines, la couleur de la viande (réflectance mesurée par spectrophotométrie), la teneur en matière sèche, la teneur en collagène et la solubilité du collagène. Comme c'était le cas dans des études antérieures, la viande des veaux qui ont reçu l'implant n'a pas été jugée moins tendre ni moins juteuse que celle des témoins par un jury de 24 personnes formées pour la dégustation; aucune différence de flaveur n'a été relevée. Toutefois, à la différence des travaux antérieurs, les pertes à la cuisson étaient plus importantes avec la viande des sujets ayant reçu un implant qu'avec celle des animaux témoins. Comme il n'y avait pas de différence de teneur en collagène ni de

solubilité du collagène, on a pensé que le vieillissement pourrait être à l'origine des différences de tendreté, tandis que les différences de jutosité s'expliqueraient par les différences de pertes à la cuisson.

À l'évaluation visuelle de la couleur et de la teneur en gras de la viande de 358 veaux, aucune différence n'a été observée entre les traitements, ceux-ci consistant à administrer les mêmes composés sous forme d'implants rapidement absorbés qui ont été posés à 96-84 jours, 53-43 jours ou 96-84 jours et 53-43 jours avant l'abattage (Scheid *et al.*, 1974). Un implant à absorption lente posé 53-43 jours avant l'abattage a aussi été étudié dans ces travaux. Les veaux ont été abattus à 95 jours.

3. Zéranol

Le zéranol, analogue d'un œstrogène naturel d'origine végétale (la zéaralénone), a des propriétés œstrogéniques. Les effets d'implants de zéranol sur le gain pondéral de la naissance à 180 jours ont été étudiés chez 269 veaux mâles (56 intacts, 106 castrés auxquels un implant de zéranol [36 mg] a été posé à la naissance, puis à 90 jours, et 107 sujets témoins castrés) (Donovan *et al.*, 1983). En moyenne, par rapport aux témoins, le gain pondéral quotidien des bouvillons qui ont reçu les implants de zéranol a atteint des valeurs supérieures dans une proportion de 9,2 % à 90 jours et de 9,5 % à la fin de la période expérimentale. À 90 jours, le gain pondéral des bouvillons intacts ne différait pas de celui des sujets ayant reçu les implants, mais, à 180 jours, il avait une valeur intermédiaire entre celle des deux autres groupes.

Dans une autre étude portant sur des veaux auxquels on a posé un implant de zéranol (48 mg) à la naissance, on a constaté une amélioration de l'indice de consommation et du gain pondéral quotidien moyen pendant les premiers 43 jours par comparaison à des veaux n'ayant pas reçu de zéranol (Egan *et al.*, 1993). Toutefois, l'administration de doses moindres de zéranol (12, 24 et 36 mg) à la naissance n'a pas influé sur ces caractéristiques, contrairement à ce que Donovan *et al.* (1983) avaient constaté auparavant. Aucun effet sur la surface du LD (*longissimus dorsi*), l'indice de rendu des couleurs RA ou la conformation de la carcasse n'a été observé, quelle que soit la dose de zéranol administrée.

Bouffault et Willemart (1983), dans une revue documentaire portant sur l'activité anabolisante de l'acétate de trenbolone utilisé seul ou avec de l'œstrogène, ont résumé les résultats de 11 études sur les effets d'un implant de zéranol (36 mg) et d'acétate de trenbolone (140 mg) posé à des veaux de 60 jours abattus à 110 jours. Une amélioration du gain pondéral quotidien et de l'indice de consommation dans une proportion d'environ 10 % a pu être observée durant la période expérimentale. Le classement des carcasses s'est aussi amélioré, essentiellement en raison de la conformation. On en a conclu que le poids de la carcasse peut être accru de 5-10 kg sans changement de la consommation alimentaire absolue, ce qui signifie que l'indice de consommation est considérablement amélioré.

Par ailleurs, on a posé un implant de zéranol (36 mg) et d'acétate de trenbolone (140 mg) à 30 veaux 100 jours, puis 49 jours avant l'abattage (les veaux avaient environ 128 jours lorsqu'ils ont été abattus) : les qualités organoleptiques (tendreté, jutosité et flaveur, évaluées par un jury de 8 personnes formées pour la dégustation) de la viande de ces animaux ne différaient pas de celles de la viande des sujets témoins, sans implant (Institut Technique de l'Élevage Bovin, 1982).

4. Clenbutérol et salbutamol

Les catécholamines (produits chimiques produits par les surrénales) forment un groupe de composés dits β -agonistes qui ont des effets hormonaux. Elles sont actives lorsqu'on les administre par voie orale, et, en production animale, on s'en sert surtout pour provoquer des changements de composition corporelle entraînant la diminution de la teneur en gras et l'augmentation de la teneur en viande maigre. Le clenbutérol et le salbutamol sont des catécholamines.

4.1 Caractéristiques de production

Williams *et al.* (1986, 1987) ont étudié chez 22 veaux les effets du clenbutérol, administré à raison de 0,1 et 1,0 mg/kg de substitut du lait (ce qui équivaut à environ 2 et 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [poids vif], respectivement, au cours des 108 jours de l'expérience). Dans la première des deux études qu'ils ont réalisées, le clenbutérol n'a pas eu d'effet significatif sur le gain pondéral quotidien, mais l'indice de consommation des veaux recevant 1,0 mg était meilleur que celui des témoins, et le rendement a augmenté proportionnellement avec la dose de clenbutérol. La deuxième étude n'a révélé aucun effet sur la consommation de matière sèche, le gain pondéral quotidien et l'indice de consommation.

Dans leurs travaux, Parat *et al.* (1990) ainsi que Berge *et al.* (1993) ont constaté que le clenbutérol n'avait pas influé sur le poids vif des veaux, mais que, contrairement à ce que Williams *et al.* (1986, 1987) ont observé, le poids de la carcasse avait augmenté par comparaison à celui des témoins, l'augmentation atteignant 10 kg pour le traitement à 0,3 mg et 12 kg pour le traitement à 1,0 mg. Dans ces expériences, le clenbutérol (0,3 ou 1,0 mg/kg de ration) a été administré par voie orale à 30 veaux pendant 27 jours, et 14 jours plus tard, les animaux, âgés de 5 mois en moyenne, ont été abattus. L'indice de consommation mesuré pour la totalité de la période d'étude n'a pas changé. Au cours de la phase de traitement, toutefois, il était de 2,31 chez les témoins, de 1,66 chez les animaux ayant reçu la dose de 0,3 mg et de 1,73 chez ceux ayant reçu la dose de 1,0 mg, mais comme il est remonté au cours des 14 jours précédant l'abattage, sa valeur globale, pour l'ensemble de la période d'étude, est demeurée inchangée.

Garssen *et al.* (1995) ont comparé le clenbutérol et le salbutamol; ils en ont ajouté au lait donné à des veaux de 21 semaines pendant un traitement de 4 semaines, et, après une période de retrait de 3 jours, les veaux ont été abattus. Ils ont soumis 3 groupes de 15 veaux chacun à un traitement β -agoniste différent : 1,6 mg de clenbutérol par veau par jour (8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [poids vif] par jour), et 60 ou 100 mg de salbutamol par veau par jour (300 et 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [poids vif] par jour, respectivement). Les 15 veaux du groupe témoin n'ont reçu aucun traitement. Les traitements ont tous amélioré la classification et la conformation de la carcasse. Le gain pondéral quotidien était plus élevé chez les animaux qui ont reçu 100 mg de salbutamol que chez les témoins. Par ailleurs, le poids de la carcasse était plus élevé (7-10 kg de plus) et le rendement était supérieur (de 3-2 %) chez les animaux traités.

