

## Les défauts de couleur des gras d'agneaux

M. THERIEZ (1), B. AUROUSSEAU (2), S. PRACHE (1), J. MENDIZABAL (3)

(1) Laboratoire Adaptation des herbivores aux milieux, INRA, Theix

(2) Laboratoire Croissance et métabolismes des herbivores, INRA, Theix

(3) Universidad Publica de Navara, Pampelune, Espagne

**RÉSUMÉ** - Les effets de l'alimentation sur les défauts de couleur des gras d'agneaux, appréciés visuellement (1 gras blanc à 5 gras très coloré) ou par spectrorimétrie (indices CIELAB Luminosité L\*, indices de rouge a\* et de jaune b\*), ont été étudiés au cours de plusieurs essais.

Le pâturage de colza fourrager, qui augmente le poids du foie dès 3 semaines, n'a d'effet sur la couleur des gras qu'après 35 jours : l'indice b\* augmente de 5,6 points (P<0,001).

La limitation à 600g/agneau/jour de l'apport de concentré améliore significativement L\*.

Les effets de la nature de l'énergie ('amidon' ou 'pulpes'), de la teneur en cuivre du régime (9 ou 14 ppm/MS) et du père (16 béliers) ont été déterminés. La nature de l'énergie modifie la fréquence des défauts de couleur (plus de gras notés 3 avec les pulpes, notés 4 avec l'amidon). L\* diminue, a\* et b\* augmentent lorsque la vitesse de croissance s'élève. Après ajustement pour ces effets, a\* est supérieur (+0,5, P<0,002) avec le régime amidon. Une teneur de 14 ppm de Cu accroît L\* (+1,3, P<0,002) et a\* (+0,8, P<0,001), elle diminue b\* (-0,7, P<0,006). Les indices a\* et b\* varient significativement selon les pères. La fréquence des notes de couleur est significativement différente dans des groupes d'agneaux, triés sur la base de la fragilité de leurs globules rouges ou de ceux de leur père.

## Lambs' subcutaneous fat discoloration

M. THERIEZ (1), B. AUROUSSEAU, S. PRACHE, J. MENDIZABAL

(1) Laboratoire Adaptation des herbivores aux milieux, INRA, Theix

**SUMMARY** - Effects of diet on lamb's subcutaneous fat discoloration (assessed visually from 1 : white, to 5 : strongly colored) or via spectrorimetry (CIELAB indexes : Luminosity L\*, red a\* and yellow b\* indexes) have been studied.

Rape grazing increased liver weight within 3 weeks, but induced fat discoloration only after 35 days : +5.6 points (P<0,001) for b\*.

Limitation of concentrate intake (600 g/head/day) increased L\*.

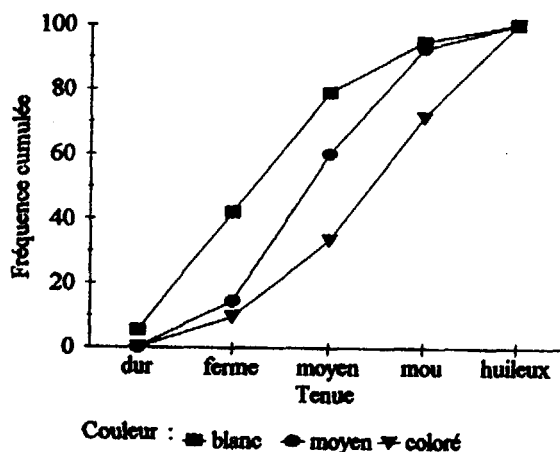
Effects of energy source (starch or beet pulp), feed copper content (9 or 14 ppm/DM) and lambs' fathers (16 rams) were studied. Source of energy modified discoloration frequencies (more frequent class 3 carcasses with beet pulps, class 4 carcasses with starch). L\* decreases, a\* and b\* increase with enhancement of growth rate. After adjustment for those effects, a\* was higher (+0.5, P<0.002) with starch diet. A 14 ppm copper level enlarges L\* (+1.3, P<0.002) and a\* (+0.8, P<0.001) and lessens b\* (-0.7, P<0.006). Fathers significantly influenced a\* and b\* indexes of their progeny. Frequency of lambs, according to their color class, are significantly different within groups of animals selected on their own red cells or on their father's red cell fragility.

Un programme de recherche 'Aliment demain', associant l'Institut de l'Élevage et plusieurs laboratoires de l'INRA, a été mis en place en 1996 pour répondre à la demande des producteurs d'agneaux et de leurs groupements qui sont confrontés aux conséquences financières des défauts de gras des carcasses. Ce rapport a pour objectif de faire le bilan des travaux correspondants. Nous privilégierons les aspects Défauts de couleur. Les résultats sur la composition des gras et leur tenue seront présentés dans l'exposé suivant par J. Normand.

