
LES TECHNIQUES ACTUELLES D'ESTIMATION DE LA COMPOSITION CORPORELLE DES BOVINS :

ETUDE PRATIQUE DE DEUX METHODES UTILISANT LES ULTRASONS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*présentée et soutenue publiquement en 2003
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Frédéric, Hervé PAULUZZI
Né, le 15 juillet 1978 à AUCH (Gers)

Directeur de thèse : M. le Professeur Roland DARRÉ

JURY

PRESIDENT :
M. Jean PARINAUD

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :
M. Roland DARRÉ
Mme Nicole HAGEN-PICARD

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Partie 2/2

PARTIE EXPERIMENTALE

I. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

L'étude porte sur 2 appareils (VOS et échographe) et concerne 2 types d'animaux : des vaches de réforme de race Blonde d'Aquitaine à Montardon et des jeunes bovins Limousins à Pépieux. Le protocole se divise donc en 4 parties : matériel et méthode VOS, schéma expérimental à Pépieux, matériel et méthode de l'échographe, schéma expérimental à Montardon.

A. Matériel et méthode VOS

1) Matériel

Le VOS est constitué d'un pied à coulisse électronique (dont une des branches est porteuse d'un émetteur à ultrasons et l'autre d'un récepteur) et d'un générateur d'ultrasons. La partie à mesurer est placée entre les deux branches du pied à coulisse.

Un ordinateur enregistre :

- La distance (d) entre l'émetteur et le récepteur, exprimée en mm.
- Le temps (t) mis par les ultrasons pour aller de l'un à l'autre.

A l'aide de ces 2 mesures, il calcule la vitesse et son inverse. Le traitement des données à Limoges transforme les vitesses mesurées en variable Gras_% que nous utilisons par la suite. Cette variable est en effet reliée à l'inverse de la vitesse par une équation linéaire, il est donc indifférent d'utiliser une variable ou l'autre.

Pour un même site, l'appareil prend une série de 6 mesures successives, l'ordinateur enregistre alors les 6 mesures des vitesses réciproques et calcule la moyenne et l'écart type de chaque série.

2) Sites de mesures

Les 2 sites retenus dans le protocole de l'Institut de l'Elevage sont :

- l'épaule : on mesure le muscle épineux du dos qui en boucherie correspond au train de côtes.
- le filet : on mesure le muscle long dorsal ou faux-filet en terme de boucherie.

3) Réalisation des mesures

Cette technique nécessite un bon contact entre les branches du pied à coulisse et la peau de l'animal. En effet les ultrasons ne traversent pas l'air, c'est pourquoi il est nécessaire de tondre le site de mesure et de l'humecter avec un produit gras. Pour cet usage nous avons utilisé de l'huile de table. Il est aussi nécessaire d'immobiliser les animaux dans une cage de contention.

Deux mesures sont réalisées systématiquement par site et par animal pour un opérateur, l'ordre est le suivant : épaule, filet, épaule, filet.

- Si les 2 mesures sont fiables (nombre de mesures élémentaires prises en compte par l'ordinateur supérieur ou égal à 4 et écart-type de ces mesures inférieur ou égal à 0.02), on conserve les 2 mesures et on utilise leur moyenne.
- Si l'une des mesures est non fiable, elle est éliminée.
- Si les 2 mesures ne sont pas fiables, on conserve alors les deux (cas rare toutefois).

En ce qui concerne l'effet opérateur, il a été démontré que l'entraînement des techniciens est essentiel dans la maîtrise de l'appareil (55).

Les variables obtenues représentant le pourcentage de gras corporel sont nommées EPVOS pour l'épaule et FVOS pour le filet.

Le rythme de mesure est variable selon les équipements de contention ; il est en moyenne de 25 animaux par heure.

B. Schéma expérimental à Pépieux

1) Animaux

L'étude porte sur 66 jeunes bovins mâles de race Limousine âgés en moyenne de 12 mois au début de l'expérimentation. Ce sont des fils de taureaux d'insémination artificielle en testage. Ces taurillons en croissance forment 3 lots homogènes.

2) Logement

Les 66 jeunes bovins sont répartis en 3 boxes de 22 sur paille.

3) Durée de l'expérimentation

De janvier à juin 2001.

4) Mesures

Sur l'animal vivant :

- VOS : les taurillons sont mesurés une fois par mois de janvier à juin. La dernière pesée correspond à la veille des dates d'abattage respectives des 3 lots (l'abattage a lieu à Castres en 3 séances les 6, 11 et 15 juin).
- Pesées : les animaux sont pesés une fois par mois depuis leur entrée en station jusqu'à leur abattage.
- Echographie : un lot de 22 animaux a été échographié la veille de son abattage. Des contraintes techniques n'ont pas permis d'en faire autant sur les 2 autres lots.
- Note de conformation et d'état corporel : les taurillons ont été notés selon la grille EUROP par le pointeur de Midatest avant d'être abattus.

Sur la carcasse :

- Pesée .
- Note de conformation et d'état d'engraissement : chaque carcasse est notée selon la grille EUROP par le pointeur de Midatest.
- Note de gras interne : une note de 1 à 5 est attribuée par le pointeur de Midatest.

5) Traitement des données

Les données ont été traitées sur les logiciels Excel et Systat selon la méthode de régression linéaire.

- Etude cinétique des mesures VOS : on met en parallèle l'évolution du poids des taurillons et leurs mesures VOS.
- Comparaison des mesures VOS et échographiques : sur le lot échographié, on associe les données VOS et échographiques et on recherche leur corrélation.
- Comparaison des mesures VOS et échographiques avant abattage avec les notes de gras des carcasses on essaie de mettre en relation les mesures ultrasoniques ante-mortem avec les notes de carcasse données par le pointeur agréé.

C. Matériel et méthode de l'échographe

1) Matériel

L'échographe est un Ultra Scan 900 équipé d'une sonde de 172 mm de long (adaptée à ce type d'utilisation). La numérisation des images avant leur enregistrement sur disquette se fait à l'aide de l'enregistreur Sony digital color printer FVP-1E.

Les réglages de l'échographe (gain, contraste, luminosité) ont été fixés en début d'expérimentation et vérifiés avant chaque série de mesures.

2) Sites de mesures

Nous avons choisi 3 sites de mesures échographiques :

- Dessus du dos, au niveau de la 3^{ème} vertèbre lombaire.
- Dessus de l'épaule, au niveau de la 7^{ème} vertèbre thoracique.
- En arrière de la scapula, dans le 7^{ème} espace intercostal au-dessus de la pointe du coude.

Pour appréhender la pertinence de ces différents sites, nous avons réalisé une étude de répétabilité, suite à laquelle nous avons décidé de conserver 2 sites de mesure :

- le dessus du dos : on conserve la mesure de la luminosité (variable LUMFIL) et de l'épaisseur de gras sous-cutané (nommée par la suite variable EPAISSEUR).
- le dessus de l'épaule : on étudie la luminosité de la couche musculaire superficielle.

3) Réalisation des mesures

L'animal est placé dans une cage de contention, il est tondu au niveau de l'épaule et des vertèbres lombaires côté droit. On enduit d'huile de table le site de mesure avant de disposer la sonde sur le dos de l'animal parallèlement à sa colonne vertébrale et orientée de manière à avoir le cordon de la sonde vers l'avant de l'animal. On visualise l'image sur l'écran de l'échographe ; une fois celle-ci jugée satisfaisante elle est figée puis numérisée par l'enregistreur Sony et enfin enregistrée sur disquette. On passe ensuite au deuxième site de mesure au niveau de l'épaule (cordon de la sonde vers l'arrière de l'animal).

L'opérateur doit exercer une pression uniforme sur la sonde et régulière entre les mesures. Il doit aussi veiller à ce que la surface de la sonde repose bien horizontalement sur l'animal. Les 2 images obtenues par animal sont ensuite renommées le soir de la mesure de la manière suivante :

- numéro de l'animal-date(1) pour le filet
- numéro de l'animal-date (2) pour l'épaule

Par exemple, la photo du filet de la vache 9068 prise le 06 juin 2001 est codée 9068-06-06-01(1).

Chaque vache a donc un fichier des images échographiques obtenues au cours de son engraissement, ce qui représente une base de données brutes accessibles en cas d'erreurs ou de doutes sur les valeurs obtenues lors du traitement informatique.

4) Traitement informatique des images

L'analyse informatique des photos a été réalisée par un opérateur unique et en une seule séance de façon à éviter les biais d'opérateur.

Sur ces images, on mesure l'épaisseur de gras sous-cutané au niveau du filet et la luminosité du muscle long dorsal. Par la mesure de la luminosité on évalue la teneur en lipides intramusculaires.

L'épaisseur est mesurée grâce au logiciel Graphicworks 3.0, elle est donnée en millimètres (cf. photo 1).

La luminosité est mesurée grâce au logiciel Colorpilot qui exprime le nombre de pixels blancs par rapport à la surface déterminée par le technicien : la valeur varie sur une échelle de 0 à 140 (cf. photos 1 et 2).

Chaque animal est caractérisé par 1 valeur d'épaisseur de gras sous-cutané et 2 valeurs de luminosités musculaires à chaque date.

Photo 1 : image échographique du filet

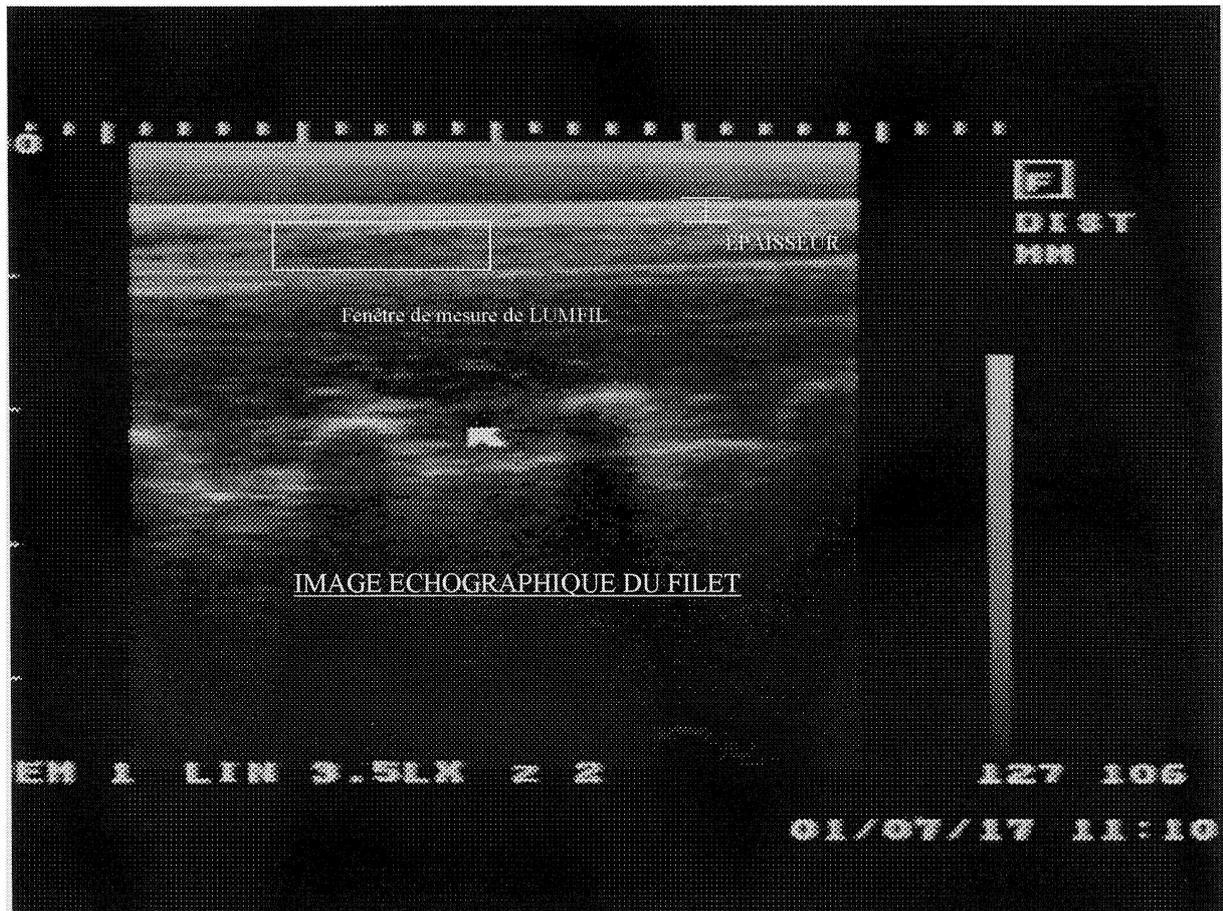
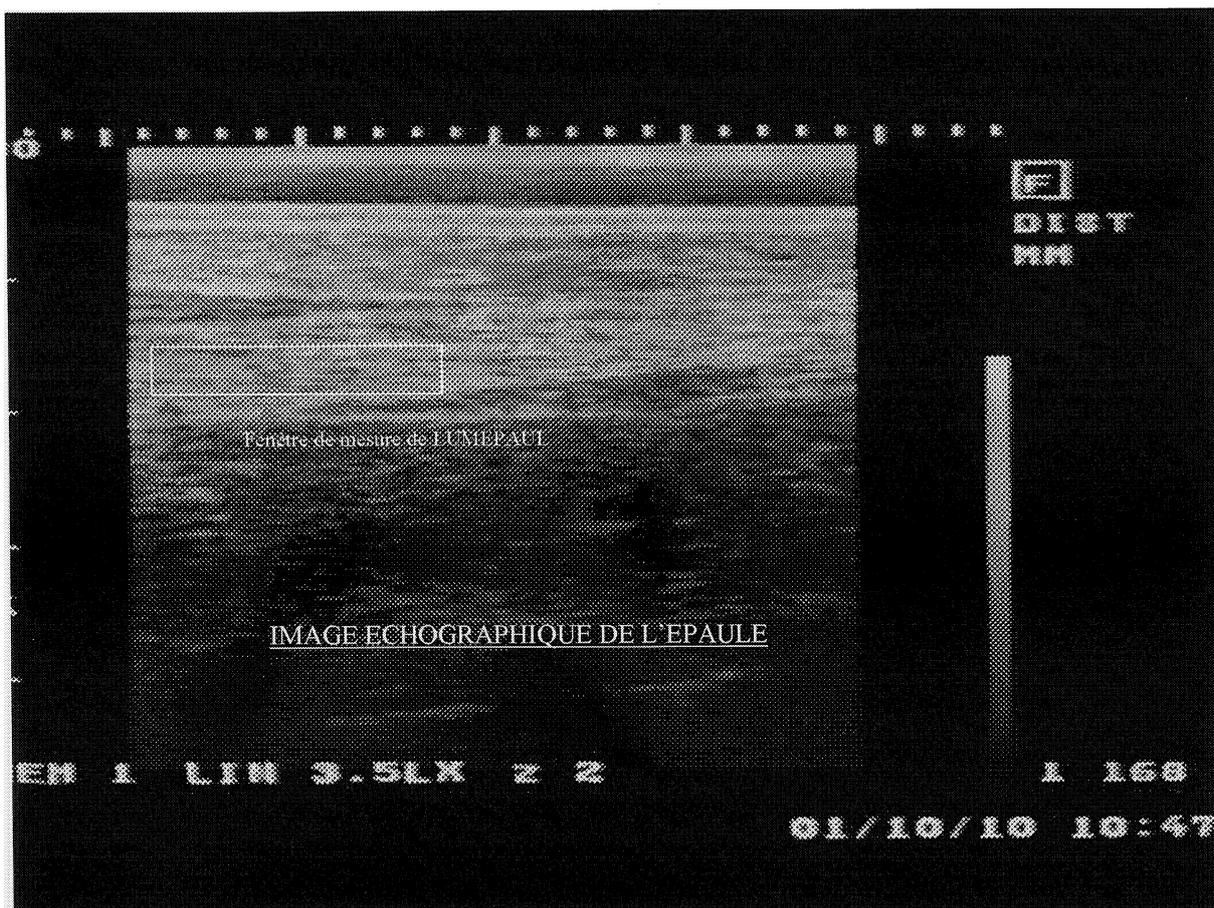


Photo 2 : image échographique de l'épaule



D. Schéma expérimental à Montardon

1) Animaux

45 vaches de réforme de race Blonde d'Aquitaine d'âges et de conformations variés.