4.2 Qualité de la viande

Du clenbutérol (0,3 ou 1,0 mg/kg de ration) a été administré par voie orale à 30 veaux pendant 27 jours, et 14 jours plus tard, les animaux, âgés de 5 mois en moyenne, ont été abattus (Berge *et al.*, 1990, 1993). Lorsqu'on a comparé les sujets qui ont reçu 1,0 mg clenbutérol/kg de ration aux sujets témoins, on a constaté une augmentation du diamètre des fibres. Le clenbutérol n'a pas eu d'effet sur le *longissimus dorsi* (LD) ou le *triceps brachii* (TB), la teneur en matière sèche, la longueur du sarcomère, la couleur ou le pH à 24 h et à 8 jours, la stabilité du collagène à la chaleur ou les pertes à la cuisson, mais la teneur en collagène, en pigments héminiques et en lipides a baissé. Dans le TB uniquement, avec le traitement au clenbutérol, on a constaté une augmentation de la teneur du muscle en azote, et la teneur en pigments, la luminance (L^*) et la résistance due au collagène (mesurée par compression à 80 % de la viande crue) ont baissé. Par contre, la résistance myofibrillaire du LD (compression à 20 % de la viande crue et à 80 % de la viande cuite) a augmenté avec la dose de clenbutérol la plus élevée, ce qui pourrait signifier que la maturation de ce muscle est plus lente; aucune différence n'a été observée entre les sujets ayant reçu la dose la plus faible et les sujets témoins. On en a conclu que le clenbutérol agit de deux façons sur la viande : il a un effet de durcissement en ralentissant le vieillissement du muscle (ce que dénote la résistance accrue de la viande crue sous faible compression et de la viande cuite sous forte compression, deux phénomènes attribuables à la dureté myofibrillaire), et ce durcissement n'est pas contrebalancé par l'effet attendrissant de la baisse de la teneur en collagène intramusculaire (dénotée par la baisse de la résistance de la viande crue sous forte compression).

Geesink *et al.* (1993) ont étudié les effets du clenbutérol sur les caractéristiques de la qualité de la viande de 16 veaux. Ils ont constitué 4 groupes de 4 veaux : un groupe témoin, et 3 groupes de traitement au clenbutérol (0,16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [poids vif] par jour, pendant 42 jours) avec une période de retrait différente, soit 8, 4 ou 2 jours avant l'abattage. Chez les animaux traités au clenbutérol, ils ont constaté une baisse de température plus rapide, ce qui pourrait s'expliquer par la diminution de la teneur en gras; en outre, le pH a baissé plus lentement chez les animaux traités, ce qui pourrait s'expliquer par un ralentissement de la glycolyse dû à l'accélération de la baisse de température. Comme dans les travaux de Berge *et al.* (1990), le traitement au clenbutérol n'a produit aucune différence de pH final du LD, et un durcissement (force de cisaillement) du *semimembranosus* (Sm), du LD et du TB a été observé après 1 et 7 jours d'entreposage. Ce phénomène de durcissement serait peut-être dû à une diminution de la protéolyse chez les animaux traités; le peptide de 30kDa est apparu moins vite et en quantité moindre, comme le dénote l'indice de fragmentation myofibrillaire, ce qui a affaibli la structure de la myofibrille. Le traitement au clenbutérol n'a pas influé sur la force de cisaillement du *psaos major* (PM). Comme ce muscle est très étiré, les sarcomères tendent à être longs, de sorte que les effets du clenbutérol sur la structure myofibrillaire ne sont pas faciles à détecter. Même la période de retrait de 8 jours n'a pas suffi pour que disparaissent les

effets de durcissement du clenbutérol sur le LD, le Sm et le TB après 1 et 7 jours d'entreposage. Dans certains cas, on a observé une baisse de la force de cisaillement avec la période de retrait la plus longue, mais la force de cisaillement moyenne des muscles des sujets témoins a toujours été la moins élevée.

L'augmentation de la L* du LD et du Sm observée chez les animaux traités au clenbutérol a été expliquée en partie par la baisse du pouvoir de rétention d'eau, baisse se traduisant par une réflectance accrue de la couche aqueuse à la surface du muscle, ce qui est généralement associé à la pâleur, et en partie par la diminution de la concentration de fer héminique. Le traitement au clenbutérol a donné lieu à des pertes accrues au ressuage, mais son effet sur les pertes à la cuisson différait selon le muscle. Cet effet était surtout manifeste dans le LD, pour lequel des pertes à la cuisson de beaucoup plus importantes ont été observées après 1, 7 et 13 jours d'entreposage. Dans le cas du TB et du Sm, le traitement au clenbutérol a entraîné des pertes accrues à la cuisson après 1 et 7 jours d'entreposage. Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Berge *et al.* (1990) : ces derniers n'ont pas observé d'effet dans le LD des animaux traités au clenbutérol. La stimulation électrique n'a pas atténué l'effet du clenbutérol sur la tendreté.

Garssen *et al.* (1995) ont comparé le clenbutérol et le salbutamol; ils en ont administré dans le lait donné à des veaux de 21 semaines pendant un traitement de 4 semaines, et, après une période de retrait de 3 jours, les veaux ont été abattus. Ils ont soumis 3 groupes de 15 veaux chacun à un traitement β -agoniste différent : 1,6 mg de clenbutérol par veau par jour (8 μ g/kg [poids vif] par jour), et 60 ou 100 mg de salbutamol par veau par jour (300 et 500 μ g/kg [poids vif] par jour, respectivement). Les 15 veaux du groupe témoin n'ont reçu aucun traitement. Les carcasses du groupe ayant reçu la dose de salbutamol la plus faible étaient les plus pâles par comparaison aux autres groupes. La viande de tous les groupes ayant reçu un β -agoniste était moins rouge (a*), celle des deux groupes ayant reçu du salbutamol était moins jaune (b*), mais celle du groupe ayant reçu du clenbutérol était plus pâle (L*). Le pigment héminique était moins abondant dans les muscles *longissimus lumborum* (LL) et *semitendinosus* (St) des animaux traités au clenbutérol, et, pour les deux doses de salbutamol, dans le St, ce qui dénote une corrélation positive globale entre l'intensité du rouge et la teneur en myoglobine. D'autres chercheurs ont aussi constaté que les β -agonistes font baisser la teneur en pigments héminiques des muscles (Geesink *et al.*, 1993; Berge *et al.*, 1993).

Chez les sujets traités aux β -agonistes, le pH à 1 et 4 jours était toujours plus élevé dans les trois muscles, et, dans le ST, la baisse du pH était moins rapide (Garssen *et al.*, 1995). La concentration de glycogène était plus faible chez les animaux traités au salbutamol, ce qui pourrait découler de l'utilisation *in vivo* des réserves de glycogène sous l'action glycolytique des β -agonistes, processus qui expliquerait la valeur plus élevée du pH, celle-ci résultant de la réduction de la glycolyse anaérobie et, donc, de la diminution de la formation d'acide lactique dans les muscles après l'abattage. L'utilisation d'une dose de clenbutérol plus faible du point de vue moléculaire (40-70 fois moindre par comparaison au salbutamol), conjuguée à une période de retrait de 3 jours (ce qui permettrait la reconstitution partielle des

réserves de glycogène dans les tissus), expliquerait pourquoi le clenbutérol a eu beaucoup moins d'effet que le salbutamol sur la teneur du *longissimus thoracis* (LT) en glycogène.

