



**HAL**  
open science

# Itinéraires de production de taurillons Salers en fonction de la conduite alimentaire avant sevrage : ingestion, performances et caractéristiques des carcasses

Bernard Sepchat

## ► To cite this version:

Bernard Sepchat. Itinéraires de production de taurillons Salers en fonction de la conduite alimentaire avant sevrage : ingestion, performances et caractéristiques des carcasses. Sciences du Vivant [q-bio]. 2010. hal-02816304

**HAL Id: hal-02816304**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02816304>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Mémoire de fin d'études d'ingénieur **VetAgro Sup**

Itinéraires de production de taurillons Salers en fonction de la  
conduite alimentaire avant sevrage :  
ingestion, performances et caractéristiques des carcasses

**Bernard SEPCHAT**  
**Option « Elevages et Systèmes de Productions »**  
**Promotion 2007-2010**



VetAgro Sup

Campus Agronomique



# Mémoire de fin d'études d'ingénieur **VetAgro Sup**

Itinéraires de production de taurillons Salers en fonction de la  
conduite alimentaire avant sevrage :  
ingestion, performances et caractéristiques des carcasses

**Bernard SEPCHAT**  
**Option « Elevages et Systèmes de Productions »**  
**Promotion 2007-2010**

Maître de stage : Florence GARCIA-LAUNAY

Tuteur pédagogique : Claire AGABRIEL



VetAgro Sup

Campus Agronomique



« L'étudiant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup. »

## Abstract

Two series of experiments were conducted in Salers breed to study the impact of milk intake, forage and concentrate before weaning, on feed intake, growth performance and body composition of grass calves and young bulls, during the weaning and fattening period.

During the suckling period, three groups of calves have been established. The calves of C-, C+ and L+ suckled their mother twice a day and were fed *ad libitum* with hay. The calves of the C+ group were complemented with concentrate. The calves L+ suckled once more a day a dairy cow. The same diet (hay + concentrate) was distributed in each group during the fattening period. The quantities of milk consumed were higher in L+ and decreased until weaning for three groups. Substitutions hay /milk and hay /concentrate increased with the incorporation of solid food in the ration. The different diets have induced a higher growth rate before weaning in L+ (1.51 kg / d) and C+ (1.45 kg / d) compared to C-(1.16 kg / d), and a similar growth rate during fattening period. At weaning the calves of C+ were fatter and had a development of the viscera higher than L+ calves. After fattening period the carcasses of the three groups were identical. L+ and C- groups were more efficient than C+. The best feeding efficiency of L+ could be associated with better gain of protein, which could result from a better composition of amino acid in milk. A high intake of milk can limit concentrate supplementation before weaning. An economical evaluation will clarify the advantages and disadvantages of each system.

**Key words: Salers breed, grass calf, mixed feeding, growth, feed intake, young bull**

## Résumé

Deux séries d'expérimentation ont été réalisées en race Salers pour étudier l'impact des apports en lait, fourrage et concentré avant sevrage sur l'ingestion, les performances et la composition corporelle des broutards puis des taurillons en engraissement.

Pendant la phase d'alimentation mixte, trois lots de veaux ont été constitués. Les veaux des lots C-, C+ et L+ tétaient leur mère deux fois par jour et recevaient du foin à volonté. Les veaux C+ recevaient en plus du concentré. Les veaux L+ tétaient une fois par jour sous une vache laitière. L'engraissement a été réalisé avec un régime commun foin et concentré.

Les quantités de lait bu étaient supérieures en L+ et ont diminué jusqu'au sevrage pour les trois lots. Les substitutions foin/lait et foin/concentré ont augmenté avec le passage à une alimentation solide. Les apports différents ont conduit à une croissance supérieure avant sevrage en L+ (1,51kg/j) et C+ (1,45kg/j) par rapport à C- (1,16kg/j), et à une croissance similaire en engraissement. Au sevrage les broutards C+ étaient plus gras et avaient un développement des viscères supérieur au lot L+. Après engraissement, les carcasses des 3 lots étaient identiques. Les lots L+ et C- étaient plus efficaces que le lot C+. L'efficacité du lot L+ peut être associée à un meilleur gain de protéines, qui serait associé à l'apport en acides aminés du lait.

Un apport élevé de lait permet donc de limiter la complémentation avant sevrage. Une évaluation économique permettra de préciser les avantages et inconvénients de chaque itinéraire.

**Mots clefs : race Salers, broutard, alimentation mixte, croissance, ingestion, taurillon**

## Remerciements

Je remercie en premier lieu Florence GARCIA LAUNAY qui m'a encadré tout au long de ce stage, pour la formation qu'elle m'a fournie, sa disponibilité et sa gentillesse.

Claire AGABRIEL pour son aide lors de l'élaboration de ce rapport.

Toute l'équipe Systèmes de Production de l'Unité de Recherches sur les Herbivores et en particulier Jacques AGABRIEL pour ses conseils.

Les équipes de l'Unité Expérimentale des Monts d'Auvergne (Laqueuille et Marcenat) et de l'abattoir de l'URH pour leur travail durant toute la partie expérimentale.

Isabelle CONSTANT, pour son appui au moment des analyses.

Bernard LAFON responsable Bovins Viande de la chambre d'agriculture du Cantal pour avoir accepté de participer en tant qu'expert à mon jury de concours.

Je remercie également Jean Claude BONNEFOY pour m'avoir encouragé à reprendre mes études et son soutien par la suite.

Et enfin Jackline pour son soutien et sa patience pendant ces 3 années.

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>A - Problématique et contexte de l'étude</b> .....	<b>2</b>
<b>B - Synthèse bibliographique</b> .....	<b>5</b>
1- Itinéraires de production de viande bovine issue des mâles .....	5
1.1 Description de la diversité existante .....	5
1.2 Spécificités de la production de viande en race Salers .....	7
2 - Période d'élevage sous la mère. ....	8
2.1 Développement du veau : du pré-ruminant au broutard sevré .....	8
2.2 Interaction croissance du veau et production laitière de la mère .....	9
2.3 Alimentation mixte et phénomènes de substitution .....	10
3 - Engraissement .....	10
3.1 Déroulement et dynamique de l'engraissement .....	10
3.2 Facteurs de variation du déroulement de l'engraissement .....	12
4 - Conclusion .....	13
<b>C - Matériel et méthodes</b> .....	<b>14</b>
1 - Le dispositif expérimental .....	14
1.1 Le logement .....	14
1.2 Mise en lot .....	15
1.3 Les aliments et le mode d'alimentation .....	16
1.4 Mesures et prélèvements expérimentaux .....	16
2 - Traitement des données et analyse statistique .....	17
2.1 Le traitement des données .....	18
2.2 L'analyse statistique .....	19
<b>D - Résultats</b> .....	<b>21</b>
1 - L'ingestion des aliments .....	21
1.1 La consommation de lait .....	21
1.2 La consommation de concentré .....	22
1.3 La consommation de foin .....	25
2 - Croissance et composition corporelle .....	28
2.1 La croissance .....	28
2.2 La composition corporelle .....	31
3 - L'utilisation des aliments .....	33
3.1 L'efficacité alimentaire .....	33
3.2 Les rendements marginaux .....	34
<b>E - Discussion</b> .....	<b>35</b>
1 - La répartition de l'ingestion entre lait, fourrage et concentré .....	35
2 - La nature de l'énergie ingérée avant sevrage comme déterminant de la composition du gain, de l'efficacité alimentaire et de la répartition des dépôts de gras .....	36
3- Des types de conduite plus ou moins économes pour aboutir à des carcasses comparables .....	38
4 - Intérêts et limites des méthodologies mises en œuvre et de l'interprétation des résultats .....	39
<b>Conclusion</b> .....	<b>40</b>

## Table des figures

Figure 1 : Principales races allaitantes exploitées en France .....	5
Figure 2 : Schéma de production de viande en race salers .....	5
Figure 3 : Comparaison des courbes de croissance d'animaux précoces et tardifs .....	6
Figure 4 : Comparaison de la composition du gain de masse corporelle de bovins mâles Charolais et Holstein à un poids de 400kg .....	7
Figure 5 : Evolution schématique des estomacs d'un veau d'élevage .....	8
Figure 6 : Différentes phases du développement d'un bovin en fonction de l'âge .....	8
Figure 7 : Développement des différents tissus d'un bovin en fonction de l'âge .....	8
Figure 8 : Croissance et développement selon les gradients de Hammond .....	8
Figure 9 : Courbe de lactation des vaches allaitantes en système classique avec vêlage d'hiver .....	9
Figure 10 : Estimation de la production laitière journalière des vaches allaitantes multipares, en 5ème et 6ème lactation .....	9
Figure 11 : Exemple de courbe d'évolution du poids vif et de la vitesse de croissance chez des taurillons Charolais à l'engraissement .....	11
Figure 12 : Evolution avec l'âge de la composition de gain d masse corporelle d'un jeune bovin laitier durant la période d'engraissement .....	11
Figure 13 : Evolution avec l'âge des lipides corporels totaux des bovins .....	12
Figure 14 : Méthode d'allaitement des veaux salers pour l'année 2009 .....	15
Figure 15 : Calendrier de distribution des aliments en phase d'alimentation mixte .....	16
Figure 16 : Calendrier de distribution des aliments en phase d'engraissement .....	16
Figure 17 : Schéma de déroulement du contrôle laitier .....	17
Figure 18. Evolution des quantités de lait bu sous la mère par lots C- , C+ et L+ et total du lot L+ .....	21
Figure 19 : Modèle d'évolution des quantités totales de lait bu/100kg de poids vif en fonction de l'âge (Période alimentation mixte) .....	22
Figure 20 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de lait bu sur toute la phase d'alimentation mixte .....	22
Figure 21 : Evolution des quantités de concentré ingérées (données brutes), période d'alimentation mixte du lot C+ .....	23
Figure 22 : Evolution des quantités de concentré ingérées (données brutes), de la période d'engraissement 2007 .....	23
Figure 23 : Evolution des quantités de concentré ingérées (données brutes), de la période d'engraissement 2009 .....	23
Figure 24 : Modèle d'évolution des quantités de concentré ingérées/100kg de poids vif en fonction de l'âge : période engraissement .....	24
Figure 25 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de MS de concentré en période d'engraissement .....	24

Figure 26 : Comparaison entre lots des quantités de foin ingérées (données brutes), période alimentation mixte année 2007 .....	25
Figure 27 : Comparaison entre lots des quantités de foin ingérées (données brutes), période alimentation mixte année 2009 .....	25
Figure 28 : Modèle d'évolution des quantités de foin ingéré/100kg de poids vif en fonction de l'âge : période alimentation mixte année 2007 et 2009 .....	25
Figure 29 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de MS de foin ingérées en phase d'alimentation mixte .....	26
Figure 30 : Comparaison entre lots des quantités de foin ingérées (données brutes) : période engraissement année 2007 .....	26
Figure 31 : Modèle d'évolution des quantités de foin ingéré/100kg de poids vif en fonction de l'âge : période engraissement année 2007 .....	27
Figure 32 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de MS de foin période engraissement .....	27
Figure 33 : Evolution hebdomadaire du poids des animaux (début expé-abattage) année 2007(données brutes) .....	28
Figure 34 : Evolution hebdomadaire du poids des animaux (début expé-abattage) année 2009 (données brutes) .....	28
Figure 35 : Evolution mensuelle des GMQ de la période d'alimentation mixte 2007 pour les 3 lots .....	29
Figure 36 : Evolution mensuelle des GMQ de la période d'alimentation mixte 2009 pour les 3 lots .....	29
Figure 37 : Evolution mensuelle des GMQ pour les 3 lots pendant la période d'engraissement 2007/2008 .....	30
Figure 38 : Evolution mensuelle des GMQ pour les 3 lots pendant la période d'engraissement 2009/2010 .....	30
Figure 39 : Efficacité alimentaire en g gain/ Kg MSI ingéré pour la période d'alimentation mixte .....	33
Figure 40 : Efficacité alimentaire en g gain/ Kg MSI ingéré pour la période d'engraissement 2007 .....	33
Figure 41 : Efficacité alimentaire en g gain/ UFV ingérée (moyennes ajustées 2007 et 2009) pour la période d'alimentation mixte et d'engraissement .....	33
Figure 42 : Rendement marginaux lait et concentré année 2009 .....	34
Figure 43 : Evolution des taux de substitution entre lait/foin en fonction de l'âge : année 2009 .....	35
Figure 44 : Evolution des taux de substitution entre foin/concentré en fonction de l'âge : année 2009 .....	35

## Table des tableaux

Tableau 1 : Conformations moyennes des carcasses de différentes races bovines françaises .....	6
Tableau 2 : Poids de carcasse et rendements commerciaux de jeunes bovins mâles recevant des régimes à base d'ensilage de maïs, selon le type racial et la durée de la période de finition .....	6
Tableau 3 : Développement du broutard : exemple du Charolais .....	8
Tableau 4 : Corrélations entre la production laitière des mères et la croissance des veaux .....	9
Tableau 5 : Composition moyenne du lait de vache en g/l .....	9
Tableau 6 : Energie métabolisable ingérée par jour, par des veaux âgés de 3 à 8 mois consommant de l'herbe et du lait .....	10
Tableau 7 : Evolution de la composition chimique chez le bovin .....	11
Tableau 8 : Besoins en protéines (PDI) et en énergie (UF) pour différents types de bovins à viande pesant 650 kg .....	11
Tableau 9 : Coefficient d'héritabilité ( $h^2$ ) des aptitudes bouchères liées à la croissance musculaire .....	12
Tableau 10 : Poids vif moyen en kg et âge moyen en jours au sevrage et à l'abattage des 3 lots .....	28
Tableau 11 : Moyennes ajustées ( $\pm$ erreur standard) des GMQ sur les 3 lots en phase de croissance et d'engraissement en 2007-2008 et 2009-2010 .....	30
Tableau 12. Moyennes ajustées ( $\pm$ erreur standard) des tailles des adipocytes ( $\mu\text{m}$ ) mesurées sur les trois lots en 2007-2008 et 2009-2010, en début d'expérimentation, au sevrage et en fin d'engraissement .....	31
Tableau 13. Moyennes ajustées ( $\pm$ erreur standard) des quantités de lipides fixées (kg) calculées à partir de la taille des adipocytes sur les trois lots en 2007-2008 et 2009-2010, en période d'alimentation mixte et d'engraissement .....	31
Tableau 14. Moyennes ajustées des quantités de protéines fixées (kg) calculées à partir de la taille des adipocytes sur les trois lots en 2007-2008 et 2009-2010, en période d'alimentation mixte et en période d'engraissement .....	31
Tableau 15 : Résultats d'abattage au sevrage (moyennes ajustées) en 2007 et 2009.....	32
Tableau 16 : Résultats d'abattage (moyennes ajustées) à la fin de la phase d'engraissement en 2007 et 2009 .....	32
Tableau 17 : Quantités ingérées cumulées de lait, foin et concentré pendant toute la période expérimentale .....	38

## Glossaire

AA :	Acides aminés
AOP :	Appellation d'Origine Protégée
BVD :	Diarrhée Virale Bovine
C- :	Lot Contrôle
C+ :	Lot Concentré
CB :	Cellulose Brute
CIV :	Comité Interprofessionnel des Viandes
DA5Q :	Dépôts Adipeux 5ème Quartier
DAC :	Distributeur Automatique de Concentré
DACA :	Dépôt Adipeux Carcasse
DAT :	Dépôts Adipeux Totaux
EA :	Efficacité Alimentaire
GLM :	Global Linear Models
GMQ :	Gain Moyen Quotidien
GMQ :	Gain Moyen Quotidien
GMS :	Grande et Moyenne Surface
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique
L+ :	Lot Lait
MM :	Matière Minérale
MG :	Matière Grasse
MO :	Matière organique
MS :	Matière Sèche
MUCA :	Muscle Carcasse
NDF :	Neutral Detergent Fibre
NEC :	Note d'Etat Corporel
NEC :	Note d'Etat Corporel
NS :	Non significatif
PDI :	Protéines Digestibles dans l'Intestin
PDIN :	Protéines Digestibles dans l'Intestin permises par l'Azote
PSBM :	Prime Spéciale Bovins Mâles
PSDR :	Programme Pour et Sur le Développement Régional
QI :	Quantités Ingérées
SAS :	Statistical Analysis System
SPIR :	Spectrométrie à Infrarouges
TEC :	Tonne Equivalent Carcasse
TP :	Taux protéique
UFL :	Unité fourragère Lait
UFV :	Unité Fourragère Viande
UPRA :	Union Nationale de Sélection et de Promotion des Races

# Introduction

En France, l'augmentation du cheptel allaitant de ces 20 dernières années est en partie due à la mise en place des quotas laitiers en 1985. Les éleveurs laitiers, pour continuer à exploiter leur surface toujours en herbe, ont substitué une partie de leur cheptel laitier par des vaches allaitantes. Ainsi, le cheptel allaitant a augmenté d'1 million de vaches, aujourd'hui l'effectif total de vaches allaitantes est de 4,2 Millions contre 3,7 millions de vaches laitières. La France se trouve largement en tête suivie par l'Espagne, les principaux effectifs se trouvant dans l'Ouest et dans le Centre.

L'Auvergne compte environ 500.000 vaches allaitantes. En France, la race Salers loin derrière les races spécialisées viande comprend un effectif d'environ 205.000 animaux, dont environ les 2/3 sont élevés en Auvergne essentiellement dans le Cantal, berceau de la race.

La Salers est une race mixte destinée à la production de viande ou de lait. C'est une vache rustique facile à élever, bien adaptée aux systèmes extensifs. Aujourd'hui, 95% des troupeaux sont exploités en système allaitant et seul 5% du troupeau restent en système traite traditionnelle (*Les cahiers de FranceAgriMer 2009 / Données statistiques / Elevage*).

En Auvergne, la race Salers véhicule une image forte liée à son terroir. Mais cette race ne peut atteindre les mêmes résultats que les races à viande spécialisées, en termes de conformation et de performances bouchères. Ceci a amené, depuis une quinzaine d'années, les acteurs de la filière à s'organiser pour proposer aux consommateurs, des viandes de qualité issues d'animaux de race pure. La commercialisation se fait souvent hors des circuits traditionnels peu favorables à une bonne valorisation des animaux de ce type. Il est donc important d'anticiper les performances futures des broutards, afin de les orienter vers les filières les mieux adaptées.

C'est dans ce contexte qu'un programme de recherche a été mis en place en collaboration entre les organismes professionnels et l'INRA afin d'étudier notamment l'impact d'une alimentation mixte avant sevrage (lait fourrage et concentré) sur :

- la répartition de l'ingestion des aliments avant sevrage
- la croissance et la composition corporelle au sevrage
- les performances ultérieures pendant la phase d'engraissement

L'objectif de mon stage est d'analyser ces différents facteurs, afin de mieux connaître l'impact biologique de cette alimentation mixte sur les performances à l'engraissement.

L'objectif à plus long terme étant de créer un modèle pour prédire au mieux les performances des jeunes broutards, et au final leur comportement en engraissement.

## A - Problématique et contexte de l'étude

La Salers se différencie des autres races rustiques par son grand format. C'est une vache aux qualités maternelles exceptionnelles, elle est reconnue pour sa fertilité et sa fécondité. Son atout majeur est sa facilité de vêlage (98 % de vêlages faciles contre 63 à 93% pour les autres races allaitantes (*source site internet Groupe Salers Evolution*), même en croisement avec des taureaux à forte musculature. Ces qualités garantissent la production d'un veau par vache et par an, ainsi qu'une excellente productivité numérique.

Son potentiel laitier est élevé : la Salers bénéficie d'une capacité d'allaitement inégalée comparée aux autres races à viande, son potentiel laitier est de 20 à 40% plus élevé, cela lui permet de produire un veau sevré lourd sans complément d'alimentation. Le broutard est produit en majeure partie à l'herbe et au lait de sa mère. C'est une race mixte, capable de produire à la fois du lait et de la viande. Cette ressource laitière est utilisée par les éleveurs allaitants pour conserver les qualités maternelles et en particulier la production laitière des femelles de leur troupeau.