2) Période d'étude

On distingue 4 phases :

- phase d'adaptation de 1 mois.
- phase de transition alimentaire de 15 jours.
- phase expérimentale : début en juin.
- phase d'abattage : fin de la phase expérimentale lors du dernier abattage, sachant que chaque vache est abattue quand elle atteint un état d'engraissement suffisant pour être commercialisée selon le jugement du technicien de la coopérative.

3) Logement

4 loges de 72 m² (3 de 10 vaches et 1 de 15) en stabulation libre sur paille.

4) Alimentation

Tout d'abord les animaux sont soumis à une période de transition alimentaire de 15 jours.

Un régime alimentaire différent est ensuite attribué à chacun des 4 lots :

- 3 lots de 10 vaches ont une ration de base composée de maïs grain humide entier inerte (MGHE) associée à 3 compléments azotés différents : lupin, pois, tourteau de soja. Le lupin et le pois sont broyés grossièrement.
- Le 4^{ème} lot (15 vaches) a une ration de base composée de maïs sec concassé (MSC) associée à du tourteau de soja.

Les 4 lots ont également du foin à volonté et un aliment minéral vitaminé.

5) Mesures

Sur animal vivant :

- Pesée, VOS et échographie toutes les 3 semaines.

Sur la carcasse :

- Pesée de la carcasse.
- Pesée des gras de rognon.
- Dissection anatomique de la 6^{ème} côte selon le protocole INRA : un technicien de l'AGPM a suivi une formation à la station INRA de Theix.
- Analyse chimique de la côte.

II. ANALYSE DES RESULTATS

A. Cinétique des mesures VOS

1) Taurillons de Pépieux

Les 3 lots ont une évolution globale similaire mais assez irrégulière pour la variable FVOS (graph.9 en annexe 1). Bien qu'on utilise les moyennes par lots, ce qui lisse les erreurs, la variable FVOS montre une évolution incohérente qui la rend inexploitable.

Remarque : la dernière série de mesure effectuée par C.Magnoac en juin a été supprimée car l'effet opérateur est important pour le VOS.

On ne s'intéresse qu'à la variable EPVOS (graph.10 en annexe 2a), vu que FVOS donne des résultats décevants d'après nos premières analyses.

L'écart type de EPVOS est élevé (de 22 à 32 % de la valeur moyenne), ce qui est en contradiction avec l'homogénéité des taurillons (cf. tableau 8 en annexe 2b).

D'autre part, la corrélation entre 2 dates successives n'est pas bonne (le R² est maximal entre janvier et février et vaut seulement 0.28) ce qui traduit que de nombreuses courbes individuelles s'entrecroisent, signe d'évolutions différentes entre animaux.

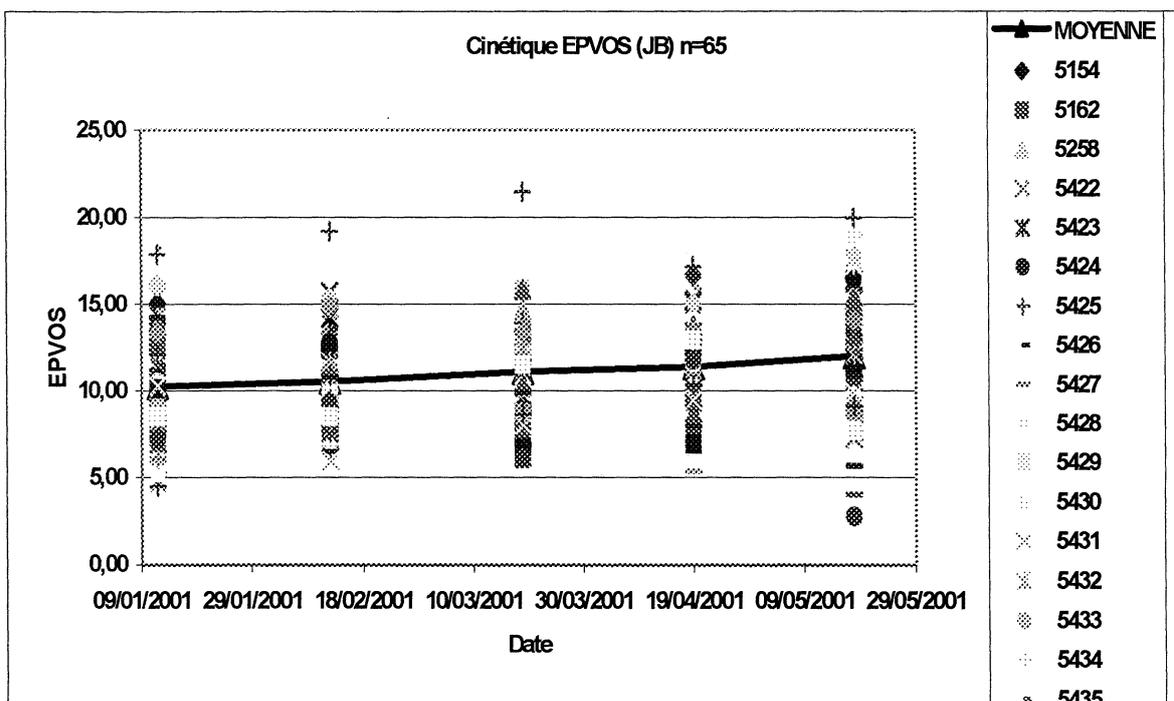
Cependant, ces courbes individuelles (graph.6) montrent aussi que globalement les animaux ayant des fortes valeurs VOS au départ restent ceux qui ont les valeurs les plus élevées à la fin, il en est de même pour les animaux ayant des valeurs faibles.

On peut donner plusieurs explications à cela :

- les variations individuelles ayant des origines génétiques ou pas (conformation, épaisseur de la peau...) jouent un rôle important dans la mesure VOS.
- les variations dues à la méthode et aux conditions de travail sont importantes par rapport aux variations de l'état d'engraissement de ces jeunes bovins et les masquent.

La moyenne de EPVOS progresse très peu au cours de l'expérimentation (10.26 à 12.01 soit moins d'un écart type de progression). Il est possible que ces jeunes animaux en croissance déposent peu de gras, cependant il est plus probable que EPVOS varie peu malgré une forte augmentation de l'état d'engraissement, auquel cas on a du mal à apprécier la progression de l'état d'engraissement des jeunes bovins par la mesure de EPVOS.

Graph.6 : cinétique de la variable EPVOS des taurillons (courbes individuelles).



2) Vaches de Montardon

Compte tenu des pannes du VOS, toutes les vaches n'ont pas pu être mesurées à chaque séance ; nous avons donc du trier les dates où l'appareil a le mieux fonctionné pour avoir un groupe de vaches constant et le suivre sur une période assez longue. Nous avons donc obtenu un lot de 13 vaches ayant des mesures VOS aux 06/06, 11/07 et 07/09. A partir de ces données, nous avons alors étudié l'évolution de EPVOS et de LUMEPAUL.

Les évolutions individuelles (graph.11 en annexe 3) semblent assez cohérentes entre elles puisque nous obtenons des R^2 de 0.35 et 0.46 entre 2 séries de mesures pour EPVOS, ce qui est supérieur aux valeurs obtenues pour les taurillons (R^2 maximum de 0.28). Ces résultats plus homogènes ne sont certainement pas dus au type d'animaux (les vaches de réforme d'Orthez sont de phénotypes très variés) mais peut-être à une amélioration des manipulations avec par exemple l'influence de l'opérateur et du caractère des bovins.

B. Cinétique des variables mesurées par échographie

Seules les vaches ayant 8 échographies successives ont été conservées pour réaliser ces cinétiques. En effet certaines images de qualité insuffisante ont dû être éliminées, ainsi 31 vaches correspondent à ce critère de sélection.

La courbe noire correspond à l'évolution moyenne de l'ensemble des vaches au cours de l'engraissement, elle permet de constater que les 3 paramètres augmentent bien au cours de l'engraissement (LUMFIL de manière moins marquée et moins régulière). Les valeurs individuelles permettent d'apprécier la dispersion des valeurs (écart type) et de remarquer que le classement des vaches entre elles reste le même : les vaches les plus grasses restent toujours les plus grasses au cours de l'engraissement ; il en est de même pour les plus maigres.

1) Luminosité de l'épaule (graph.12 en annexe 4)

En ce qui concerne la variable LUMEPAUL, on retrouve les mêmes difficultés à savoir une augmentation trop faible par rapport à l'écart type.

2) Luminosité du filet (graph.13 en annexe 5)

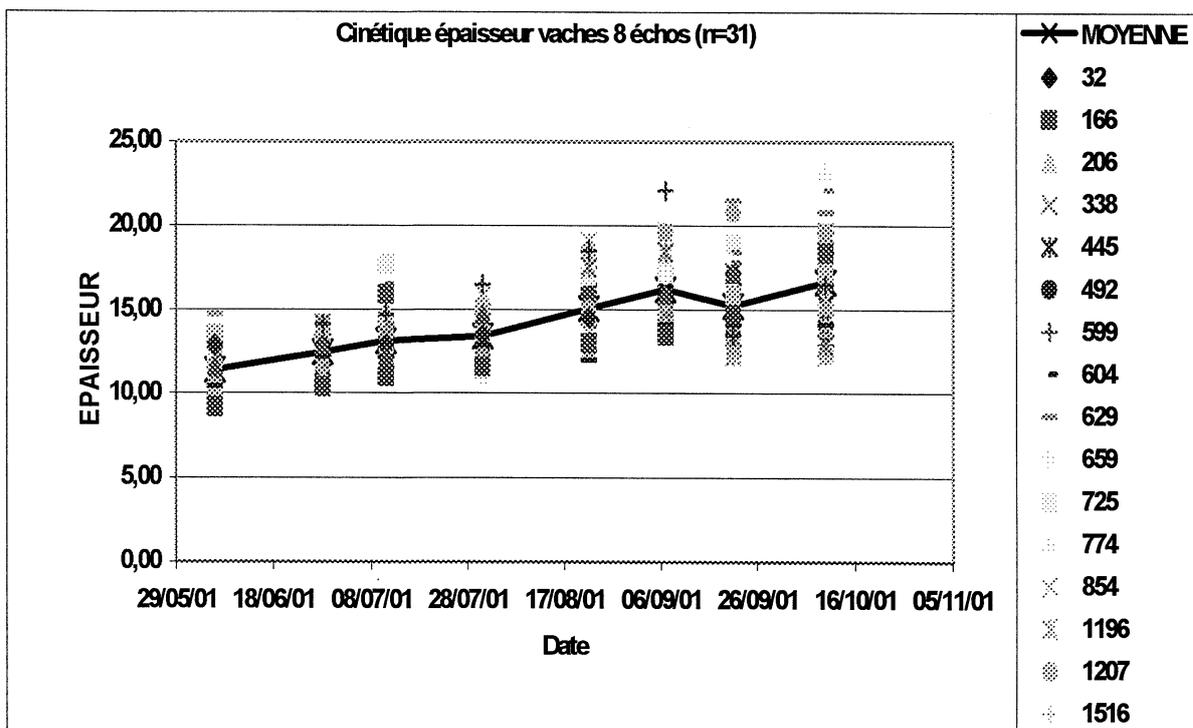
La variable LUMFIL présente une évolution irrégulière. On doit simplement remarquer que certaines vaches restent toujours fortes en luminosités. Cette image du filet semble peu intéressante pour suivre l'engraissement de vaches de réforme, en revanche elle pourrait permettre de préciser les caractéristiques anatomiques de la région du filet pour un animal donné en terme de conformation musculaire par exemple.

3) *Épaisseur de gras sous-cutané*

(graph.7)

La variable EPAISSEUR présente une augmentation régulière et une faible dispersion des valeurs individuelles autour de la moyenne ; en revanche, la pente est faible puisque l'épaisseur passe de 11,4 mm en début d'engraissement à 16.6 mm à la fin. On peut aussi noter que les intervalles « moyenne + ou - 2 écart types » de départ (moyenne =11.4, écart type =1.37) et de fin (moyenne =16.6, écart type =3.06) se chevauchent. Cela signifie que cette technique ne permet pas de différencier les vaches les plus grasses en début d'engraissement des moins grasses en fin. La Blonde d'Aquitaine dépose peu de gras sous-cutané par rapport aux autres races, c'est pourquoi la pente de cette droite est faible dans notre expérience.

Graph.7 : cinétique de l'épaisseur de gras sous-cutané des vaches (courbes individuelles).



C. Relation entre mesures échographiques et VOS au site de l'épaule sur les taurillons limousins et les vaches blondes d'Aquitaine

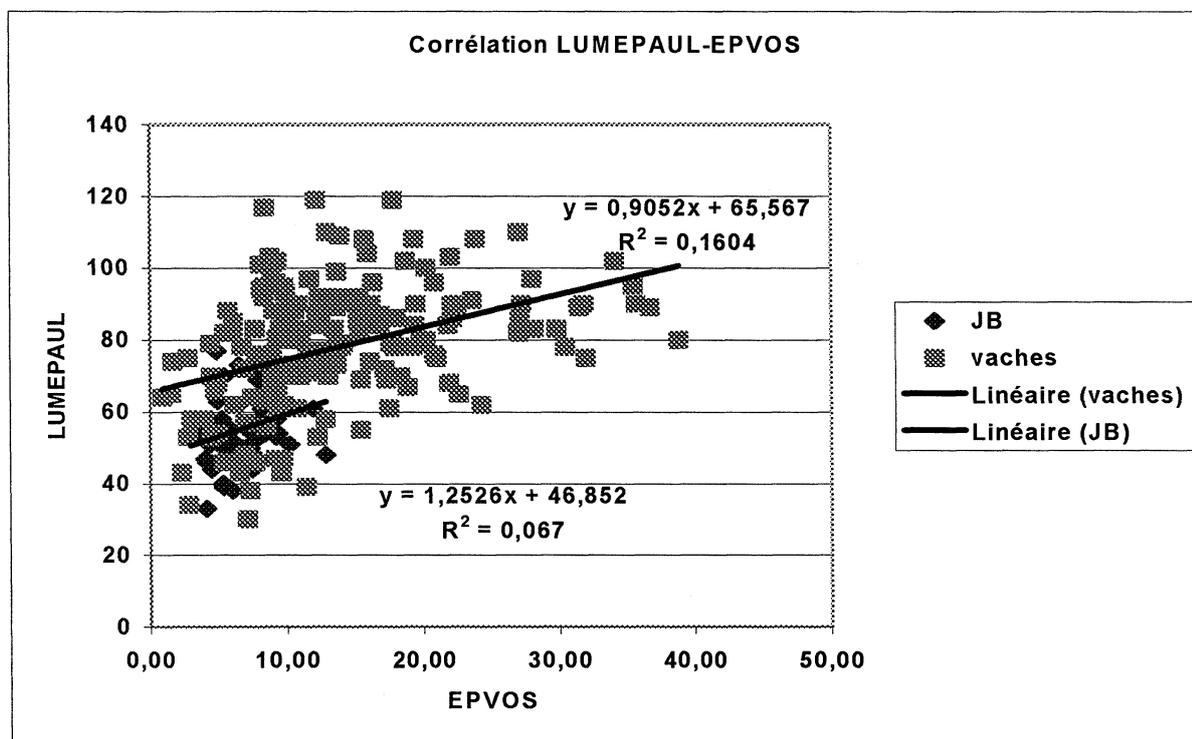
La relation observée entre les variables LUMÉPAUL et EPVOS (graph.8) sur les 249 couples de mesures est décevante ($R^2=0.16$ pour les vaches et 0.07 pour les taurillons). La répartition très groupée des jeunes bovins confirme leur homogénéité alors que les valeurs recueillies sur les vaches sont plus dispersées (cf. réalisées à différents stades d'engraissement sur des vaches hétérogènes au départ).

On aurait pu espérer une meilleure correspondance entre les deux méthodes mais il ne faut pas oublier qu'on ne mesure pas tout à fait les mêmes dépôts adipeux avec le VOS (gras sous-

cutané, intermusculaire et intramusculaire) et l'échographe (gras intramusculaire pour ce qui est des luminosités et sous-cutané pour la variable EPAISSEUR).