Les β -agonistes n'ont eu aucun effet sur le pouvoir de rétention d'eau (Garssen *et al.*, 1995). Le traitement β -agoniste a fait augmenter la teneur en eau, augmentation toujours accompagnée d'une teneur en gras intramusculaire réduite. Quant aux collagènes thermosolubles et aux collagènes totaux, ils n'ont pas changé avec les traitements β -agonistes. Pour tous les groupes traités aux β -agonistes, les valeurs de cisaillement étaient plus élevées, et, par conséquent la tendreté moindre; c'est la dose de salbutamol la plus élevée qui a produit l'augmentation la plus importante. La différence de dureté constatée par comparaison au groupe témoin était suffisamment grande pour qu'il y ait un effet organoleptique perceptible. Pour toutes les valeurs, sauf pour celle du gras et pour la teneur en gras intramusculaire et en glycogène du LL, les effets du clenbutérol, même s'il s'agissait d'un dosage moléculaire inférieur, ont été à peu près du même ordre que ceux du salbutamol, et le clenbutérol a eu des effets plus marqués sur la luminance (Hunter) du LL, l'intensité du rouge et la perte au ressuage. Avec le salbutamol, on a mis en évidence une relation dose-réponse pour le pH du ST et la force de cisaillement du LL; les autres paramètres étaient d'un ordre comparable.

5. Antimicrobiens « anabolisants »

Corpet (1999) a examiné le mécanisme d'action d'antimicrobiens anabolisants ajoutés à la ration tels que l'avilamycine, le carbadox, la flavomycine, la monensine, l'olaquinox, la salinomycine, l'avoparcine, la bacitracine, la spiramycine, la tylosine et la virginiamycine. En général, chez les animaux qui reçoivent une ration contenant un antimicrobien anabolisant, la croissance est plus rapide et plus uniforme que chez les témoins (gain quotidien moyen amélioré dans une proportion de 3 à 9 %). La consommation de nourriture par unité de gain pondéral est moindre (indice de consommation réduit dans une mesure de 3 à 12 %). L'effet anabolisant est probablement dû à la modification de la flore intestinale, vu que les antimicrobiens anabolisants ne stimulent pas la croissance des animaux exempts de microbes. En outre, une molécule d'antimicrobien anabolisant modifiée ne stimule la croissance que tant qu'elle conserve ses propriétés antimicrobiennes. Dans la plupart des études réalisées sur la question, on n'a constaté aucun changement, sinon que des changements mineurs, dans la composition de la flore intestinale durant le traitement à l'antimicrobien anabolisant. Par contre, les antimicrobiens anabolisants ont un puissant effet inhibiteur sur le catabolisme bactérien de l'urée et des acides aminés, *in vitro* comme *in vivo*. Les antimicrobiens anabolisants font aussi décroître la fermentation des glucides et la décomposition des sels biliaires. Ces changements font augmenter la disponibilité des matières nutritives et de l'énergie dans l'organisme de l'animal hôte et font baisser la concentration de molécules toxiques comme l'ammoniac ou les amines dans le système digestif, ce qui réduit le remplacement des cellules épithéliales de l'intestin. Comme les antimicrobiens anabolisants sont surtout efficaces dans les exploitations où l'hygiène laisse à désirer, certains chercheurs estiment qu'en plus de leur effet anabolisant, ils procurent une protection accrue contre les maladies.

Les effets de l'ajout de chlorhydroxyquinoléine (aussi appelée chlorquinol) au lait artificiel ont été étudiés chez 40 veaux de boucherie jusqu'à un poids d'abattage d'environ 140 kg (Ladrat *et al.*, 1971). On a comparé des animaux recevant trois doses de chlorhydroxyquinoléine (20, 40 et 80 ppm) avec des animaux témoins (aucun ajout). Le gain pondéral quotidien moyen des animaux témoins était de 966 g. Les doses de 20, 40 et 80 ppm de chlorhydroxyquinoléine ont fait augmenter le gain pondéral quotidien à 1091, 1065 et 1043 g respectivement. Toutefois, on n'a constaté aucune différence de poids de carcasse ou d'indice de consommation. Dans une deuxième expérience, on a administré une dose très élevée de chlorhydroxyquinoléine (600 ppm) et on en a comparé les effets à ceux de la dose de 40 ppm. Aucun changement de poids vif ou d'indice de consommation n'a été observé.

En 1981, Jousselin a étudié chez des veaux les effets de l'ajout de 50 ppm d'olaquinox dans le lait artificiel constituant la ration des animaux, par comparaison à un lait artificiel sans supplément ou avec des antibiotiques (50 ppm de bacitracine et 30 ppm de spiramycine). Le poids vif moyen des veaux qui ont reçu de l'olaquinox était de 188,7 kg à la fin de l'expérience, valeur qui diffère dans une mesure

significative du poids moyen des veaux témoins (168,4 kg), mais non de celui des veaux ayant reçu les antibiotiques. Aucune différence d'indice de consommation n'a été observée. Par ailleurs, la viande des animaux ayant reçu des antibiotiques était plus rouge (évaluation visuelle de la couleur), même si leur ration ne contenait qu'environ 18 ppm de Fe. Quant à la viande des veaux recevant l'olaquinox, sa couleur ne différait pas de celle des veaux nourris au lait artificiel seulement.

Skrivanova et Marounek (1993) ont étudié les effets de la virginiamycine (80 mg/veau/jour) chez 8 veaux de 4 à 16 semaines. Les veaux ont été nourris au lait, et à partir de 60 jours, ils ont eu accès à de la paille. Le gain pondéral de ceux qui ont reçu de la virginiamycine a dépassé de 5,1 % celui des veaux témoins; en outre, l'indice de consommation des veaux traités à la virginiamycine était moins élevé.

Egger et Hilfiker (1991) se sont intéressés aux conséquences de l'administration de quantités limitées d'antimicrobiens anabolisants à des veaux de boucherie. Ils ont étudié 4 groupes de 16 veaux à l'engraissement auxquels ils ont donné l'un de deux mélanges d'antimicrobiens (bayonox et virginiamycine ou tylosine et avoparcine); lorsque le poids vif des sujets traités atteignait 100 kg, les antimicrobiens étaient retirés de leur ration; les sujets des deux groupes témoins ont été nourris jusqu'à l'abattage. La ration se composait de lait entier enrichi de lait en poudre. Le retrait des antimicrobiens a donné lieu à une baisse de la vitesse de croissance de 10 % chez les veaux des groupes expérimentaux; l'indice de consommation a changé dans une proportion de 9,4 % entre le moment où les antimicrobiens ont été retirés de la ration et l'abattage, effectué lorsque les veaux pesaient environ 185 kg. Pour l'ensemble de la période d'engraissement (71-185 kg), la vitesse de croissance quotidienne et l'indice de consommation étaient respectivement de 1 399 g et 1,65 kg de matière sèche/kg de gain pondéral dans les groupes expérimentaux, et de 1 501 g et 1,53 kg de matière sèche/kg gain pondéral dans les groupes témoins. En moyenne, la période d'engraissement a été prolongée de 5,2 jours et, par conséquent, la consommation totale de lait entier et de lait en poudre par veau a augmenté de 132 kg et de 6,7 kg respectivement. Les traitements n'ont eu aucun effet sur la qualité de la carcasse, le gras de couverture et la couleur, entre autres, ayant les mêmes valeurs pour les 4 groupes.