Conduite en système traite, la vache Salers a la particularité de nécessiter la présence du veau pendant la traite. Ce système traditionnel associe la production laitière pour la fabrication du fromage à la ferme ou en laiterie et la production de broutards ou veaux maigres (c'est-à-dire non engraisés). Ce mode d'élevage est tout à fait particulier à la région Auvergne, les méthodes employées sont fondées sur une adaptation aux conditions difficiles de la région et ne se rencontrent nulle part ailleurs en France. Bien que demeurant économiquement viable dans cette zone, ce système est trop générateur de main d'œuvre et fait de moins en moins d'adeptes. Il a été abandonné petit à petit pour laisser place aux races spécialisées lait.

Aujourd'hui ce système ne subsiste que dans 5 % des élevages, la majorité des éleveurs Salers se sont orientés vers l'élevage allaitant. La principale source de revenu des éleveurs est la production de broutards, animaux maigres âgés de 9-10 mois vendus à un poids moyen de 350 kg et destinés à l'engraissement. Cette production est destinée à l'expédition hors du massif, vers des ateliers d'engraissement de l'ouest, de l'est de la France et de l'Italie (surtout les croisés). Une petite partie est engraisée dans le berceau de la race, en Châtaigneraie (sud Cantal).

Les broutards Salers ont du mal à rivaliser en terme de conformation avec les animaux de races plus spécialisées viande comme la Charolaise, la Limousine, la Blonde d'Aquitaine ou la Maine Anjou. Cette conformation moyenne des animaux de race mixte est le principal handicap à une bonne valorisation économique. En effet, la demande des engraisseurs est de plus en plus tournée vers des animaux très typés viande. Le croisement dit « industriel » obtenu par accouplement des vaches Salers avec des taureaux de race charolaise a permis d'améliorer les performances bouchères. Ce système est très répandu (environ 60% des élevages), les broutards issus de ce croisement étant en majorité exportés vers l'Italie. Même si les éleveurs conservent une partie du troupeau en race pure, peu de tri et de sélection sont effectués sur les génisses. Le troupeau de souche se détériore et ceci pourrait conduire à la diminution des effectifs de la race.

Avec des aptitudes bouchères plus faibles que les races à viande spécialisées, les circuits classiques de commercialisation du broutard d'exportation ne sont pas adaptés aux animaux de race rustique comme la Salers, leur valorisation demeure donc le souci actuel. Aussi, les éleveurs et les différents réseaux d'acteurs impliqués dans le développement de la race cherchent de nouveaux moyens de valorisation dans des schémas de production et de commercialisation à envergure régionale. Dans cette optique, les professionnels s'interrogent sur les meilleurs types de conduite des broutards et taurillons Salers de race pure, ainsi que sur l'impact, depuis la naissance du veau jusqu'à l'abattage, de différentes stratégies d'alimentation avant sevrage (lait, foin, concentré).

C'est dans ce contexte et pour répondre à ces attentes, qu'un programme a été construit avec les chercheurs (INRA Theix, Aurillac, Limoges, VetAgroSup, ENEGREF) et les réseaux d'acteurs (Groupe Salers Evolution, Chambre d'Agriculture du Cantal, Pôle Fromager AOC Massif Central). Ce projet s'inscrit dans le cadre d'un Programme sur et pour le Développement Régional (PSDR) intitulé « Salers : une race pour des produits locaux, une identité, et un développement territorial ». Le programme PSDR est un programme de recherche portant sur l'observation et l'analyse des dynamiques territoriales et le rôle que jouent sur les espaces ruraux, les différents acteurs, publics et privés, les activités économiques, sociales, et l'ensemble des ressources qui sont valorisées ou valorisables pour le développement régional. Les résultats obtenus seront diffusés et valorisés pour déboucher sur des propositions de recherche-développement.

Le projet a été construit en 3 volets :

- Un premier volet « Production et qualité du lait et du fromage » a pour objet l'étude de la traite des vaches Salers avec ou sans veau.

- Un deuxième volet « Production, qualité et identité de la viande Salers » vise à proposer des modes de production de viande adaptés à la race Salers :

- . Animaux jeunes pour valoriser le potentiel laitier des vaches Salers
- . Animaux âgés finis à l'herbe pour valoriser les pâturages d'estive.

Le point central porte sur l'influence de l'alimentation du broutard avant sevrage sur sa croissance ultérieure et la qualité de la viande. Pour cela il faut y intégrer les interactions lait, concentré et fourrage avant sevrage, pour en caractériser les arrières effets sur la croissance et la composition corporelle en engraissement.

- Un troisième volet « Connaissance et renforcement de l'identité Salers » porte sur le renforcement des liens entre identité raciale et identité territoriale et sur les conséquences que l'on peut en tirer en matière d'évolutions zootechniques potentielles des systèmes d'élevage et des animaux.

Mon travail de stage qui s'intitule : « Itinéraires de production de taurillons Salers en fonction de la conduite alimentaire avant sevrage - ingestion, performances et caractéristiques des carcasses. », s'intègre donc dans le deuxième volet, et en particulier dans l'action intitulée : **« Influence du mode de conduite des broutards dans le jeune âge sur leurs performances ultérieures et la qualité de la viande : préparation des broutards Salers à l'engraissement »**. Ce travail s'articule essentiellement sur l'étude des spécificités de la période d'alimentation mixte avant sevrage, de ses impacts sur l'efficacité alimentaire et sur la composition corporelle en engraissement et de l'influence de la nature de l'énergie ingérée sur la composition corporelle de l'animal. Ce travail devrait permettre d'optimiser la complémentation des broutards Salers avant et après le sevrage, et de prévoir leurs performances individuelles afin d'orienter ces animaux dans les filières les mieux adaptées.

La conduite des veaux avant sevrage est déterminante pour le coût d'alimentation, les jeunes mâles recevant très souvent du concentré avant sevrage, mais elle est également déterminante pour les performances sous la mère et par la suite en phase d'engraissement. A une alimentation essentiellement lactée les premiers mois de la vie de l'animal se substitue une alimentation à base de fourrage et éventuellement de concentré au fur et à mesure que le jeune évolue vers son statut de ruminant et que la production laitière de la mère diminue. Tous ces phénomènes de substitution (lait/fourrage, fourrage/concentré), ainsi que les effets d'un apport variable de lait avant le sevrage sur l'adaptation et les performances ultérieures à l'engraissement ne sont pas totalement connus (*Garcia et al 2008*).

C'est donc pour mieux quantifier l'ingestion du jeune broutard, pour mieux appréhender les phénomènes de substitution entre aliments (lait-fourrage-concentré) ainsi que l'efficacité d'utilisation de l'énergie ingérée, que deux séries d'expérimentation ont été mises en place en 2007 et 2009, à l'unité expérimentale des Monts d'Auvergne dont les objectifs étaient :

**❶ Pour la période pré-sevrage**

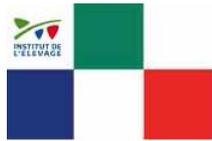
- de quantifier l'ingestion et la croissance du jeune broutard ruminant et les phénomènes de substitution entre aliments (lait, fourrages, concentré).
- d'estimer les efficacités d'utilisation de l'énergie métabolisable en fonction de la nature de l'énergie ingérée (répartition entre lait, fourrages et concentré).
- d'examiner l'impact des apports contrastés en lait, fourrages et concentré sur la composition corporelle.

**❷ Pour la période d'engraissement**

- d'estimer les effets des apports pré-sevrage sur l'adaptation à l'engraissement (ingestion et performances en phase de transition).
- d'examiner l'impact des traitements sur l'ingestion, l'efficacité alimentaire, la croissance et la composition corporelle en engraissement.

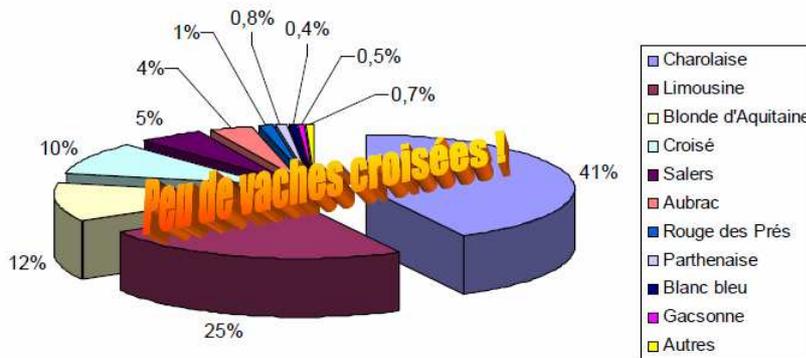
**Mon travail de stage a donc consisté à rassembler toutes les données collectées, à les traiter puis à les interpréter, pour répondre aux mieux aux objectifs cités ci-dessus.**

Avant de traiter la partie relative à notre expérimentation, j'ai réalisé une synthèse bibliographique des connaissances acquises sur cette problématique.



## Types raciaux exploités actuellement -

Répartition des naissances par race de mère en 2008



Source Département génétique - Institut de l'Élevage

Figure 1 : Principales races allaitantes exploitées en France

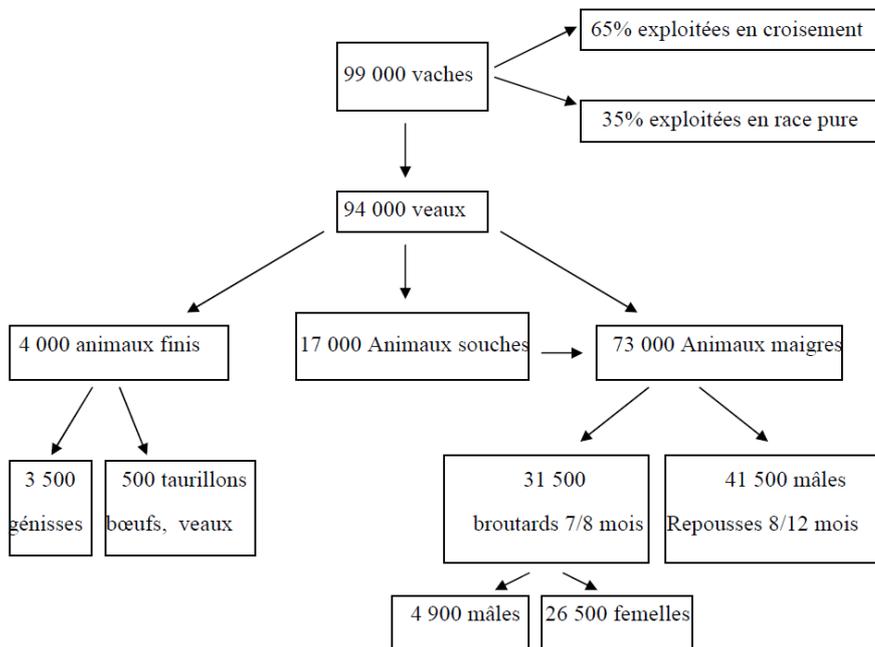


Figure 2 : Schéma de production de viande en race salers (Site internet, Groupe Salers Evolution)

## B - Synthèse bibliographique

### 1- Itinéraires de production de viande bovine issue des mâles

#### 1.2 Description de la diversité existante

La viande bovine produite en France est issue d'une très large gamme de types d'animaux. Elle s'étend du veau de boucherie jusqu'à la vache de réforme en passant par le jeune bovin, avec des races spécialisées viande ou lait mais aussi des races rustiques. Au total 58% de la viande bovine produite en France provient d'animaux de race à viande ou rustiques (**figure 1**) et 42% d'animaux de races laitières. Les vaches de réforme représentent 48% de la production de viande en France, avec un peu plus de la moitié d'origine allaitante. Les génisses assurent 13% de la production de viande bovine, les deux tiers sont de races à viande ou rustiques. Seulement 10% de la production est réalisée par les veaux de boucherie. Ils consomment seulement du lait, et produisent donc une viande dite blanche à leur abattage vers 3-4 mois, à 180-200 kg de poids vif pour un poids de carcasse de l'ordre de 100-120 kg.

La production issue des jeunes bovins recouvre également une certaine diversité. La plupart (21%) sont conduits en taurillons d'un âge maximum de 2 ans à l'abattage, les trois quarts étant de race à viande pure ou en croisement ou bien de race mixte. Une production moins fréquente, mais qui est notamment envisagée en Auvergne pour les animaux Salers, est la production de veaux rosés de 9 à 10 mois, abattus à environ 350-400 kg (*Serrano et al. 2005*) pour un poids moyen de carcasse de 210 kg. Tous ces jeunes bovins réalisent une grande partie de leur croissance sous la mère, en tant que broutards, avant d'être engraisés puis abattus. L'alimentation du broutard est à base de lait, d'herbe et éventuellement de concentré, il est généralement vendu après sevrage à un poids d'environ 350 kg et un âge de 9-10 mois.

L'amélioration du potentiel génétique et de l'état sanitaire des troupeaux a permis, depuis quelques années, un alourdissement des broutards pour un âge donné. A côté de l'effet conduite d'élevage, le poids des animaux au moment de leur vente s'est sensiblement accru puisque la plupart des animaux ont désormais 10 mois révolus lorsqu'ils quittent l'exploitation de leur naisseur. Les ventes de broutards fraîchement sevrés tendent à se raréfier au profit d'animaux alourdis et déjà bien conditionnés pour l'engraissement. Cette évolution a été favorisée tant par la mise en place de la Prime Spéciale Bovins Mâles (PSBM), que par l'évolution de la demande des engraisseurs et notamment des engraisseurs italiens. En effet, 85% des broutards partent pour l'exportation vers l'Italie, l'Espagne en importe environ 10,8 % (*Les cahiers de FranceAgriMer, 2009 / Données statistiques / Elevage*). Une petite partie des animaux, en particulier les broutards de race Salers partent pour des ateliers d'engraissement de l'ouest et du nord de la France.

Ramené en Tonne Equivalent Carcasse (T.E.C), la France produit chaque année 633 500 TEC de jeunes bovins, 431 500 TEC de vaches et 232 000 TEC de veaux de lait. La viande bovine consommée par les ménages est achetée pour plus de 79% dans les GMS, les 21% restants passent par d'autres circuits de distribution (boucheries, ventes sur les marchés, ventes directes...) (*Site internet, CIV, Estimations 2005*). La **figure 2** montre les schémas de production de viande en race Salers

Tableau 1 : Conformations moyennes des carcasses de différentes races bovines françaises (*Cartier et Moevi, 2007*).

Race	Holstein	Normand	Montbéliard	Salers	Charolais	Limousin	B. d'Aquitaine
Conformation (E.U.R.O.P)	O- à O=	O+ à R-	O+ à R-	R- à R=	R+ à R=	U- à U+	U= à E-

Tableau 2 : Poids de carcasse et rendements commerciaux de jeunes bovins mâles recevant des régimes à base d'ensilage de maïs, selon le type racial et la durée de la période de finition (d'après Institut de l'Élevage, 2008)

Age (mois)	Prim'Holstein			Normand			Limousin			Charolais			Blond Aquitaine		
	18	19	20	17	17,5	18	17,5	18	18,5	17,5	18	18,5	17	17,5	18
Durée finition (j)	442	473	503	412	427	442	305	320	336	305	320	335	275	290	305
Poids final (kg)	675	700	725	645	660	670	645	660	675	720	740	755	660	675	690
Poids carcasse (kg)	350	365	380	350	360	370	390	405	415	420	435	445	415	425	435
Rendement (%)	51,9	52,1	52,4	54,4	54,6	54,8	60,7	61,0	61,2	58,3	58,6	58,8	62,9	63,1	63,3

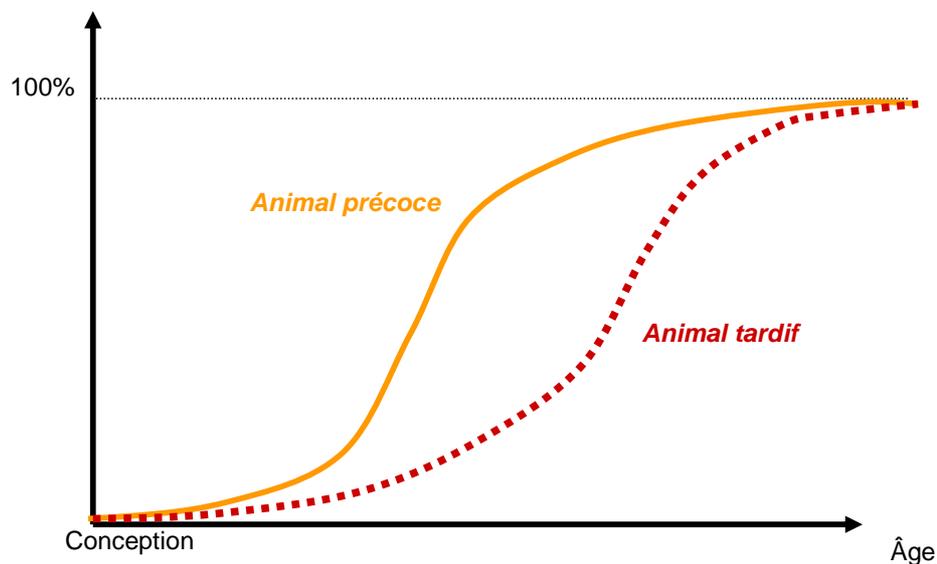


Figure 3 : Comparaison des courbes de croissance d'animaux précoces et tardifs

Quel que soit l'âge où le jeune bovin est abattu, les critères d'appréciation des carcasses restent les mêmes. Elles s'apprécient essentiellement par leur poids, leur masse musculaire et leur rendement. D'un point de vue qualitatif une carcasse s'apprécie par sa conformation et son état d'engraissement.

Le poids carcasse correspond au poids de l'animal une fois retirés : le cuir, la tête et les pieds, les viscères thoraciques et abdominaux ainsi que le gras d'émoussage et de parage.

Le poids carcasse sert de base de paiement des animaux aux éleveurs. La réglementation impose que les carcasses soient pesées à chaud dans l'heure suivant l'étourdissement de l'animal, le poids retenu est diminué de 2% afin de tenir compte des pertes ultérieures de poids liées à la réfrigération. Ce critère fait l'objet d'une grande variabilité inter et intra-race (*Institut de l'Elevage 2008*). Le rendement de la carcasse est le rapport entre le poids de la carcasse et le poids avant abattage. Il dépend de nombreux facteurs, tels que la catégorie, la race, l'âge de l'animal, son régime alimentaire, son type génétique, son état d'engraissement, son sexe, etc.

Au delà du poids de la carcasse et du rendement, un critère de qualité très important est la conformation de celle-ci. Par conformation, on entend la quantité de masse musculaire que contient une carcasse, en particulier sur les morceaux les mieux valorisés (quartiers arrières). Elle s'apprécie d'après les profils de la carcasse (rebondi, droit ou concave) et les épaisseurs musculaires à différents niveaux (cuisse, dos, épaule), en rapport avec la taille de la carcasse. Réglementairement, la conformation est codifiée par le système S.E.U.R.O.P (**tableau 1**), la classe S est la classe Supérieure, E est la classe Excellente (profils super convexes à convexes), à l'inverse la classe P correspond à des profils concaves à très concaves (*Office de l'Elevage, 2010*). Les classes U, R, O sont les classes intermédiaires décroissantes. Pour affiner ce classement, chacune de ces classes a été subdivisée en trois sous classes (+, = et -), ce qui correspond en pratique à une notation au tiers de classe. Chez les jeunes bovins, la croissance n'étant pas terminée, la quantité de muscles augmente avec l'âge et le poids. Par contre par la suite chez les animaux âgés la conformation diminue avec l'âge (*Bastien, 2001*).

Le deuxième critère d'appréciation de la qualité des carcasses est donc l'état d'engraissement. Une grille de notation allant de 1 à 5 permet de classer les carcasses, un pour les carcasses très maigres avec pratiquement pas de gras de couverture et à l'intérieur de la cage thoracique, cinq pour les plus grasses avec un important dépôt adipeux sous cutané et interne. Le marché demande des carcasses à une note comprise entre 3 et 3,5.

Le potentiel de croissance durant la vie postnatale varie selon la race de l'animal ce qui peut avoir des effets sur le poids de naissance (*Robelin, 1986*). On observe également des variations importantes de rendement et de qualité des carcasses selon le type génétique de l'animal (**tableau 2**).