## 1. LES CARACTÉRISTIQUES DES GRAS PRÉSENTANT DES DÉFAUTS

Les gras de couverture peuvent présenter 2 types de défauts. Ils peuvent être mous, voire huileux, et leur couleur peut varier du blanc au brun rouge. Les défauts de tenue sont connus depuis de nombreuses années (Molenat et Theriez 1973, Theriez et al. 1976) mais, comme à l'époque ils ne posaient pas de problèmes de commercialisation, leur étude a été abandonnée. Les difficultés de commercialisation sont apparues plus tard, dans les années 80, avec les défauts de couleur qui ont été décrits et caractérisés par Prache et al. (1990). Si ces défauts sont souvent associés, ils ne sont pas dus à une seule et même cause puisque l'on peut trouver des carcasses à gras fermes et colorés et, inversement, des gras mous peuvent avoir une couleur claire (Prache et al. 1990, Legrand 1993), comme cela est illustré sur la figure 1.

Figure 1 : Répartition de 99 agneaux Lacaune (fin de l'exposé), selon la couleur et la tenue de leurs gras



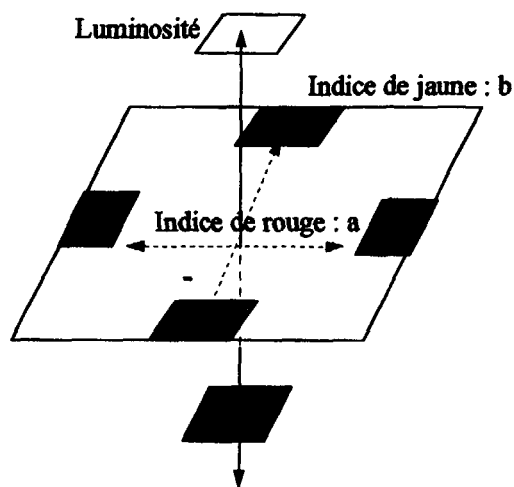
Les gras présentant des défauts de tenue sont caractérisés par une teneur en eau supérieure à celle des gras fermes, teneur qui pourrait correspondre, pour partie, à une reprise des phénomènes d'hyperplasie (Mendizabal et Normand, en cours de publication). Leur composition en acides gras (A.G.) est également différente de celle des gras durs: moins d'A.G. saturés pairs, plus d'A.G. saturés impairs, d'A.G. insaturés et d'A.G. ramifiés, tous à point de fusion inférieur à celui des A.G. saturés pairs (Arousseau et al. 1973, Molenat et Theriez 1973).

Les défauts de couleur sont dus à la présence de différents pigments d'origine alimentaire (caroténoïdes), pathologique (pigments biliaries) ou métabolique. Les 2 premiers types, responsables de la couleur jaune des gras des agneaux d'herbe, (Prache et Galtier 1990) ne seront pas décrits dans cet exposé. Nous nous limiterons ici aux autres pigments,

composés d'oxydation des lipides et pigments hémiques, d'origine métabolique. C'est surtout chez les agneaux de bergerie que l'on observe ces gras d'une coloration brun rouge plus ou moins marquée qui accompagne souvent des défauts de tenue.

Les gras présentant des défauts font l'objet d'un grand nombre de qualificatifs. Pour éviter toute confusion, l'Institut de l'Élevage a proposé un système de codification que nous utiliserons dans la suite de ce texte (I. Legrand, 1994). Les défauts de tenue s'apprécient de manière subjective par toucher des carcasses le lendemain de l'abattage et se traduisent par une note variant de 1 (gras durs) à 5 (gras huileux). Trois méthodes sont utilisées pour estimer ou mesurer la couleur. L'appréciation visuelle, sensible aux conditions de mesure (nature de la lumière incidente) et qui dépend de l'observateur, aboutit également à une note de 1 (gras blancs) à 5 (gras très colorés). La colorimétrie et la spectrorimétrie, basées sur la réflectance spectrale, sont des mesures objectives. L'instrument remplace l'observateur ce qui permet d'éviter les biais précédents (lumière incidente et observateurs sont standardisés). La colorimétrie, utilisable en abattoir, identifie toute couleur dans un espace à 3 dimensions selon le schéma de la figure 2 et la caractérise par 3 valeurs  $L^* a^* b^*$  (système CIELAB 1976, figure 2) que nous utiliserons par la suite. La spectrorimétrie, qui analyse le spectre par intervalles de 5 à 10 nm, permet également de caractériser la couleur dans le système CIELAB. Elle indique, en outre, la nature des pigments qui peuvent être responsables du défaut de coloration ( hauteur des pics d'absorption de la lumière incidente). Selon S. Jabet (1997), et dans l'état actuel de ses résultats, la note de couleur des gras est en relation étroite avec leur luminosité (L) et, à un moindre degré, avec leur indice de rouge (a). La liaison avec l'indice de jaune (b) est moins nette.