Certains antibiotiques peuvent aussi être considérés comme des antimicrobiens anabolisants. Diaz (1987) a étudié un ionophore antibiotique se présentant sous forme d'aggloméré de paille et de céréales pour veau de boucherie; il a décrit ces travaux comme la recherche de moyens qui permettent de compenser partiellement les pertes de profits que l'interdiction des anabolisants devait occasionner. Les ionophores sont des composés, généralement cycliques, qui peuvent transporter des ions à travers les barrières lipidiques en raison de leur sélectivité cationique. La valinomycine et la nonactine sont des ionophores. Dans les expériences dont il est question ici, on a posé à tous les animaux un implant commercial, soit l'implant Ralgro (36 mg de zéranol) ou l'implant Forplix ND (36 mg de zéranol et 140 mg d'acétate de trenbolone); des augmentations de gain pondéral ont été observées, non pas à la place, mais en plus des effets des agents anabolisants. Les résultats de ces expériences manquent de clarté, car les animaux n'appartenaient pas tous à la même race et certains étaient gardés dans des installations

individuelles alors que les autres étaient dans des installations collectives. L'utilisation d'un ionophore, qui n'a pas été identifié, à la place des agents anabolisants pourrait également être matière à controverse, vu que les ionophores, comme les anabolisants, ne sont pas considérés comme acceptables. Enfin, comme les ionophores ne sont généralement utilisés que chez les animaux sevrés, ils ne pourraient pas avoir d'effets chez les veaux de boucherie nourris au lait ou au substitut de lait.

6. Hormone de croissance

Parmi les peptides qui influent sur la croissance, l'hormone de croissance, ou somatotropine, est le plus courant (Aiello, 1998). Sa structure varie en fonction de l'espèce, et sa demi-vie est courte. Dans certains pays, l'utilisation commerciale de l'hormone de croissance est approuvée, mais on s'en sert plus pour stimuler la production de lait que la production de viande.

Une étude portant sur 48 veaux de boucherie femelles a été réalisée sur les effets de la somatotropine purifiée à partir d'extraits hypophysaires (Kirchgessner *et al.*, 1987). Les veaux ont reçu chaque jour une injection sous-cutanée de 0, 25, 50 ou 100 µg/kg (poids vif) de somatotropine bovine recombinante. Pendant la période d'engraissement de 9 semaines, le gain pondéral quotidien moyen des sujets témoins était de 1,212 g et l'indice de consommation, de 1,57. Chez les sujets traités, le gain pondéral quotidien a augmenté de 7,1, 8,3 et 10,8 %, respectivement, pour les doses de 25, 50 et 100 µg de somatotropine/kg (poids vif). La consommation d'aliments ne s'est accrue que de 2-3 % chez les groupes traités, en raison de l'adaptation au poids vif. Par conséquent, l'augmentation de la vitesse de croissance était due à la somatotropine, non à une consommation accrue d'aliments. L'indice de consommation a varié en fonction de la dose : il s'est amélioré de 3,8, 5,7 et 7,0 %, respectivement.

Ceppi et Blum (1994) n'ont pas observé d'effets salutaires comme ceux dont ont fait état Kirchgessner *et al.* (1987); ils ont plutôt constaté que des injections sous-cutanées quotidiennes de somatotropine bovine recombinante (on présume 50 µg/kg, poids vif) n'ont pas influé dans une mesure significative sur la consommation d'aliments, le gain pondéral quotidien moyen et le rapport croissance/consommation d'aliments des 40 veaux qu'ils ont étudiés.

Maltin *et al.* (1990) ont étudié les effets de la somatotropine bovine hypophysaire (injection sous-cutanée de 3,5 mg chaque jour) seule et en combinaison avec du clenbutérol (1 mg/kg d'aliments). Les animaux ont été abattus lorsque leur poids vif a atteint 150-170 kg. Chez les animaux ayant reçu le traitement combiné, l'indice de consommation était meilleur : il a atteint 1,50 chez les veaux traités avec l'hormone de croissance et le clenbutérol, tandis qu'il était de 1,70 chez les témoins et de 1,68 chez les sujets recevant seulement du clenbutérol. L'indice de consommation des veaux traités à la somatotropine seulement (1,61) ne différait d'aucun autre dans une mesure significative.

7. Comparaison d'anabolisants

Van der Wal *et al.* (1975a) ont comparé un ensemble d'anabolisants d'après les caractéristiques de performance de 563 veaux de 40 à 170 kg (poids vif). Le début de la période de traitement a eu une incidence sur l'effet du diéthylstilbestrol (DES) administré par injection, ce composé étant un œstrogène non stéroïdien synthétique. Ainsi, lorsqu'il a été administré aux animaux de 5 semaines, on a observé une augmentation maximale de la croissance de 1,6 kg environ 5 semaines après le traitement. Par la suite, une baisse de croissance est survenue, ce qui s'est traduit par une différence négative moyenne de 6,4 kg par rapport aux animaux témoins. Lorsque le traitement a été administré à des veaux plus vieux, l'effet a été plus prononcé et s'est manifesté après un délai moins long. L'effet le meilleur a été obtenu lorsque le traitement a été administré 4 semaines avant l'abattage.

Lorsque le traitement a été administré à des veaux de 11 semaines ou plus, les produits utilisés ont eu les effets maximum suivants sur la croissance des sujets traités par rapport aux sujets témoins :

- 25 mg de DES : 6,4, 9,1 et 4,9 kg par veau 4-5 semaines après l'injection
- 20 mg d'œstradiol et 200 mg de testostérone : 9,7, 7,6, 7,8 et 7,9 kg par veau 3-4 semaines après la pose de l'implant
- 20 mg d'œstradiol et 200 mg de progestérone : 7,6, 4,6 et 5,4 kg par veau 3-5 semaines après la pose de l'implant
- 20 mg d'œstradiol et 140 mg de trenbolone : 10,5, 15,8, 12,6, 10,4 et 9,0 kg par veau 4-5 semaines après la pose de l'implant
- 20 mg d'œstradiol : 4,1 et 4,1 kg par veau 2-3 semaines après la pose de l'implant
- 36 mg de zéranol : 0,5 et 3,4 kg par veau 6 semaines après le traitement

L'amélioration de la croissance obtenue avec le DES était du même ordre de grandeur que celle observée avec le mélange d'œstradiol et de testostérone. L'œstradiol seul et l'œstradiol en mélange avec de la progestérone ont été un peu moins efficaces. Le zéranol et la trenbolone, administrés seuls, n'ont pas influé dans une mesure significative sur la croissance. Le mélange d'œstradiol et d'acétate de trenbolone a été plus efficace que le DES et que le mélange d'œstradiol et de testostérone.