Les animaux typés viande, donc au fort potentiel de développement musculaire, vont avoir des durées d'engraissement plus longues que les animaux de races laitières ou rustiques, plus précoces. Ils ont aussi, en général, des états d'engraissement inférieurs à poids ou âge égaux (*Micol et al, 1993*). Un animal est plus précoce s'il réalise plus rapidement le développement des différents organes et tissus, c'est-à-dire s'il atteint plus rapidement sa maturité (**figure 3**). Selon le génotype de jeune bovin, pour un même poids vif vide (400 kg) on peut observer des variations de 6 à 30% du poids des tissus adipeux, de 30 à 50% du poids des muscles. Les variations de poids de squelette sont beaucoup moins importantes (8 à 13%).

Ces observations ont permis de classer les bovins en trois groupes selon leur tendance à déposer plus ou moins rapidement du tissu adipeux :

- les animaux très précoces tels que les mâles castrés de races laitières (Holstein) ou de races à viande anglo-saxonnes (Hereford) qui déposent très rapidement leurs tissus adipeux,

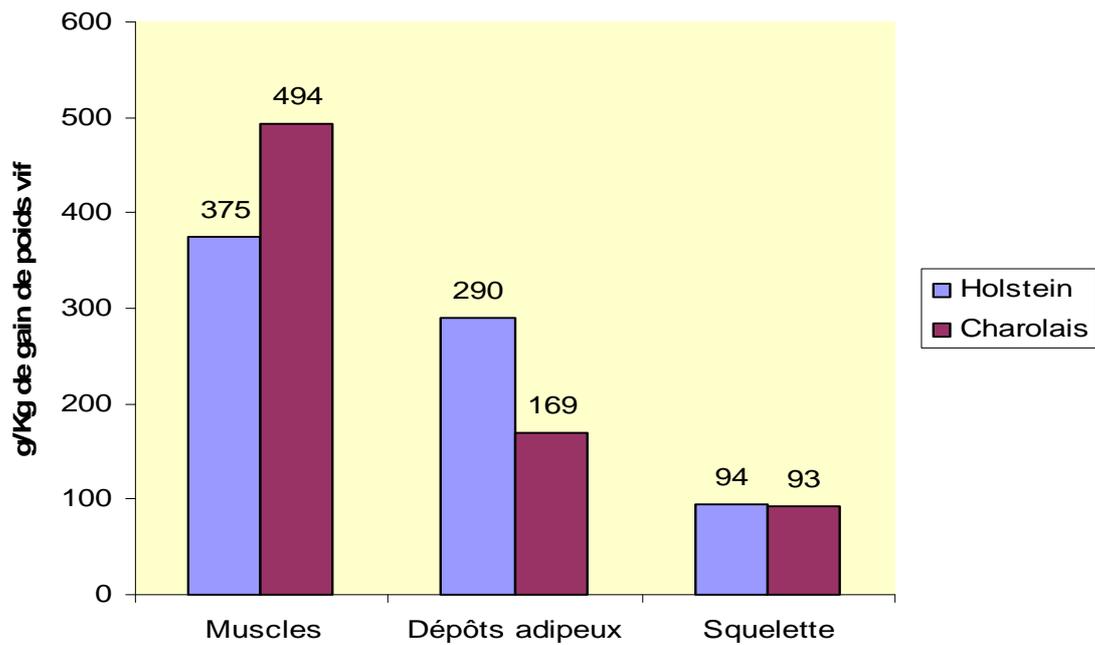


Figure 4 : comparaison de la composition du gain de masse corporelle (croît en g/Kg de gain de poids vif vide) de bovins mâles Charolais et Holstein à un poids de 400kg (*Robelin et Geay 1983*)

- les animaux semi précoces qui correspondent aux bovins de races rustiques ou mâles non castrés de races laitières ou anglo-saxonnes,
- les animaux tardifs à fort développement musculaire tels que les mâles entiers de race à viande (Charolais, Limousin, blond d'Aquitaine...). qui déposent peu de tissus adipeux (*Robelin, 1986*).

La **figure 4** illustre le fait qu'à poids égal, le dépôt de muscle est beaucoup plus important chez les races tardives (Charolaise), alors que le dépôt de tissu adipeux est beaucoup plus important chez les races précoces (Holstein).

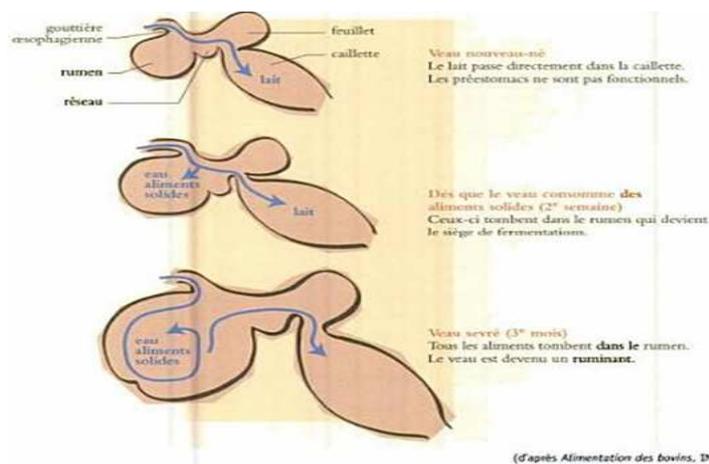
## 1.2 Spécificités de la production de viande en race Salers

Les caractéristiques bouchères de la race sont peu marquées. Le schéma de sélection vise à améliorer la croissance et le développement musculaire des animaux, tout en maintenant les caractères fondamentaux de la race que sont les qualités maternelles et les aptitudes fonctionnelles. Les animaux de race Salers ont un engraissement assez précoce ce qui permet de produire des carcasses d'animaux jeunes suffisamment couvertes à un poids et à un âge intéressant (*Renand et al, 2002 ; site internet groupe Salers évolution, 2007*).

Par contre la conformation des carcasses de taurillons Salers est inférieure à celle d'animaux de race spécialisées viande. L'avantage de produire des animaux jeunes est d'utiliser au mieux le potentiel laitier des vaches Salers. De plus, une demande de production de viande issue de jeunes taurillons Salers de 14-15 mois existe dans le berceau de la race (restaurateurs). Il est également intéressant, même si cette production est très marginale, de produire de la viande issue d'animaux plus âgés et finis à l'herbe, pour valoriser les pâturages d'estive (*site internet Groupe Salers Evolution*).

Les qualités organoleptiques de la viande de Salers sont caractéristiques des races rustiques. La viande de Salers est plus sombre que les viandes des autres races allaitantes. Elle peut être parfois légèrement plus ferme que celle des autres races allaitantes rustiques, car sa teneur en collagène est plus importante (*Schreurs et al, 2008*), et les fibres musculaires sont de plus grosse taille (*site internet groupe Salers evolution*). Cependant, de bonnes conditions de transport et d'abattage, un respect des temps de descente de température de la carcasse et un temps de maturation suffisant permettent l'obtention d'une viande tendre et fondante.

La viande de Salers a une capacité de rétention en eau importante, elle est donc très juteuse. Elle a également une saveur très développée, expliquée par sa teneur en lipides intramusculaires (qui constituent le persillé de la viande). La saveur et le goût de la viande de Salers sont ses principales qualités.



(d'après Alimentation des bovins, INRAP-ITEB, 1984)

Figure 5 : Evolution schématique des estomacs d'un veau d'élevage (INRA ITEB, 1984)

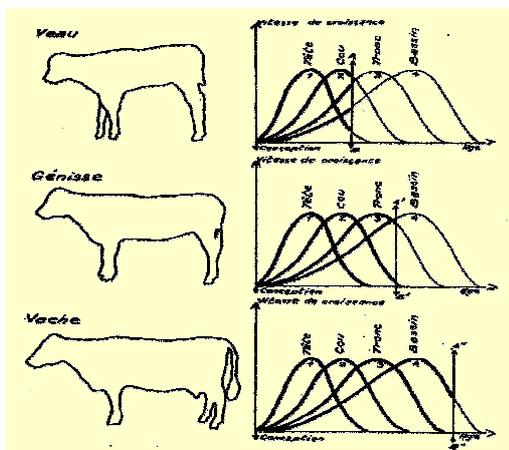


Figure 6 : Différentes phases du développement d'un bovin en fonction de l'âge (INRA, ITEB, 1984)

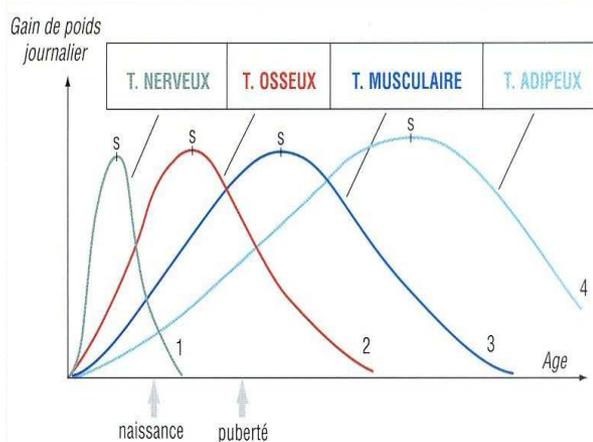


Figure 7 : Développement des différents tissus d'un bovin en fonction de l'âge (INRA, ITEB, 1984)

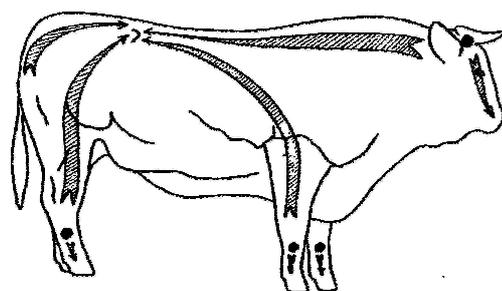


Figure 8 : Croissance et développement selon les gradients de Hammond (Hammond, 1932)

	Poids à la naissance (kg)	% de la masse corporelle	Poids au sevrage (kg)	% de la masse corporelle
Poids vif	49		405	
Squelette	11	23	45	11
Muscles	19	39	165	41
Dépôts adipeux	3	6	35	9
Organes-viscères	15	31	110	28

Tableau 3 : Développement du brouillard : exemple du Charolais (calculs d'après Robelin, 1986)

## 2. Période d'élevage sous la mère

### 2.1 Développement du veau : du pré-ruminant au broutard sevré

C'est une période très importante de la vie de l'animal puis qu'il va passer du statut de veau pré-ruminant, à celui de ruminant. Ceci va avoir des conséquences importantes sur sa capacité d'ingestion et sa croissance pendant la période d'alimentation mixte mais également durant la phase d'engraissement.

- Développement de l'appareil digestif

De la naissance à l'âge de 3 mois, le jeune veau consomme essentiellement du lait. Les pré-estomacs ne sont pas fonctionnels, l'ingestion du lait provoque la fermeture de la gouttière œsophagienne et ainsi le lait passe directement dans la caillette. Ce sont les protéines du lait qui excitent les terminaisons nerveuses du pharynx, provoquant ainsi la fermeture de la gouttière œsophagienne. C'est au fur et à mesure que le veau va consommer des aliments solides, que le rumen va se développer et devenir le siège des fermentations (**figure 5**). Le poids du tractus digestif augmente de façon proportionnelle à celui de son contenu, passant de 4% à la naissance, à 8% à un poids de 300 kg pour proportionnellement diminuer par la suite à l'âge adulte.

- Développement des différents tissus

Le développement correspond à l'évolution des tissus et des constituants chimiques au cours du temps. La croissance pondérale correspond au développement en poids de chacun des éléments constitutifs du corps de l'animal : muscle, dépôt adipeux, squelette. Chaque région corporelle, organe, tissu, a un rythme de croissance qui lui est propre (**figure 6**), c'est ce que l'on appelle la croissance allométrique (**figure 7**). (*Robelin, 1986 et Micol et al, 2003*).

Le tissu nerveux est quasiment entièrement formé, à la naissance de l'animal.

Le tissu osseux est en pleine croissance chez le jeune, mais il a une croissance beaucoup plus lente que le poids vif vide après la naissance. La croissance relative de l'ensemble du squelette par rapport au poids vif vide est bien plus élevée pendant la vie fœtale qu'après la naissance, le coefficient d'allométrie passe de 1,27 à 0,72 (*Robelin, 1978*) Hammond en 1932 avait mis en évidence la notion de gradients de croissance avec des parties du corps qui se développent en premier (tête et extrémités des membres), la longueur et l'épaisseur se développant en dernier (**figure 8**). Le tissu osseux représente 23% du poids vif vide après la naissance, mais seulement 11% à la fin de la croissance.

Le tissu musculaire a une très forte croissance après la naissance et particulièrement vers la puberté. Le coefficient d'allométrie est de 1,15 entre l'ensemble des muscles et la masse corporelle, ce qui signifie que la croissance relative de l'ensemble des muscles est de 15% plus élevée que celle du corps vide. Ainsi la part de muscles dans le poids vif vide passe de 39% à la naissance à 46% chez le broutard charolais de 400 kg (**tableau 3**).

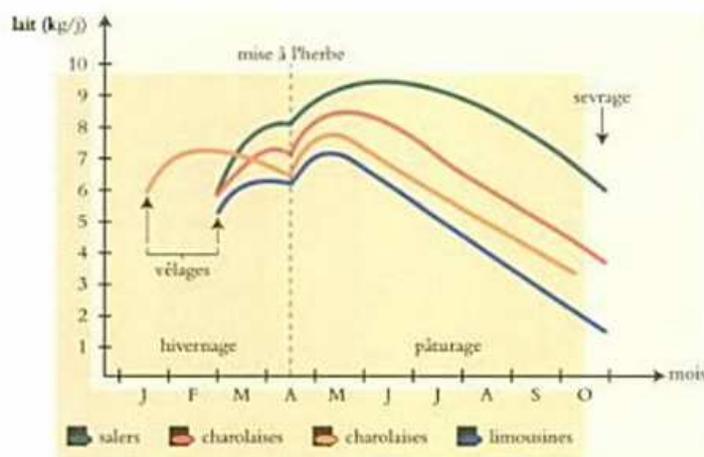
Le tissu adipeux se développe en dernier et reste en évolution constante avec un coefficient d'allométrie allant de 1,2 à 2 en fin de croissance (*Robelin et Geay, 1983*).

Tableau 4 : Corrélations entre la production laitière des mères et la croissance des veaux (*Le Neindre et al, 1976*)

	Corrélation	GMQ/kg lait (g/jour)	
		0-90j	90-180j
Charolais	0,5	96	91
Limousin	0,68	83	100
Salers	0,47	64	80

Tableau 5 : Composition moyenne du lait de vache en g/l (*B. Remond, 2009*)

Constituants	Quantité
Matière sèche	125-135
Humidité	900-910
Glucides	48-50
Matière Azotée Totale(MAT)	31-38
N non protéique	0,01-1,2
Lipides	35-45
Cendres	7-7.5



(d'après *ibid.*, INRA, 1988)

Figure 9 : Courbe de lactation des vaches allaitantes en système classique avec vèlage d'hiver (*INRA, ITEB, 1988*)

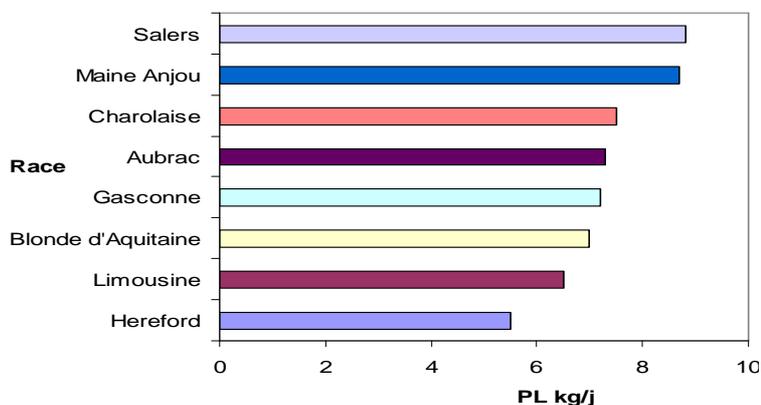


Figure 10 : Estimation de la production laitière journalière des vaches allaitantes multipares, en 5ème et 6ème lactation (*Petit et al, 1994*)

### 2.3 Interaction croissance du veau et production laitière de la mère

La croissance du veau est étroitement liée à la quantité de lait produite par la mère. Au fur et à mesure de son développement cette quantité de lait ne sera pas suffisante et le veau, pour satisfaire ses besoins devra compenser par la consommation de fourrage. Si la production laitière de la mère est faible, le veau ne pourra pas compenser totalement ce manque de lait par une ingestion suffisante de fourrage, ceci du fait des limites de sa capacité d'ingestion liées au développement de son tube digestif (*Le Neindre et al, 1976*). Ceci met en avant l'importance de la production laitière des mères et surtout de la persistance de la courbe de lactation. Le veau au début de l'allaitement peut téter aussi souvent qu'il le veut, mais au fur et à mesure qu'il vieillit, le lait devient un facteur limitant de la croissance. A 3 mois le veau consacre au pâturage un temps équivalent à l'adulte (*Giovanni, 1982*). Malgré tout, jusqu'à l'âge de 5 mois les gains de poids des veaux augmentent avec la production laitière de leurs mères (**tableau 4**). (*Le Neindre et al, 1976*).

Même si la quantité de lait bu est le critère principal de la croissance du veau avant sevrage, la qualité de ce lait (**tableau 5**) a également son importance (*Melton et al, 1967*).

La période d'élevage du veau sous sa mère est déterminante puisqu'elle va induire les futures performances du broutard puis du mâle à l'engraissement. Le veau accomplit sous sa mère près d'un tiers de sa croissance totale. Le broutard est sevré à l'âge d'environ 9 mois, donc sa croissance est étroitement liée à sa consommation de lait. Ceci est encore plus marqué pendant les trois premiers mois de sa vie, car le jeune veau pré ruminant ne peut pas encore ingérer des quantités importantes de fourrage et de concentré (*Hoste et al, 1983*).

Chez la vache allaitante, contrairement à la vache laitière, la production laitière doit être persistante, en effet la mère doit pouvoir soutenir un bon niveau de production laitière, jusqu'au sevrage de son veau. Dans un système « classique » de production de broutard, avec vêlage fin d'hiver, et conduite semi-extensive des herbages, on observe 2 pics de production, le premier a lieu 1 mois après le vêlage, le second plus important, au moment de la mise à l'herbe (**figure 9**). Il faut une production laitière d'environ 2000 kg jusqu'au sevrage à 9 -10 mois, pour obtenir des croissances de 900 à 1000 g/j de veaux Normands ou Normands \*Charolais (*Le Neindre et al, 1976*).

La Salers dont l'origine laitière est affirmée, se situe en tête des races allaitantes pour ses qualités laitières (**figure 10**). La bonne production laitière des mères Salers et le potentiel de leurs veaux permettent à ces derniers de réaliser, sans complémentation, des gains de poids intéressants. En race pure, la croissance ou Gain Moyen Quotidien (GMQ) des veaux se situe entre 1000 et 1100 g/jour pour les mâles et entre 900 et 1000 g/jour pour les femelles. Ces croissances permettent d'obtenir un poids minimum au sevrage de 320 kg pour les mâles et 300 kg pour les femelles, sans complémentation des veaux par du concentré (le lait de la mère suffit).

La production laitière des vaches augmentent avec leur rang de lactation, pour atteindre leur maximum en 4ème, 5ème ou 6ème lactation (*Petit et al 1994*). Ceci peut s'expliquer par le fait que les primipares et vaches jeunes ont encore des besoins de croissance (*Senou et al 2008*). La production laitière totale augmente de 28% de la 1 ère à la 4ème lactation dont 11% de la 1ère à la 2ème lactation (*Le Neindre et al, 1976*). Au-delà de la 6ème lactation, la production laitière commence à baisser du fait de la diminution de toutes les fonctions de l'organisme et en particulier des tissus sécréteurs (*Mourad et Rashwan, 2001*).

L'influence de la quantité de lait bu sur la croissance du veau est indéniable (*Le Neindre et al, 1976*), mais on trouve dans la bibliographie de gros écarts en ce qui concerne l'efficacité du litre de lait supplémentaire. En effet le gain de poids par litre de lait peut aller de 40 à 100g, beaucoup de paramètres pouvant interférer notamment, la race, le sexe, les quantités d'herbe ingérées... (*Brumby et al, 1963*).