Figure 2 : Décomposition de la couleur dans le système CIELAB



## 2. LES GRAS DE COULEUR BRUN ROUGE

### 2.1. HYPOTHÈSES SUR L'ORIGINE DE CETTE COULEUR

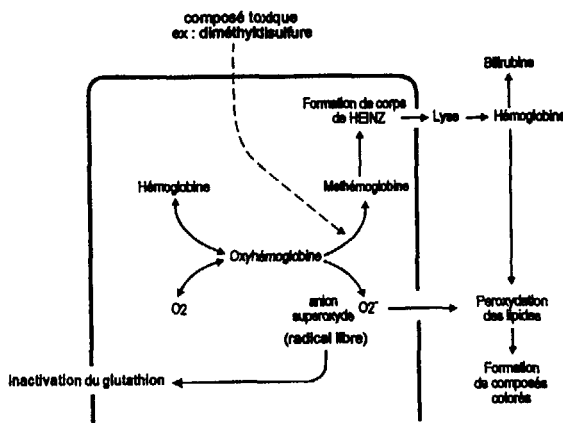
Les résultats de S. Prache et al., 1990, montraient que les gras brun-rouge se différencient des gras blancs ou jaunes par une teneur plus importante de pigments hémiques. C'est à partir de ces résultats que nous avons bâti les essais qui partent de l'hypothèse suivante :

Ces pigments hémiques peuvent être de l'hémoglobine piégée dans les tissus adipeux sous forme de globules rouges endommagés ou lysés.

L'attaque des protéines membranaires et des lipides de structure par les radicaux libres est à l'origine de cette altération des hématies. Ces radicaux libres sont des composés, chargés électriquement, (+ ou -), qui altèrent les constituants tissulaires et induisent leur dégradation. Ils sont produits et détruits normalement par l'organisme mais leur production peut être stimulée dans certaines situations telles que l'ingestion de composés toxiques (Barry et al. 1981) ou des chocs modérés comme l'augmentation du niveau d'ingestion (Crane et al., 1985), la diminution de la teneur en protéines de la ration (Huang et Fwu, 1993) ou l'exercice physique (Suttie et al., 1987). Outre leurs effets sur le développement de colorations parasites, les dommages causés par les radicaux libres peuvent modifier le métabolisme des lipides de réserve et augmenter la teneur en eau des tissus adipeux (Sinnott-Smith et Woolliams, 1987).

Le schéma de Barry et al. (1981), figure 3, illustre les phénomènes impliqués dans le cas de l'intoxication par une ingestion trop importante de colza fourrager et, donc, d'exposition des globules rouges à de fortes doses de diméthyl-disulfure, formé lors de la fermentation du S methyl cystéine sulfoxyde.

**Figure 3 :**  
**Formation et action des radicaux libres au niveau des hématies (selon Barry et al. 1981)**



En l'absence de protection, le diméthyl-disulfure provoque la dissociation de l'oxyhémoglobine en méthémoglobine et en anion superoxyde (étape 1 du schéma). La détérioration de l'hémoglobine s'accompagne de la formation de corps de Heinz et, soit dans les stades d'altération bénigne, de la captation et de la destruction des globules rouges endommagés par le foie et la rate, soit, dans les stades plus poussés, de leur lyse et de la libération d'hémoglobine et de méthémoglobine dans la circulation générale. L'hémoglobine libérée lors de la destruction des globules rouges accélère, alors, la production des radicaux libres dans l'organisme. L'hémolyse peut provoquer un ictère, dû à l'accumulation de bilirubine, produit de dégradation de l'hémoglobine (voir revue de Prache, 1994).

Un large faisceau d'observations ponctuelles nous a conduit à avancer l'hypothèse que, chez les animaux en croissance rapide, des flux de radicaux libres d'intensité limitée peuvent se révéler suffisants pour induire simultanément le développement de colorations parasites des tissus adipeux (peroxydation des lipides insaturés) et la lyse des globules rouges. De fortes proportions de globules rouges comportant des corps de

Heinz, témoins de dommages oxydatifs, ont ainsi été observées chez des agneaux soumis à un choc modéré : marche de durée inhabituelle et manipulations diverses pendant une journée (Suttle et al., 1987).

## 2.2. LES ESSAIS MIS EN PLACE POUR VALIDER CES HYPOTHÈSES ET LEURS RÉSULTATS

Une première expérience a porté sur les effets de l'ingestion du S methyl Cystéine sulfoxyde sur la couleur des gras d'agneaux pâturant du colza fourrager.

Parmi les différents types de chocs susceptibles d'être impliqués, nous nous sommes intéressés aux effets du niveau d'apport des nutriments énergétiques et en particulier aux effets d'une restriction alimentaire en fin d'engraissement sur la couleur des gras.

On connaît la sensibilité des ovins à l'excès de cuivre : le mécanisme central de la toxicité de cet oligo-élément est lié à son effet stimulateur sur la production des radicaux libres. A l'opposé, le cuivre est impliqué dans la défense de l'organisme contre les chocs oxydatifs ( par la Cu Superoxyde dismutase). Aussi, avons nous entrepris d'étudier les effets d'apports marginalement en excès ou déficitaires de cet élément sur la couleur des gras avec des rations à base d'amidon qui favorisent l'apparition des défauts ou à base de pulpe de betterave qui les évitent.