Dans d'autres travaux, Van der Wal *et al.* (1975b) ont étudié des veaux de 10 à 12 semaines ayant un poids vif de 95 à 100 kg. Ils ont constaté que le DES a fait augmenter l'azote retenu de 25 % en 24 jours; la différence ne s'est pas accrue du jour 24 au jour 29. Avec l'œstradiol utilisé seul, une augmentation de 26 % s'est produite au cours des premiers 24 jours, mais l'augmentation n'était plus que de 11 % après 38 jours, ce qui signifie que l'effet a été négatif du jour 24 au jour 38. Le zéranol seul a eu moins d'effet que ces anabolisants et n'a fait augmenter la rétention azotée que de 9-11 % en 29 jours. La progestérone, la testostérone et l'acétate de trenbolone seuls n'ont pas eu d'effet significatif sur la rétention azotée. L'œstradiol, utilisé en combinaison avec un androgène (testostérone ou acétate de

trenbolone), a donné lieu à l'augmentation prolongée de la rétention azotée à 33 % et 47 %, respectivement, en 33 jours.

Durant l'expérience de 38 jours, la préparation la plus efficace (œstradiol et acétate de trenbolone) a fait augmenter de 39 à 58 % la moyenne d'azote fixé par rapport à l'azote digestible ingéré; l'augmentation la plus importante a été observée la troisième semaine après la pose de l'implant (68 % par rapport à 41 %). Les anabolisants permettent donc d'accroître la quantité d'azote fixé chez l'animal à partir de la même quantité d'azote ingéré. L'utilisation de l'azote est améliorée, mais la digestibilité ne change pas. Willemart et Bouffault (1983) ont obtenu une rétention azotée du même ordre avec le zéranol combiné à l'acétate de trenbolone qu'avec l'œstradiol combiné à l'acétate de trenbolone; l'injection d'hydroxybenzoate d'œstradiol 14 et 28 jours après la pose d'un implant de zéranol et d'acétate de trenbolone a donné lieu à une augmentation de la rétention azotée de 7 g/jour (10 %) pendant 1 mois.

Dans une autre étude comparative, Gropp (1980) a posé un implant à 40 veaux 50 jours avant l'abattage; les veaux ont été abattus au jour 70 ou au jour 77 de la période expérimentale. Le gain quotidien moyen du groupe témoin était de 1,247 g, et l'indice de consommation, de 1,59 g d'aliment/g de gain. Le zéranol (36 mg) a amélioré ces deux facteurs; ils sont passés à 1,345 g/jour et 1,52 g d'aliment/g de gain, respectivement. L'œstradiol (20 mg) avec de la progestérone (200 mg; veaux mâles) et de la testostérone (200 mg; veaux femelles) a amélioré le gain quotidien moyen, qui est passé à 1,407 g, ainsi que l'indice de consommation, qui est passé à 1,45 g aliment/g de gain. L'œstradiol (20 mg) avec l'acétate de trenbolone (140 mg) a fait passer le gain quotidien moyen à 1,425 g et l'indice de consommation à 1,41 g aliment/g de gain. Aucune différence significative de poids vif à l'abattage n'a été observée.

Van Weerden *et al.* (1981) se sont intéressés à ce qui arrive lorsqu'un implant auriculaire d'œstradiol et d'acétate de trenbolone est retiré 21 jours après avoir été posé. Ils ont constaté une baisse rapide de la rétention azotée. Ils ont aussi fait l'essai d'un anneau nasal détachable qui pourrait servir à la place de l'implant auriculaire. Les doses d'anabolisant de l'anneau nasal étaient deux fois plus élevées que celles de l'implant auriculaire, et la concentration d'œstradiol dans le plasma était beaucoup plus élevée chez les veaux auxquels on a posé un anneau nasal, mais seulement les 3 premières semaines. Il semble qu'avec l'anneau nasal la libération de l'œstradiol soit plus rapide qu'avec l'implant. Lorsque l'anneau a été enlevé, la concentration d'œstradiol a baissé à la même valeur que chez les animaux n'ayant pas reçu d'implant.

Wilson *et al.* (1999) ont étudié 7 séquences d'implants anabolisants chez 443 veaux recevant une ration spéciale et abattus à 126-133 jours; ils en ont examiné les effets sur les caractéristiques de la carcasse des veaux. Ils ont utilisé les produits suivants : 36 mg DE zéranol, Z; 20 mg d'œstradiol et 200 mg de testostérone, ET; 10 mg d'œstradiol et 200 mg de progestérone EP/2; 20 mg d'œstradiol et 200 mg de progestérone, EP; 24 mg d'œstradiol et 120 mg d'acétate de trenbolone, EBA; placebo, 0; les veaux témoins n'ont pas reçu d'implant. Les implants ont été posés dans l'oreille des veaux (en alternance) les jours 0 (au cours des 4 jours suivant l'arrivée du veau), 42 et 84 de l'expérience, suivant

différentes séquences (0-ET-ET, Z-ET-ET, 0-EP-EP, Z-EP-EP, 0-EP/2-EBA, Z-0-EBA et 0-0-0). Le poids de la carcasse chaude était plus élevé pour les séquences 0-EP-EP, Z-EP-EP et 0-EP/2-EBA que pour les séquences 0-0-0 ou Z-0-EBA. Par comparaison à la séquence 0-0-0, la séquence 0-EP/2-EBA a donné l'augmentation la plus importante, soit 3,9 %. La proportion du poids de la carcasse représentée par la demi-carcasse antérieure ne différait pas de celle de la demi-carcasse postérieure; les notes subjectives attribuées pour la conformation ou le gras de couverture, la texture musculaire, le persillage, la couleur du muscle (évaluation visuelle et au moyen d'un chromamètre Minolta CR300 des RA et PP [pectoral profond]), ou la composition chimique des muscles (matière sèche, lipides, protéines et cendres) ne présentaient pas de différences non plus. On a étudié les effets de 4 séquences (0-0-0, 0-ET-ET, 0-EP-EP et 0-EP/2-EBA) sur la tendreté de la viande, mesurée d'après la force de cisaillement de Warner Bratzler : avec les deux dernières séquences, la force de cisaillement moyenne était plus élevée qu'avec le témoin négatif.

Les chercheurs qui ont réalisé cette expérience ont conclu que les implants d'anabolisants vendus sur le marché n'ont que peu d'effets importants sur les caractéristiques de la carcasse des veaux de race laitière mâles intacts recevant une ration spéciale. Ils pensent que cet état de choses pourrait être lié au fait que les effets que ces implants produisent, lorsqu'ils sont utilisés en séquences, sur la croissance, l'indice de consommation et d'autres caractéristiques du veau vivant, semblent moins prononcés que prévus pour les mâles castrés et les femelles intactes dans les conditions d'un parc d'engraissement de bovins classique. Certaines séquences semblent même faire diminuer la tendreté, ce qui montre combien il est important de mesurer diverses caractéristiques économiquement importantes lorsqu'on évalue les effets de facteurs améliorant la performance de la croissance et les rendements. Il est probable que, si le consommateur n'est pas satisfait d'un morceau de viande, ses préférences en seront changées ce qui vraisemblablement influera sur ses habitudes en matière d'achat. Les avantages économiques des implants actuels dans la production du veau recevant une ration spéciale ont été jugés discutables.