Tableau 6 : Energie métabolisable ingérée par jour, par des veaux âgés de 3 à 8 mois consommant de l'herbe et du lait (*Le Neindre et al, 1976*).

1ère période âge des veaux : 95-166 jours					2ème période âge des veaux : 167-236 jours			
Lot	Lait bu (Kg/j)	herbe ingérée Kg MS/j	EM (Kcal/j)	GMQ (g/j)	Lait bu (Kg/j)	herbe ingérée Kg MS/j	EM (Kcal/j)	GMQ (g/j)
Haut	8,1	1,85	5615	1215	6,76	3,81	8900	1156
Moyen	6,83	2,02	4740	1090	5,81	3,82	8940	1109
Bas	5,55	2,17	3851	1022	4,89	3,87	9050	1017

## 2.4 L'alimentation mixte et phénomènes de substitution

Moins le veau a de lait à sa disposition, plus il consomme de fourrage, il augmente donc sa consommation d'herbe au fur et à mesure que la production laitière de sa mère diminue, (*Le Neindre et al, 1976*), (*Poindron, 1993*). le taux de substitution est en moyenne de l'ordre de 0,15 Kg d'herbe/kg de lait en moins (*Le Neindre et Liénard, 1980*). Il y a peu de données très précises sur la variation de ce taux avec le développement du broutard, mais on trouve des écarts importants dans la bibliographie.

Plus le fourrage est de bonne qualité, plus le veau en consomme, ceci est à modérer avec le développement du rumen qui reste le facteur limitant. Au moins jusqu'à l'âge de 6 mois, cette consommation de fourrage ne peut couvrir les besoins des veaux, la part du lait reste très importante dans leur croissance (**tableau 6**). Même si les résultats sont très variables, on peut tout de même tirer la conclusion que plus le veau va disposer de lait moins il va consommer de fourrage. Il aura également une meilleure croissance et ceci même pendant la période de pâturage (*Baker et al, 1976*).

Comme pour l'herbe, la quantité de concentré ingérée est liée à la quantité de lait bu, à l'âge et au poids. Les apports de concentré chez le jeune ne devraient donc s'envisager que pour pallier des manques d'herbe. Mais, ceci peut se révéler risqué car le manque d'herbe induira également une baisse de la production laitière des mères. Un kilo de matière sèche de concentré correspond à une diminution de 0,5kg d'herbe ingérée (*Haurez, 2003*). Cette substitution herbe/concentré ou foin/concentré peut donc se révéler très onéreuse. La demande des engraisseurs de broutards alourdis amène les éleveurs à compléter de plus en plus tôt leurs broutards avec du concentré.

La qualité du pâturage a également un effet très important sur les besoins de complémentation. Avec une pâture de bonne qualité, et à quantité de lait bu égal, des broutards charolais ont atteint respectivement 940g et 900g de GMQ avec ou sans concentré (*Petit et al, 1995*). Une complémentation raisonnable, ne devrait pas dépasser 250 à 300 kg/animal avant sevrage (*Petit et al, 1995*). Une consommation de 230 kg de concentré entraîne un gain de poids d'environ 40 kg de PV (*Le Neindre et Liénard, 1980*), mais un excès de concentré avant sevrage peut entraîner une augmentation des dépôts adipeux et des baisses de croissance à l'engraissement (*Haurez, 2003*).

La croissance avant sevrage résulte donc d'une interaction entre la mère et son veau qui conditionne la répartition d'ingestion entre lait, fourrage et concentré (*Ménissier et al, 1992*).

Cette interaction mère-jeune est à double sens, la croissance du veau dépend de la production laitière de la mère et en retour la capacité d'ingestion en lait du veau va augmenter. Le veau va donc boire de plus en plus de lait dans les premières semaines et ainsi stimuler la production laitière de la mère. Cette interaction a été prise en compte dans un modèle (*Blanc et al, 1998*) afin d'améliorer et de prédire les performances de croissance des veaux. Ce modèle s'appuie sur l'inter relation entre la sécrétion lactée de la vache allaitante, la dynamique des tétées et leurs incidences sur la croissance du veau (*Plum et Harris, 1971*).

## 3. Engraissement

### 3.1 Déroulement et dynamique de l'engraissement

Bien que le broutard devienne un ruminant bien avant le sevrage, l'arrêt de l'alimentation lactée n'est pas sans conséquence sur le développement de l'animal. La phase d'engraissement démarre par une période de transition plus ou moins longue selon l'écart entre la nature des rations avant et après sevrage. Elle peut s'étaler de 15 jours si les aliments consommés sont les mêmes, jusqu'à 3 ou 4 semaines pour des rations totalement différentes.

Après cette phase de transition, la période d'engraissement proprement dite débute.

Tableau 7 : Evolution de la composition chimique chez le bovin (Robelin, 1993)

Age (mois)	Eau (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Cendres (%)
9	63,3	19,0	12,6	5,2
12	59,6	17,5	18,0	4,9
15	58,3	17,1	19,2	5,4

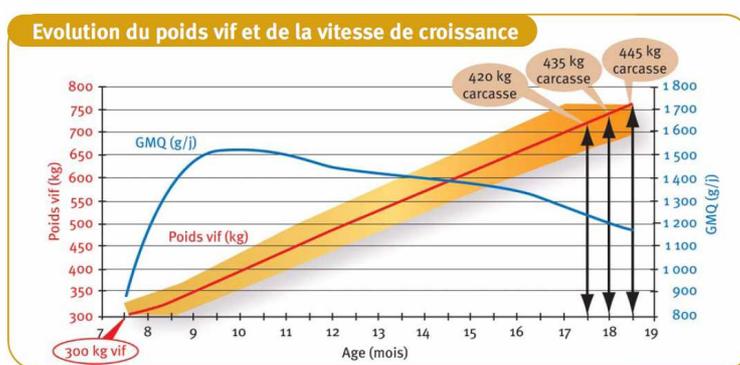


Figure 11 : Exemple de courbe d'évolution du poids vif et de la vitesse de croissance chez des taurillons Charolais à l'engraissement (régime ensilage de maïs) (Bastien et al, 2008)

Croît des principaux éléments (g/j)

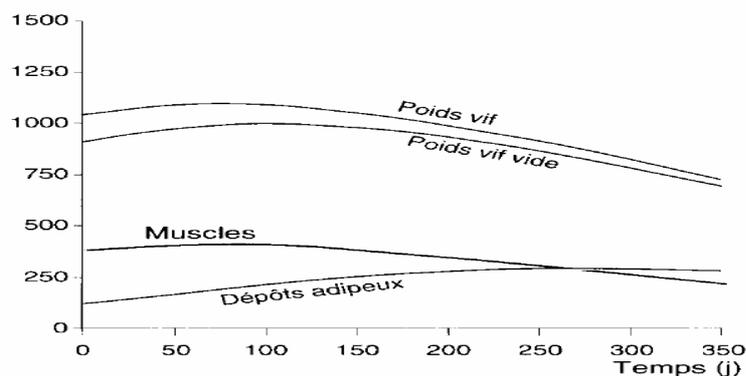


Figure 12 : Evolution avec l'âge de la composition de gain de masse corporelle d'un jeune bovin laitier durant la période d'engraissement (Robelin et al, 1986)

Tableau 8 : Besoins en protéines (PDI) et en énergie (UF) pour différents types de bovins à viande pesant 650 kg (Micol et al 2003 d'après Geay et al. 1987)

Besoins	Vache tarie non gestante	Vache avant vêlage	Vache en lactation (7 kg de lait)	Bovin à l'entretien	Bovin en croissance (0,8 kg/j)	Génisse en finition (1,0 kg/j)	Jeune bovin mâle (1,4 kg/j)
<b>PDI (g/j)</b>							
- Entretien	418	418	418	420	420	420	420
- Production	0	228	350	0	320	290	510
- Total	418	646	768	420	740	710	930
<b>UF</b>	4,7	7,6	8,2	5,7	7,7	9,6	9,4
<b>PDI / UF</b>	89	85	94	74	96	74	100

Pendant cette période on distingue deux phases : une phase d'engraissement où la croissance est soutenue et une phase de finition au cours de laquelle la croissance se ralentit et les animaux déposent essentiellement des lipides.

Parallèlement à la croissance, la composition chimique de l'animal évolue (**tableau 7**). Plus l'animal vieillit plus les proportions d'eau et de protéines diminuent et plus la part de lipides augmente.

En jouant sur les apports alimentaires, on peut donc faire varier la composition du croît, donc influencer la composition et le pourcentage de gras des carcasses.

En production de taurillons, les relations d'allométrie (*Robelin, 1990*) entre le poids des différents constituants (squelette, muscles, gras, protéines, lipides) et le poids de l'animal sont bien connus.

On peut estimer la quantité de lipides fixés par jour, quelque soit le type d'animal (précoce ou tardif). Cette relation dépend de la vitesse de croissance élevée à la puissance 1,8 (*Robelin et al, 1978*).

$$\text{Lipides fixés/jour} = U * \text{GMQ}^{1,8}$$

- U : coefficient selon type d'animal qui représente la quantité de lipides fixés pour un GMQ de 1 kg (ex : 0,160 kg/kg de gain pour les mâles Charolais\*Salers)
- L'exposant 1,8 signifie que pour un accroissement de 10% de la croissance pondérale on a une augmentation de 18% de dépôt journalier de lipides.

La **figure 11** illustre l'évolution du poids vif et du GMQ pendant la phase d'engraissement. Après avoir atteint un maximum, on constate une baisse du GMQ et une augmentation des tissus adipeux, au fur et à mesure que l'animal vieillit (**figure 12**). Maîtriser la composition du croît des animaux est donc la base de la réussite de l'engraissement. La capacité d'ingestion augmente au fur et à mesure de la croissance de l'animal, mais en phase d'engraissement elle augmente moins vite que le poids. Il faut donc trouver la ration qui pour un encombrement au maximum égal à la capacité d'ingestion, couvrira les besoins énergétiques de l'animal.

La croissance et le développement dépendent très fortement de la quantité et de la composition des apports alimentaires. Chez les bovins en croissance et à l'engrais, les besoins de production (énergie en UFV, azote en g PDI) (*Geay et al. 1987*) peuvent représenter la moitié des besoins totaux de l'animal pour des objectifs de croissance de 1400 g/jour (**tableau 8**). La fixation des protéines par l'animal est modulée par le rendement d'utilisation des acides aminés (AA) absorbés. Ce rendement peut être de 64% pour un jeune bovin charolais de 400 kg contre 30% à 750 kg chez le même animal castré. Le rapport PDI/UF recommandé se situe autour de 100, des essais de rations plus riches en PDIN ont été faits sans donner d'effets significatifs sur la croissance des animaux (*Chambre agriculture Pays de la Loire*). Il faut donc trouver le niveau optimum de croissance avec la meilleure efficacité alimentaire (UFV/kg de poids vif) possible.

Il faut 3 fois plus d'énergie métabolisable pour produire 100 g de tissus adipeux que pour produire 100 g de muscles. Le croît est donc moins coûteux en énergie pour un animal à forte croissance musculaire. L'équation n'est pas simple : Pour produire de manière efficace des carcasses, il faut à la fois une quantité maximale de muscles et suffisante de gras intramusculaire tout en ayant un état d'engraissement pas trop important.

Devant la complexité des processus de croissance, des modèles ont été mis en place afin de comprendre les processus biologiques et de prédire les réponses. Hoch et Agabriel (*2004*) ont proposé un modèle qui simule la croissance et la composition corporelle des bovins après sevrage. Ce modèle permet de prévoir la croissance des animaux en engraissement, en fonction de l'alimentation mais il prend aussi en compte des mécanismes biologiques. Ce modèle prend en compte le fait que la croissance des jeunes bovins dépend de la quantité d'énergie métabolisable qui arrive aux différents tissus (*Hoch et Agabriel, 2004*).

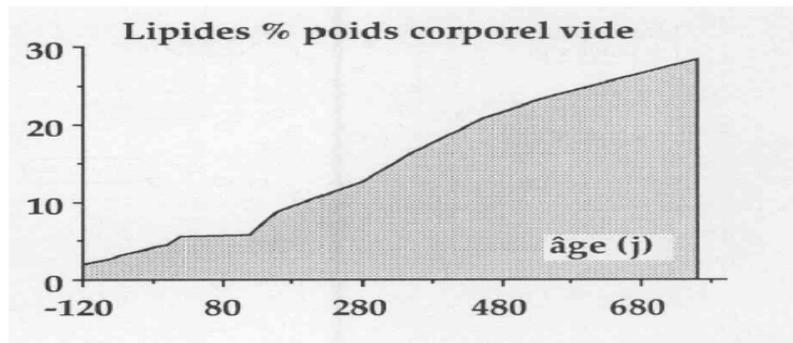


Figure 13 : Evolution avec l'âge des lipides corporels totaux des bovins (Robelin, 1986)

Tableau 9 : Coefficient d'héritabilité ( $h^2$ ) des aptitudes bouchères liées à la croissance musculaire (Renand et al, 2002)

Caractère	Héritabilité moyenne
GMQ post-sevrage	0,46
Poids fin d'engraissement	0,52
Rendement à l'abattage	0,47
Poids de muscle	0,56
Poids de gras	0,66
Teneur en muscle	0,44
Teneur en gras	0,49

Toute la difficulté est donc de trouver un juste équilibre entre le poids des carcasses, la composition corporelle, l'âge à l'abattage et la rentabilité économique. La décision d'abattage va découler de tous ces paramètres, sachant que la demande du commerce, correspond en jeune bovin à des carcasses de 400 kg environ classées entre R+ et E-, plutôt claires et pas trop grasses (NEC entre 3 et 3,5).

### 3.2 Facteurs de variation du déroulement de l'engraissement

La production de viande bovine en général et de taurillons en particulier répond à des mécanismes très complexes et de nombreux facteurs peuvent faire varier le déroulement de la phase d'engraissement.

De nombreuses différences existent selon le type génétique de l'animal (*Geay, 1986*), d'où les différences de poids à l'abattage entre taurillons tardifs (Charolais) ou précoces (Holstein), et les différences d'apports alimentaires proposés selon le type d'animal. La réponse ne sera pas la même si on diminue les apports énergétiques chez des animaux tardifs ou des animaux précoces. Dans le premier cas la composition de la carcasse sera peu modifiée mais on aura une diminution forte du gain de poids vif. Dans le cas d'animaux plus précoces, on aura une diminution de la proportion de gras et une faible réduction du gain de poids vif (*Geay et al, 1976*). En résumé on peut dire qu'il est possible d'alourdir les carcasses sans accroître le dépôt adipeux en limitant les apports énergétiques pour les animaux de type génétique précoce et à l'opposé en ayant des apports énergétiques élevés pour les animaux de race à viande à forte capacité de croissance musculaire.

Plus l'animal est âgé plus il dépose de gras (**figure 13**), le tissu adipeux, comme les autres tissus, se met en place durant la vie fœtale. La plus grosse phase d'accroissement du nombre de cellules adipeuses va avoir lieu avant l'âge de 100 jours. A partir de l'âge adulte le nombre de cellules adipeuses change peu, mais, l'augmentation de leur taille conduit à un accroissement de la quantité de tissus adipeux avec l'âge. (*Robelin et al, 1986*.)

Le potentiel génétique de l'animal est un autre facteur de variation de la composition corporelle. Il existe une importante variabilité génétique intra-race des aptitudes bouchères. Elle se traduit par des variations de la vitesse de croissance à l'engraissement ainsi que de la composition corporelle. Si la vitesse de croissance est facile à estimer donc à sélectionner, la composition corporelle est beaucoup plus délicate à appréhender, car seuls l'abattage et la dissection permettent d'obtenir des estimations précises. Avec des coefficients d'héritabilité proches de 0,5 (**tableau 9**), les animaux en station de contrôle sont sélectionnés sur leurs performances individuelles de croissance et sur leur efficacité alimentaire (*Renand, 1988*).

## 4. Conclusion

Même si de nombreuses recherches ont été menées pour permettre de mieux maîtriser les processus de croissance et de composition corporelle des bovins en croissance, il convient d'approfondir les recherches concernant les interactions entre l'ingestion, la croissance et la composition corporelle chez le mâle de la naissance à l'abattage. On trouve peu de travaux dans la littérature qui concernent la répartition de l'ingestion entre le lait, le fourrage et les aliments concentrés, et son évolution avec l'âge. Il convient donc d'étudier, et ensuite d'essayer de quantifier l'impact de cette répartition sur la croissance et la composition corporelle des animaux, et dans notre cas, avec des mâles Salers, de la naissance jusqu'à l'abattage des animaux. Tous ces aspects feront l'objet de mon travail de stage.

Ces résultats devraient permettre à plus long terme de développer, à partir des modèles existants pour la période d'allaitement strict et pour la période après sevrage, un modèle dynamique de prédiction de l'ingestion, de la croissance et de la composition corporelle du mâle Salers de la naissance à l'abattage, la partie alimentation mixte n'étant pas couverte par les modèles existants.

Le but final sera de permettre aux éleveurs de diminuer leurs coûts de production par une meilleure maîtrise de la complémentation en concentré, et permettra également l'orientation des brouards vers les filières les mieux adaptées.

# C - Matériel et méthodes

## 1. Le dispositif expérimental

Dans la suite du rapport, les séries d'expérimentation feront référence aux deux répétitions réalisées en 2007-2008 et 2009-2010, De la même façon les phases ou périodes correspondront à la phase d'alimentation mixte (élevage sous la mère) et à la phase d'engraissement.

L'étude des itinéraires de production de jeunes bovins Salers, de 3 mois à l'abattage, a été mise en place dans les domaines expérimentaux de Marcenat pour la phase d'alimentation mixte et de Laqueuille pour la phase d'engraissement. Deux séries d'expérimentation se sont déroulées, la première en 2007/2008 et la seconde 2009/2010. Pour la phase d'alimentation mixte, trois lots de veaux Salers (respectivement 6 animaux par lot en 2007 et 10 en 2009) ont été élevés en stabulation et séparés de leur mère (entre les tétées) de l'âge de 3 mois jusqu'au sevrage vers 9 mois. Pendant cette phase, les animaux étaient nourris avec des régimes contrastés en proportions de lait, foin et concentré. Les veaux des 3 lots (C-, C+, L+) étaient alimentés avec le lait de leur mère et du foin à volonté. Les veaux du lot C+ recevaient en plus du concentré. Les veaux du lot L+ avaient une tétée supplémentaire par jour, sous une vache laitière (Holstein ou Montbéliarde).

Pour chaque série, quatre veaux Salers aux mêmes caractéristiques que les animaux en expérience, ont été abattus juste avant le début de l'expérimentation. Deux animaux par lot en série 1 et quatre animaux par lot en série 2 ont été abattus au même moment au sevrage, ils ont été choisis de façon à être représentatifs du lot. L'abattage de ces animaux a été effectué dans le but d'obtenir des résultats sur les caractéristiques des carcasses et la composition corporelle, correspondant à la fin de la période d'alimentation mixte.

La phase d'engraissement a débuté après l'abattage d'une partie des animaux au sevrage. Les animaux restants dans les 3 lots ont tous été engraisés avec le même régime alimentaire à base de foin distribué à volonté et de concentré.

### 1.5 Le logement

#### - Phase d'alimentation mixte

Pendant les 2 périodes de la phase d'alimentation mixte à Marcenat, les mères et les broutards ont été conduits en intérieur du début de l'expérimentation (début avril) jusqu'au 10 mai environ, puis les mères ont été mises à l'herbe et les broutards installés dans le bâtiment définitif sur le site de Landeyrat. Trois vaches laitières ont été utilisées pour apporter la quantité de lait supplémentaire au lot L+ (2 Holstein et 1 Montbéliarde).

Les broutards ont été logés par lot dans des cases collectives paillées. Au début de l'expérimentation le foin était distribué dans des râteliers permettant à tous les animaux de s'alimenter en même temps, puis dans les auges automatiques où seuls quatre broutards pouvaient consommer du fourrage en même temps. En 2007, le concentré était distribué dans une auge séparée du distributeur automatique et suffisamment grande pour que les dix animaux du lot C+ puissent y avoir accès en même temps. En 2009 un DAC a été installé et la distribution a été individuelle.