Remarque : FVOS présente des variations très irrégulières au cours de l'engraissement (cf. ante) ; c'est pourquoi nous ne l'avons pas mise en parallèle avec LUMFIL.

Graph.8 : corrélation entre les paramètres VOS et échographiques au site de l'épaule



D. Relation entre les mesures VOS précédant l'abattage et les pointages carcasses

On étudie cette relation sur les taurillons de Pépieux ; les pointages étant réalisés par Midatest et en série pour chaque lot (contrairement aux vaches qui ont été abattues par petits lots et pointées simplement à l'abattoir comme toute carcasse commercialisée), on espère une meilleure standardisation de la méthode de notation.

Ces mesures VOS ont été réalisées entre 1 et 3 jours avant abattage par C. Magnoac (responsable de la station Midatest de Pépieux) et les carcasses ont été notées par P. Cathala, pointeur à Midatest. On observe une augmentation de la variable EPVOS avec l'augmentation de la note de pointage (on obtient dans notre étude $R^2 = 0,13$ soit $R = 0,4$ or d'après les études précédentes de l'Institut de l'Élevage (1999) on obtenait un R compris entre 0.45 et 0.5).

Dans ce cas, la difficulté à mettre en évidence une relation entre mesures VOS et notes d'état est due à la faible variabilité des taurillons et à la faible discrimination permise par l'échelle de note d'état de la carcasse.

E. Relation entre mesures in vivo des vaches (VOS et échographe) avec les analyses de carcasses

On n'a pris en compte que les résultats des vaches abattues moins de 1 mois après leurs dernières mesures VOS et échographiques.

11 carcasses ont été prélevées afin de réaliser une dissection anatomique de la 6^{ème} côte, à partir desquelles a été calculé le rapport masse de gras disséqué (intermusculaire) sur la masse de muscle. Ce paramètre est nommé rapport gras/viande.

Sur toutes les carcasses, les gras de rognons ont été pesés à l'abattoir ; dans nos analyses, nous utilisons le poids des gras de rognons sans le rapporter au poids de carcasse, vu que cette manipulation n'a pas amélioré la corrélation avec les autres variables.

1) Corrélations entre mesures in vivo et le poids des gras de rognons

(a) VOS

Les mesures VOS sont très peu corrélées au poids des gras de rognons hormis FVOS ($R^2=0.29$). cependant, la relation entre ces 2 paramètres donne une pente négative, ce qui est difficile à interpréter : on ne s'attend pas en effet à une évolution inverse entre les gras de rognons et les dépôts adipeux du filet qu'on essaie d'estimer par l'intermédiaire de la variable FVOS.

On trouve donc difficilement des explications à cette constatation si ce n'est la faible confiance qu'on peut accorder à ces 2 paramètres. En effet, FVOS n'est par ailleurs corrélée à aucun autre paramètre abattoir, il ne semble pas varier avec l'état d'engraissement. C'est pourquoi il a été décidé de supprimer ce site de mesure dans les expériences futures menées par l'Institut de l'Élevage (3). D'autre part, le poids des gras de rognons ne présente pas de corrélation ($R^2<0.01$) avec le rapport gras/viande de la côte qui, dans notre expérience, est la variable de référence dans l'estimation du pourcentage de dépôts adipeux de la carcasse.

De tous ces résultats, on conclut que FVOS et le poids des gras de rognons ne sont pas appropriés pour estimer l'état d'engraissement des bovins.

(b) Echographe

- LUMFIL présente une très faible corrélation avec le poids des gras de rognons ($R^2=0.03$).
- LUMEPAL est aussi très peu corrélée au poids des gras de rognons ($R^2=0.1$).
- EPAISSEUR est très peu corrélée au poids des gras de rognons ($R^2<0.01$) et la pente de la droite de régression est très faible.

Les mesures échographiques ne permettent donc pas d'estimer le poids des gras de rognons, sachant qu'il faut tenir compte du faible nombre d'animaux (9) pris en compte pour obtenir ces résultats, ce qui rend ces derniers difficiles à interpréter.

2) *Corrélations entre mesures in vivo et le rapport gras/viande de la 6^{ème} côte*

(a) VOS (graph.14 en annexe 6)

Si on s'intéresse aux corrélations des mesures VOS avec le rapport gras/viande de la côte, on obtient des résultats plus intéressants : la variable EPVOS est mieux corrélée à ce rapport que la variable FVOS ($R^2 = 0.3$ contre $R^2 = 0.04$) ce qui est en accord avec les résultats du bilan VOS 1999-2000.

Cependant, ce coefficient de détermination de 0.3 est relativement faible et pourrait être meilleur si on n'était pas limité par les effectifs ; on dispose seulement ici de 7 côtes provenant de vaches mesurées moins d'un mois avant abattage et parmi elles, 2 ont eu des valeurs éliminées car ne rentrant pas dans les critères d'inclusion. On imagine mal tirer des conclusions définitives avec ce petit nombre d'animaux analysés.

Il est nécessaire de continuer à collecter des données pour exploiter ces résultats encourageants : le VOS est utilisable sur les vaches Blondes d'Aquitaine malgré la faible quantité de gras qu'elles déposent : en appliquant les nouveaux protocoles VOS (mesures du site de l'épaule seulement), il sera certainement possible d'obtenir de bons résultats. Il est vrai que le site du filet posait beaucoup de problèmes quant au positionnement du pied à coulisse, vu que les vaches de réforme ont une épaisseur de faux-filet très inférieure aux taurillons.

Le site de l'épaule semble donc plus approprié, tant en terme d'estimation de l'état d'engraissement des vaches qu'en terme de facilité de réalisation de la mesure.

(b) Echographe (graph.15 en annexe 7)

- LUMFIL présente une très faible corrélation avec tous les paramètres abattoir ($R^2 < 0.04$ dans tous les cas). Cette variable ne semble pas évoluer en fonction de l'état d'engraissement.
- LUMEPAUL est bien corrélée au rapport gras/viande de la côte ($R^2 = 0.56$) : ce paramètre semble donc un moyen de prédiction correct de l'état d'engraissement (cf. paragraphe « Détermination du meilleur paramètre de prédiction... »).
- EPAISSEUR est très peu corrélée au rapport gras/viande de la côte (R^2 inférieurs à 0.05).

Tabl. 5 : coefficients de détermination entre les mesures échographiques et les paramètres abattoir

R^2	Gras rognons	Rapport gras viande / carcasse	% lipides côte
LUMFIL	0.035	0.04	0.004
LUMEPAUL	0.1	0.56	0.03
EPAISSEUR	0.005	0.04	0.25

3) *Corrélations entre mesures in vivo et le pourcentage de lipides intramusculaires de la noix d'entrecôte*

(a) VOS

L'analyse chimique des côtes donne le pourcentage de lipides intramusculaires de la noix d'entrecôte. Aucun des paramètres mesurés ne parvient à approcher cette caractéristique de la viande. Le VOS n'est pas relié à cette variable ($R^2=0.02$ pour EPVOS et infime pour FVOS) mais là encore on note la faiblesse de l'effectif pris en compte, faute de mesures VOS suffisamment proche de l'abattage des vaches dont la côte a pu être analysée. Le VOS ne paraît donc pas pouvoir estimer le gras intramusculaire.

Il est important de noter aussi que ce pourcentage de lipides n'est que peu corrélé au rapport gras/viande ($R^2=0.16$), ce qui pose le problème de la valeur de ces mesures : en effet, la dissection de la 6^{ème} côte permet d'estimer le pourcentage de dépôts adipeux totaux et d'autre part on sait que la quantité de lipides intramusculaires est proportionnelle à l'état d'engraissement total : on devrait donc obtenir une relation plus étroite entre ces 2 paramètres.

On peut aussi se poser le problème de l'adéquation entre le rapport gras/viande de la 6^{ème} côte et les dépôts adipeux totaux de la carcasse : ce rapport ne serait-il pas plutôt un estimateur de la quantité de lipides intermusculaires ?

(b) Echographe

En ce qui concerne l'analyse chimique de la noix d'entrecôte, les corrélations entre nos mesures en vif et le pourcentage en lipides intramusculaires sont très faibles ($R^2 < 0.1$ pour LUMFIL et LUMEPAL). La droite de régression présente même une pente négative dans le cas de la variable EPAISSEUR. Il semble pourtant peu probable que l'on observe une diminution des lipides intramusculaires associées à une augmentation du gras sous-cutané. Une autre interprétation de ces résultats serait de considérer que certaines vaches déposent peu de gras sous-cutané et beaucoup de lipides intramusculaires et d'autres se comportent à l'inverse (effet du type génétique des vaches ?).

De même la corrélation entre le rapport gras/viande de la côte obtenu par dissection anatomique (gras intermusculaire) et le pourcentage de lipides intramusculaires obtenu par analyse chimique se révèle assez faible ($R^2=0.16$). Nos techniques semblent donc mieux prédire la quantité de gras intermusculaire que de gras intramusculaire.

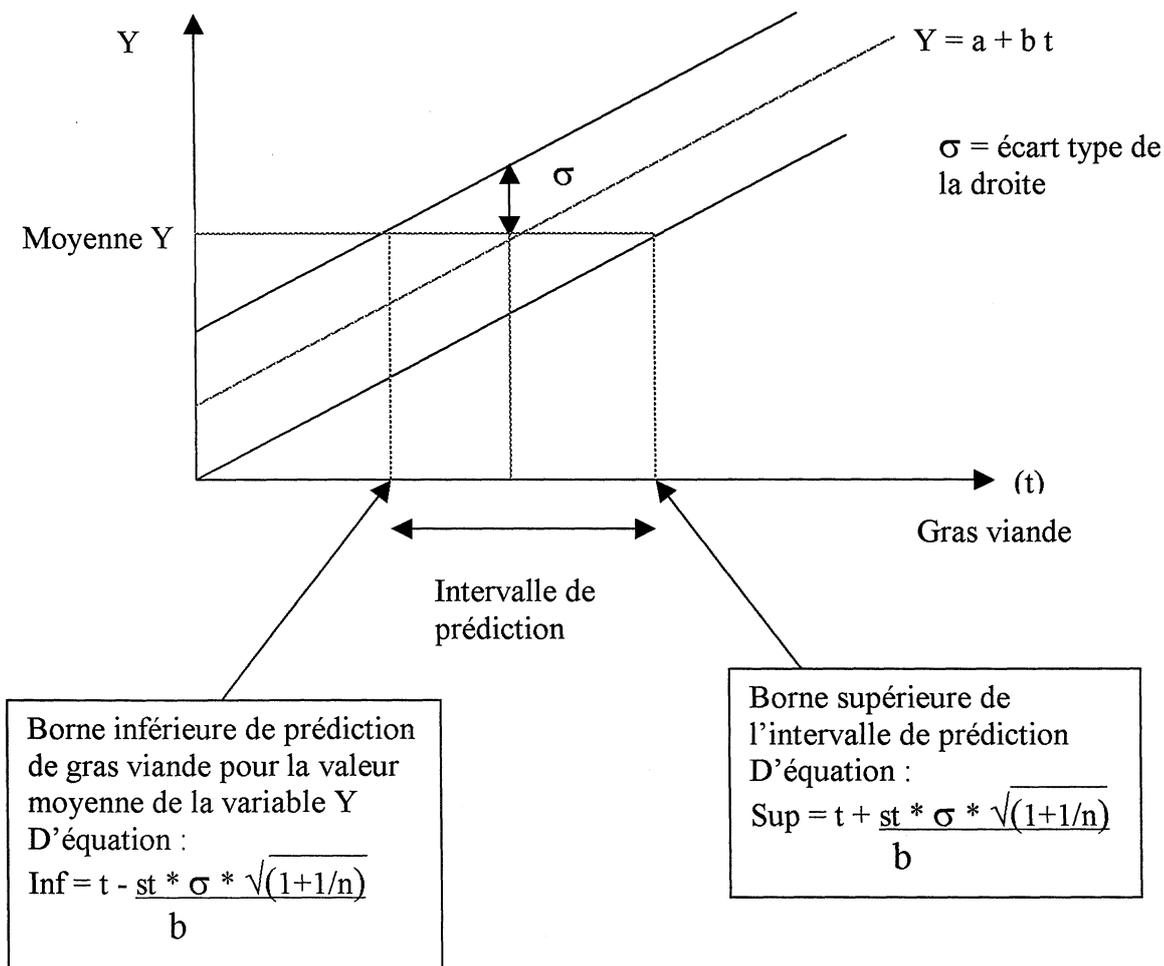
Tabl.6 : bilan des coefficients de détermination des mesures in vivo et des analyses post-mortem.

R ²	Gras rognons	Rapport gras viande / carcasse	% lipides côte
LUMFIL	0.035	0.04	0.004
LUMEPAL	0.1	0.56	0.03
EPVOS	0.01	0.3	0.06
FVOS	0.29	0.04	0.0002
EPAISSEUR	0.005	0.04	0.25

F. Détermination du meilleur paramètre de prédiction de l'état d'engraissement

1) Indice de précision d'une variable prédictive

Fig. 3 : calcul de l'indice de précision.



St est une constante de la loi de Student (à n-2 degrés de liberté), ici st=2.3 pour n=10 et st=2.57 pour n=7.

n est le nombre de valeurs prises pour faire la régression linéaire.

La variable Y prédit bien le rapport gras/viande de la côte si l'intervalle est faible, or la taille de l'intervalle correspond à la différence entre les bornes. On remarque alors que le rapport σ/b est directement proportionnel à cet écart c'est-à-dire que plus cet indice est faible, plus Y va prédire précisément le rapport gras/viande. En effet il est nécessaire d'avoir à la fois une grande pente b et un faible écart type afin que l'intervalle de prédiction obtenu pour une valeur donnée par une méthode soit faible. Il est aussi intéressant de constater que cet indice est indépendant de n, c'est-à-dire de la taille de l'échantillon.

Tabl. 7 : caractéristiques de chaque variable prédictive.

	R ²	pente	moyenne	pente corrigée	écart type	écart type corrigé	indice
LUMEPaul	0,541	172,48	95,09	1,81	56,21	0,59	0,33
LUMFIL	0,046	27,87	23,45	1,19	44,81	1,91	1,61
EPAISSEUR	0,050	12,78	17,67	0,72	19,67	1,11	1,54
EPVOS	0,295	49,21	26,59	1,85	43,94	1,65	0,89
FVOS	0,044	18,45	14,19	1,30	38,33	2,70	2,08

Le rapport gras/viande de la côte a servi de gold-standard pour comparer les mesures en vif avant abattage (VOS et échographe). Nous avons effectué une régression linéaire de type $Y = a + b \cdot \text{rapport gras/viande}$ pour les 5 paramètres étudiés, à savoir LUMEPaul, LUMFIL et EPAISSEUR pour l'échographe et EPVOS et FVOS pour le VOS.

La pente de la droite de régression (b) et l'écart type sont divisés par la moyenne des valeurs afin de pouvoir comparer les variables entre elles ; cela donne les paramètres corrigés.

Ceci nous a permis de constater que :

- LUMEPaul et EPVOS ont deux pentes fortes et équivalentes et que LUMEPaul a un écart type plus faible, c'est pourquoi l'indice de LUMEPaul est plus faible : cette variable prédit le rapport gras/viande avec moins d'erreur.
- La variable EPAISSEUR a un écart type corrigé meilleur que EPVOS mais sa pente est trop faible ; l'indice (ou intervalle d'erreur) est donc élevé.
- Les mesures au filet (LUMFIL et FVOS) se caractérisent par des indices élevés, elles sont donc imprécises.

2) Résultats

- Sur les taurillons de Pépieux, le VOS s'est avéré meilleur moyen de prédiction de l'état d'engraissement des carcasses ($R^2=0.16$) que l'échographe ($R^2=0.09$) ; il faut cependant préciser que les méthodes de mesures et d'interprétation échographiques n'étaient pas fixées et ont été modifiées par la suite et que l'effectif de taurillons échographiés est faible.

- En revanche, sur les vaches de Montardon, l'échographe a été mieux corrélé ($R^2=0.56$) à la masse de gras de la 6^{ème} côte que le VOS ($R^2=0.3$), le VOS ayant connu de nombreuses pannes pendant cette expérimentation. On peut remarquer que les deux techniques sont de meilleurs indicateurs du gras de la 6^{ème} côte que du gras de rognons ($R^2=0.1$ pour l'échographe et $R^2=0.0007$ pour le VOS).