Enfin, pour un même niveau de sollicitation de l'organisme, les flux de radicaux libres et leurs conséquences sur l'altération des membranes varient d'un animal à l'autre. Ces différences pouvant avoir une origine endogène (potentiel de défenses variable entre individus), nous avons pris en compte ' l'effet père ' dans l'essai précédent.

Dans ce cadre, le comportement des globules rouges, faciles à prélever, est étudié en tant que critère d'évaluation de l'atteinte des membranes et de la probabilité d'accumulation de pigments dans les tissus.

### 2.2.1. Ingestion de substance toxique et coloration des gras : Cas du pâturage de colza.

Nous avons comparé trois durées d'engraissement (3, 5 et 9 semaines) d'agneaux sur colza fourrager à un lot témoin engraisé à l'herbe pendant 5 semaines. Dès 3 semaines d'engraissement, nous avons observé des troubles hémolytiques (diminution du nombre d'hématies et de la teneur du sang en hémoglobine) et hépatiques (augmentation très importante du poids du foie et de la vésicule biliaire, augmentation de l'activité d'enzymes hépatiques indicatrices de lésions des hépatocytes et d'obstruction des canaux biliaires). Ces troubles sont cependant restés subcliniques et la couleur du tissu adipeux est restée correcte jusqu'à 5 semaines d'engraissement (tableau 1). Au delà la moitié des agneaux présentaient une coloration jaune très prononcée du tissu adipeux

**Tableau 1 :**  
**Conséquence de l'ingestion de colza fourrager sur le poids du foie et sur la coloration des gras de couverture**

|                          | Durée d'engraissement sur colza (10 agneaux par lot) |         |         |         |
|--------------------------|--|---------|---------|---------|
|                          | 0 (Témoin)   | 3 sem.  | 5 sem.  | 9 sem.  |
| Poids du foie            | 564 g  | 1014 g  | 1100 g  | 1129 g  |
| Poids vésicule           | 16 g   | -       | 38 g    | 21 g    |
| Indice b                 | -  | 10.68 a | 10.63 a | 12.95 b |
| Jour d'abatage Lendemain | -  | 14.47 a | 13.21 a | 17.56 b |

Les valeurs suivies de lettres distinctes, sur la même ligne, sont significativement différentes, P<0,001

Le pâturage prolongé de colza fourrager provoque donc un ictère d'origine double: surproduction de bilirubine due à l'hémolyse intense et atteinte hépatique qui perturbe probablement le métabolisme de la bilirubine. Cet ictère se traduit par une coloration jaune marquée du tissus adipeux.

### 2.2.2. Limitation en fin d'engraissement et coloration

L'apport d'aliment concentré est souvent limité en fin d'engraissement pour augmenter le poids d'abattage sans accroître l'importance des dépôts adipeux. Cette technique, qui donne des résultats variables sur l'état d'engraissement a, par contre, un effet significatif sur la tenue et la luminosité des gras comme le montrent les résultats suivants. Dans un premier essai le lot témoin disposait de concentré et de regain offerts à volonté, le lot rationné recevait 600 g de concentré/animal/ jour, la même quantité de regain que le lot témoin, et du foin de 1ère coupe à volonté. Le rationnement a permis une augmentation significative de la luminosité du gras de couverture, ainsi que de sa fermeté (tableau 2). Un essai analogue sur agneaux mâles et femelles a donné les mêmes résultats, la limitation en fin d'engraissement qui a permis d'accroître de plus de 1 kg le poids de carcasse s'est également traduite par un majoration de 4.8 points de la luminosité sans effet sensible sur les indices a et b.

**Tableau 2 :**  
Effet de la limitation de l'apport d'aliment concentré en fin d'engraissement sur la couleur des gras de couverture (10 agneaux/lot)

| Apports en fin d'engraissement | A volonté  | Limités    | Signification : P< |
|--------------------------------|------------|------------|--------------------|
| Teneur (1 à 5)                 | 3.0 ± 0.5  | 2.3 ± 0.5  | 2 <sup>00</sup>    |
| Teneur en eau                  | 18.0 ± 3.5 | 13.5 ± 1.9 | 5 <sup>000</sup>   |
| Indice L (luminosité)          | 72.1 ± 2.4 | 76.1 ± 2.5 | 5 <sup>000</sup>   |
| Indice a (rouge)               | 5.0 ± 1.6  | 4.9 ± 2.4  | NS                 |
| Indice b (jaune)               | 12.0 ± 2.7 | 12.8 ± 1.8 | NS                 |

Ce résultat est dû en fait à 2 phénomènes : la diminution de la production de radicaux libres et l'accroissement de la part de fourrage dans le régime. Ce qui a modifié la digestion, entraînant la réduction de la teneur en eau et un changement de composition des dépôts. La part de chacun de ces phénomènes est difficile à préciser.