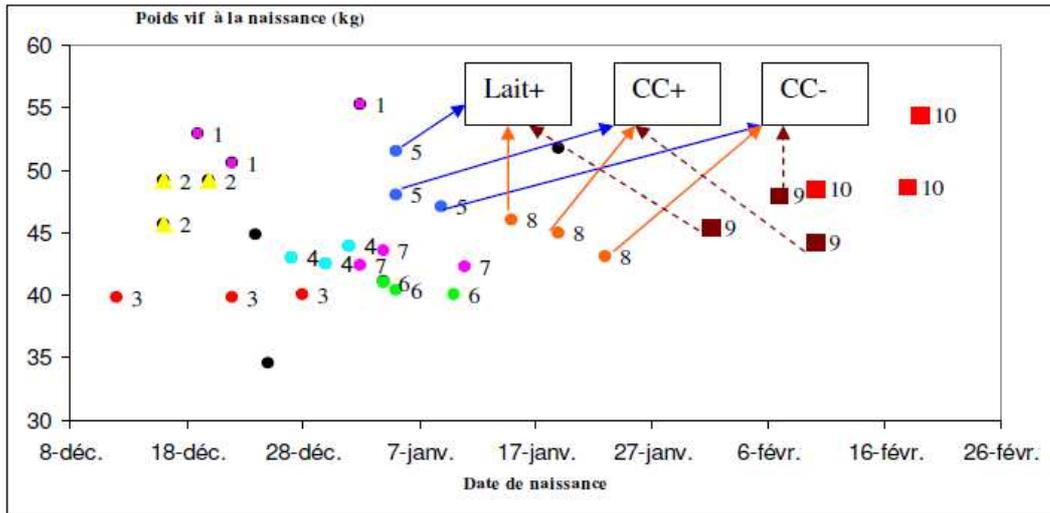


Figure 14 : Méthode d'allaitement des veaux salers pour l'année 2009 : constitution de 10 triplettes représentées par des couleurs différentes et répartition des trois veaux de chaque triplette dans chacun des 3 lots (exemple pour les triplettes 5, 8, 9)

## - Phase d'engraissement

Après sevrage, les animaux ont été transportés à l'INRA de Laqueuille pour toute la durée de la phase d'engraissement. En 2007, 3 lots de 4 taurillons Salers ont été ainsi constitués soit un total de 12 animaux, un animal du lot C- a été écarté en cours d'engraissement, pour cause de BVD (Diarrhée Virale Bovine), il ne restait donc plus que 11 animaux à la fin de l'expérimentation. En 2009, 3 lots de 6 taurillons ont suivi toute la période d'engraissement, soit un total de 18 animaux.

Les taurillons étaient logés en stabulation libre sur aire paillée, dans les 2 parcs équipés du dispositif Solot. Ce dispositif permet de connaître les quantités ingérées par chaque animal, grâce à un système d'identification automatique des animaux et de pesée continue des aliments dans l'auge. A chaque entrée et sortie, l'animal est identifié et les quantités et les heures de passage sont enregistrées, Le dispositif est relié à un micro ordinateur qui enregistre le N° de l'animal, la date, l'heure et la quantité d'aliment dans l'auge (**annexe 1**). On peut ainsi connaître, les consommations et les heures des repas des animaux conduits en lots.

## 1.6 Mise en lot

### - Phase d'alimentation mixte

Le but de l'allotement était d'obtenir des lots les plus homogènes possibles, afin d'éliminer tous les facteurs de biais et de s'assurer que le régime alimentaire soit le seul critère qui puisse expliquer les résultats expérimentaux.

Les critères de choix pour la mise en lot ont donc été par ordre d'importance :

- L'âge et le poids de naissance des veaux
- la production laitière des mères
- le potentiel génétique des pères

Les animaux ont été triés en fonction du poids et de la date de naissance (**figure 14**). Puis 10 triplettes homogènes sur ces facteurs ont été constituées. Chaque animal de chaque tripléte a été affecté à un lot différent (L+, C+, C-). Les moyennes et les écarts-type de chaque lot ont été comparés, en termes de poids, de GMQ et de production laitière de la mère, d'après les données enregistrées jusqu'à la fin mars pour les 2 séries d'expérimentation. A l'issue de ces comparaisons, des substitutions entre animaux d'une même tripléte ont été effectuées afin d'équilibrer les lots sur la production laitière moyenne des mères. Enfin des modifications supplémentaires, mais très limitées, ont été réalisées pour avoir une bonne répartition des pères entre les différents lots.

### - Phase d'engraissement

Pendant la période de transition avant engraissement, les animaux sont restés répartis selon les 3 lots (L+, C+, C-) issus de la phase d'alimentation mixte. Ensuite, les animaux ont été répartis dans les 2 cases « Solot ». Le regroupement s'est fait en fonction du poids des animaux afin de limiter les risques de compétition et de dominance. En 2009 les 3 taurillons les plus lourds et les 3 plus légers de chaque lot ont été regroupés, soit 9 animaux par case. En 2007 les animaux étant moins nombreux (6 par case), la première case regroupait les 4 animaux du lot C- et les 2 animaux les plus légers du lot L+, tandis que la deuxième case regroupait les 4 animaux du lot C+ et les deux plus lourds du lot L+.

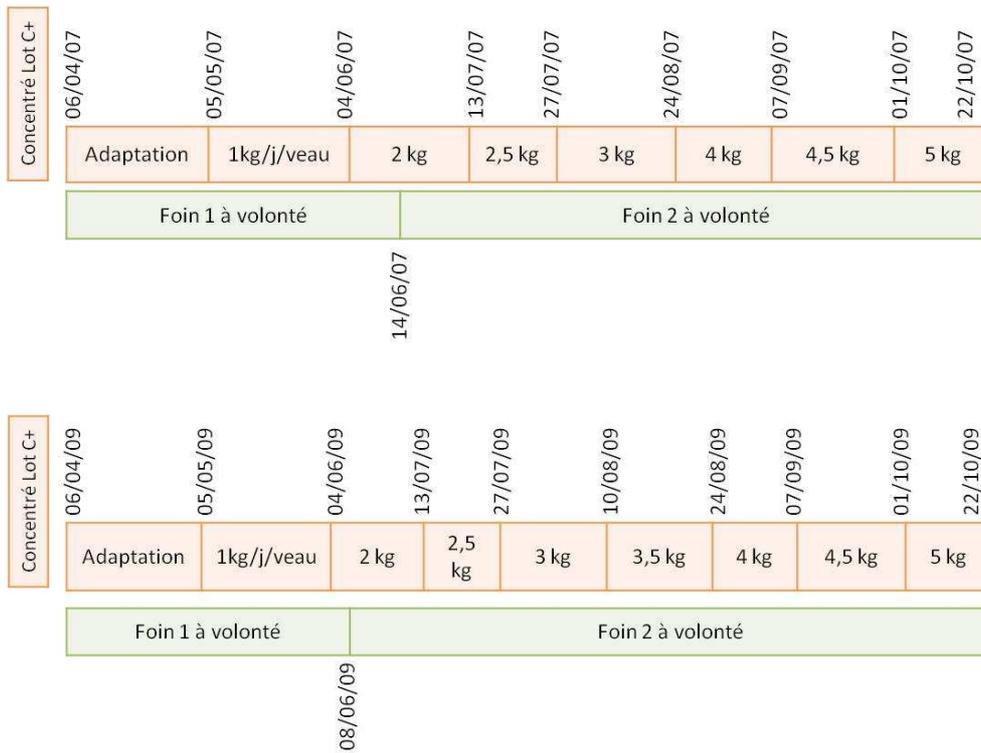


Figure 15 : Calendrier de distribution des aliments en phase d'alimentation mixte

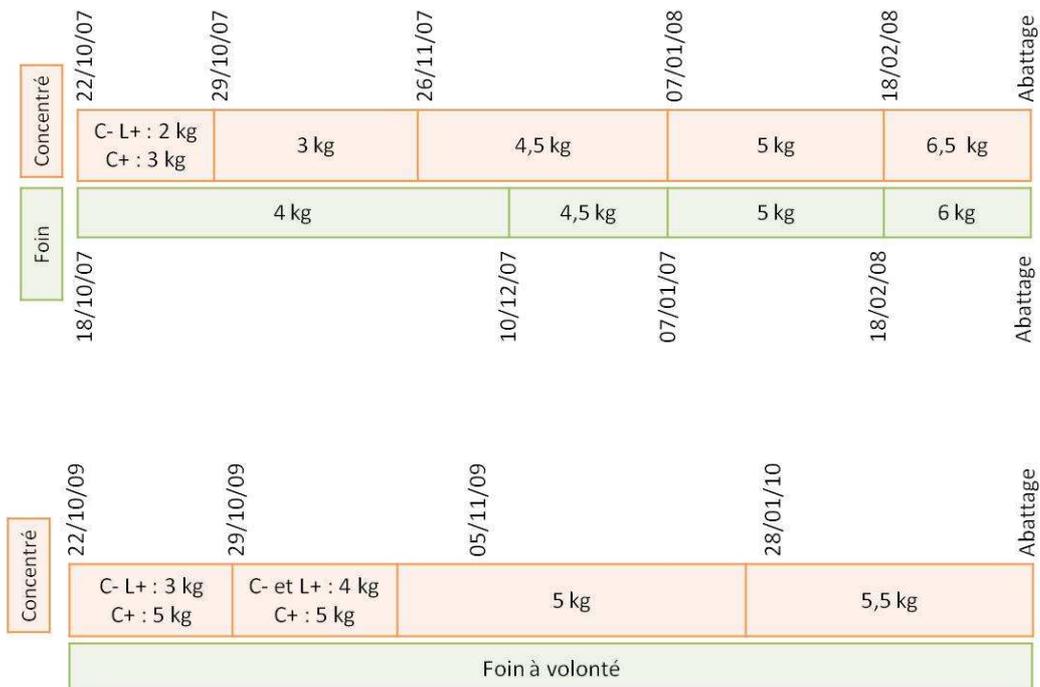


Figure 16 : Calendrier de distribution des aliments en phase d'engraissement

## 1.7 Les aliments et le mode d'alimentation

### - Phase d'alimentation mixte

Les veaux étaient séparés de leur mère et tétaients 2 fois /jour, puis à partir de l'âge de 7 mois environ, seulement 1 fois/jour. Les veaux du lot L+ tétaients les vaches laitières une fois par jour après la tétée de leur mère. Ils étaient amenés sous celles-ci à raison de 3 veaux par vache le matin et 2 veaux par vache le soir, en prenant en considération le fait que la répartition journalière de la production laitière des vaches était de 2/3 le matin et 1/3 le soir. Les vaches laitières ont été choisies en fonction de leurs performances laitières avec un objectif de production de 20 kg/jour, ce qui correspond à un objectif de lait supplémentaire de 4 kg/veau/jour. Toutes les vaches (mères ou vaches laitières), ont eu une alimentation basée sur des fourrages conservés jusqu'à la mise à l'herbe puis elles ont été conduites en pâturage tournant sur les mêmes surfaces, pour ne pas influencer leur production laitière.

Pendant cette phase, les veaux issus des 3 lots (L+, C+, C-), disposaient de foin à volonté avec une distribution par jour le matin. Deux types de foin ont été utilisés en 2007, et également deux en 2009 (**annexe 2**).

Le lot C+ recevait en plus un apport croissant de concentré, ajusté en fonction de l'âge des animaux (**figure 15**). La distribution du concentré se faisait par lot en 2007 et d'une manière individuelle et programmée (DAC) en 2009. A chaque visite du veau au DAC un plafond de 50 g de concentré lui était attribué, et ce jusqu'à ce que le veau ait consommé la totalité de sa ration journalière. Les animaux des lots C- et L+ ne recevaient pas de concentré.

### - Phase d'engraissement

Après le sevrage, les animaux restants dans les 3 lots (L+, C+, C-) ont reçu le même régime alimentaire à base de foin à volonté et de concentré (**annexe 2**).

En 2007 le concentré a été distribué comme le foin dans les auges du dispositif « Solot » et en 2009 le concentré était distribué au DAC selon le même principe d'enregistrement des données que durant la phase d'alimentation mixte mais avec des portions plus conséquentes (200 g) à chaque passage de l'animal.

Après une période de transition de 3 semaines pour les animaux qui n'avaient pas consommé de concentré durant la phase d'alimentation mixte (lots C- et L+), les animaux des 3 lots ont tous été conduits de la même manière. Le foin était distribué à volonté, la quantité de foin distribuée chaque jour était augmentée de manière à maintenir un minimum de 10% de refus.

Les quantités de concentré (**figure 16**), ont augmenté progressivement, pour atteindre un plafond de 6, 5 kg en 2008 et de 5,5 kg en 2010

## 1.8 Mesures et prélèvements expérimentaux

### - Phase d'alimentation mixte

Les principaux événements de cette période, sont regroupés dans l'**annexe 3** pour les 2 séries d'expérimentation (2007 2009). Les quantités ingérées de foin et de concentré, ont été enregistrées quotidiennement. Deux échantillons de foin et un échantillon de concentré par semaine ont été prélevés. Les échantillons de foin et de concentré ont ensuite été regroupés puis broyés afin d'être analysés : détermination de MM, MAT, CB et NDF pour le foin et de MM, MAT, CB, et MG pour le concentré. Les valeurs UF et PDI ont ensuite été calculées grâce au logiciel « Prévalim ». Parallèlement la digestibilité des foins Fumades 2007, Ray Gras Laqueuille 2008 et Crédos, a été déterminée in vivo sur mouton.

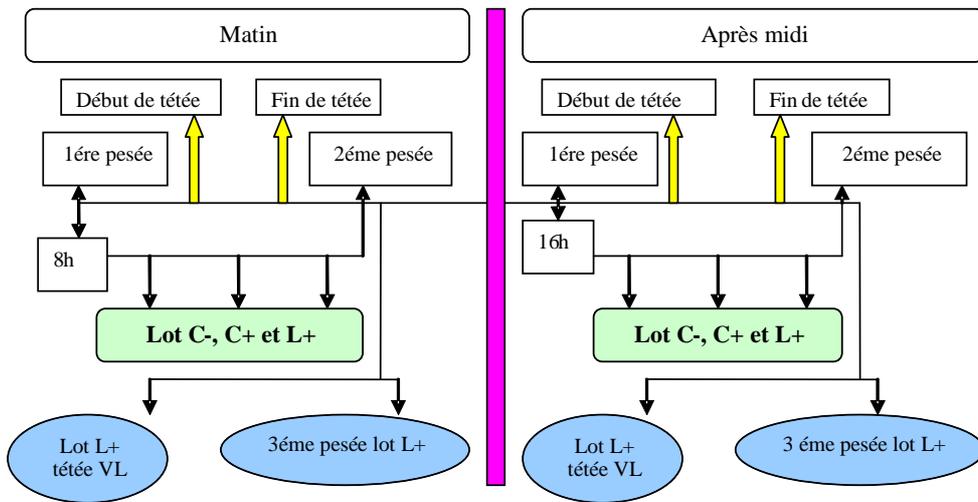


Figure 17 : Schéma de déroulement du contrôle laitier

Afin de connaître la quantité de lait bu par les veaux, deux contrôles laitiers par semaine étaient réalisés, selon la méthode décrite par Le Neindre et al (1976). Cette méthode (**figure 17**) consiste à peser les veaux avant et après la tétée du matin et du soir, ce qui permet d'obtenir par différence la quantité de lait bu. Pour le lot L+, les veaux étaient pesés une troisième fois après leur passage sous la vache laitière. Deux contrôles laitiers par lot ont eu lieu chaque semaine.

Parallèlement à ces mesures, plusieurs types de prélèvements ont été faits :

- trois biopsies pour mesure des adipocytes au début de l'expérimentation, puis à mi-parcours et à la fin de la période.

- Des prélèvements de fèces, matin, et soir pendant 5 jours d'affilée, à deux reprises. A l'issue de ces prélèvements, les quantités d'azote dans les fèces ont été estimées en utilisant la SPIR (Spectrométrie à Infrarouge) et les dosages d'azote par la méthode Kjeldhal. Chaque échantillon est d'abord caractérisé à la SPIR par son spectre d'absorbance. Pour une sous population d'échantillons constituée à partir des spectres, les dosages sont effectués par la méthode Kjeldhal. Cette sous population est ensuite de référence pour estimer les quantités d'azote fécal de tous les échantillons.

- Phase d'engraissement

En plus de l'enregistrement quotidien des quantités ingérées de foin et de concentré, des échantillons ont été réalisés sur le même principe que pendant la phase d'alimentation mixte.

Les animaux ont été pesés une fois par semaine et une note d'état d'engraissement (**annexe 4**) leur a été attribuée une fois par mois.

Afin de mesurer la taille des adipocytes, trois biopsies ont également été faites au début, au milieu et à la fin de la période d'engraissement. Elles ont été réalisées au niveau de la croupe, entre la base de la queue et la pointe de l'ischion. Les adipocytes sont fixés par de l'acide osmique, puis traités en laboratoire. La taille des cellules est mesurée à partir de photos prises sous loupe binoculaire et traitées par un logiciel spécifique (Visilog).

Pour estimer la digestibilité de la ration pour chaque animal, nous avons calculé la différence entre les quantités ingérées et les quantités de fèces excrétées. Pour estimer les quantités de fèces excrétées, nous avons administré aux animaux, des gélules d'oxyde d'ytterbium pendant 10 jours, et les fèces ont été récoltées individuellement pendant les 5 derniers jours. L'ytterbium traverse le tube digestif sans être digéré et sa dilution dans les fèces est utilisée pour trouver la quantité totale de fèces excrétée par jour. Parallèlement, 2 animaux de chaque lot (L+, C+, C-) ont été équipés de sacs à fèces, afin de connaître les quantités totales de fèces excrétées. Ainsi par différence avec les quantités ingérées enregistrées par Solot, les digestibilités ont pu être calculées.

A l'issue de l'abattage des animaux, de nombreux prélèvements et mesures ont été effectués (**annexe 5**). Les mensurations et les mesures de caractéristiques des carcasses ont permis de comparer les performances inter et intra-lot des animaux. Les mesures de dissection et d'analyse d'échantillons de différents organes, sont en cours de traitement et permettront d'évaluer la composition corporelle des taurillons, et les qualités organoleptiques de la viande.

## 2. Traitement des données et analyse statistique

Tout mon travail de stage a concerné le traitement et l'analyse statistique des données des deux séries d'expérimentation.

Les données croissance et composition corporelle des 2 phases (alimentation mixte et engraissement), ont été traitées pour les 2 séries (2007/2008 et 2009/2010). Les données concernant l'alimentation et l'utilisation des aliments ont porté sur la série 2007/2008 en entier pour les 2 phases, mais pour la série 2009/2010 les données concernant les quantités ingérées de foin pendant la phase d'engraissement n'ont pas été traitées. Toutes les autres données ont été analysées de manière identique à l'autre série. Les résultats de 2007-2008 des périodes d'estimation de la

digestibilité des rations en engraissement sont traités dans Garcia et al (2010) et ceux de la série 2009-2010 sont en cours d'analyse.

## 2.1 Le traitement des données

Toutes les données individuelles quotidiennes ont été contrôlées et regroupées par catégorie dans des fichiers de travail, afin d'être ensuite analysées à l'aide du logiciel d'analyse statistique SAS.

Tous les fichiers ont été constitués de la même manière (**annexe 6**) par regroupement des données brutes individuelles par jour, par semaine, enfin par lot, par phase et par série.

Nous avons calculé les croissances de 2 manières, soit la croissance entre 2 dates, soit la pente intégrant tous les poids. Pour les analyses statistiques, nous avons utilisé la pente.

Les données de quantités ingérées ont été recalculées en fonction des valeurs des MS récoltées et traduites en kg MS/100 kg de poids vif, pour s'affranchir des différences de poids entre les lots.

Grâce aux valeurs des différents aliments nous avons pu comparer l'efficacité alimentaire des différents régimes pour la phase d'alimentation mixte des 2 années et d'engraissement pour 2007.