- En ce qui concerne l'analyse chimique de la noix d'entrecôte, les corrélations entre nos mesures en vif et le pourcentage en lipides intramusculaires sont très faibles ($R^2 < 0.1$ dans tous les cas). Il en est de même pour la corrélation entre le rapport gras/viande de la côte et ce pourcentage ($R^2=0.16$). Nos techniques semblent donc mieux prédire la quantité de gras intermusculaire que de gras intramusculaire.

- On a remarqué que l'indice de prédiction de la variable EPAISSEUR est mauvais en raison d'une faible pente et malgré un écart type correct ; ceci est sans doute lié à la race

Blonde d'Aquitaine connue pour déposer peu de gras sous-cutané contrairement aux races laitières et Anglo-Saxonnes sur lesquelles ces méthodes ont été mises au point.

- Les mesures au filet (à la fois LUMFIL et FVOS) ne sont pas concluantes : ces variables ne progressent pas au cours de l'engraissement des vaches (courbes « plates ») ; on peut l'expliquer par les caractéristiques des muscles de cette région anatomique, à savoir leur faible capacité à déposer du gras par rapport au quartier avant (4). Ces observations sont d'ailleurs confirmées par le changement de protocole des mesures VOS décidé dans le rapport 1999-2000 (3) qui ne conserve que le site de l'épaule.

Les vaches en fin d'engraissement de Montardon sont des animaux plus gras que les jeunes bovins limousins, cependant en conclure que le VOS est plus efficace sur des animaux maigres alors que l'échographe est plus efficace sur des animaux gras me semble prématuré. En effet sur chaque expérience, il existe un biais important : méconnaissance de l'échographie à Pépieux et pannes du VOS à Montardon.

Si l'on souhaite déterminer précisément quelle méthode prédit le mieux la composition de la carcasse, il faudra réaliser une nouvelle expérience avec 2 appareils qui fonctionnent bien et des techniciens plus entraînés.

III. DISCUSSION

A. VOS

Les résultats sur les taurillons Limousins sont décevants d'un point de vue répétabilité, cinétique et corrélation avec les paramètres mesurés à l'abattoir :

- la variable FVOS présente une évolution incohérente tant au niveau individuel que collectif et n'est reliée à aucun paramètre abattoir : elle est inexploitable. Ceci est en accord avec le rapport VOS 1999-2000 de l'Institut de l'Élevage (publié après notre étude) qui, devant les mauvais résultats de répétabilité et de corrélation avec les analyses de carcasses de cette variable, met fin à son utilisation et prévoit de ne mesurer la vitesse des ultrasons qu'à l'épaule.
- la variable EPVOS, malgré de meilleurs résultats, paraît difficilement exploitable, vu sa faible augmentation au cours de l'engraissement des taurillons : elle ne progresse même pas d'un écart type en 5 mois, ce qui est insuffisant pour distinguer un taurillon en début d'engraissement d'un taurillon fini. Là encore, l'Institut de l'élevage avait publié des résultats similaires sur des vaches de réforme dans le rapport 1999-2000.
- la répétabilité des mesures est très moyenne ce qui peut s'expliquer par l'homogénéité des taurillons Limousins ; ce problème a déjà été rencontré par l'Institut de l'élevage en 1997 : les variations dues aux erreurs de mesures sont supérieures aux variations individuelles. Ceci signifie que plus de la moitié de la valeur donnée par le VOS est expliquée par des erreurs de mesures dues notamment à un effet opérateur très marqué.

- en ce qui concerne les paramètres abattoir, seuls des pointages des carcasses ont été réalisés ; l'homogénéité des taurillons ainsi qu'une échelle de notation des carcasses étroite ont abouti à de faibles corrélations entre les pointages EUROP des carcasses et le VOS ante-mortem.
- les mesures VOS des vaches de réforme ont souffert des pannes de l'appareil et pour ce qui est de la relation avec l'abattoir, les vaches analysées n'avaient pas de valeur VOS suffisamment proche de l'abattage. Il faudra donc renouveler l'expérience avec un appareil plus fiable et peut-être moins de mesures mais plus rapprochées de l'abattage.

B. Echographie

- au plan de la cinétique des variables LUMEPAL et EPAISSEUR, le classement des vaches reste cohérent au cours de l'engraissement. Cependant, les intervalles de valeurs de début et de fin d'engraissement se chevauchent, c'est-à-dire que la distinction entre vaches peu grasses et finies est peu exacte : on retrouve le même problème qu'avec le VOS sur les taurillons. Les valeurs progressent mais pas suffisamment : une explication à ce phénomène est la caractéristique de la race Blonde d'Aquitaine à déposer peu de gras, même par rapport à la Limousine qui est pourtant aussi une race tardive.
- à l'abattoir, on observe cependant des relations intéressantes entre les mesures de LUMEPAL avant abattage et la dissection de la 6^{ème} côte ; on peut donc nourrir quelques espoirs quant à l'avenir de cette technique. Il faut souligner que notre étude s'est réduite à un faible nombre de dissections anatomiques de côtes, faute de moyens et de coopération de certains bouchers. Il faut aussi tenir compte de notre manque d'expérience tant au niveau technique (manipulation de l'appareil etc.) qu'au niveau expérimental : les débuts de l'expérience ont en fait consisté en la maîtrise de l'appareil et en un choix de sites intéressants à étudier.
 Dans le futur, il sera bon de se focaliser sur les mesures ante-mortem et sur la standardisation du mode opératoire en vue de limiter les erreurs de mesure. Il sera certainement nécessaire de multiplier les images échographiques par animal et de faire évoluer le protocole d'interprétation.

CONCLUSION

En conclusion, on retiendra l'importance croissante de l'évaluation de l'état corporel des bovins en relation avec le suivi des performances et de la santé des troupeaux laitiers et allaitants. De multiples méthodes existent mais la standardisation des manipulations et leur simplicité d'exécution font du VOS et de l'échographe des outils utilisables à grande échelle.

En France, l'Institut de l'Élevage, en collaboration avec les partenaires de la race Limousine, a pu mettre en place un index de composition corporelle des taureaux d'insémination artificielle élaboré à partir des mesures VOS, ce qui montre l'implication de cet appareil dans la sélection de cette race.

De son côté, l'échographe est utilisé depuis plusieurs années aux Etats-Unis pour l'engraissement et la sélection de la race Angus notamment, en vue d'obtenir de meilleures qualités diététiques et organoleptiques de la viande.

Nos expériences rejoignent ces constatations : en multipliant les mesures et les effectifs, le VOS permet d'évaluer les taureaux pour le critère « composition corporelle ». D'autre part, l'échographe montre des résultats encourageants, sachant que c'était sa première utilisation dans ce contexte. Avec un protocole de mesure et de traitement des images amélioré, on peut espérer progresser dans l'évaluation de l'état corporel des bovins avec cet appareil.

Ainsi on peut penser voir dans quelques années les vétérinaires profiter de la polyvalence de leur échographe en ajoutant l'aspect « état corporel » au suivi des élevages dont ils assurent déjà le volet « fécondité ». Ceci confirme le bel avenir de l'échographe en activité vétérinaire.

AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, P. DESNOYERS, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que

M. PAULUZZI Frédéric, Hervé

a été admis(e) sur concours en : 1997

a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 8 juillet 2002

n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

Je soussigné, R. DARRÉ, Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

autorise la soutenance de la thèse de :

M. PAULUZZI Frédéric, Hervé

intitulée :

« Les techniques actuelles d'estimation de la composition corporelle des bovins : étude pratique de deux méthodes utilisant les ultrasons »

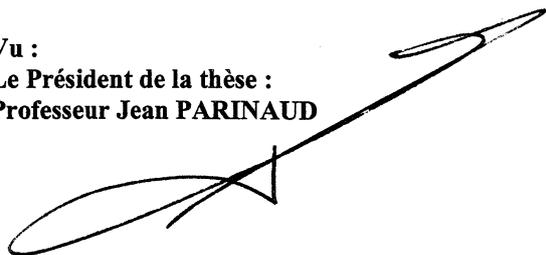
**Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Roland DARRÉ**



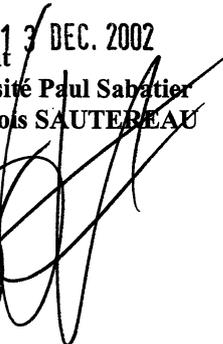
**Vu :
Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Pierre DESNOYERS**



**Vu :
Le Président de la thèse :
Professeur Jean PARINAUD**



**Vu le : 13 DEC. 2002
Le Président
de l'Université Paul Sabatier
Jean-François SAUTEREAU**



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1) AGABRIEL, J., GIRAUD J.M., PETIT, M.

Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant.
Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1986, **66**, 43-50.

2) AGABRIEL, J., GRENET, N., PETIT, M.

Etat corporel et intervalle entre vêlages chez la vache allaitante. Bilan de deux années d'enquête en exploitation.
Prod. Anim., 1992, **5**, 5, 355-369.

3) ANONYME.

Bilan mesures VOS 1999-2000 (vaches de réforme, taurillons).
Compte-rendu de l'Institut de l'Elevage, 2001, 11 pages.

4) ANONYME.

Le gras dans la viande des ruminants.
Institut de l'Elevage, Dossier n° 91/20-1, 1994, 48 pages + annexes.

5) ANONYME.

Sélection des taureaux de races allaitantes, intérêt de l'introduction d'une méthode objective de mesure de l'état d'engraissement basée sur la vitesse des ultrasons dans le cadre des programmes de contrôles individuels ou sur descendance en station.
INRA, Institut de l'Elevage, Comité bovin de la CNAG du 30 juin 1994, 11 pages.

6) ARNOLD, J.W., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L., LUDWIG, C.

Estimates of genetic parameters for live animal ultrasound, actual carcass data, and growth traits in beef cattle.
J. Anim. Sci., 1991, **69**, 985.

7) BASSARAB, J. A., BRETHOUR, J. R., ZOBELL, D.R. *et al.*

Sorting feeder cattle with a system that integrates ultrasound backfat and marbling estimates with a model that maximizes feedlot profitability in value-based marketing.
Can. J. Anim. Sci., **79**, 327-334.

8) BERANGER, C., ROBELIN, J.

Influence du mode d'élevage, de la sélection et de l'alimentation sur l'état d'engraissement des bovins.
Ann. Biol. anim Bioch. Biophys., 1977, **17**, 5B, 905-921.

9) BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. (Page consultée le 17-07-2002). Guidelines for using ultrasound to measure body composition traits, [en ligne].2001.

Adresse URL : <http://www.beefimprovement.org/guidelines>.

- 10) BOCQUIER, F., GUILLOUET, P., BARILLET, F., CHILLIARD, Y.
Comparison of three methods for the in vivo estimation of body composition in dairy ewes.
Ann. Zootech., 1999, **48**, 297-308.
- 11) BRETHOUR, J.R.
Estimating marbling score in live cattle from ultrasound images using pattern recognition and neural network procedures.
J. Anim. Sci., 1994, **72**, 1425-1432.
- 12) BRETHOUR, J.R.
Relationship of ultrasound speckle to marbling score in cattle.
J. Anim. Sci., 1990, **68**, 2603-2613.
- 13) BRETHOUR, J.R.
The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle.
J. Anim. Sci., 1992, **70**, 1039-1044.
- 14) BRETHOUR, J.R.
Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle.
J. Anim. Sci., 2000, **78**, 2055-2061.
- 15) BULLOCK, K.D., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L. *et al.*
Comparison of real-time ultrasound and other live measures to carcass measures as predictors of beef cow energy stores.
J. Anim. Sci., 1991, **69**, 10, 3908-3916.
- 16) CHILLIARD, Y., FERLAY, A., FAULCONNIER, Y. *et al.*
Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants.
Proceedings of the nutrition society, 2000, **59**, 127-134.
- 17) CHILLIARD, Y., OLLIER, A.
Alimentation lipidique et métabolisme du tissu adipeux chez les ruminants. Comparaison avec le porc et les rongeurs.
Prod. Anim., 1994, **7**, 4, 293-308.
- 18) CHILLIARD, Y., BOCQUIER, F., DOREAU, M.
Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction.
Reprod. Nutr. Dev., 1998, **38**, 131-152.

19) CHILLIARD, Y., BOCQUIER, F., DELAVAUD, C. *et al.*

La leptine chez le ruminant. Facteurs de variation physiologiques et nutritionnels.
Productions animales, 1999, **12**, 225-237.

20) CHILLIARD, Y., FERLAY, A., DELAVAUD, C., BOCQUIER, F.

Plasma leptin in underfed or overfed adult Holstein and Charolais cows, and its relationship with adipose tissue cellularity (8th Int. Congr. on Obesity, Paris, France, August 29-Sept. 3, 1998).

Int. J. Obesity, 1998, **22**, suppl.3, S171.

21) CHILLIARD, Y.

Revue bibliographique : variations quantitatives et métabolisme des lipides dans les tissus adipeux et le foie au cours du cycle gestation-lactation. Deuxième partie : chez la brebis et la vache.

Reprod. Nutr. Dev., 1987, **27**, 327-398.

22) CHILLIARD, Y., REMOND, B., AGABRIEL, J. *et al.*

Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation.

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1987, **70**, 117-131.

23) COMBRIS, P.

L'évolution de la consommation des viandes depuis 40 ans : les préférences ont-elles changé ?

V. P. C., 1990, **11**, 6, 187-199.

24) DENOYELLE, C.

Dossier adiposité : comparaison de différentes méthodes pour la prédiction de la composition corporelle et de la composition des carcasses.

Paris : Ed. CIV, 1995.

25) DENOYELLE, C., RENAND, G., FISHER, A.V.

Comparaison de différentes méthodes pour la prédiction de la composition corporelle et celle de la carcasse de jeunes bovins.

Rencontres Recherche Ruminants, 1995, **2**, 243-246.

26) DOMEcq, J.J., SKIDMORE, A.L., LLOYD, J.W., KANEENE, J.B.

Validation of body condition scores with ultrasound measurements of subcutaneous fat of dairy cows.

J. Dairy Sci., 1995, **78**, 10, 2308-2313.

27) DUELLO, D. A.

The use of real-time ultrasound measurements to predict composition and estimate genetic parameters of carcass traits in live beef cattle.

Ph. D. Thesis. Iowa State University, Ames. 1993. 198 pages.

28) DUMONT, R., ROUX, M., AGABRIEL J., TOURRAILLE C. *et al.*

Engraissement des vaches de réforme de race charolaise. Facteurs de variation des performances zootechniques, de la composition tissulaire des carcasses et de la qualité organoleptique de la viande.

Productions animales, 1991, **4**, 4, 271-286.

29) EDMONSON, A.J., LEAN, I.J., WEAVER, L.D. *et al.*

A body condition scoring chart for Holstein dairy cows.

J. Dairy Sci., 1989, **72**, 1, 68-78.

30) ENJALBERT, F.

Alimentation et reproduction chez les bovins.

Journées nationales des GTV, 1998, 49-55.

31) EVANS, D. G.

The interpretation and analysis of subjective body condition scores.

Anim. Prod., 1978, **27**, 119-125.

32) FAULCONNIER, Y., BONNET, M., BOCQUIER, F. *et al.*

Régulation du métabolisme lipidique des tissus adipeux et musculaires chez le ruminant. Effets du niveau alimentaire et de la photopériode.

Productions Animales, 1999, **12**, 4, 287-300.

33) FAULKNER, D.B., PARRETT, D.F., MCKEITH, F.K., BERGER, L.L.

Prediction of fat cover and carcass composition from live and carcass measurements.

J. Anim. Sci., 1990, **68**, 604-610.

34) FERGUSON, J.D., GALLIGAN, D.T., THOMSEN, N.

Principal descriptors of body condition score in Holstein cows.

J. Dairy Sci., **77**, 2695-2703.

35) FRAJBLAT, M., BEAM, S.W., BUTLER, W.R.

Plasma leptin concentrations and first post partum ovulation in dairy cows differing in energy balance.

J. Anim. Sci., 1998, **76**, suppl.1, p231 (abstract).

36) GARY, F., BADIA, J., DARRE, R. *et al.*

Résultats de reproduction en race Blonde d'Aquitaine : II. Facteurs de variation des résultats de reproduction obtenus dans le cadre d'un plan sanitaire.