### 2.2.3. Origine de l'Energie, apport de cuivre et couleur

L'expérience a été réalisée en bergerie où nous avons comparé, au cours de 2 années successives, la tenue et la couleur du gras de couverture de 99 agneaux de race Lacaune, issus de 16 béliers différents.

Ces animaux ont reçu, à volonté, du sevrage à 4-5 semaines jusqu'à l'abattage à 121 jours en moyenne, un régime composé de 20% de foin de seconde coupe et de l'un des aliments concentrés du tableau 3. Les céréales fournissent l'essentiel de l'énergie du premier, des pulpes de betterave, riches en parois, celle du second pour provoquer 2 types de fermentation dans le rumen et la production plus ou moins importante de radicaux libres. La production et la neutralisation de ces derniers pouvant varier avec la nature et la teneur en oligo-éléments du régime, l'apport de Zn, Mn, Co, Iode et Se a été équilibré dans les 2 régimes. Deux teneurs en Cuivre ont été testées la première année, voisines des seuils de carence (9 ppm/MS ou de toxicité(14 ppm/MS)). Seule la seconde a été utilisée en deuxième année.

**Tableau 3 :**  
Composition des aliments utilisés

| Nature de l'aliment | AMIDON | PULPE |
|---------------------|--------|-------|
| Orge                | 46     | 0     |
| Blé                 | 35     | 0     |
| Avoine              | 0      | 10    |
| Pulpe de betteraves | 0      | 70,6  |
| Tourteau de soja    | 5      | 5     |
| Tourteau de colza   | 4      | 5     |
| Farine de poisson   | 4      | 4     |
| CINHA               | 1      | 1     |
| Urée                | 0      | 0,4   |
| Carbonate de Ca     | 2      | 0     |
| Phosphate monos.    | 0      | 1     |
| Mélasse             | 3      | 3     |

### Résultats :

**Performances des agneaux.** Contrairement aux résultats classiques (Theriez et Brun 1983, Mattray et al. 1994), les agneaux qui ont reçu l'aliment pulpe, ont compensé la plus faible concentration énergétique de leur régime en ingérant plus de matière sèche. Ils ont eu des croissances significativement supérieures à celles de leurs homologues sur régime à base de céréales (tableau 4).

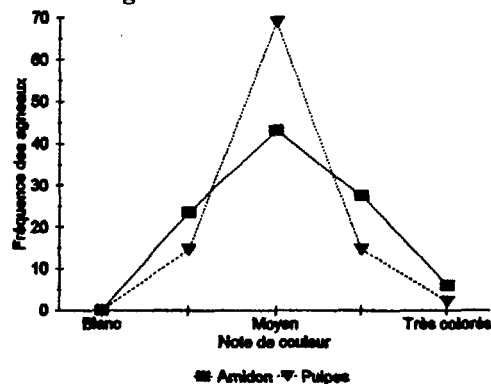
**Tableau 4 :**  
Performances des agneaux

| Année | Régime | Durée finition (j) | Abattage |            | Poids carcasse (kg) | Croissance (g/j) |                   |
|-------|--------|--------------------|----------|------------|---------------------|------------------|-------------------|
|       |        |                    | Age (j)  | Poids (kg) |                     | Finition         | Naiss. - abattage |
| 1996  | Amidon | 79.9 a             | 119.4 a  | 40.0 a     | 18.5 a              | 345 a            | 301 a             |
|       | Pulpe  | 65.8 b             | 122.5 a  | 41.1 a     | 18.7 a              | 302 b            | 303 a             |
| 1997  | Amidon | 74.9 a             | 123.9 a  | 40.3 a     | 18.5 a              | 304 a            | 293 a             |
|       | Pulpe  | 70.3 b             | 117.9 b  | 40.8 a     | 18.7 a              | 343 b            | 311 a             |

L'origine de l'effet de l'année est difficile à préciser, il peut être dû à la composition des aliments bien que les formules soient identiques, à l'état initial des agneaux mais peut correspondre également à un effet père. On observe, en effet, un 'effet bélier' hautement significatif sur la croissance des agneaux et la majorité des pères dont les agneaux ont la meilleure croissance ont été utilisés au cours de cette première année.

**Qualité des gras.** La répartition des agneaux selon leur note subjective de couleur et de tenue des gras est reportée sur la figure 4.

**Figure 4 :**  
Répartition des agneaux selon leur couleur et leur régime



La nature de la source d'énergie a modifié la répartition des carcasses selon leur note de couleur, avec une proportion plus forte de notes 3 dans les lots pulpe. Les agneaux du lot amidon ont des gras est significativement plus rouges que ceux du lot pulpe (tableau 5).