Pour estimer l'efficacité alimentaire (EA), on a calculé le gain de poids total pour chaque période (alimentation mixte et engraissement) pour chaque animal de chaque lot. Ensuite on a cumulé les quantités de MSI et d'UFV ingérées pour chaque aliment et par animal.

$$EA \text{ (g gain/kg KGMSI)} = \frac{\text{Gain de poids}}{QI \text{ MS}}$$

$$EA \text{ (g gain/ UFV ingérée)} = \frac{\text{Gain de poids}}{QI \text{ UFV}}$$

Nous avons également calculé les taux de substitution entre foin et concentré et entre foin et lait. Ces taux de substitution correspondent aux quantités de MS foin ingéré en plus par kg de lait en moins ou par kg de MS concentré en moins. Le taux pour le foin/concentré est calculé par comparaison des lots C+ et C- et la substitution foin/lait est calculée par comparaison des lots L+ et C-.

A partir des GMQ totaux mensuels et des quantités ingérées mensuelles totales de lait et de concentré on a pu en comparant les lots C- et L+ pour le lait et C- et C+ pour le concentré, calculer les gains de poids par kg de lait ou de concentré supplémentaires mois par mois.

$$RM \text{ lait} = \frac{(GMQ \text{ L+} - GMQ \text{ C-}) * 1000}{(QI \text{ lait L+} - QI \text{ lait C-})}$$

$$RM \text{ Concentré} = \frac{(GMQ \text{ C+} - GMQ \text{ C-}) * 1000}{QI \text{ concentré C+}} - (QI \text{ lait C+} - QI \text{ lait C-}) * RM \text{ lait}$$

Les mesures faites à l'abattoir et les biopsies de tissus adipeux ont également été regroupées pour les 3 périodes d'abattage (initial, sevrage et final), afin de pouvoir analyser l'effet des différents régimes sur la composition corporelle des animaux.

Pour estimer la composition corporelle des animaux on prend en compte la taille des adipocytes en début d'expé, avant sevrage et en fin d'engraissement. Les dates retenues pour les calculs sont du 05/05 au 31/08/07 pour la période alimentation mixte de la 1ère série et du 05/05 au 15/09/2009 pour la 2ème série. En période d'engraissement, les dates retenues sont du 05/11 à la date d'abattage pour les 2 séries. Pour chaque animal abattu au cours de l'expérimentation, la quantité de

dépôts adipeux totaux (DAT) dans la masse corporelle a été estimée à partir de la composition de la 6<sup>ème</sup> côte qui a été mesurée suite à dissection des animaux des lots initiaux. A chaque abattage, les biopsies des tissus adipeux sous cutanés ont été réalisées pour mesurer la taille des adipocytes. Nous avons utilisé ces données pour ajuster une relation entre taille des adipocytes et pourcentage de dépôt adipeux total (DAT) dans la masse corporelle. De la même façon les contenus digestifs à l'abattage ont servi à calculer les coefficients de l'allométrie entre poids vif (PV) et poids vif vide (PVV). Ces relations ont été utilisées pour estimer la composition corporelle in vivo à chaque date de biopsie.

$$\text{DAT}/\% \text{PVV} = 6,6991 * \text{EXP} (0,0065 * \text{taille des adipocytes})$$

$$\text{DAT (kg)} = \frac{(\text{DAT}\% \text{PVV}) * \text{PVV}}{100}$$

On peut ensuite calculer les quantités de lipides et de protéines fixées (*Geay et al, 1987*).

$$\text{Lipides fixés (kg)} = 1,1346 * \text{DAT}^{0,992}$$

$$\text{Protéines fixées} = 0,1436 * (\text{MD}^{1,0723}) \text{ avec MD (Masse délipidée) = PVV-Lipides}$$

## 2.2 L'analyse statistique

Les traitements et les analyses statistiques ont été effectués selon le type de données considérées. Nous avons ainsi créé 4 groupes de données :

- groupe 1 : données d'évolution des quantités ingérées
- groupe 2 : données d'évolution du poids vif
- groupe 3 : données de quantités ingérées totales, d'efficacité alimentaire, de résultats d'abattage et de quantité de lipides et de protéines fixés.
- Groupe 4 : données de taille des adipocytes et de GMQ/stade.

- groupe 1 :

Les données d'évolution de quantités ingérées (lait, foin, concentré) ont été moyennées par animal et par semaine, et standardisées par 100kg de poids vif.

Une analyse a été réalisée pour chaque phase (alimentation mixte et engraissement). Pour chaque analyse, nous avons ajusté un modèle mixte (proc mixed) où nous avons testé les effets lot, année, âge, âge\*âge et leurs interactions (**annexe 7**), comme proposé dans Littell et al (1998) pour des données longitudinales avec des évolutions non linéaires avec des variables quantitatives. Les ordonnées à l'origine, pentes, et facteurs quadratiques de chaque animal ont été ajustés comme effet aléatoire.

- groupe 2 :

Les données d'évolution du poids vif ont été moyennées par animal et par semaine et analysées ensemble pour les 2 phases. Nous avons ajusté un modèle linéaire mixte avec les effets lot année phase âge et leurs interactions. Les ordonnées à l'origine et pentes en fonction de la croissance pré expérimentale de chaque animal ont été ajustées comme effets aléatoires. Nous avons aussi tenu compte du facteur répété semaine.

- groupe 3 :

Les données de quantité ingérées totales, d'efficacité alimentaire et de résultats d'abattages ont été analysées séparément pour la phase d'alimentation mixte et d'engraissement avec un modèle linéaire (proc GLM) en testant les effets lot, année et lot\*année (**annexe 7**).

Pour les quantités de lipides et de protéines fixés une analyse supplémentaire avec les effets lot, année, GMQ et leurs interactions a été réalisée pour dissocier les différences entre lots attribuables aux différences de GMQ, à celles attribuables à des différences de composition du gain. Les données abattage ont été préalablement standardisées par 100 kg de poids vif vide (PVV) pour s'affranchir des différences attribuables aux différences de PVV entre lots.

- groupe 4 :

Les données de GMQ et de taille des adipocytes ont été analysées en modèle répété (proc mixed) avec le stade comme facteur répété. Nous avons testé les effets lot, stade année et leurs interactions

Nous avons ainsi obtenu les moyennes ajustées et les différences significatives entre lots : si  $p < 0,05$  on a une différence significative, si  $0,05 < p < 0,1$  on a une tendance significative si  $p > 0,1$  aucune interaction significative. Dans les tableaux et figures de résultats les différences significatives entre données inter-lots sont représentées par une lettre différente (a, b, etc.), à côté des étiquettes de données. S'il n'y a pas de différences significatives on attribue la même lettre aux données.

## D - Résultats

### 1. L'ingestion des aliments

En phase d'alimentation mixte, l'analyse porte sur les quantités ingérées de foin et de lait pour les 3 lots, de concentré pour le lot C+ et ce pour les deux séries d'expérimentation (2007/2008 et 2009/21010). Pour la phase d'engraissement, nous avons traité le foin et le concentré pour la 1ère série (2007/2008) et uniquement le concentré pour la 2ème série (2009/2010).

#### 1.4 La consommation de lait

**La quantité de lait bu sous la mère en fonction de l'âge est quasiment identique pour les 3 lots.** Cette quantité diminue à la même vitesse pour les 3 lots au fur et à mesure de la baisse de production des mères. Les quantités de lait bu (mère+VL) augmentent en début de période pour le lot L+ puis, on constate que la courbe des quantités ingérées totales de ce lot suit la même pente que les courbes de lait bu sous la mère, avec un écart moyen de 4 kg (**figure 18**).

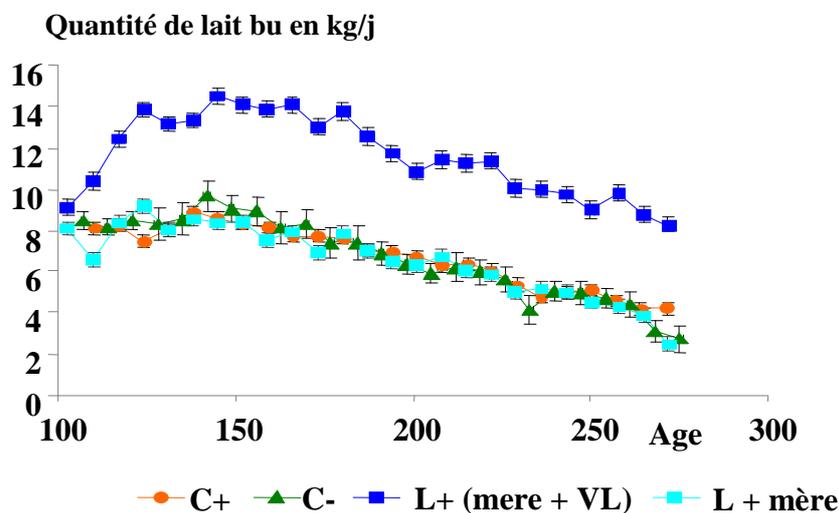


Figure 18. Evolution des quantités de lait bu sous la mère pour les 3 lots et lait bu total du lot L+ (mère + VL) (Moyenne années 2007 et 2009).

Après traitement statistique (**figure 19**), on constate qu'après une période d'adaptation aux vaches laitières, le lot L+ se détache de manière significative des autres lots ( $p < 0,0001$  à l'âge = 100 jours). En fin de période d'allaitement (âge=250 jours), les différences entre les lots C-, C+ et le lot L+ ne sont plus significatives. La quantité de lait bu sous la mère est toujours identique entre les 3 lots ( $p=0,94$ ).

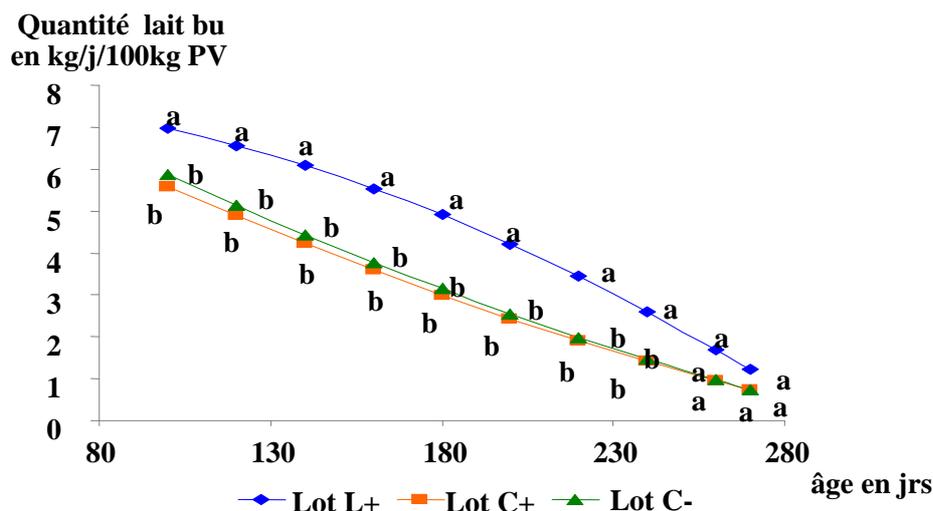


Figure 19 : Modèle d'évolution des quantités totales de lait bu/100kg de poids vif en fonction de l'âge (période d'alimentation mixte 2007 et 2009).

D'une année sur l'autre, les quantités cumulées sur l'ensemble de la phase d'alimentation mixte sont assez homogènes pour les 3 lots (**figure 20**), seul le lot L+ a consommé un peu plus de lait en 2009 qu'en 2007, mais la différence n'est pas significative. Le lot L+ a ingéré significativement plus de lait sur l'ensemble de la période que les lots C- et C+ ( $p < 0,001$ ). Les lots C+ et C- ne sont pas significativement différents ( $p = 0,94$ ).

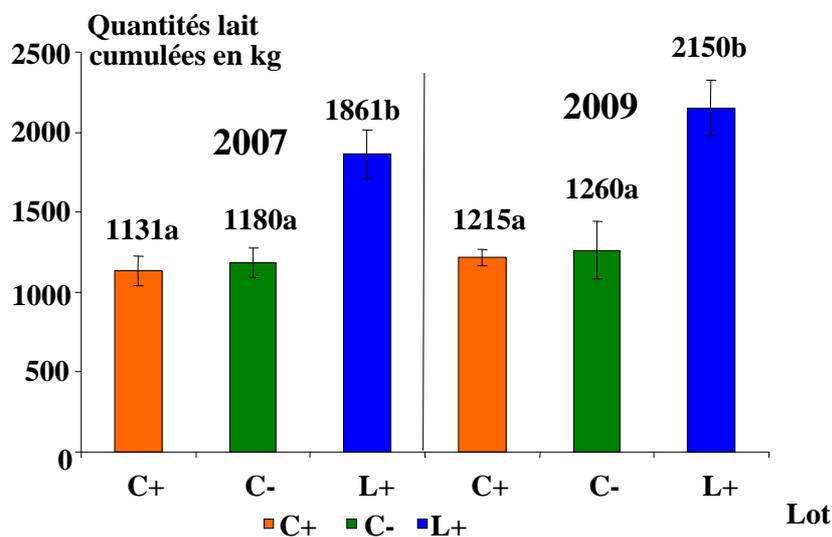


Figure 20 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de lait bu sur toute la phase d'alimentation mixte. Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes entre les lots ( $p < 0,05$ ).

## 1.5 La consommation de concentré

### - Phase d'alimentation mixte

Pendant cette phase, seul le lot C+ a reçu du concentré (**figure 21**). En 2007 la distribution a été faite par lot et en 2009 les animaux avaient accès au DAC. Les animaux ont reçu

de manière progressive des quantités allant de 1 à 5 kg en fin de période. On constate ainsi une augmentation régulière des quantités ingérées tout au long de la période d'alimentation mixte.

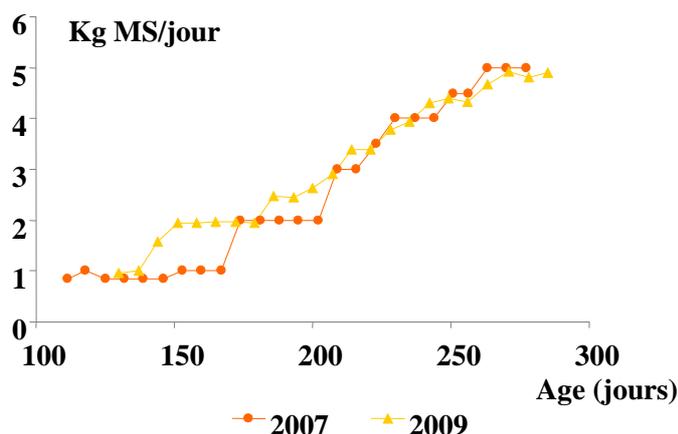


Figure 21 : Evolution des quantités de concentré ingérées (données brutes), période d'alimentation mixte du lot C+ année 2007 et 2009

### - Période d'engraissement

Pendant la période d'engraissement, les quantités de concentré ingérées par animal et par jour, sont assez proches entre les 3 lots, les lots L+ et C- ont eu une augmentation plus lente des quantités ingérées en début de période. (figures 22 et 23).

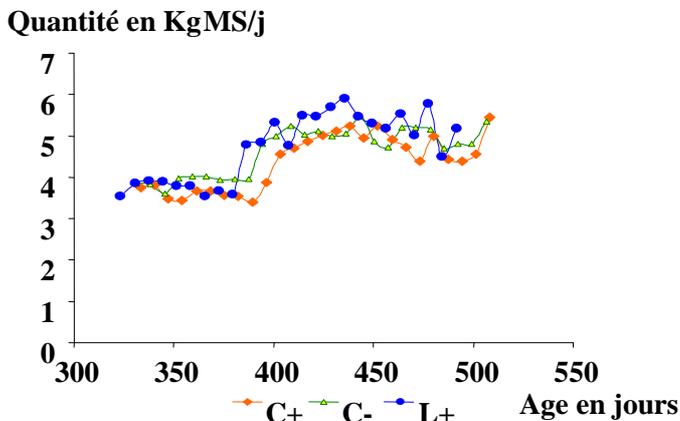


Figure 22 : Evolution des quantités de concentré ingérées (données brutes), de la période d'engraissement 2007

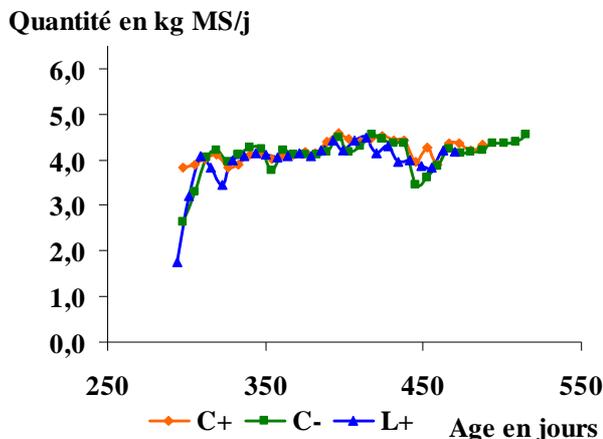


Figure 23 : Evolution des quantités de concentré ingérées (données brutes), de la période d'engraissement 2009

La lecture du traitement statistique (figure 24) confirme qu'en début d'engraissement, on a une différence significative de quantités ingérées de concentré entre le lot L+ et les autres lots, ce qui correspond à la période de transition. Au-delà de 430 jours d'âge et jusqu'à l'abattage le lot L+ diminue son ingestion de concentré de manière significative par rapport aux 2 autres lots

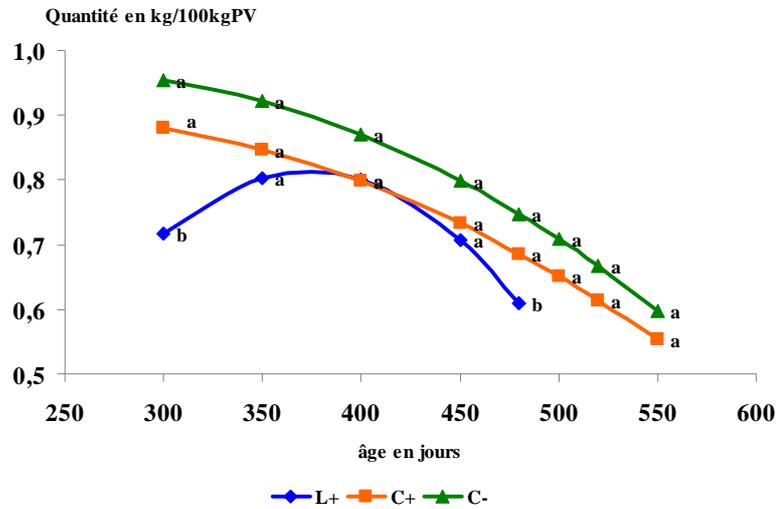


Figure 24 : Modèle d'évolution des quantités de concentré ingérées/100kg de poids vif en fonction de l'âge : période engraissement année 2007 et 2009.

La comparaison des données cumulées pendant toute la phase d'engraissement (**figure 25**), met en évidence que les effets significatifs du modèle sont le lot (2009) et l'interaction lot\*année. En 2007 les différences entre lots sont non significatives. En 2009 le lot C- ingère plus de concentré que le lot L+ ( $p= 0,003$ ), et le lot C+ est intermédiaire. Le lot L+ a ingéré moins de concentré en 2009 qu'en 2007. En 2009 le lot C- a ingéré plus de concentré que les lots L+ et C+, mais a été abattu à un âge plus tardif.