Dans une autre étude, les mêmes chercheurs (Smith *et al.*, 1999) ont constaté que le zéranol, administré le jour 0, donne lieu à une amélioration de la vitesse de croissance quotidienne moyenne au jour 42 dans une proportion de 3,4 %, mais, du jour 42 au jour 84, il se produit une baisse du gain quotidien moyen de 3,8 %. Ils ont posé un deuxième implant, différent du premier et choisi d'après les travaux de Mader (1997), qui a démontré que les implants posés en deuxième traitement, s'ils sont de la même puissance que le premier, produisent des effets faibles, voire négatifs dans certains cas, sur la croissance quotidienne moyenne et l'indice de consommation. En général, la croissance reste meilleure avec les implants combinés (comme les implants de composés œstrogènes et androgènes) ainsi qu'avec les stratégies à deux implants où l'implant posé en deuxième est plus puissant. Du jour 42 au jour 84, les séquences d'implants qui ont donné des valeurs différant de celles du témoin (0-0-0) étaient les séquences 0-ET-ET et 0-EP-EP, et les moyennes correspondantes étaient de 1,52, 1,57 et 1,60 kg/jour. Durant la dernière phase de production, du jour 84 jusqu'à l'abattage, effectué entre le jour 120 et le jour 132, les

valeurs de gain quotidien moyen étaient comprises entre 1,45 (0-0-0) et 1,65 kg/d (0-EP/2-EBA), ce dernier traitement étant le seul à produire une différence significative par rapport au témoin. Pendant toute la période expérimentale, du jour 0 jusqu'à l'abattage, à environ 205 kg, les séquences 0-ET-ET, 0-EP-EP, Z-EP-EP et 0-EP/2-EBA ont fait augmenter le gain quotidien moyen de 3,2, 3,2, 2,4 et 4,7 %, respectivement. Les chercheurs ont indiqué que, pour les veaux de boucherie à ration spéciale, la consommation d'aliments est limitée, de sorte que même si un traitement stimule l'appétit des animaux, ceux-ci ne consomment pas nécessairement beaucoup plus. Par conséquent, il n'y avait pas de différence entre les séquences d'implants au point de vue de la consommation d'aliment ou de l'indice de consommation durant la période d'alimentation. Il est également ressorti que les quartiers postérieurs des carcasses ne présentaient pas de signes plus manifestes des effets favorables des implants sur le développement musculaire, et qu'avec toutes les séquences, le développement musculaire était meilleur qu'avec les séquences témoins.

8. Autre approche

Diependaele (1980) fait état de l'utilisation d'un autolysat de poisson dont la composante active, le « dielen laiton » fait augmenter la transformation de l'énergie en viande en stimulant la synthèse protéique. Ce produit, administré dans la ration des animaux, a donc un effet anabolisant, mais il ne contient pas d'œstrogène. Il influe favorablement sur l'appétit de l'animal en raison de l'arginine libre qu'il renferme et il stimule les hormones gastroduodénales. La vitesse de croissance s'améliore 3 semaines après l'administration du produit, et on peut observer un accroissement pouvant atteindre 10 kg à la fin de la période d'engraissement. Aucune autre information sur cet « anabolisant sans hormones » n'a pu être trouvée dans les publications.

9. Interdiction des anabolisants

Après avoir passé en revue les anabolisants utilisés pour la production du veau de boucherie, Van Weerden *et al.* (1981) traitent des moyens autres que les agents anabolisants qui peuvent être employés pour améliorer la conversion protéique et nomment les suivants, présentés ici dans un ordre arbitraire :

- ration à contenu protéique équilibré de façon optimale
- maintien d'un état de santé optimal chez l'animal
- sélection génétique des animaux ayant un fort potentiel de conversion des protéines
- exploitation du potentiel naturel des hormones sexuelles en ne castrant pas les animaux

Il ressort que, de nos jours dans la production du veau, les anabolisants sont utilisés dans des conditions environnementales optimales au point de vue de la ration, du logement, du comportement de l'éleveur et de l'état de santé des animaux. Il semble peu probable que ces conditions interagissent de façon synergique avec les anabolisants, et rien qui dénote le contraire n'a été observé. En fait, il est plus probable que les effets des conditions environnementales et les effets des anabolisants s'additionnent. Par conséquent, si les anabolisants n'étaient plus utilisés dans la production du veau, il est probable qu'il resterait un système où les autres conditions de production sont déjà optimisées.

Les effets des anabolisants sur les caractéristiques de production sont décrits dans les publications et, en calculant la différence, on peut estimer les conséquences de l'élimination des anabolisants de la production du veau et les exprimer en termes économiques. Kenney et Fallert (1989), qui ont traité de l'utilisation des hormones dans l'industrie de l'élevage américaine, estiment que l'interdiction des anabolisants aux États-Unis se traduirait vraisemblablement par une perte annuelle de poids de carcasse de 2 milliards de livres, ou environ 13 % de la production du boeuf. La perte, pour les producteurs de bœuf, serait de 1 à 3 milliards de dollars annuellement. Cette estimation concerne la totalité de l'industrie bovine, ce qui comprend la production du veau. Rien n'est proposé pour compenser ces pertes de poids de carcasse. En fait, vu la controverse qui dure déjà depuis des dizaines d'années sur la question des anabolisants, si d'autres moyens permettent d'obtenir les mêmes effets, on peut se demander pourquoi ils ne sont pas encore utilisés. Quoiqu'il en soit, si l'on vient à trouver des moyens de remplacement, il est probable qu'ils ne seront pas utilisés longtemps avant qu'on en remette en question l'opportunité.

10. Conclusion

Les effets des anabolisants sur les caractéristiques de production et sur la qualité de la viande sont décrits d'après l'information trouvée dans les publications. En calculant la différence, on peut estimer les conséquences qui découleraient de leur élimination de la production du veau et les exprimer en termes économiques. Il semble qu'il n'existe pas d'autres moyens qui donnent des résultats comparables, et si on vient à en trouver, l'opportunité de leur emploi sera vite remise en question. Si les anabolisants étaient éliminés, il resterait probablement des systèmes où les conditions sont optimisées.

11. Documentation

- Aiello, S. (Ed.). 1998. *The Merck veterinary manual (eighth ed.)*. <http://www.merckvetmanual.com/mvm/index.jsp?cfile=htm/bc/191902.htm>
- Berge, P., Culioli, J., Renerre, M., Lacourt, A., Renou, J.P., Ouali, A., Fournier, R., Dominguez, B. & Berry, M. 1990. Utilisation d'un β -agoniste (clenbutérol) pour la production de veau de boucherie. II. Influence sur la qualité de la viande. *Viandes et Produits Carnés* **11**(6, 6 bis, 6 ter), 235-236.
- Berge, P., Culioli, J., Ouali, A. & Parat, M.F. 1993. Performance, muscle composition and meat texture in veal calves administered a β -agonist (clenbuterol). *Meat Science* **33**, 191-206.
- Bouffault, J.C. & Willemart, J.P. (1983) Anabolic activity of trenbolone acetate alone or in association with estrogens. *Proceedings Anabolics in Animal Production. Public Health Aspects, Analytical Methods and Regulation*, pp155-179.
- Ceppi, A. & Blum, J.W. 1994. Effects of growth hormone on growth performance, haematology, metabolites and hormones in iron-deficient veal calves. *Journal of Veterinary Medicine Series A* **41**(6), 443-458.
- Corpet, D.E. 1999. Mécanisme de l'action des antibiotiques utilisés en alimentation de bétail. *Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France* **85**(7), 197-205.
- Diaz, C. 1987. Utilisation d'un condiment alimentaire pour veaux de boucherie. *Revue Médecine Vétérinaire* **138**(3), 229-234.
- Diependaele, J. 1980. Anabolisant sans hormones. Un Meilleur revenu pour l'éleveur, une meilleure qualité pour le consommateur. *Agrisept* **808**, 31-32.
- Donovan, G.A., Braun, R.K., Littell, R.C. & Suissa, S. 1983. Weight changes of male dairy calves following zeranol implants. *Journal of Dairy Science* **66**, 840-844.
- Egan, C.L., Wilson, L.L., Drake, T.R., Henning, W.R., Mills, E.W., Meyer, S.D. & Kenison, D.C. 1993. Effects of different doses of zeranol on growth, haemoglobin and carcass traits in veal calves. *Journal of Animal Science* **71**, 1081-1087.
- Egger, I. & Hilfiker, J. 1991. Conséquences d'une limitation dans le temps de l'emploi des stimulateurs de performance antimicrobiens dans l'engraissement des veaux. *Revue Suisse d'Agriculture* **23**(6), 361-365.
- Garssen, G.J., Geesink, H.H., Hoving-Bolink, A.H. & Verplanke, J.C. 1995. Effects of dietary clenbuterol and salbutamol on meat quality in veal calves. *Meat Science* **40**, 337-350.
- Geesink, G.H., Smulders, F.J.M., Laack, H.L.J.M. van, Kolk, J.H. van der, Wensing, Th. & Breukink, H.J. 1993. Effects in meat quality of the use of clenbuterol in veal calves. *Journal of Animal Science* **71**, 1161-1170.
- Grandadam, J.A., Scheid, J.P. & Dreux, H. 1973. Etude chez le veau de boucherie des différentes périodes d'implantation d'une préparation anabolisante à résorption rapide. *Recueil de Médecine Vétérinaire* **149**, 793-800.