**Tableau 5 :**  
Effets du régime sur les indices L\*, a\*, b\* des gras

| Régime | Luminosité   | Indices de  |              |
|--------|--------------|-------------|--------------|
|        |              | rouge (a)   | jaune (b)    |
| Amidon | 65.0 ± 2.8 a | 7.9 ± 1.5 a | 12.5 ± 1.2 a |
| Pulpe  | 64.8 ± 1.7 a | 7.2 ± 1.4 b | 12.4 ± 1.1 a |

En fait ces indices varient avec la vitesse de croissance. La luminosité (L\*) est d'autant plus faible (P<0.0001) et l'indice de rouge (a\*) d'autant plus élevé (P<0.04) que la vitesse de croissance en période d'engraissement est plus rapide. L'indice de jaune (b\*) n'est pas affecté de manière significative. Mais ces résultats varient en outre avec la nature de la source d'énergie (amidon ou pulpe) et la teneur en cuivre de la ration.

A même vitesse de croissance :

Les gras des agneaux du lot amidon sont moins lumineux (-0.5, NS), plus rouges (+0.9, P<0.002) et plus jaunes (+0.2, NS) que ceux des agneaux du régime pulpe.

Un apport élevé de cuivre a augmenté la luminosité L\* (+1.3, P<0.01) et l'indice de rouge a\* (+0.8, P<0.001), il a diminué l'indice de jaune b\* (-0.7, P<0.006).

Nous avons, enfin, observé une interaction entre la teneur en Cu et la nature de l'énergie. Un apport élevé de Cu a une influence plus marquée sur la luminosité avec le régime amidon qu'avec le régime pulpe (respectivement +2 vs +0.5, P<0.02). Inversement, il a eu peu de conséquence sur les indices a\* et b\* des agneaux du régime amidon et un impact marqué chez ceux du lot pulpes (respectivement +0.4 vs +1.2, P<0.001 pour a\* et 0 vs -1.4 pour b\*, P<0.0008).

Bien que l'analyse de ces résultats aboutisse à des équations de prédiction hautement significatives (p<0.002 ou moins), celles-ci ne permettent d'expliquer qu'une faible part de la variance observée, 15 et 17% sur les indices a\* et b\*; 24% pour L\*.

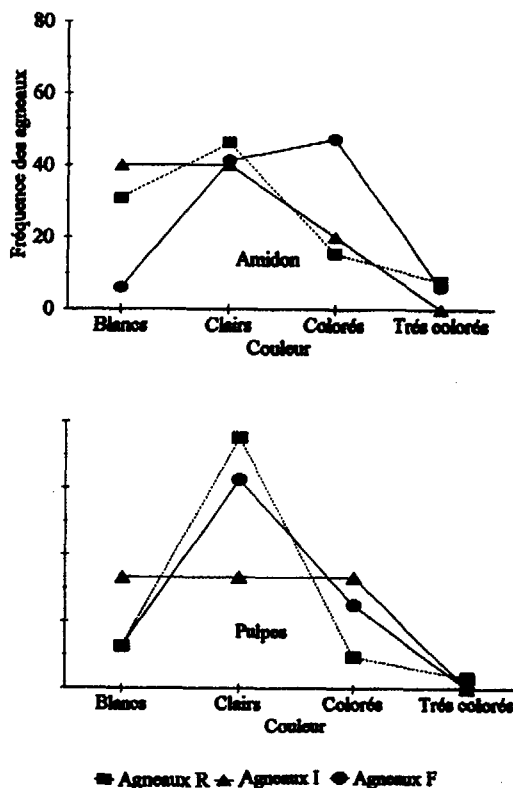
*Relation entre la couleur des gras et la fragilité des cellules.*  
Selon notre hypothèse initiale la présence de pigments hémiques dans les gras colorés est due à des facteurs (alimentaires, variabilité individuelle...) favorisant la fragilité des parois cellulaires et donc la lyse des globules rouges. C'est pourquoi nous avons relié le taux d'hémolyse des agneaux aux 3 indices CIELAB et à la note de couleur attribuée à leur carcasses.

Le taux d'hémolyse (dans une solution à 7,5 g de ClNa/litre, ensemble des animaux) est corrélé (P<0.06) à la luminosité des gras (L\*) mais non aux indices a\* ou b\*. Plus les globules rouges sont fragiles moins les gras sont lumineux. La part de variance expliquée dans l'équation de prédiction passe de 23 à 26%.

Nous avons classé les agneaux utilisés en 1997 selon les résultats d'une mesure en début d'expérience en 3 classes :

Résistants (moins de 50 % d'hématies lysées dans une solution saline à 7 g/l, animaux R dans les figures suivantes), Intermédiaires (animaux I) et Fragiles (plus de 80 % d'hématies lysées, animaux F). La répartition des carcasses selon leur couleur est identique, pour les 3 types d'agneaux ainsi caractérisés, dans le lot pulpe, elle est significativement différente pour les animaux du lot amidon (figure 5).