Revue Méd. Vet., 1989, **140**, 4, 303-313.

37) GAYRARD, V., HAGEN, N., TOUTAIN, P., L.

L'échographie : technique et applications à la physiologie de la reproduction.

Document de formation E.N.V.T., 2001, 55 pages.

38) GREINER S.P.

The use of real-time ultrasound and live animal measurements to predict carcass composition in beef cattle.

Ph. D. Thesis. Iowa State University, Ames. 1997.

39) GREINER S.P. (Page consultée le 21/11/2001). The use of ultrasound measurements in beef breeding programs, [en ligne].

Adresse URL : <http://www.ext.vt.edu/news/periodicals/livestock>

40) HAMLIN, K.E., GREEN, R.D., CUNDIFF, L.V. *et al.*

Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and longissimus muscle area.

J. Anim. Sci., 1995, **73**, 1725-1734.

41) HARDIN, R. (Page consultée le 14/10/2000). Using body condition scoring in beef cattle management, [en ligne]. Adresse URL : <http://www.ces.uga.edu/pubcd/c762-w.html>.

42) HASSEN, A., WILSON, D.E., ROUSE, G.H.

Evaluation of carcass, live, and real-time ultrasound measures in feedlot cattle : II. Effects of different age end points on the accuracy of predicting the percentage of retail product, retail product weight, and hot carcass weight.

J. Anim. Sci., 1999a, **77**, 283-290.

43) HASSEN, A., WILSON, D.E., AMIN, V.R., ROUSE, G.H.

Repeatability of ultrasound-predicted percentage of intramuscular fat in feedlot cattle.

J. Anim. Sci., 1999b, **77**, 1335-1340.

44) HASSEN, A., WILSON, D.E., AMIN, V.R. *et al.*

Predicting percentage of intramuscular fat using two types of real-time ultrasound equipment.

J. Anim. Sci., 2001, **79**, 11-18.

- 45) HAUREZ, P.
Qualities bouchères des génisses Blondes d'Aquitaine.
Compte-rendu d'étude du laboratoire viande de l'Institut de l'Elevage. 1988. 25 pages.
- 46) HERRING, W. (Page consultée le 15/07/2002). Real-time ultrasound : genetic prediction for seedstock producers, [en ligne]. Adresse URL : <http://web.missouri.edu>.
- 47) HERRING, W.O., KRIESE, L.A., BERTRAND, J.K., CROUCH, J.
Comparison of four real-time ultrasound systems that predict intramuscular fat in beef cattle.
J. Anim. Sci., 1998, **76**, 364-370.
- 48) HERRING, W.O., MILLER, D.C., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L.
Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle.
J. Anim. Sci., 1994a, **72**, 2216-2226.
- 49) HERRING, W.O., WILLIAMS, S.E., BERTRAND, J.K., BENYSHEK, L.L., MILLER, D.C.
Comparison of live and carcass equation predicting percentage of cutability, retail product weight, and trimmable fat in beef cattle.
J. Anim. Sci., 1994b, **72**, 1107-1118.
- 50) HOCQUETTE, J. F., ORTIGUES-MARTY, I., PETHICK, D. *et al.*
Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals.
Livestock production science, 1998, **56**, 115-143.
- 51) HOUGHTON, P.L., TURLINGTON, L.M.
Application of ultrasound for feeding and finishing animals : a review.
J. Anim. Sci., 1992, **70**, 930-941.
- 52) IVINGS, W.E., GIBB, M.J., DHANOA, M. S. *et al.*
Relationships between velocity of ultrasound in live lactating dairy cows and some post-slaughter measurements of body condition.
Anim. Prod., 1993, **56**, 9-16.
- 53) JOHNSON, M.Z.
Genetic parameter estimates of ultrasound-measured ribeye area and twelfth-rib fat thickness in Brangus cattle.
Ph. D. Dissertation. Kansas State University. 1992.

- 54) JOURNAUX, L., RENAND, G., LONGY, G., BARIBAULT, P.
Appréciation de la composition corporelle dans les schémas français de sélection des bovins allaitants en utilisant les mesures par ultrasons avec le matériel VOS.
Renc. Rech. Ruminants, 1999, **6**, 239-242.
- 55) JOURNAUX, L., RENAND, G., LONGY, G., BARIBAULT, P.
Synthèse de l'utilisation du VOS sur la période 1996-1998 et perspectives d'évolution.
Institut de l'Élevage INRA, Compte rendu n°2786, 1999, 70 pages.
- 56) KILKENNY, J.B.
Reproductive performance of beef cows.
World Rev. Anim. Prod., 1978, **14**, 3, 65-74.
- 57) LANDRIAU, J
Estimation de la composition corporelle de vaches charolaises en lactation par la mesure de la vitesse des ultrasons.
Condensé de mémoire de fin d'étude de l'ESA d'Angers, INRA LAHM, 1998, 21 pages.
- 58) LANGLOIS, C.
Viande de qualité : la Blonde d'Aquitaine bien placée.
Laboratoire viande de l'Institut de l'Élevage. 1991. 7 pages.
- 59) LOWMAN, B.G., SCOTT, N.A., SOMERVILLE, S.H.
Condition scoring in cattle.
Revised edition. East of Scotland college of Agriculture, Bull n° 6.
- 60) MAINSANT, P.
La consommation française de bœuf en sortie de la deuxième crise ESB. Un retour à la normale avec une nouvelle modification du système de valeur en faveur des races à viande.
INRA-IVRY, 2002, 8 pages.
- 61) MALTERRE, C., ROBELIN, J., AGABRIEL, J., BORDES, P.
Engraisement des vaches de réforme de race Limousine.
Prod. Anim., 1989, **2**, 5, 325-334.
- 62) MALTERRE, C.
Production de viande de vaches de réforme.
In : MICOL, D. Ed.
Production de viande bovine.
Paris : INRA, 1986, 247-269.

- 63) MAY, S.G., MIES, J.W., EDWARDS, J.W., *et al.*
Using live estimates and ultrasound measurements to predict beef carcass cutability.
J. Anim. Sci., 2000, **78**, 1255-1261.
- 64) McLAREN, D.G., NOVAKOFSKI, J., PARRETT, D.F. *et al.*
A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs.
J. Anim. Sci., 1991, **69**, 54-66.
- 65) MIALON, M.M., RENAND, G., KRAUSS, D., MENISSIER, F.
Caractéristiques et variabilité de la reprise d'activité sexuelle post-partum de vaches allaitantes charolaises en troupeau expérimental.
Rencontres Recherche Ruminants, 1996, **3**, 175-178.
- 66) MICOL, D., ROBELIN, J., GEAY Y.
Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais.
Productions animales, 1993, **6**, 1, 61-69.
- 67) MILES, C.A., FISHER, A.V., FURSEY, G.A., PAGE, S.J.
Estimating beef carcass composition using the speed of ultrasound.
Meat Science, 1987, **21**, 175-188.
- 68) MILES, C.A., FURSEY, G.A., PAGE, S.J., FISHER, A.V.
Progress towards using the speed of ultrasound for beef leanness classification.
Meat Science, 1990, **28**, 119-130.
- 69) MILLER, M.F., CROSS, H.R., BAKER, J.F., BEYERS, F.M.
Evaluation of live and carcass techniques for predicting beef carcass composition.
Meat Science, 1988, **23**, 111-129.
- 70) MINTON, J.E., BINDEL, D.J., DROUILLARD, E.C. *et al.*
Serum leptin is associated with carcass traits in finishing cattle.
J. Anim. Sci., 1998, **76**, suppl. 1, p231 (abstract).
- 71) MIZRACH, A., FLITSANOV, U., MALTZ, E. *et al.* (Page consultée le 15/07/2002).
Ultrasonic assessment of body condition changes of the dairy cow during lactation, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.agri.gov.il/Abstracts/Mizrach99a.html>.
- 72) PARK, B., WHITTAKER, A.D., MILLER, R.K., HALE D.S.
Predicting intramuscular fat in beef longissimus muscle from speed of sound.
J. Anim. Sci., 1994, **72**, 109-116.

73) PARKER, R. (Page consultée le 11/07/2002). Utilisation de la note d'état corporel dans la conduite du troupeau laitier, [en ligne].

Adresse URL : <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/french/livestock/dairy/facts/94-054.htm>.

74) PERKINS, T.L., GREEN, R.D., HAMLIN, K.E.

Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle.

J. Anim. Sci., 1992a, **70**, 1002-1010.

75) PERKINS, T.L., GREEN, R.D., HAMLIN, K.E. *et al.*

Ultrasonic prediction of carcass merit in beef cattle : evaluation of technician effects on ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area.

J. Anim. Sci., 1992b, **70**, 2758-2765.

76) PERRY, T.C., FOX, D.G.

Predicting carcass composition and individual feed requirement in live cattle widely varying in body size.

J. Anim. Sci., 1997, **75**, 300-307.

77) PETIT, M., AGABRIEL, J.

Etat corporel des vaches allaitantes Charolaises : signification, utilisation pratique et relations avec la reproduction.

Productions Animales, 1993, **6**, 5, 311-318.

78) QUILICHINI, Y.

L'appréciation des carcasses et des viandes par les professionnels. La qualité et les transactions.

V. P. C., 1990, **11**, 1, 21-24.

79) REALINI, C.E., WILLIAMS, R.E., PRINGLE, T.D., BERTRAND, J.K.

Gluteus medius and rump fat depths as additional live animal ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses.

J. Anim. Sci., 2001, **79**, 1378-1385.

80) RECIO, H.A., SAVELL, J.W., CROSS, H.R., HARRIS, J.M.

Use of real-time ultrasound for predicting beef cutability.

J. Anim. Sci., 1986, suppl. 1, p260 (abstract).

81) REMOND, B., ROBELIN, J., CHILLIARD, Y.

Estimation de la teneur en lipides des vaches laitières Pie-Noires par la méthode de notation des états d'engraissement.

Productions Animales, 1988, **1**, 2, 111-114.

- 82) RENAND, G., FISHER, A.V.
Comparison of methods for estimating carcass fat content of young Charolais bulls in performance testing station.
Livestock Production Science, 1997, **51**, 205-213.
- 83) RENAND, G., GEAY, Y., MENISSIER, F.
Performances de croissance et composition corporelle de taureaux Charolais en stations de contrôle individuel.
Ann. Zootech., 1996, **45**, 3-16.
- 84) RENAND, G., FOSTIER, B., PAGE, S.J., FISHER, A.V.
Prediction of live and carcass composition of young Charolais bulls using ultrasonic scanning, velocity of ultrasounds and adipose cell size.
38th International congress of meat science and technology, Clermont-Ferrand, France, 23-28 August 1992, 963-966.
- 85) REVERTER, A., JOHNSTON, D.J., GRASER, H.U. *et al.*
Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle.
J. Anim. Sci., 2000, **78**, 1786-1795.
- 86) ROBELIN, J.
Bases physiologiques de la production de viande : croissance et développement des bovins.
In : MICOL, D. Ed.
Production de viande bovine.
Paris : INRA, 1986, 35-59.
- 87) ROBELIN, J.
Estimation de la composition corporelle des animaux à partir des espaces de diffusion de l'eau marquée.
Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 1973, **13**, 2, 285-305.
- 88) ROBELIN, J.
A note on the estimation in vivo of body fat in cows using deuterium oxyde or adipose cell size.
Anim. Prod., 1982, **34**, 347-350.
- 89) ROBELIN, J., AGABRIEL, J., MALTERRE, C., BONNEMAIRE, J.
Changes in body composition of mature dry cows of Holstein, Limousin and Charolais breeds during fattening. I. Skeleton, muscles, fatty tissues and offals.
Livestock production science, 1990, **25**, 199-215.

- 90) ROBELIN, J., GEAY, Y., BERANGER, C.
Croissance relative des différents tissus, organes et régions corporelles des taurillons Frisons, durant la phase d'engraissement de 9 à 15 mois.
Ann. Zootech., 1974, **23**, 3, 313-323.
- 91) ROBELIN, J., CASTEILLA, L.
Différenciation, croissance et développement du tissu adipeux.
Prod. Anim., 1990, **3**, 4, 243-252.
- 92) ROBELIN, J., GEAY, Y.
Estimation de la composition chimique du corps entier des bovins à partir du poids des dépôts adipeux totaux.
Ann. Zootech., 1978, **27**, 2, 159-167.
- 93) ROBELIN, J., GEAY, Y.
Estimation de la composition corporelle des taurillons à partir de la composition de la 6^{ème} côte.
Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1975, **22**, 41-44.
- 94) ROBELIN, J., AGABRIEL, J.
Estimation de l'état d'engraissement des bovins vivants à partir de la taille des cellules adipeuses.
Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1986, **66**, 37-41.
- 95) ROBELIN, J., GEAY, Y., BERANGER, C.
Evolution de la composition corporelle des jeunes bovins mâles entiers de race limousine entre 9 et 19 mois. I. Composition anatomique.
Ann. Zootech., 1977, **26**, 4, 533-546.
- 96) ROBELIN, J., GEAY, Y., BERANGER, C.
Evolution de la composition corporelle des jeunes bovins mâles entiers de race limousine entre 9 et 19 mois. II. Composition chimique et valeur calorifique.
Ann. Zootech., 1979, **28**, 2, 191-208.
- 97) ROBELIN, J.
Répartition des dépôts adipeux chez les bovins selon l'état d'engraissement, le sexe et l'âge.
Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1978, **34**, 31-34.
- 98) ROBINSON, D.L., MC DONALD, C.A., HAMMOND, K., TURNER, J.W.
Live animal measurement of carcass traits by ultrasound : assessment and accuracy of sonographers.
J. Anim. Sci., 1992, **70**, 1667-1676.

99) RODENBURG, J. (Page consultée le 11/07/2002). Evaluation de l'état de chair des bovins laitiers, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/french/livestock/dairy/facts/92-123.htm>.

100) SCHWAGER-SUTER, R., STRICKER, C., ERDIN, D. *et al.*
Relationship between body condition scores and ultrasound measurements of subcutaneous fat and *m. longissimus dorsi* in dairy cows differing in size and type.
Animal Science, 2000, **71**, 465-470.

101) SMITH, M.T., OLTJEN, J.W., DOLEZAL, H.G., GILL, D.R., BEHRENS, B.D.
Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and longissimus muscle area in feedlot steers.
J. Anim. Sci., 1992, **70**, 29-37.

102) STOUFFER, J.R.
Ultrasonic evaluation of beef cattle.
Ad hoc ultrasonic guidelines committee. Study guide. 1988. Cornell Univ., Ithaca, NY.

103) THOMASSET, A.
L'impédance bio-électrique.
Communication personnelle.

104) TURNER, J.W., PELTON, L.S., CROSS, H.R.
Using live animal ultrasound measures of ribeye area and fat thickness in yearling Hereford bulls.
J. Anim. Sci., 1990, **68**, 3502.

105) VERNON, R.G., BARBER, M.C., TRAVERS, M.T.
Développements récents dans les études de la lipogénèse chez l'homme et chez les animaux.
Prod. Anim., 1999, **12**, 4, 319-327.

106) WALDNER, D.N., DIKEMAN, M.E., SCHALLES, R.R. *et al.*
Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thicknesses, longissimus muscle areas, and composition of Brangus bulls from 4 months to 2 years of age.
J. Anim. Sci., 1992, **70**, 3044-3054.

107) WALLACE, M.A., STOUFFER, J.R., WESTERVELT, R.G.
Relationships of ultrasonic and carcass measurements with retail yield in beef cattle.
Livestock production science, 1977, **4**, 153-164.

108) WERTZ, E., GERGER, L.L., WALKER, P.M. *et al.*
Early weaning and postweaning nutritional management affect feedlot performance of Angus
* Simmental heifers and the relationship of 12th rib fat and marbling score to feed efficiency.
J. Anim. Sci., 2001, **79**, 1660-1669.

109) WHITTAKER, A.D., PARK, B., THANE, B.R. *et al.*
Principles of ultrasound and measurement of intramuscular fat.
J. Anim. Sci., 1992, **70**, 942-952.