- Grandadam, J.A., Scheid, J.P., Dreux, H. & Deroy, R. 1975a. Étude de la composition et de la déshydratation après cuisson de la viande de veau traité par un anabolisant. *Proceedings 20th World Veterinary Congress*, Thessaloniki, Greece, pp1044-1055.
- Grandadam, J.A., Scheid, J.P., Jobard, A., Dreux, H. & Boisson, J.M. 1975b. Results obtained with trenbolone acetate in conjunction with estradiol 17 β in veal calves, feedlot bulls, lambs and pigs. *Journal of Animal Science* **41**(3), 969-977.
- Grandadam, J.A., Scheid, J.P., Dreux, H. & Deroy, R. 1975c. Influence de différentes préparations anabolisantes sur la qualité de la viande de veau. *Recueil de Médecine Vétérinaire* **151**(6), 355-362.
- Gropp, J. 1980. Influence of Anabolic Steroids on performance and side effects in veal calf nutrition. *Proceedings Steroids in Animal Production Symposium, Warsaw, Poland*, pp21-31.
- Heitzman, R.J. 1974. Anabolic steroids: Possible uses in meat and milk production. *The Veterinary Record* **94**(23), 529-532.
- Institut Technique de l'Élevage Bovin. 1982. Les anabolisants autorisés ne modifient pas les qualités organoleptiques de la viande de veau. *Viandes et Produits Carnés* **3**(3), 11-13.
- Joussellin, W. 1981. Essai de supplémentation d'un aliment d'allaitement pour veaux de boucherie avec 50 ppm d'Olaquinox. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* **54**(1), 131-142.
- Kenney, J. & Fallert, D. 1989. Livestock hormones in the United States. *National Food Review*, **12**(3), 21-24.
- Kirchgessner, V.M., Roth, F.X., Schams, D., Karg, H. 1987. Influence of exogenous growth hormone (GH) on performance and plasma GH concentrations of female veal calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **58**(1-2), 50-59.
- Ladrat, J., Joussellin, W., Bories, G., Magat, A., Parodi, A.L. & Bonnet, P. 1971. La supplémentation des aliments d'allaitement pour veaux de boucherie avec de la Chlorhydroxyquinoléine (CHQ). *Bull. Acad. Vét.* **154**, 339-352.
- Mader, T.L. 1997. Carryover and lifetime effects of growth promoting implants. *In Symposium: Impact of implants on performance and carcass value of beef cattle*, pp88-94. Oklahoma State University, Stillwater. Cited by Smith, J.L., Wilson, L.L. & Swanson, D.L. 1999. Implant sequence effects in intact male Holstein veal calves: live and slaughter traits. *Journal of Animal Science* **77**:3125-3132.
- Maltin, C.A., Deldey, M.I., Hay, S.M., Innes, G.M. & Williams, P.E.V. 1990. Effects of bovine pituitary growth hormone alone or in combination with the β -agonist clenbuterol on muscle growth and composition in veal calves. *British Journal of Nutrition* **63**, 535-545.
- O'Callaghan, D., Quirke, J.F. & Roche, J.F. 1987. The effect of anabolic agents containing oestradiol benzoate plus progesterone or zeranol on growth rate of calves. *Irish Journal of Agricultural Research* **26**(2-3), 183-188.
- Parat, Lacourt, Berge, Berri, Lacourt, Baudry. 1990. Utilisation d'un β -agoniste (clenbutérol) pour la production de veau de boucherie. I. L'influence sur la croissance musculaire. *Viandes et Produits Carnés* **11**(6, 6 bis, 6 ter). 233-234.
- Rennerre, M., Touraille, C., Bordes, P., Labas, R., Bayle, M.-C. & Fournier, R. 1989. Influence of straw feeding and growth-implant on veal meat quality. *Meat Science* **26**(3), 233-244.

- Scheid, J.-P., Grandadam, J.A., Boisson, J.-M. & Dreux, H. 1974. Expérimentation clinique d'une nouvelle préparation anabolisante dans la production du veau de boucherie. *Recueil de Médecine Vétérinaire* **150**(1), 37-48.
- Schilt, R., Groot, M.J., Berende, P.L.M., Ramazza, V., Ossenkoppele, J.S., Haasnoot, W., van Bennekom, E.O., Brouwer, L. & Hooijerink, H. 1998. Pour on application of growth promoters in veal calves: analytical and histological results. *Analyst* **123**(12), 2665-2670.
- Skrivanova, V. & Marounek, M. 1993. Effect of virginiamycin on feed intake, daily gains, ruminal volatile fatty acids and blood parameters in veal calves. *Archives of animal nutrition* **44**(1), 41-46.
- Smith, J.L., Wilson, L.L. & Swanson, D.L. 1999. Implant sequence effects in intact male Holstein veal calves: live and slaughter traits. *Journal of Animal Science* **77**:3125-3132.
- Toullec, R. & Manis, Y. 1986. Association oestradiol – acétate de trenbolone et rétention azotée chez le veau de boucherie. *Bulletin Technique Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix* **65**, 25-30.
- Toullec, R. & Quillet, J. 1984. Action des substances anabolisantes sur les métabolismes azoté et énergétique du veau de boucherie. *Sciences Agronomiques Rennes* **2**, 1-18.
- Valin, C., Renerre, M., Touraille, C., Koop, J. & Sornay, J. 1978. Influence de la forme d'apport de l'énergie dans la ration et de l'utilisation d'anabolisants sur la qualité de la viande de veau. *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation* **32**(4), 857-867.
- Valin, C., Touraille, C., Zabari, M., Renou, J.-P. 1984. Influence des anabolisants sur la qualité des viandes de veau. *Proceedings European Meeting of Meat Research Workers* **30** (4:8), 176-177.
- Van der Wal, P. & Berende, P.L.M. 1983. Effects of anabolic agents on food producing animals. *Symposium: Anabolics in Animal Production. Public Health Aspects, Analytical Methods and Regulation* (E. Messonnier, Ed.), pp73-115.
- Van der Wal, P., Berende, P.L.M. & Sprietsma, J.E. 1975a. Effect of anabolic agents on performance of calves. *Journal of Animal Science* **41**, 978-985.
- Van der Wal, P., van Weerden, E.J., Sprietsma, J.E. & Huisman, J. 1975b. Effect of anabolic agents on nitrogen-retention of calves. *Journal of Animal Science* **41**, 986-992.
- Van Weerden, E.J. 1984. Carcass quality of veal calves given anabolic agents. *Manipulation of Growth in Farm Animals*, Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, The Netherlands, (J.F. Roche and D. O'Callaghan, Ed.), pp 112-121.
- Van Weerden, E.J., Berende, P.L.M. & Huisman, J. 1981. Application of endogenous and exogenous anabolic agents in veal calves. *Proceedings Anabolic Agents in Beef and Veal Production*, pp 1-26.
- Verbeke, R., Debackere, M., Hicquet, R., Lauwers, H., Pottie, G., Stevens, J., van Moer, D., van Hoof, J. & Vermeesch, G. 1976. Quality of the meat after the application of anabolic agents in young calves. In *Environmental Quality and Safety*, pp123-130.
- Willemart, J.P. & Bouffault, J.C. 1983. Anabolisants protidiques et veaux de boucherie. I- Effet sur la rétention azotée de quatre traitements. *Annales de Médecine Vétérinaire* **127**, 441-449.