**Figure 5 :**  
Répartition des agneaux selon leur couleur.  
Effets de leur type et du régime



#### 2.2.4. Variabilité individuelle 'effet père'

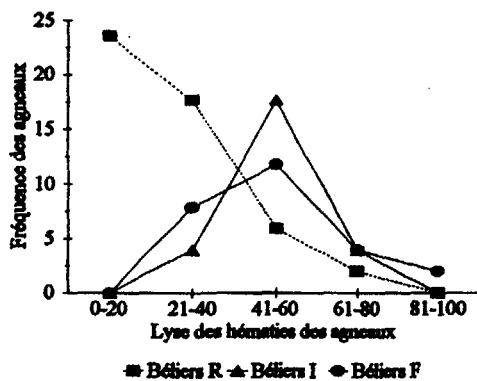
Les essais précédents ont été conduits avec des agneaux de pères connus. Lorsque ceux-ci sont pris en compte dans les analyses, la part de la variance expliquée s'accroît fortement. Elle passe ainsi de 23 à 32% pour la luminosité bien que l'effet père soit NS, de 15 à 39% pour a\*, et de 17 à 43% pour b\*. L'effet père est alors hautement significatif, P<0.03 pour a\* et P<0.007 pour b\*. Cet effet père n'est pas redondant avec la vitesse de croissance. Lorsque celle-ci avait un effet significatif dans les premières analyses, elle le garde dans les secondes : pour L\*, P<0.004 et P<0.0001; pour a\*, P<0.0006 et P<0.03 respectivement avec et sans effet père. La vitesse de croissance qui n'est pas reliée à l'indice de jaune (P<0.6) n'a pas non plus d'effet sur cet indice lorsque le père est pris en compte (P<0.8).

La fragilité des hématies des béliers a un effet limité sur la précision des équations d'analyse des résultats. Elle ne rentre comme facteur explicatif des variations que dans le cas de l'indice de jaune b\*, P<0.05, dont la part de variance expliquée passe de 17 à 19%.

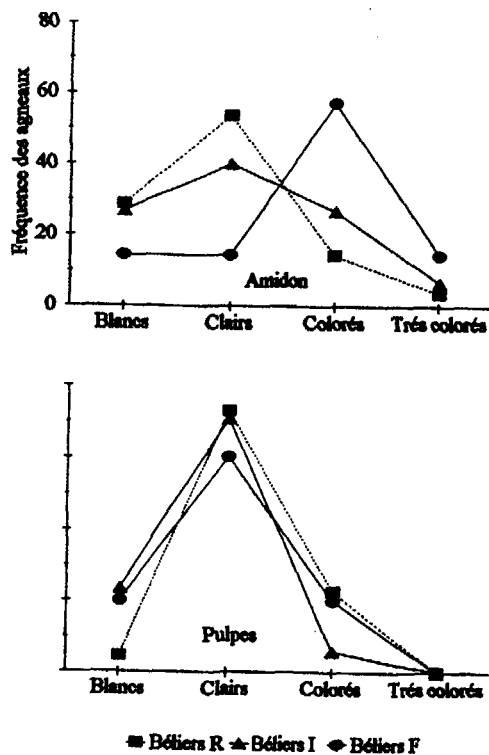
Au vu des premières liaisons entre couleur des gras et fragilité des hématies, nous avons appliqué le test d'hémolyse à 6 des 8 béliers utilisés pour le premier essai (2 ayant été reformés dans l'intervalle) et à 24 autres mâles parmi lesquels nous

avons choisi les 8 pères des agneaux du second essai (4 béliers dont les hématies étaient les plus résistants et 4 les plus fragiles). Ces 14 béliers ont été répartis en 3 classes (Résistants, Intermédiaires et Fragiles), comme cela avait été fait sur les agneaux. La figure 6 montre que la proportion d'agneaux classés d'après leur propre réponse au test d'hémolyse, est significativement différente selon le classement de leur père, la proportion d'agneaux à globules rouges peu sensibles à l'hémolyse est significativement plus élevée chez ceux qui sont issus de pères classés R. Enfin la fréquence d'agneaux à gras colorés dans les lots amidon est significativement plus importante dans le groupe des fils de béliers classés F que dans ceux des fils de béliers classés I ou R. Cette répartition est identique pour les 3 types de pères chez des lots pulpe (figure 7, pour les fils de 14 des 16 béliers utilisés).

**Figure 6 :**  
Relation entre la fragilité des hématies des béliers et celle de leurs fils



**Figure 7 :**  
Répartition des agneaux selon la couleur de leur gras. Effets du type de père et du régime



### 3. CONCLUSION

Les effets des divers facteurs étudiés sur la couleur des carcasses sont souvent différents, selon que l'on considère la luminosité et l'indice de rouge d'une part, l'indice de jaune d'autre part. Certains, comme la nature de l'énergie (amidon ou pulpe), modifient  $L^*$  et  $a^*$  mais sont sans effet sur  $b^*$ , d'autres, comme l'effet père, ont un effet significatif sur  $a^*$  et  $b^*$  et ne modifient pas la luminosité. On peut penser à une dissociation partielle de leurs effets sur la peroxydation des lipides (plus directement en rapport avec l'augmentation de l'indice de jaune) et de ceux sur la peroxydation des protéines (plus directement en rapport avec la baisse de la luminosité et l'augmentation de l'indice de rouge). Ceci se traduit par la formation plus ou moins importante de composés pigmentés dont un seul type a retenu notre attention, ceux d'origine héminique.