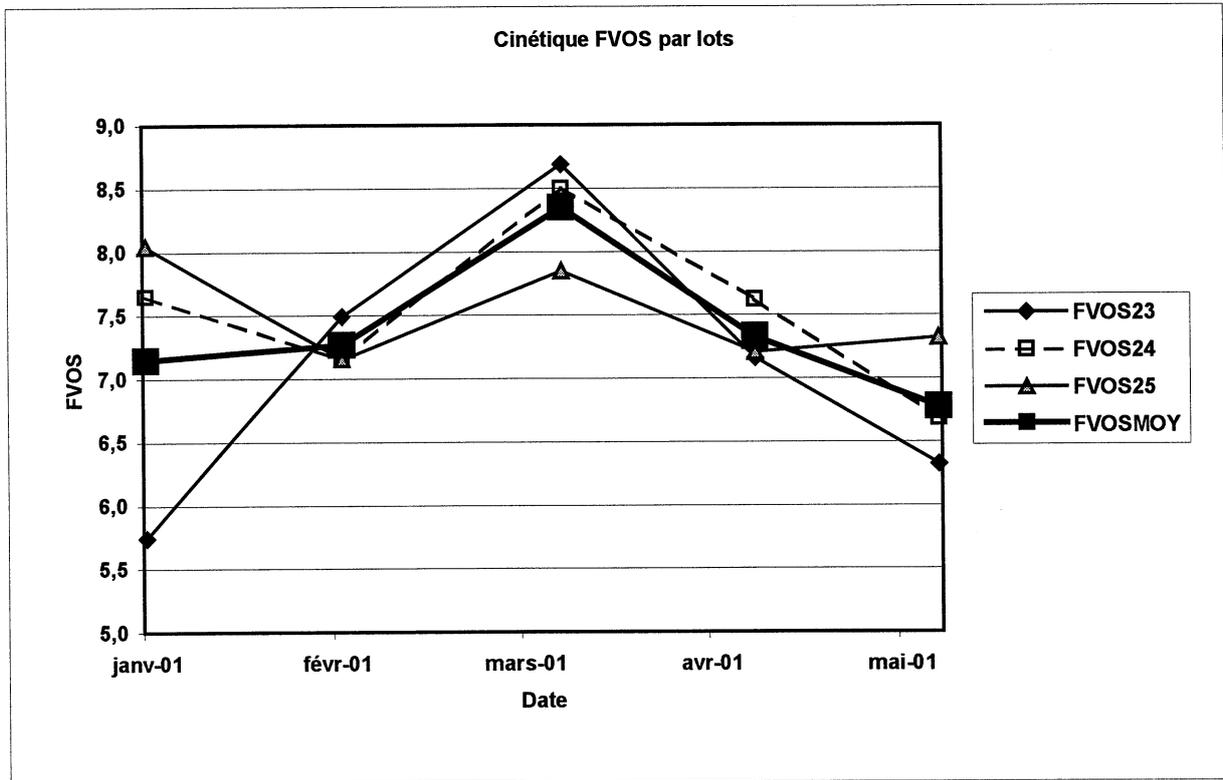
110) WILDMAN, E.E., JONES, G.M., WAGNER, P.E. *et al.*
A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production
characteristics.
J. Dairy Sci., 1982, **65**, 495-501.

111) WILSON, D.E.
Application of ultrasound to genetic improvement.
J. Anim. Sci., 1992, **70**, 973.

112) WILSON, D.E., ROUSE, G.H., HAYS, C.L. *et al.* (Page consultée le 17/07/2002).
Scanning into the future, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.exnet.iastate.edu/Pages/ansci/ultrasound/Scanning.pdf>.

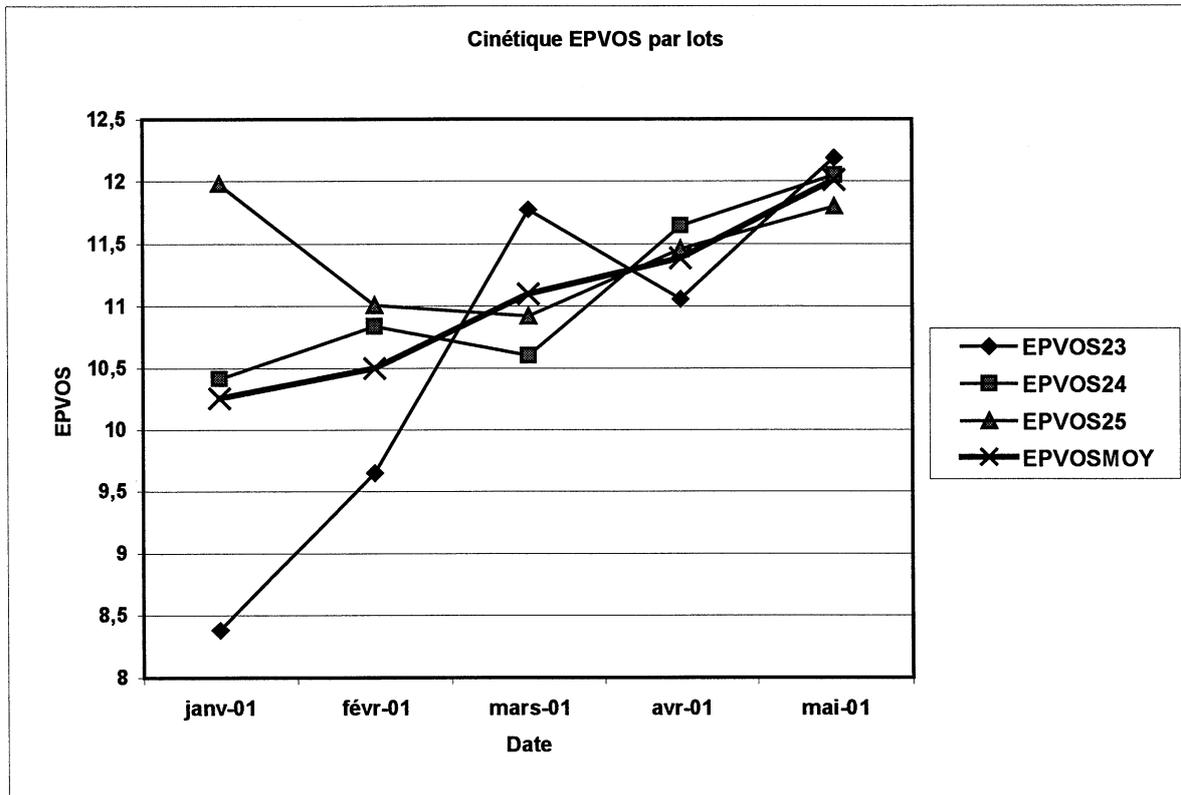
ANNEXE 1

Graph.9 : cinétique de la variable FVOS (moyennes par lots).



ANNEXE 2a

Graph. 10 : cinétique de la variable EPVOS (moyennes par lots).



ANNEXE 2b

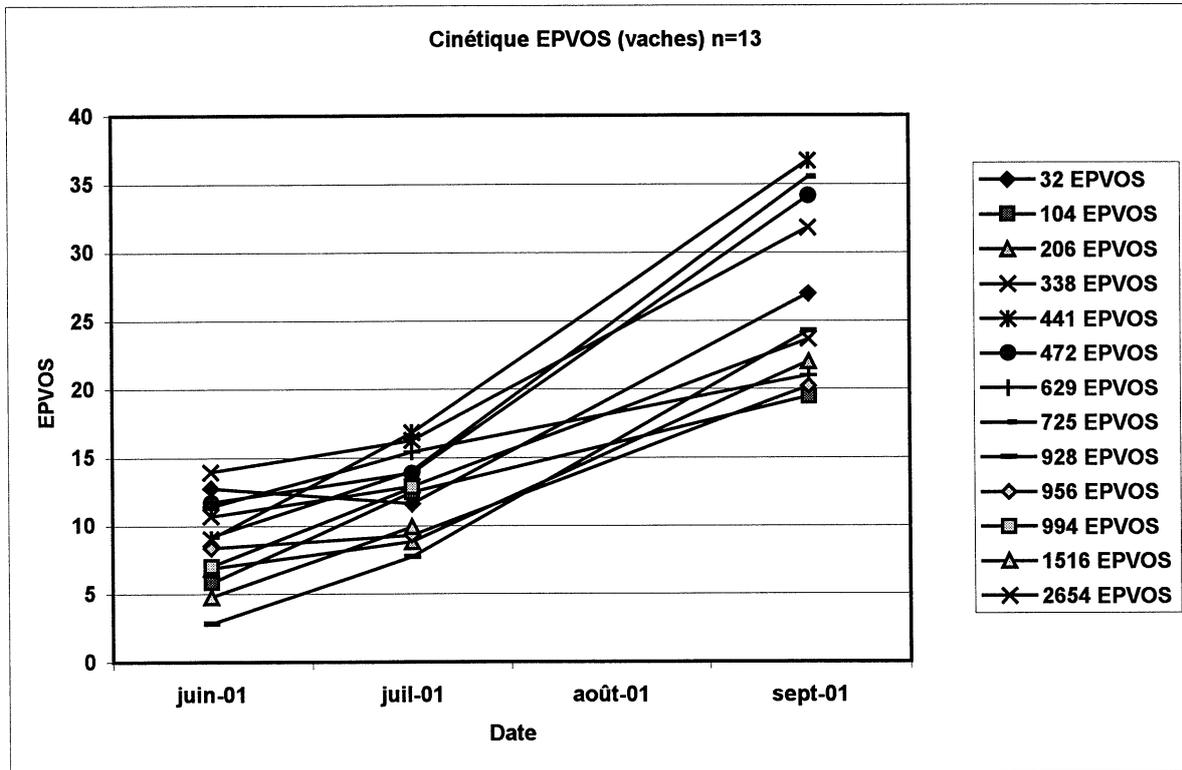
Tabl. 8 : valeurs individuelles de la variable EPVOS pour les taurillons de Pépieux.

EPVOS	numero					
date		12/01/01	12/02/01	19/03/01	19/04/01	18/05/01
	5154	15,05	10,65	9,13	10,85	10,70
	5162	8,90	10,13	8,53	9,53	7,50
	5258	9,45	10	12,20	11,75	14,70
	5422	8,80	7,38	10,58	9,45	10
	5423	6,40	7,90	12,20	8,65	7,70
	5424	13,45	9,70	12,20	11,35	13,35
	5425	6,50	6,63	8,78	12,63	10,55
	5426	10,05	6,83	12,23	11,95	14,70
	5427	9,75	10,40	9,78	13	10,30
	5428	6,70	6,93	12,80	12,15	14,15
	5429	8,05	10,03	15,80	11,95	7,50
	5430	12,50	10,68	14,58	12,80	14,75
	5431	11,15	11,95	12,85	12,30	17,65
	5432	5,40	10,23	11,78	7,88	15,50
	5433	7,05	13,35	15,80	7,48	15,90
	5434	6,20	8,05	7,85	7,60	10,70
	5435	9,65	13,33	13,70	16,60	12,50
	5436	9,90	11,05	13,25	5,33	11,25
	5437	9,30	7,68	10,53	7,93	14,80
	5438	9,25	8,88	8,60	12,68	12,50
	5439	5,60	10,53	14,65	12,93	10,45
	5440	9,10	13,80	11,95	13,20	7,25
	5441	4,80	9,38	11,40	10,78	12,45
	5442	10,30	8,93	10,70	12,75	14,60
	5443	4,50	8,78	7	11,98	9,60
	5444	13,95	14,86	11,65	10,58	14,10
	5445	11,20	6,48	6,83	11,23	5,65
	5446	7,65	10,65	8,80	16,65	10,10
	5447	7,70	8,05	8,43	7,65	10,85
	5448	7,05	10,70	15,83	13,73	15,40
	5449	9,45	10,35	11,80	15,05	16,40
	5450	9,95	14,20	10,95	10,80	11,80
	5451	5,25	9,25	6,95	10,23	9,70
	5452	8,65	10,83	13,93	8,25	12,45
	5453	18,15	13,15	13,93	14,73	13,10
	5454	7,35	8,68	8,48	12,20	8,80
	5455	9,95	11,13	12,30	11,20	9,45
	5456	12,55	10,53	7,75	9,80	12,35
	5457	13,75	9,42	8,98	12,08	8,95
	5458	14,40	15,68	10,53	15,23	16,25
	5460	8,15	7,63	11,28	10,08	11,35
	5461	10,75	12,75	11,63	12,68	16,45
	5462	6,10	8,23	12,48	9,85	8,65
	5463	11,45	13,50	9,25	8,95	13,15
	5464	9,20	9,93	8,80	11,95	9
	5465	16	14,80	12,10	11,65	19

	5466	10,05	9,425	8,70	11,28	8,85
	5467	9,6	10,45	12,53	8,38	7,80
	5468	11,45	9,8	13,03	13,40	13,30
	5469	17,75	9,85	10,90	12,35	17,25
	5470	10,45	9,9	12,93	11,60	18,90
	5471	17,85	19,2	21,45	17,18	19,95
	5472	14,6	11,45	12,58	15,95	13,80
	5473	12,3	11,1	5,70	7,93	4
	5474	16,15	15,4	12,50	15,05	17,80
	5475	10,1	12,375	6,68	6,98	11,55
	5476	13	9,5	10,40	8,70	14,85
	5477	10,25	5,95	8,08	9,48	9,85
	5478	7,5	11,675	12,43	12,45	12,10
	5479	7,2	9,3	6,10	11,78	2,75
	5480	12,1	10,875	8,65	10,35	9,10
	5481	13,75	10,975	12,95	12,85	12,20
	5482	14,2	10,775	9,90	7,95	10,85
	5483	13,35	14,875	13,35	13,40	14,10
	5484	8,5	8,5	11,50	12,90	7,70
	MOYENNE	10,26	10,53	11,10	11,38	12,01
	ECARTYPE	3,31	2,53	2,78	2,54	3,60
	R ²	0,28	0,20	0,12	0,08	

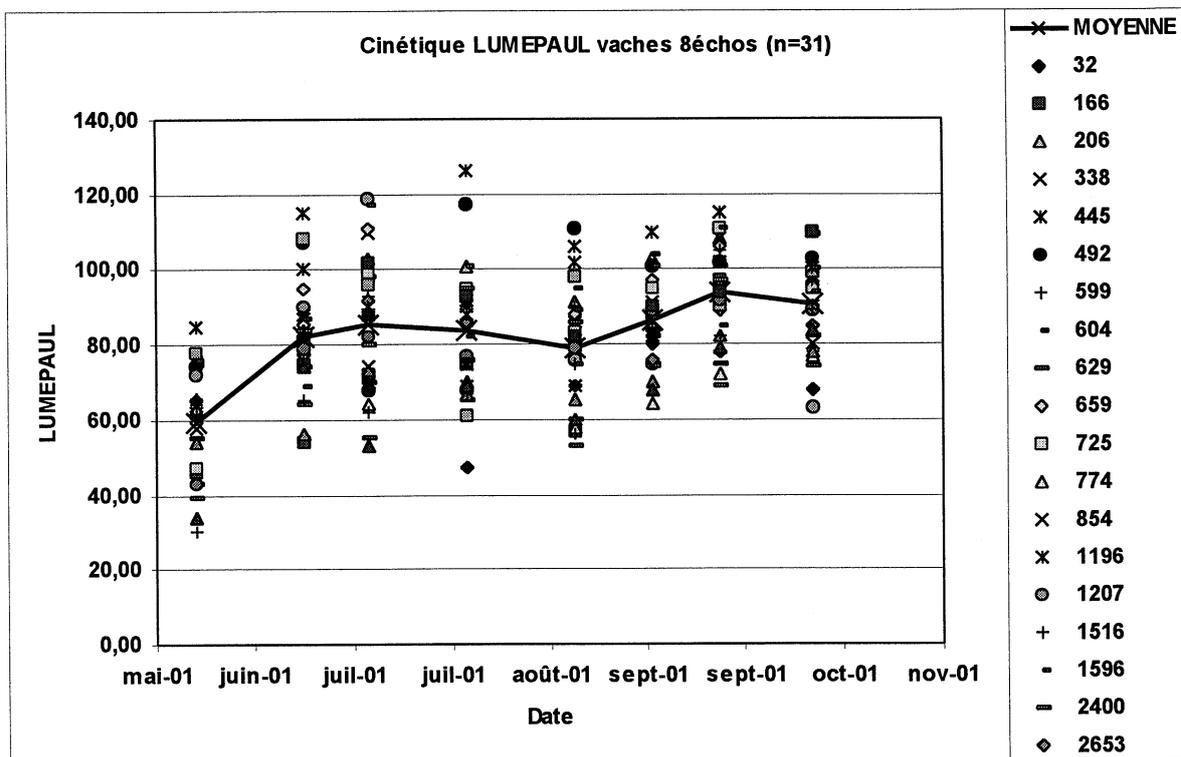
ANNEXE 3

Graph.11 : cinétique de la variable EPVOS (courbes individuelles).