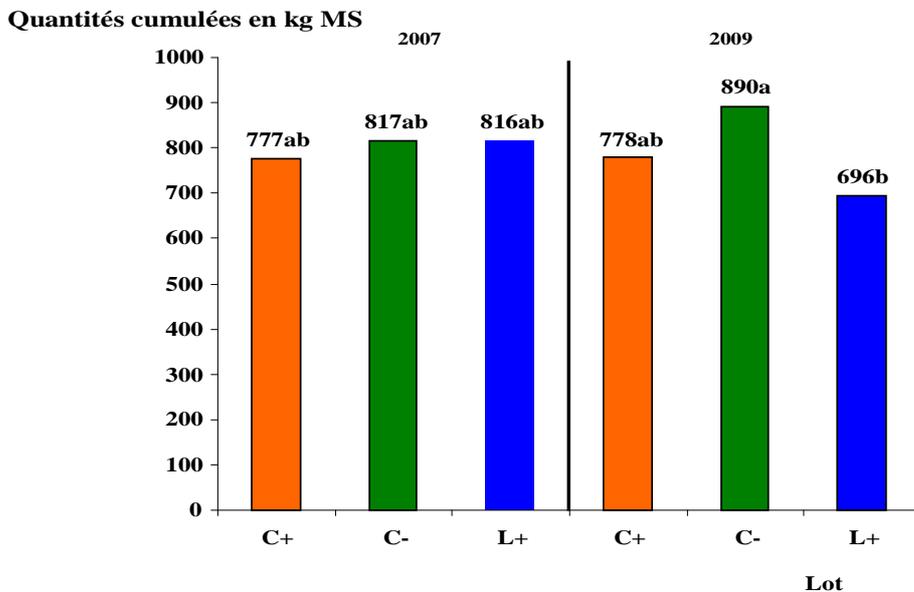


Figure 25 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de MS de concentré en période d'engraissement

## 1.6 La consommation de foin

### - période de croissance

En 2007 (**figure 26**), l'augmentation de la quantité de foin ingéré en fonction de l'âge est régulière et parallèle pour les lots L+ et C- : de 1,5 kg/j en début de période à 4,5/j kg pour le lot C- et de 1,5 kg/j à un peu moins de 4 kg/j pour le lot L+. **Le lot C- a une consommation supérieure aux autres lots. On constate une diminution régulière et continue des quantités ingérées du lot C+ à partir de 180 jours d'âge.** En 2009 (**figure 27**), l'évolution des quantités de foin ingérées est à peu près parallèle pour les 3 lots. Le lot C- a dès le début de la période une consommation supérieure aux autres lots avec une différence pouvant aller jusqu'à 1,5kg/jour.

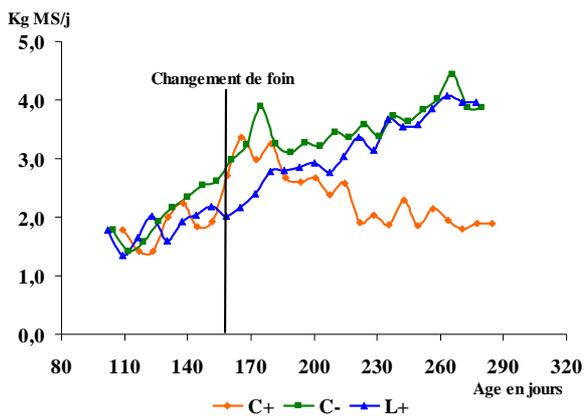


Figure 26 : Comparaison entre lots des quantités de foin ingérées (données brutes), période alimentation mixte année 2007

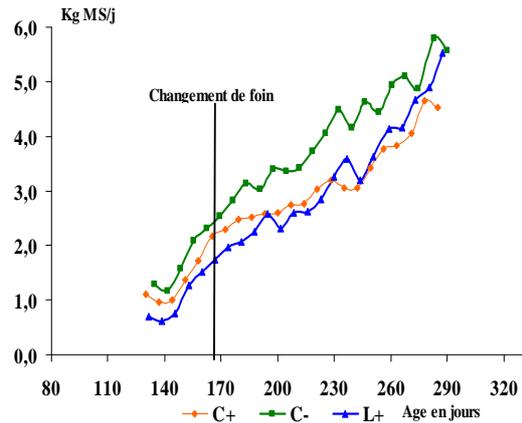


Figure 27 : Comparaison entre lots des quantités de foin ingérées (données brutes), période alimentation mixte année 2009

Pendant la phase d'alimentation mixte (**figure 28**), on constate après analyse statistique que les quantités de foin ingérées par 100kg de poids vif augmentent avec l'âge de l'animal pour les 3 lots, jusqu'à un âge d'environ 180 jours.

Dés l'âge de 130 jours le lot C- augmente sa consommation par rapport aux autres lots, les différences à âge égal deviennent de plus en plus grandes ( $p=0,64$  à 120 jours et  $p<0,001$  à l'âge de 180 jours). Cette différence significative se maintient pendant toute la période. Entre le lot C+ et C- la différence significative apparaît à un âge légèrement plus avancé (environ 140 jours). **A partir de 220 jours, le lot C+ qui ingérait plus de foin que le lot L+ diminue ses quantités ingérées avec des différences significatives qui s'accroissent jusqu'à la fin de la période.**

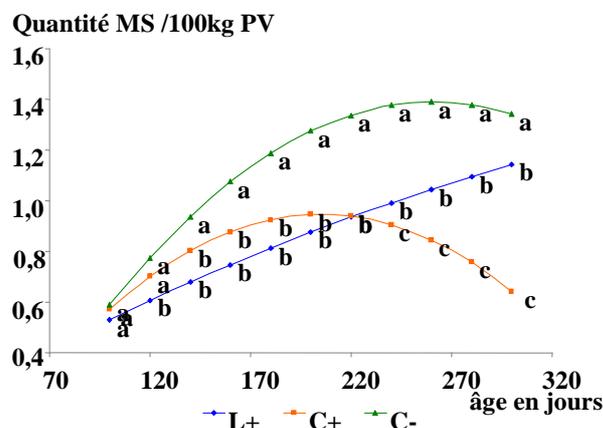


Figure 28 : Modèle d'évolution des quantités de foin ingéré/100kg de poids vif en fonction de l'âge : période alimentation mixte année 2007 et 2009.

Si on compare les quantités cumulées pour chaque lot en moyenne sur les 2 années (**figure 29**), on a confirmation que les quantités de foin ingérées pendant la phase d'alimentation mixte, sont supérieures en C- (550 kg) par rapport à L+ (430 kg) et C+ (398 kg). Les différences sont significativement supérieures avec respectivement ( $p=0,0018$  C-/L+ ;  $p < 0,0001$  C-/C+). Les lots C+ et L+ ne sont pas significativement différents.

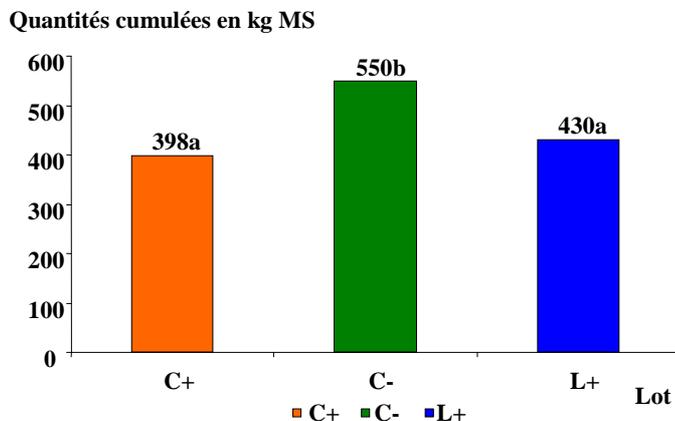


Figure 29 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de MS de foin ingérées en phase d'alimentation mixte

### - Période d'engraissement

La **figure 30** montre l'évolution des quantités de foin ingérées dans les 3 lots en engraissement, et la **figure 31** correspond aux résultats après analyse statistique. On ne constate aucune différence significative entre les lots pendant cette phase. Les quantités ingérées sont assez stables et tendent à diminuer légèrement avec l'âge.

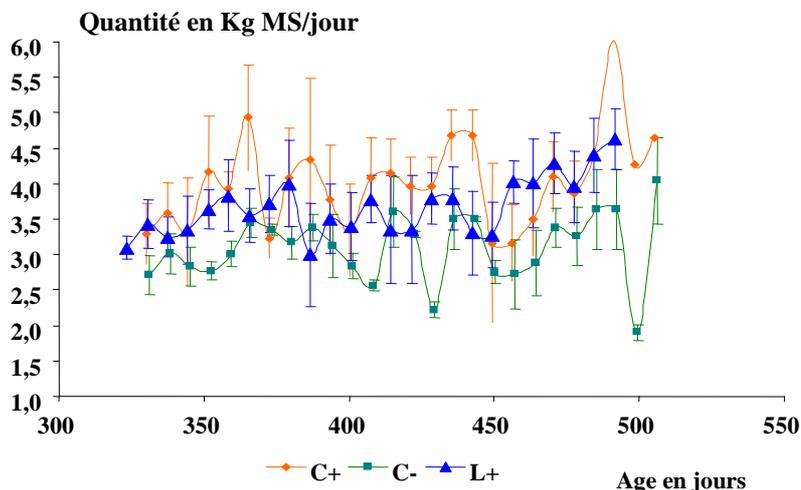


Figure 30 : Comparaison entre lots des quantités de foin ingérées (données brutes) : période engraissement année 2007

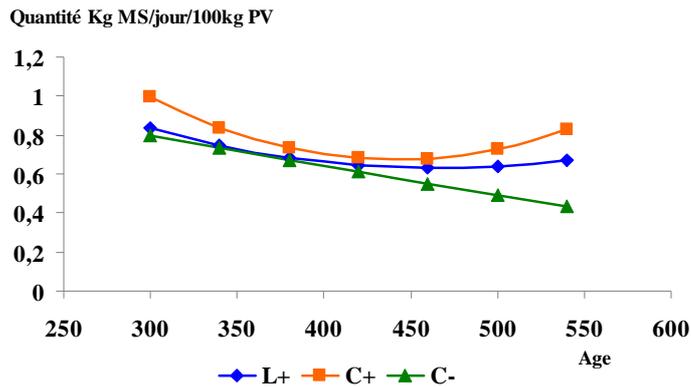


Figure 31 : Modèle d'évolution des quantités de foin ingéré/100kg de poids vif en fonction de l'âge : période engraissement année 2007

On ne constate pas de différences significatives de quantités cumulées de foin ingéré entre les lots et entre les années (**figure 32**). Malgré tout le lot C+ a ingéré plus de foin que les lots L+ et C-. Par rapport à la période d'alimentation mixte, on assiste à une inversion des quantités ingérées pour les lots C+ et C-, le lot C- était celui qui ingérait le plus de foin pendant la phase d'alimentation mixte et le lot C+ celui qui en ingérait le moins.

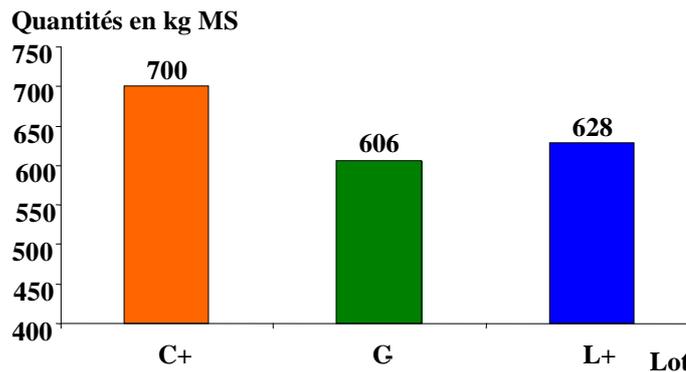


Figure 32 : Comparaison entre lots et pour les 2 années des quantités cumulées de MS de foin période engraissement.

### Résumé de la partie ingestion

#### ① Phase d'alimentation mixte :

- quantité de lait bu sous la mère identique pour les 3 lots
- le lot L+ ingère de 4 à 6kg de lait en plus par rapport aux autres lots
- diminution régulière des quantités de lait bu pour les 3 lots
- le lot C+ baisse sa consommation de foin et augmente celle de concentré
- pas de différence significative d'ingestion de foin entre C+ et L+
- le lot C- est celui qui ingère le plus de foin

#### ② Phase d'engraissement :

- période de transition de 15 jours pour C- et L+
- en 2009, après la période de transition, le lot C- a ingéré plus de concentré que C+ et L+
- pas de différence significative entre les lots pour le foin

Tableau 10 : Poids vif moyen en kg et âge moyen en jours au sevrage et à l'abattage des 3 lots (moyenne des 2 années d'expérimentation)

	C-	C+	L+
Age début d'expé	107	105	103
Poids début expé	152	152	151
Age sevrage	288	285	282
Poids sevrage	350a	399b	410b
Durée d'engraissement (transition comprise)	226	212	196
Poids à l'abattage	631	631	640

## 2. Croissance et composition corporelle

### 2.1 La croissance

Les données croissance traitées concernent l'évolution des poids vifs et des GMQ des 2 séries et des 2 phases de chaque série.

#### - Evolution des poids

Au début de l'expérimentation, suite à la mise en lot, et pour les 2 années (**figures 33 et 34**), on constate un poids moyen similaire entre les 3 lots ( $\pm 150$  kg) à 107 jours (**tableau 10**). Pendant la phase d'alimentation mixte, les lots L+ et C+ ont des évolutions de poids très proches à âge égal, mais légèrement supérieures pour le lot L+. A partir de 200 jours environ, le lot C- a une croissance beaucoup moins soutenue que les 2 autres lots. Après la période de transition les lots C+ et L+ continuent à avoir des poids très proches, et les différences entre le lot C- et les autres lots semblent se stabiliser. En 2009 (**figure 34**), au début de la phase d'engraissement, il y avait environ 50kg d'écart entre le lot C- et les autres lots. A 300 jours d'âge le lot C- avait un poids moyen de 360kg, et les lots L+ et C+ de 410 kg. A 470 jours le lot C- (595 kg) accusait un retard de 30 kg sur le lot C+ (625 kg) et de 40 kg sur le lot L+ (637 kg). **Les animaux du lot L+ sont, à la fin de l'engraissement plus lourds à âge égal que les animaux des lots C- et C+.**

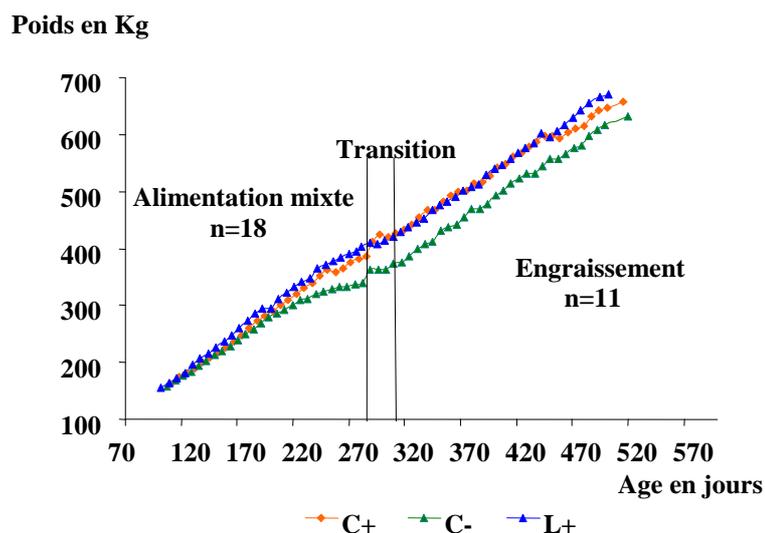


Figure 33 : Evolution hebdomadaire du poids des animaux (début expé-abattage) année 2007(données brutes)

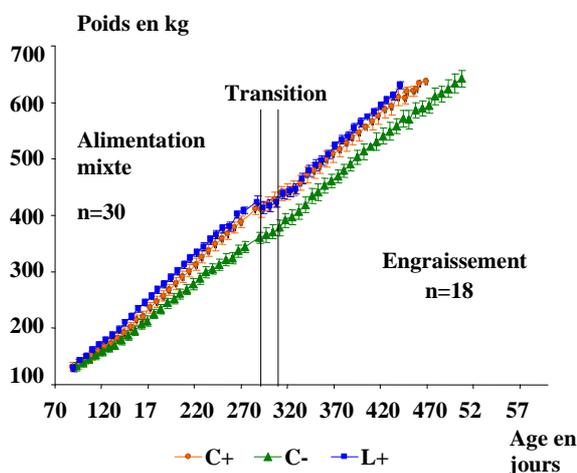


Figure 34 : Evolution hebdomadaire du poids des animaux (début expé-abattage) année 2009 (données brutes)

Après traitement statistique, on constate des différences significatives entre le lot C- et les lots L+ et C+ (**tableau 11**), ceci est aussi avéré en phase d'alimentation mixte qu'en phase d'engraissement. Les différences sont significatives ( $p < 0,001$ ) dès l'âge de 150 jours, et jusqu'à la fin de l'engraissement. Les poids au sevrage sont significativement différents entre le lot C- et L+ (410 kg pour le lot L+ 350 pour le lot C-) à âge équivalent ( $\pm 283$  jours) Le protocole expérimental prévoyait en fin d'engraissement, des poids inter lots sensiblement équivalent à l'abattage. Pour atteindre cet objectif, **la durée moyenne d'engraissement des 2 années, a été supérieure de 30 jours pour le lot C- par rapport au lot L+ et de 14 jours pour le lot C+ par rapport au même lot L+ (tableau 11).**

#### - Evolution des GMQ mensuels

En début de phase d'alimentation mixte, le lot L+ a une croissance supérieure par rapport aux lots C- et C+ (**figures 35 et 36**). Le sommet est atteint en juillet pour le lot L+ avec une vitesse de croissance de 1,650kg/j, et en septembre pour le lot C+ avec un GMQ de 1,350 kg/j le lot C- a un GMQ maxi de 1,200kg/j. La vitesse de croissance des lots L+ et C- diminue dès début aout alors que le GMQ du lot concentré se maintient voir augmente (2007).

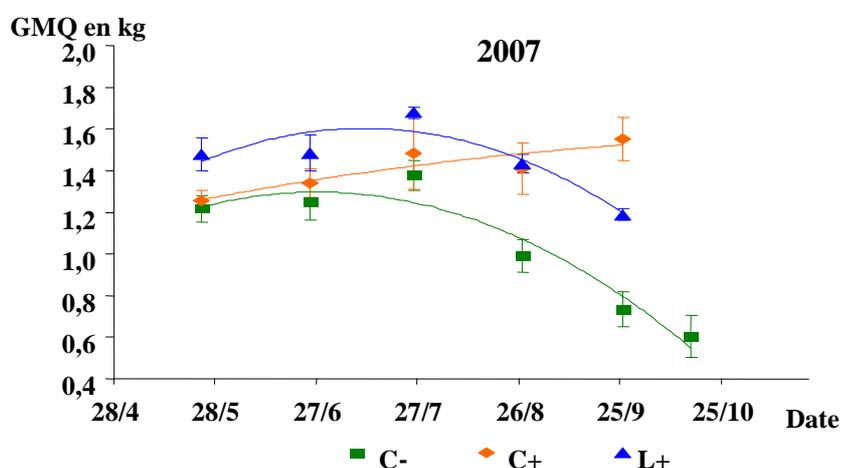


Figure 35 : Evolution mensuelle des GMQ de la période d'alimentation mixte 2007 pour les 3 lots.

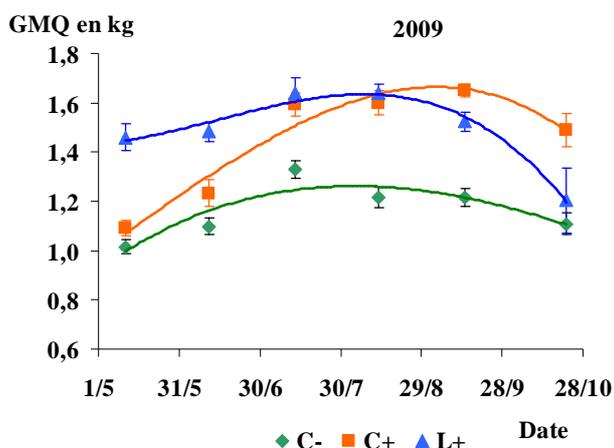


Figure 36 : Evolution mensuelle des GMQ de la période d'alimentation mixte 2009 pour les 3 lots

Tableau 11 : Moyennes ajustées ( $\pm$  erreur standard) des GMQ sur les 3 lots en phase de croissance et d'engraissement en 2007-2008 et 2009-2010, Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes ( $p < 0,05$ ) entre lots et phases.

Lot	Phase de croissance	Phase d'engraissement
C-	1,16 d ( $\pm 0,028$ )	1,29 bc ( $\pm 0,041$ )
C+	1,45 ab ( $\pm 0,028$ )	1,22 cd ( $\pm 0,038$ )
L+	1,51 a ( $\pm 0,028$ )	1,38 abc ( $\pm 0,038$ )

A la lecture des résultats statistiques, les lots C+ et L+ sont significativement supérieures au lot C-. Il n'y a pas de différence significative entre les lots C+ et L+ (**tableau 11**). Le GMQ du lot C- est plus élevé en période d'engraissement qu'en période d'alimentation mixte (**figures 37 et 38**). Le GMQ du lot C+ diminue significativement en engraissement par rapport à la période pré-sevrage. Le lot L+ continue à avoir une vitesse de croissance supérieure aux autres lots en engraissement, mais les différences ne sont plus significatives (**tableau 11**).