Ces essais confirment en premier lieu certains résultats déjà connus tels les effets du pâturage de crucifères sur l'état de santé des agneaux et ses conséquences sur la coloration des gras. Ils confirment de même l'intérêt de la limitation des apports d'aliments concentré en fin d'engraissement et valident donc les recommandations pratiques diffusées auprès des éleveurs.

Ils infirment par contre d'autres résultats et en particulier ceux relatifs à l'intérêt de l'incorporation de pulpe de betterave dans les aliments concentrés pour résoudre le problème des gras. Dans nos essais, les agneaux des lots pulpes ont, lors de chacune des 2 répétitions, compensé la moindre concentration énergétique de leur ration et ont eu des croissances supérieures à celles des témoins amidon. Dans ces conditions les résultats sont, en moyenne, les mêmes dans les 2 lots. En fait l'aliment pulpe a, en quelque sorte, 'gommé' les effets des autres facteurs, comme cela apparaît sur les figures 5 et surtout 7. Il y a significativement moins de gras colorés ou très colorés dans les lots d'agneaux classés Fragiles et dans les lots des fils de béliers classés F lorsque l'énergie a été apportée sous forme de pulpe plutôt que d'amidon.

Enfin, 2 grands types de résultats nouveaux se dégagent de ces essais.

En premier lieu, les interactions entre la nature de l'énergie, l'apport de cuivre et le père. Ces interactions sont vraisemblablement à l'origine des difficultés rencontrées pour analyser puis résoudre les problèmes des défauts de gras. Il est indispensable d'en tenir compte pour progresser.

Enfin, second élément, la réponse des agneaux aux conditions d'élevage et l'apparition des défauts varient selon les individus. Le test que nous avons utilisé (résistance des hématies) offre une première piste pour aborder cet aspect. Limité à des béliers et à des agneaux d'une seule race, en nombre encore très faible, il nous a cependant permis de discriminer des groupes d'individus, groupes entre lesquels la couleur des gras varie significativement. Il est nécessaire d'approfondir ce point. Le tri des agneaux selon le critère de fragilité des globules rouges de leur père montre une augmentation sensible des proportions de carcasses colorées chez les agneaux issus de béliers à globules fragiles, plus spécialement avec le régime amidon. L'absence de différences significatives entre agneaux issus de béliers à globules rouges résistants ou intermédiaires, indique un effet de seuil pour l'extériorisation des effets père, cohérent avec les effets plus marqués obtenus avec les rations les plus défavorables (plus riches en amidon et en cuivre).

**Remerciements :** Nous tenons à remercier le GEBRO et le Centre d'I.A du Bourguet (12) pour l'aide qu'il nous apportée dans la fourniture des agneaux et pour le choix des béliers

pères de ces agneaux. Nous remercions également les agents des installations expérimentales et du laboratoire pour les soins apportés à ces essais.

## RÉFÉRENCES

- AUROSSEAU B., THÉRIEZ M., DANIEL M., 1973. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 93-106
- BARRY T.N., Reid T.C., 1981. *J. Agri. Sci. Camb.*, 96, 269-282
- CRANE F.L., SUN I.L., CLARK M.G., GREBIN G.C., LOW H. 1985. *Biochem. Biophys. Acta*, 811, 233-240
- JABET S., 1997, *Compte rendu d'étape. Institut de l'élevage, Service viande* 16p.
- HUANG C.J., FWU M.L., 1993, *J. Nutr.*, 123, 803-810.
- LEGRAND I., 1994, *Pâtre*, 4, 22-25
- MATTRAY M. SAGOT L. VAN QUACKEBEKE E. 1994. *Renc. Rech. Ruminants* 1, 205-208
- MOLÉNAT G., THÉRIEZ M., 1973. *Ann Zootech.*, 22, 279-293.
- PRACHE S., 1994, *Vet. Res.*, 25, 497-520.
- PRACHE S., AUROSSEAU B., THÉRIEZ M., RENERRE M., 1990. *INRA Prod. Anim.*, 3, 275-285.
- PRACHE S., GALTIER P., 1990, *Reprod. Nutr. Dev., suppl.* 2, 233-234, 5èmes Journ. Alim. Nutr. Herbiv., INRA, mars 1989.
- SINNETT -SMITH P.A., Woolliams J.A., 1987, *Anim. Prod.*, 45, 75-80.
- SUTTLE N.F., JONES D.G., WOOLLIAMS C, WOOLLIAMS J.A., 1987, *Br. J. Nutr.*, 58, 539-548.
- THÉRIEZ M., BRUN J.P., 1983. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix INRA.*, 27-30.
- THÉRIEZ M., VAN QUACKEBEKE E., Cazes J.P., 1976. 2èmes Journées de la recherche ovine et caprine Paris 1-2 Décembre 1976. 79-109.