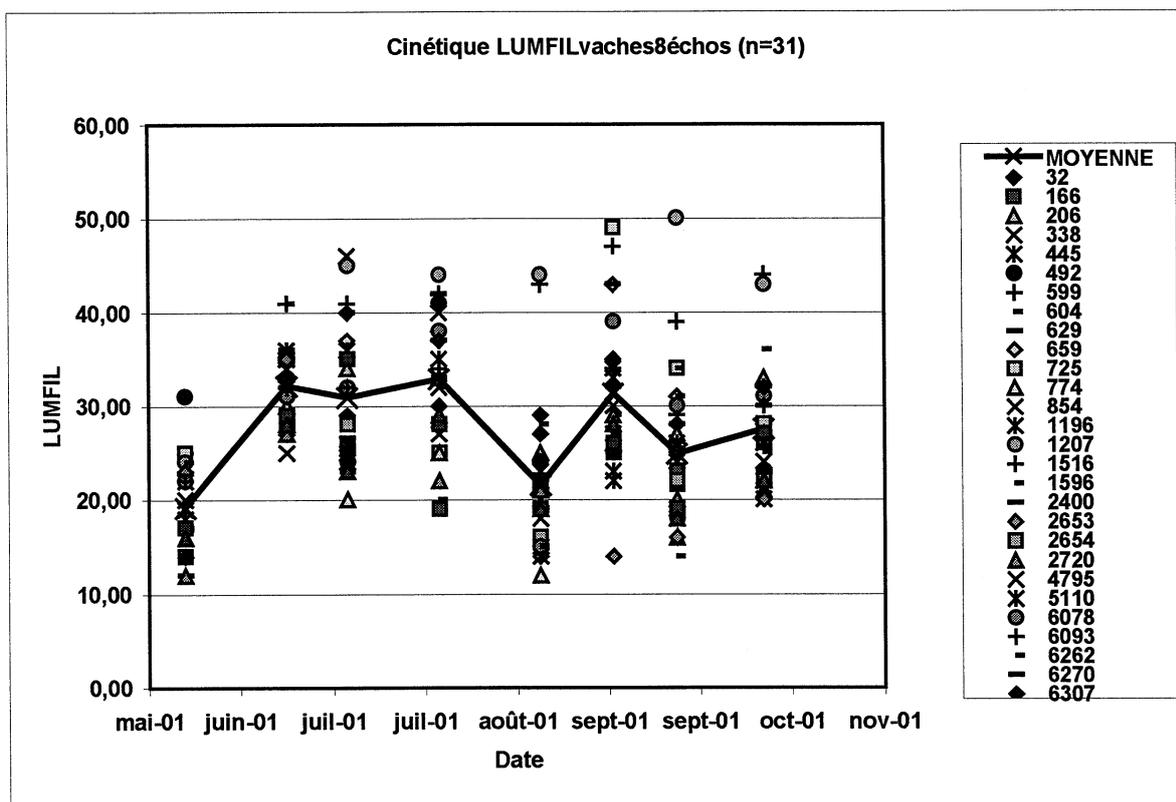
ANNEXE 4

Graph.12 : cinétique de la variable LUMEPALU des vaches (courbes individuelles)



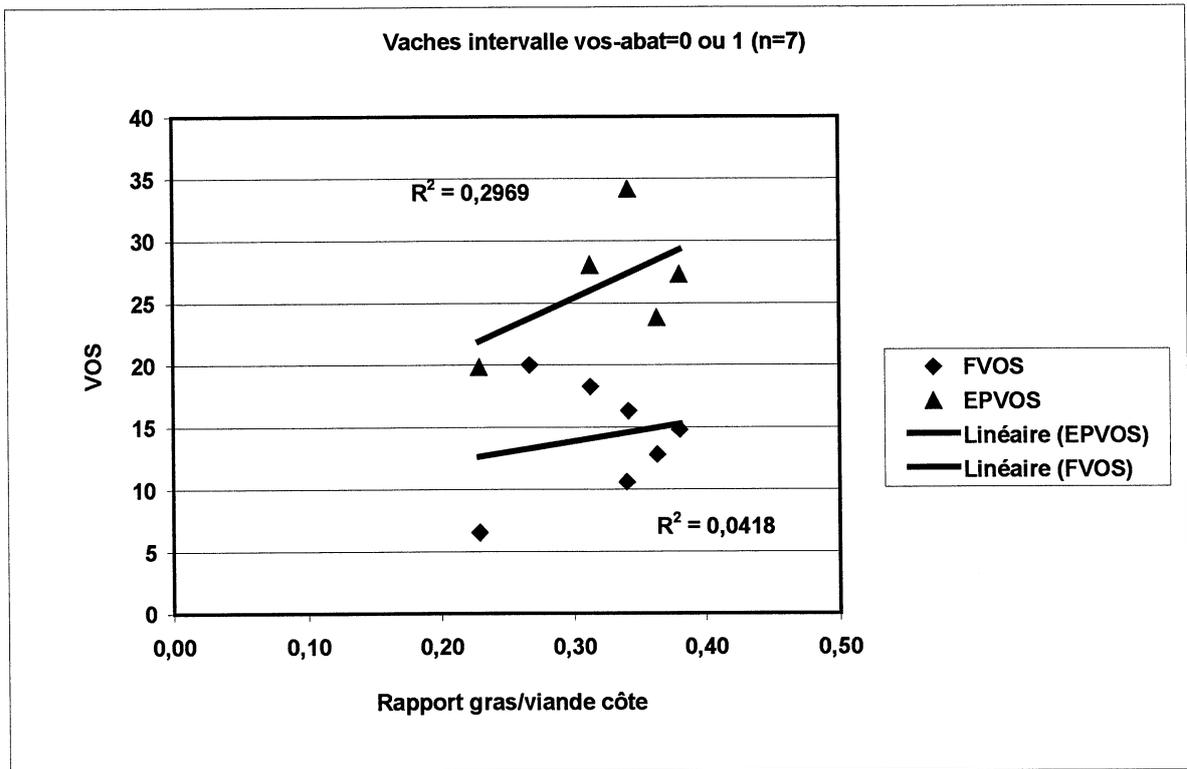
ANNEXE 5

Graph.13 : cinétique de la variable LUMFIL des vaches (courbes individuelles)



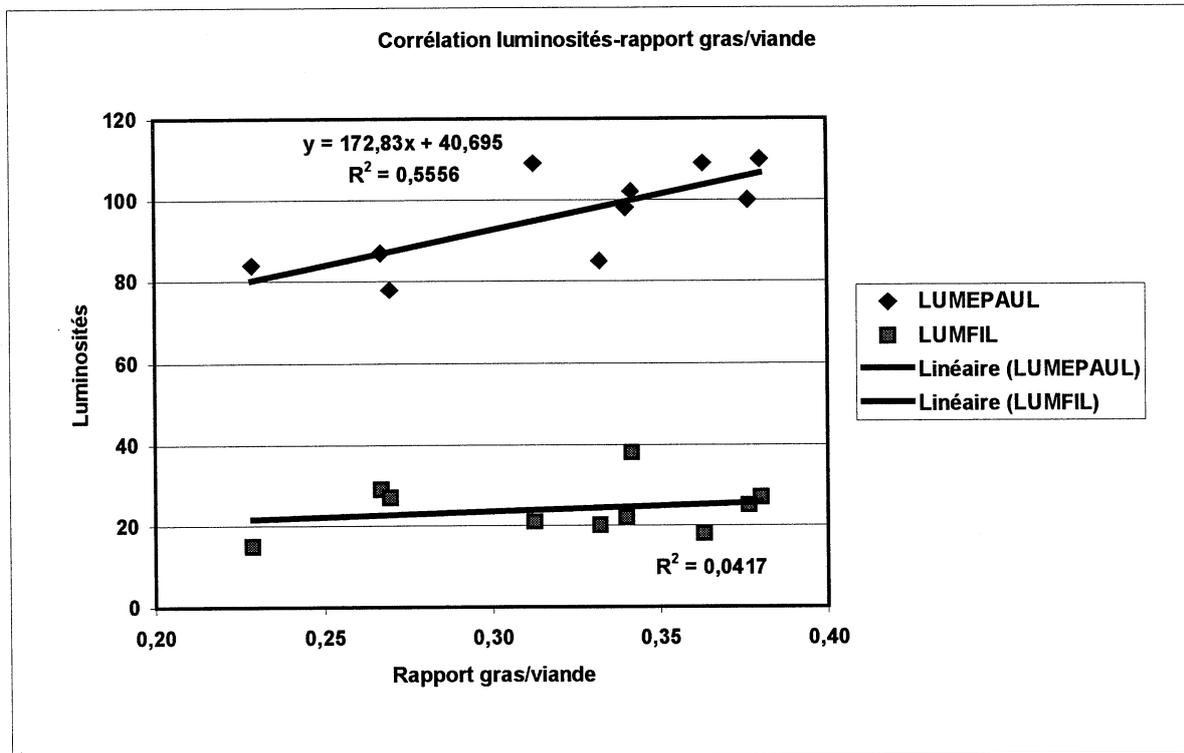
ANNEXE 6

Graph. 14 : corrélations des variables VOS avec le rapport gras/viande de la côte.



ANNEXE 7

Graph.15 : corrélations des variables échographiques avec le rapport gras/viande de la côte.

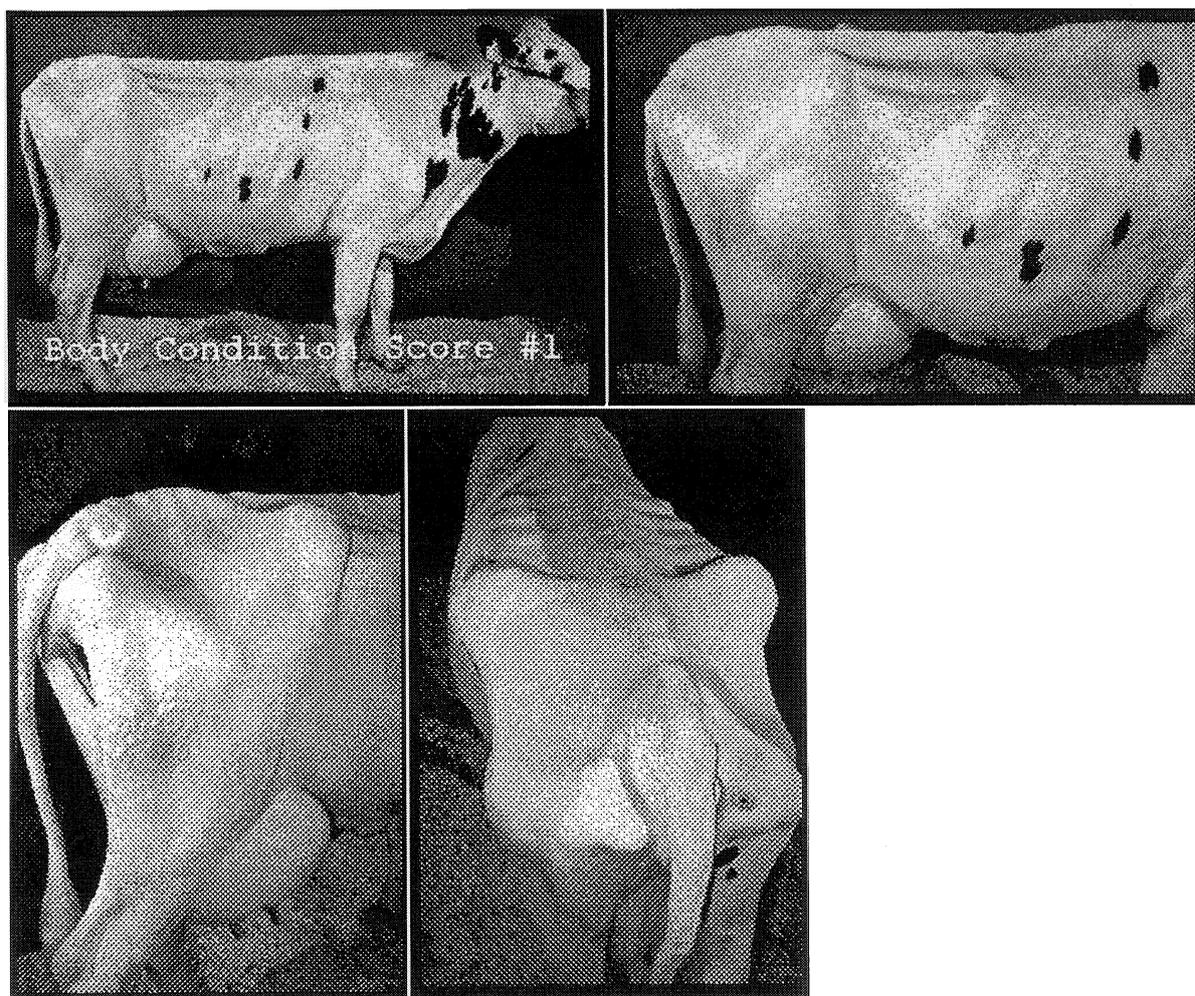


ANNEXE 8

Évaluation de l'état de chair des bovins laitiers (par E. E. WILDMAN).

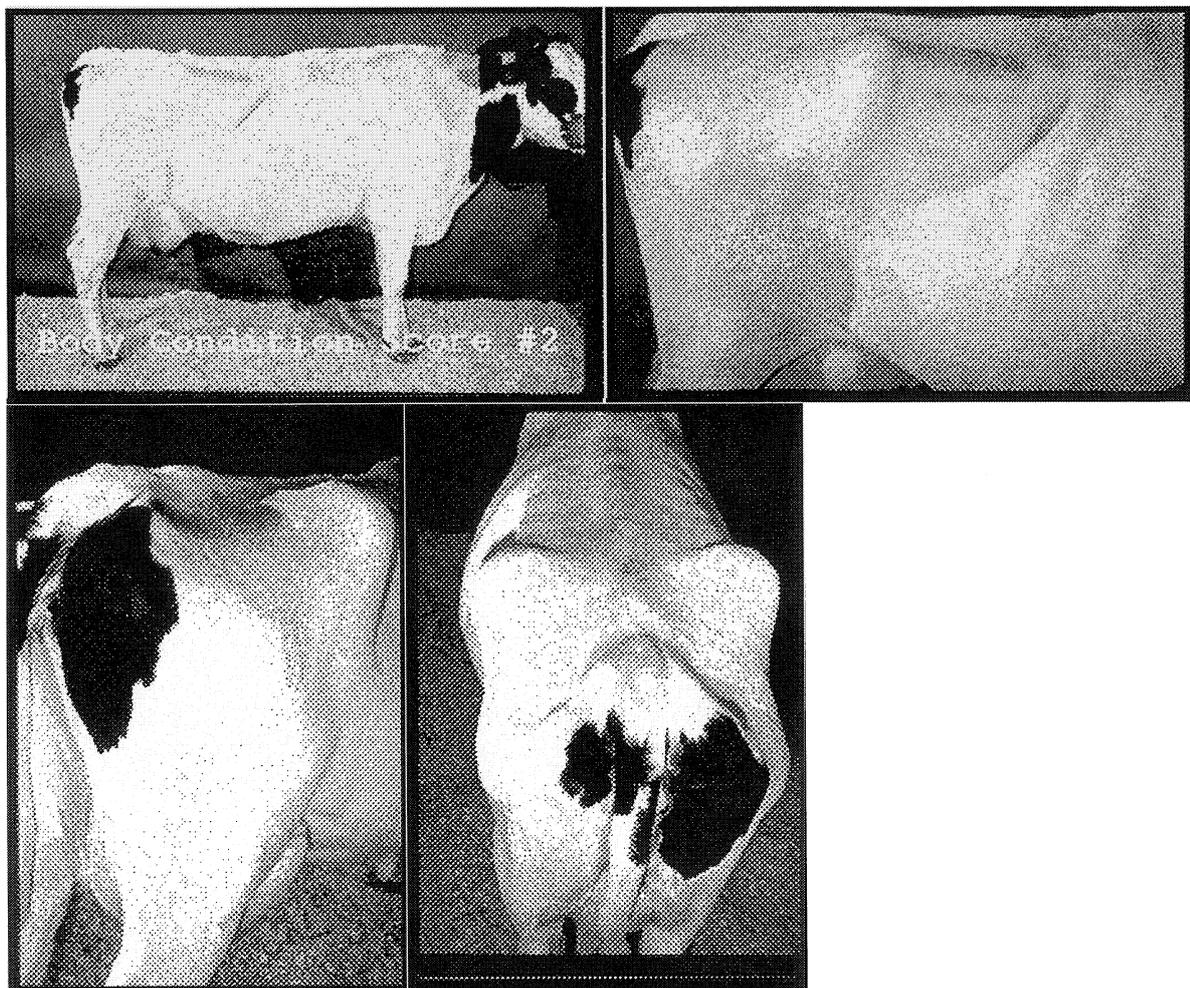
Indice 1

Cette vache est émaciée. Les extrémités des vertèbres lombaires sont pointues au toucher et elles donnent à la longe l'aspect d'une planche à laver. Les vertèbres individuelles sont proéminentes. Les os de la hanche et les ischions sont également saillants. Les régions des trochanters et des cuisses sont creuses et incurvées vers l'intérieur. La région anale est reculée et pousse la vulve en saillie.