- Williams, P.E.V., Pagliani, L. & Innes, G.M. 1986. The effect of a β -agonist (clenbuterol) on the heart rate, nitrogen balance and some carcass characteristics of veal calves. *Livestock Production Science* **15**(3), 289-293.
- Williams, P.E.V., Pagliani, L., Innes, G.M., Pennie, K., Harris, C.I. & Garthwaite, P. 1987. Effects of β -agonist (clenbuterol) on growth, carcass composition, protein and energy metabolism of veal calves. *British Journal of Nutrition* **57**(3), 417-428.
- Wilson, L.L., Smith, J.L., Swanson, D.L. & Mills, E.W. 1999. Implant sequence effects in intact male Holstein veal calves: carcass characteristics. *Journal of Animal Science* **77**, 3133-3139.

12. Documents non utilisés

- Byers, F.M., Turner, N.D. & Cross, H.R. 1993. Meat products in a low-fat diet. Chapter 17. *Low-Calorie Foods Handbook*, Marcel Dekker, New York, USA. pp343-375.
- D'Adler, M.-A. 1980. La grande peur des hormones. *Sciences et Avenirs* **405**, 18-21.
- Feldhusen, F., Wenzel, S. & Klatt, P. 1985. Influence of two anabolic preparations (testosterone/oestradiol-17 β -combinations) on the meat quality of calves. *Fleischwirtschaft*, **65**(9), 1132-1138. English Abstract.
- Ferrando, R. 1987. Élevages et hormones. Réalités et mythes. *Viandes et Produits Carnés* **8**(1), 34-37.
- Garssen, G.J., Hoving-Bolink, A.H. & Verplanke, J.C. 1992. Effects of clenbuterol and salbutamol on carcass and meat quality of veal calves. Proceedings 38th International Congress of Meat Science and Technology, pp69-72.
- Greaser, G.L. 1992. BST impacts on resource needs and on beef and veal output. Chapter 8. *Bovine Somatotropin and Emerging Issues: An Assessment*, Westview Press, Boulder, USA. pp193-205.
- Hapke, H.J., Hoffman, B. & Koransky, W. 1991. Use of sex hormones to improve performance in animal fattening. Attempt at a toxicological judgement of residues in meat. *Fleischwirtschaft* **71**(7), 786 (English abstract)
- Heitzman, R.J. 1980. Anabolic agents for meat production in the west ; their efficacy and mechanism of action in farm animals. *Proceedings Steroids in Animal Production* (H. Jasiorowski Ed.), pp15-20.
- Institut Technique de l'Élevage Bovin. 1982. Les anabolisants autorisés ne modifient pas les qualités organoleptiques de la viande de veau. *Producteur Agricole Français* **58**(313), 44-45.
- Joussellin, W. 1981. A propos de la viande de veau. *Agriculture* **448**, 8-11.
- Joussellin, W. 1992. La viande de veau. Évolution de sa consommation et de sa qualité ...avenir de la production. *Ethnozootecnie* **48**, 67-84.
- Kopp, J., Bonnet, M., Zabari, M., Renou, J.-P. & Valin, C. 1984. Influences relatives du sexe et d'un traitement anabolisant sur les caractéristiques du muscle long dorsal de veau. *Proceedings 30th European Meeting Meat Research Workers*, pp145-146.
- Lefebvre, E.-M. 1984. Anabolisants en production animale. II. L'enjeu zootechnique. *Producteur Agricole Français* **60**(344), 41-42.
- Marigny, F. 1980. A propos d'hormone, les Néerlandais s'en servent-ils? *Agrisept* **812**, 36-38.
- Pomar, C., Seoane, J.R., Latrille, L. and Bernier, J.F. High roughage rations with or without monensin for veal production. I. Animal performance. *Canadian Journal of Animal Science* **69**, 393-402.
- Richards, J.E., Mowat, D.N. and Wilton, J.W. 1986. Ralgro implants for intact male calves. *Canadian Journal of Animal Science* **66**, 441-449.
- Roche, J.F., Harte, F.J., Joseph, R.L. & Davis, W.D. 1983. The use of growth promoters in beef production. *Anabolic Agents in Veal Production, Proceedings*, pp27-44.

- Sauerwein, H., Rinke, L.M., Richter, T. & Meyer, H.D. 1993. Patterns of plasma cortisol, luteinizing hormone (LH), growth hormone (GH) and insulin-like growth factor 1 (IGF 1) concentrations in clenbuterol treated calves. *Journal of Reproduction and Development* **39**(3), 229-235.
- Solomon, M.B. 2001. Meat biotechnology. Chapter 6. *Meat Science and Applications* (Y.H. Hui, W.-K. Nip, R.W. Rogers, O.A. Young., Eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, USA. pp127-148.
- Sybesma, W. 1993. More is sometimes less. *Meat Focus International* **2**(6), 261-264.
- Thivend, P. 1981. Utilisation des anabolisants dans la production de veau de boucherie. *Bulletin Technique. Centre de Recherches Zootechniques et Veterinaires de Theix, INRA* **43**, 33-36.
- Thivend, P. 1981. La crise du veau: le veau et les hormones. Disséquons le problème. *Elevage. Edition Bovin, Ovin, Caprin* **102**, 21-24.
- Touraille, C., Valin, C., Aurousseau, B. & Sornay, J. 1983. Influence du mode de production sur la qualité de la viande de veau. *Bulletin Technique. Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix, INRA* **54**, 43-47.
- Utley, P.R., Murphy, C.N., Merchant, C.E. & McCormick, W.C. 1980. Evaluation of estradiol removable implants for growing and finishing steer calves. *Journal of Animal Science* **50**(2), 221-225.
- Valin, C., Lacourt, A., Renner, M. & Touraille, C. 1977. Influences des techniques actuelles d'élevage et d'alimentation sur la qualité de la viande de veau. *L'Alimentation et la Vie* **65**(1), 3-11.
- Wagner, J.F. Estradiol controlled release implants. Efficacy and drug delivery. *Symposium: Anabolics in Animal Production. Public Health Aspects, Analytical Methods and Regulation* (E. Messonnier, Ed.), pp129-142.