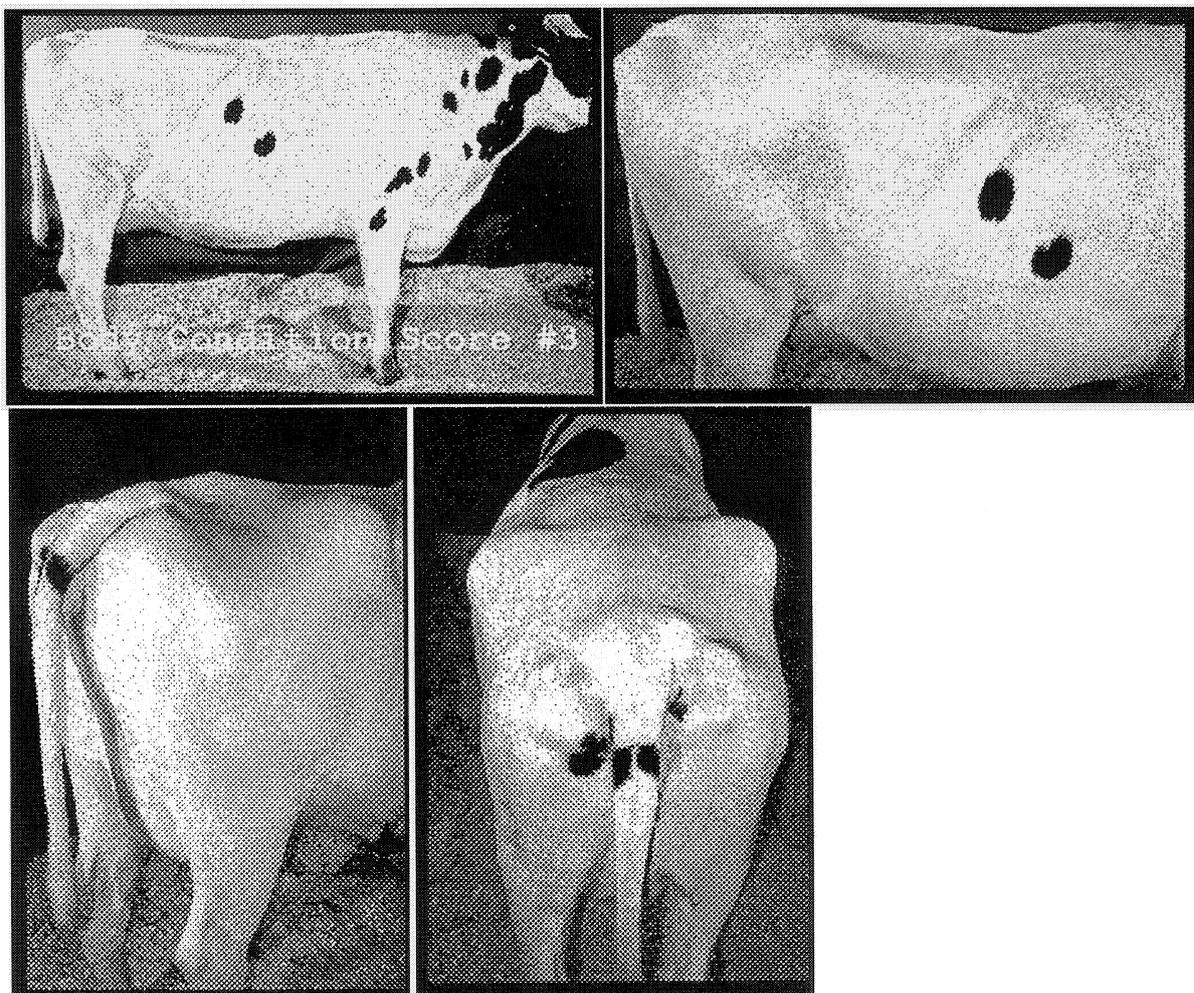
Indice 2

Cette vache est maigre. On peut sentir les extrémités des vertèbres lombaires au toucher mais, tout comme l'épine dorsale, elles sont nettement moins proéminentes. L'aspect en surplomb ou effet de planche à laver commence à s'effacer. Les os de la hanche et les ischions sont saillants, mais entre eux la dépression de la région des trochanters est moins prononcée. La région entourant l'anus est moins enfoncée, et la vulve moins saillante.



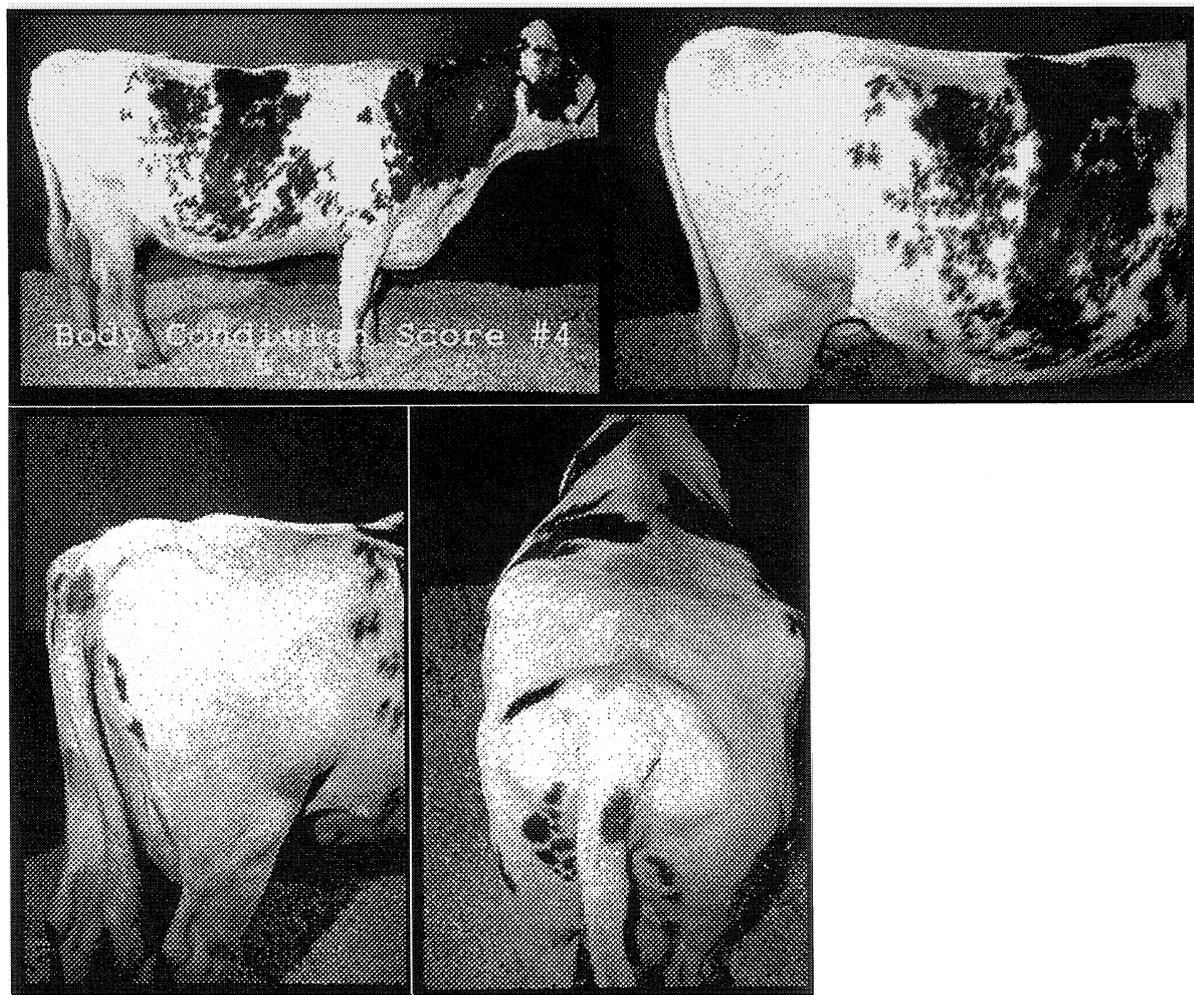
Indice 3

Cette vache est en bon état de chair. On peut sentir l'extrémité des vertèbres lombaires en appliquant une légère pression. L'aspect en surplomb de ces os est disparu. L'épine dorsale prend la forme d'une crête arrondie. Les hanches et les ischions sont arrondis, sans aspérités. La région anale est remplie mais ne montre aucun indice de dépôts adipeux



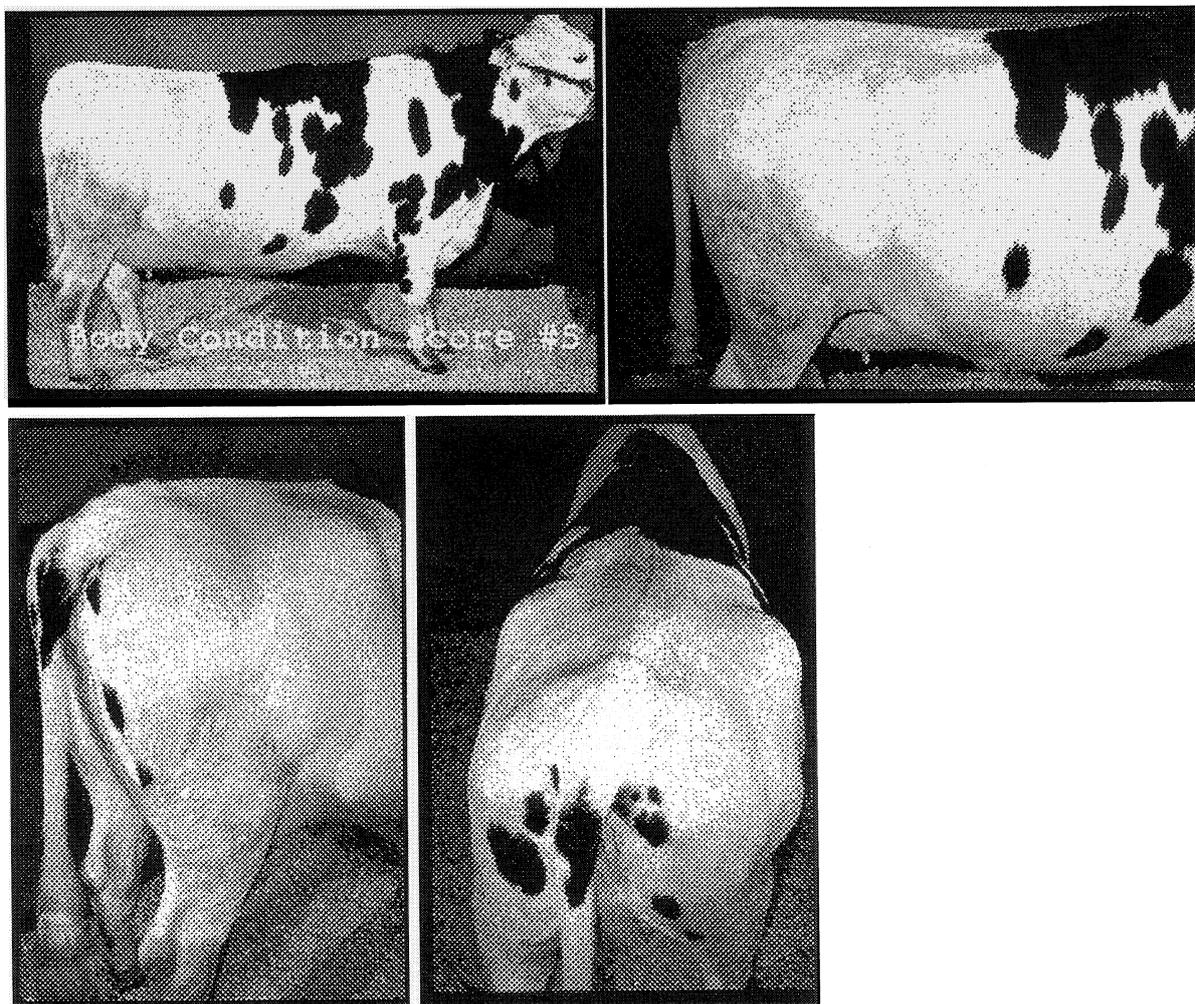
Indice 4

Cette vache est en état de chair «lourd». On ne peut sentir les extrémités des vertèbres lombaires que par une pression très ferme. L'ensemble est arrondi et l'aspect en surplomb n'existe plus. L'échine, arrondie, s'aplatit dans les régions de la longe et de la croupe. Les os de la hanche ne présentent aucune aspérité et l'espace entre ces os et l'épine dorsale est plat. La région entourant les ischions commence à montrer des dépôts de gras localisés.



Indice 5

Cette vache est grasse. L'épine dorsale, les os des ischions et des hanches, ainsi que les vertèbres lombaires ne sont plus apparents. Les dépôts adipeux sont évidents autour de l'attache de la queue et sur les côtes. Les cuisses vont en s'évasant, la poitrine et les flancs sont alourdis et l'échine est très arrondie.



Toulouse, 2003

NOM : PAULUZZI

PRENOM : Frédéric

TITRE : Les techniques actuelles d'estimation de la composition corporelle des bovins : étude pratique de deux méthodes utilisant les ultrasons.

RESUME :

La connaissance de la composition corporelle des bovins est depuis longtemps un outil indispensable à la conduite du troupeau laitier ou allaitant ; ce paramètre est aussi un critère de sélection des taureaux de races bouchères. Ainsi, après une présentation du mode de croissance des bovins et de la physiologie du tissu adipeux, l'auteur s'intéresse aux techniques d'appréciation de leur composition corporelle en insistant sur l'échographie et le VOS. Ces deux méthodes sont ensuite utilisées dans une étude expérimentale, les mesures obtenues sur les animaux vivants (vaches et taurillons) étant ensuite comparées à des dissections anatomiques de la sixième côte sur les carcasses. Cette expérience fait ressortir la nécessité de préciser le protocole de mesure de l'échographe et de multiplier les mesures et les effectifs pour le VOS, dont l'utilisation reste réservée au domaine de la sélection.

MOTS-CLES : composition corporelle, bovins, ultrasons, échographie, VOS, adiposité.

ENGLISH TITLE : Actual techniques of body composition of cows : study of two methods using ultrasounds.

ABSTRACT :

The knowledge of body composition of cattle is an essential tool of dairy breed management as much as in beef cow management ; it also interferes in genetic improvement of beef races. After presenting bovine growth and adipose tissue physiology, the author deals with the techniques of body composition estimate, insisting on ultrasonography and VOS. These two methods are then used in an experimental study ; the measures on live animals are then compared with 6th rib analysis on carcasses.

This experiment leads to the conclusion that ultrasonography procedure must be improved in order to better the hopeful results of this study and confirms the necessity of multiplying measures and effective for the VOS, whose utilization is still reserved to genetic improvement.

KEY WORDS : body composition, cow, ultrasounds, ultrasonography, VOS, adiposity.