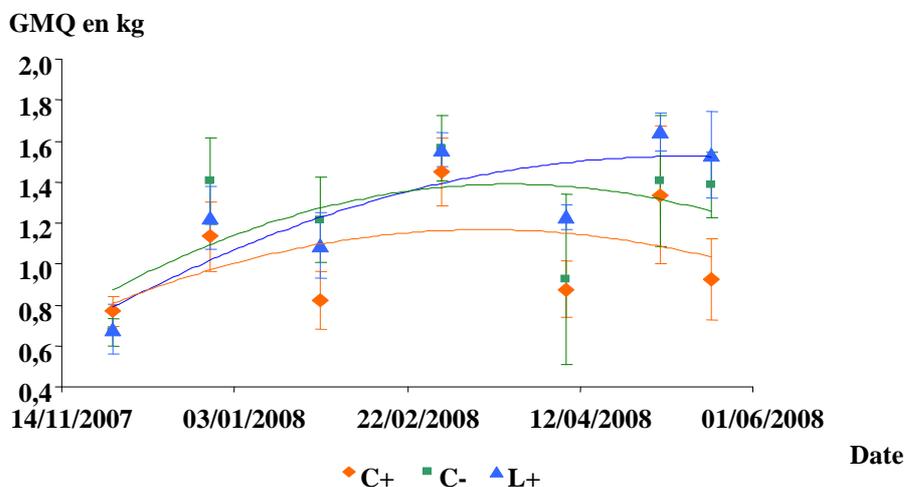


Figure 37 : Evolution mensuelle des GMQ pour les 3 lots pendant la période d'engraissement 2007/2008

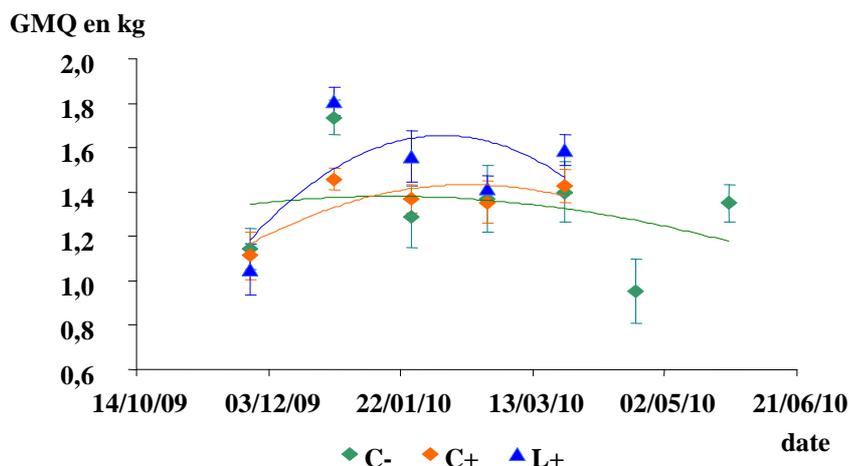


Figure 38 : Evolution mensuelle des GMQ pour les 3 lots pendant la période d'engraissement 2009/2010

### Résumé de la partie croissance

#### ❶ Phase d'alimentation mixte :

- les GMQ (moyenne des 2 séries) sont de 1,16kg/j pour C- ; 1,45kg/j pour C+ et 1,51kg/j pour L+
- au sevrage (moyenne des 2 années) le lot C- a un poids inférieur de 60 kg / L+ et de 50kg /C+

#### ❷ Phase d'engraissement :

- resserrement des écarts de GMQ ( $\pm 1,3\text{kg/j}$ ), GMQ le plus faible pour C+ (1,22kg/j)
- le lot C- a mis 30 jours de plus que L+ et 16 jours de plus que C+, pour arriver au même poids à l'abattage ( $\pm 634\text{ kg}$ ).

Tableau 12. Moyennes ajustées ( $\pm$  erreur standard) des tailles des adipocytes ( $\mu\text{m}$ ) mesurées sur les trois lots en 2007-2008 et 2009-2010, en début d'expérimentation, au sevrage et en fin d'engraissement, e.t.r = 1,51, Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes ( $p < 0,05$ ) entre lots, phases et années.

Stade	2007-2008			2009-2010		
	C-	C+	L+	C-	C+	L+
Début expérimentation	60ef ( $\pm 4,2$ )	56ef ( $\pm 4,1$ )	56ef ( $\pm 3,8$ )	51f ( $\pm 3,0$ )	58ef ( $\pm 3,0$ )	58ef ( $\pm 3,1$ )
Sevrage	80d ( $\pm 3,5$ )	89cd ( $\pm 3,5$ )	90cd ( $\pm 3,2$ )	76d ( $\pm 2,5$ )	86d ( $\pm 2,5$ )	80d ( $\pm 2,4$ )
Début engraissement	68de ( $\pm 4,3$ )	86cd ( $\pm 4,2$ )	72de ( $\pm 3,7$ )	78d ( $\pm 3,0$ )	87d ( $\pm 3,0$ )	70de ( $\pm 3,6$ )
Fin engraissement	128a ( $\pm 4,4$ )	123ab ( $\pm 4,5$ )	111ab ( $\pm 3,9$ )	108b ( $\pm 3,1$ )	112ab ( $\pm 3,1$ )	105bc ( $\pm 3,1$ )

Tableau 13. Moyennes ajustées ( $\pm$  erreur standard) des quantités de lipides fixées (kg) calculées à partir de la taille des adipocytes sur les trois lots en 2007-2008 et 2009-2010, en période d'alimentation mixte et d'engraissement. Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes ( $p < 0,05$ ) entre lots.

Stade	C-	C+	L+	Lot	Année	GMQ
Alimentation mixte	19,6 a	25,9 b	25,9 b	***	NS	-
Engraissement	51,2 a	42,9 b	42,8 b	**	**	-
Alimentation mixte (à même GMQ = 1,31 kg/j)	22,5	23,5	22,5	NS	NS	***
Engraissement (à même GMQ = 1,27 kg/j)	52,3 a	45,1 b	41,4 b	**	**	*

Tableau 14. Moyennes ajustées des quantités de protéines fixées (kg) calculées à partir de la taille des adipocytes sur les trois lots en 2007-2008 et 2009-2010, en période d'alimentation mixte et en période d'engraissement. Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes ( $p < 0,05$ ) entre lots.

Stade	C-	C+	L+	Lot	Année	GMQ
Alimentation mixte	26,5 a	33,0 b	34,4 b	***	***	-
Engraissement	47,5 a	39,0 b	42,4 b	***	*	-
Alimentation mixte (à même GMQ = 1,31 kg/j)	30,4	29,9	29,9	NS	***	***
Engraissement (à même GMQ = 1,27 kg/j)	48,9 a	41,2 b	41,0 b	***	*	**

## 2.2 La composition corporelle

Les données de composition corporelle, sont issues de mesure in vivo pour les biopsies d'adipocytes faites pendant toute la durée de l'expérimentation. Elles proviennent également des résultats de mesures faites à l'abattoir à l'issue des différents abattages des 2 séries (début d'expé, sevrage et fin d'engraissement).

### - Les adipocytes

Les tailles des adipocytes en début d'expérimentation ne sont pas différentes entre les lots et entre années (**tableau 12**). La taille moyenne en début d'expérimentation est de 57  $\mu\text{m}$  en 2007/2008 et de 56  $\mu\text{m}$  en 2009/2010,

La taille des adipocytes augmente significativement entre le début d'expérimentation et le sevrage pour tous les lots. L'augmentation moyenne au sevrage pour les 2 années est de 22,5  $\mu\text{m}$  pour le lot C-, 30,5  $\mu\text{m}$  pour C+ et 28  $\mu\text{m}$  pour L+. Il n'y a pas de différence significative entre les lots, mais toutefois on a constaté que le lot C- a une taille d'adipocytes légèrement inférieure à celle des lots C+ et L+. En 2007, la taille a diminué entre le sevrage et le début de l'engraissement pour les lots C- (12 $\mu\text{m}$ ) et L+ (18 $\mu\text{m}$ ), le lot C+ est restée stable. En 2009, elle est restée stable entre le sevrage et le début d'engraissement et ceci pour tous les lots.

La taille des adipocytes a augmenté pour tous les lots au cours de l'engraissement. Mais à l'issue de cette phase, on ne note pas de différences significatives inter lots.

**Les 2 années, en fin d'engraissement, le lot L+ présentait une taille d'adipocytes qui tendait à être plus faible que celle des lots C- et C+ ( $\pm 14 \mu\text{m}$  en 2007 et  $\pm 6 \mu\text{m}$  en 2009).**

### - Les quantités de lipides fixées

Durant la période d'alimentation mixte, le lot C- a moins déposé de lipides que les lots C+ et L+. Pendant la période d'engraissement, on a constaté exactement le contraire en effet, les lots C+ et L+ ont déposé moins de lipides que C-. En période d'alimentation mixte, les différences observées entre lots (**tableau 13**) sont attribuables aux différences de GMQ (effet lot \*\*\* en ligne 1 du tableau mais non significatif au même GMQ). Le lot C- dépose moins de lipides (-6kg) que les autres lots.

Globalement, en période d'engraissement 2009, les quantités de lipides fixées étaient inférieures à celles de 2007 pour tous les lots avec : - 11 kg pour C-, -9 kg pour C+ et -6kg pour L+.

On observe des différences entre lots qui sont effectivement attribuables au lot, et pas au GMQ, (lot \*\* en ligne 2 et 4). Les animaux du lot C- déposent plus de lipides à même GMQ que les deux autres lots en phase d'engraissement.

### - Les quantités de protéines fixées

Pendant la période d'alimentation mixte, le lot C- dépose moins de protéines que les lots C+ et L+. Pendant la période engraissement la tendance s'inverse, c'est le lot C- qui dépose le plus de protéines (**tableau 14**).

En période d'alimentation mixte, le constat est le même que pour les lipides, les différences observées entre lots sont attribuables aux différences de GMQ. Le lot C- dépose moins de protéines car sa croissance est plus faible. Lorsqu'on fait l'analyse au même GMQ les différences entre lots disparaissent.

Tableau 15 : Résultats d'abattage au sevrage (moyennes ajustées) en 2007 et 2009. Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes ( $p < 0,05$ ) entre lots

	C-	C+	L+	Lot	Année
PVV	281 a	347 b	321 ab	*	NS
PCC	186 b	225 a	211 ab	*	NS
TDV	20,7 a	27,3 b	21,7 a	*	NS
CD/100 kg PVV	14 a	8,1 b	9 b	***	**
Foie	3,4a	4,9 b	4 a	***	NS
DA5Q	6,9a	11,9 b	8,9 b	***	NS
DACA	23,6	31,4	28,1	NS	***
DAT	29,2 a	42,3 b	36,9 ab	*	*
Gras rein <sup>1</sup>	2,7 b	4,6 a	3,2 b	*	NS
MUCA	126,4	152,2	146,3	NS	NS

<sup>1</sup> : différence significative à  $p < 0,1$

Tableau 16 : Résultats d'abattage (moyennes ajustées) à la fin de la phase d'engraissement en 2007 et 2009. Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes ( $p < 0,05$ ) entre lots.

	C-	C+	L+	Lot	Année
PVV	580	585	583	NS	NS
PCC	383	389	389	NS	NS
TDV	41,1b	37,8a	36,6a	*	***
CD/100kg PVV	9.6	9	9.9	NS	***
Foie	6,3	6,5	6,2	NS	NS
DA5Q	24	23,5	19,3	NS	*
DACA	60,4	62,5	59	NS	***
DAT	80,6	84,8	76	NS	***
GRAS rein	7,83	7,89	6,2	NS	***

En période d'engraissement on observe un effet lot mais également un effet GMQ. On a une différence significative entre les lots C+ et C- et une tendance entre les lots L+ et C- ( $P=0,0798$ ). A même GMQ, le lot C- dépose plus de protéines que les lots C+ et L+.

#### **- Les résultats d'abattage**

A l'issue des abattages aux différents stades, de nombreuses mesures ont été réalisées. Les données que nous avons traitées statistiquement, sont regroupées dans les **tableaux 15 et 16**.

Les animaux du lot C- abattus en fin de période d'alimentation mixte ont un poids vif vide (PVV) et un poids de carcasse chaude (PCC) plus faibles que les animaux des lots C+ et L+ ( $p<0,05$ ).

Pour les abattages en fin d'engraissement il n'y a aucune différence significative, les 3 lots ont un PVV sensiblement égal.

**En période d'alimentation mixte le poids du tube digestif vide du lot L+ est inférieur à celui du lot C+ ( $p=0,039$ ), et on constate qu'il est également inférieur à celui du lot C-, mais sans différence significative.**

Pour les abattages au sevrage, le contenu digestif du lot C- est très supérieur à celui des lots L+ et C+. En fin d'engraissement il n'y a plus de différence significative.

**Les animaux du lot C+ abattus au sevrage ont un foie plus gros que les animaux des lots C- ( $p=0,0016$ ) et L+ ( $p=0,004$ ).** Cette différence s'atténue pour les animaux abattus en fin d'engraissement et n'est plus significative, même si à la fin de la phase d'engraissement, les animaux du lot C+ ont un foie légèrement plus gros que les animaux des autres lots.

**Les animaux du lot C+ abattus au sevrage, ont plus de dépôts adipeux que les animaux des autres lots, avec des différences significatives pour le dépôt adipeux du 5ème quartier (DA5Q) ( $p=0,007/C-$  et  $p=0,05/L+$ ). Le dépôt adipeux total (DAT) du lot C+ est supérieure à celui du lot C- ( $p=0,04$ ). Pour les animaux abattus au sevrage, le poids de gras de rein du lot C- est significativement supérieur ( $p<0,1$ ) par rapport aux lots C+ et L+ (respectivement  $p=0,06$  et  $p=0,09$ ).**

D'une manière générale, même si aucune différence significative n'est avérée, on constate que les animaux du lot L+ abattus en fin d'engraissement, ont un poids de tissu adipeux inférieur aux animaux des autres lots (**tableau 16**).

#### **Résumé de la partie composition corporelle**

##### **① Phase d'alimentation mixte**

- taille des adipocytes : au sevrage C- < C+ et L+, pas de différence entre C+ et L+
- C- a déposé moins de lipides que C+ et L+, mais à GMQ égal pas de différence entre les 3 lots
- C+ et L+ ont déposé plus de protéines que C- mais à GMQ égal pas de différence entre les 3 lots
- les animaux du lot C+ ont plus de gras 5ème quartier et de dépôt adipeux totaux, ainsi qu'un foie plus gros que les lots L+ et C-.

##### **② Phase d'engraissement**

- taille des adipocytes : pas de différence significative entre le 3 lots
- le lot C- dépose plus de lipides et de protéines que C+ et L+
- pour les mesures faites à l'abattoir pas de différence significative entre les 3 lots

### 3. L'utilisation des aliments

#### 3.1 L'efficacité alimentaire

Pendant la période d'alimentation mixte, en ce qui concerne, le gain de poids vif par kg de matière sèche ingérée (**figure 39**), les animaux des lots L+ et C- sont plus efficaces que les animaux du lot C+ ( $p < 0,001$ ). L'effet année est significatif, mais uniquement pour le lot L+ qui est plus efficace en terme de gain de poids /kg MSI en 2009 qu'en 2007.

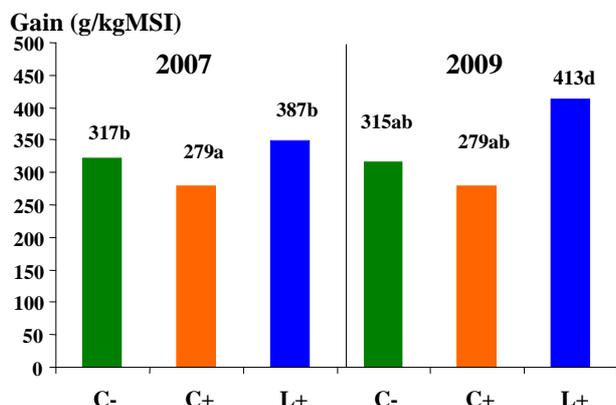


Figure 39 : Efficacité alimentaire en g gain/ Kg MSI ingéré pour la période d'alimentation mixte (moyennes ajustées 2007 et 2009) Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes entre les lots et les séries ( $p < 0,05$ ).

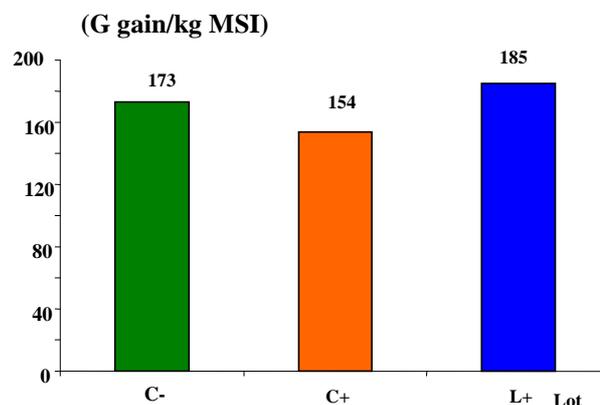


Figure 40 : Efficacité alimentaire en g gain/ Kg MSI ingéré pour la période d'engraissement 2007 (moyennes ajustées)

En engraissement (**figure 40**), les animaux du lot L+ et du lot C- restent plus efficaces que les animaux du lot C+, avec 185g de gain de croissance/kg MSI pour le lot L+, 173g pour C- et 155 g pour C+. Aucune différence ni tendance significative n'apparaît entre les 3 lots.

En termes de gain de poids par kg d'énergie ingérée on constate une meilleure efficacité des lots C- et L+ par rapport au lot C+ pendant la phase d'alimentation mixte ( $p = 0,0006$  et  $p = 0,0047$ ) Pendant la phase d'engraissement on ne constate pas de différence significative entre les 3 lots (**figure 41**).

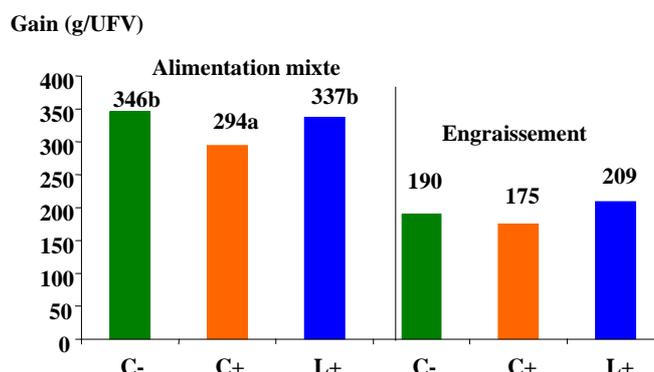


Figure 41 : Efficacité alimentaire en g gain/ UFV ingérée (moyennes ajustées 2007 et 2009) pour la période d'alimentation mixte et d'engraissement. Les lettres différentes indiquent des valeurs différentes entre les lots ( $p < 0,05$ ).

**D'une manière générale, l'efficacité alimentaire diminue entre la période d'alimentation mixte et la période d'engraissement.**

### 3.2 Les rendements marginaux

Le rendement marginal du lait (RM lait) est calculé comme le gain de poids supplémentaire du lot L+ par rapport au lot C- par kg de lait supplémentaire bu par le lot L+. On constate (**figure 42**) que c'est vers 120 jours que les rendements marginaux de l'utilisation du lait sont les plus importants (150g) puis, ils baissent à partir de mai et se stabilisent ensuite entre 50 et 100g avec une valeur moyenne de 77 g de gain de poids/kg de lait bu supplémentaire.

Le rendement marginal du Concentré (RM concentré) correspond au gain de poids supplémentaire du lot C+ par rapport au lot C-, par kg de MS de concentré consommé en plus par le lot C+. La moyenne est de 145 g. Le RM concentré baisse régulièrement tout au long de la période.

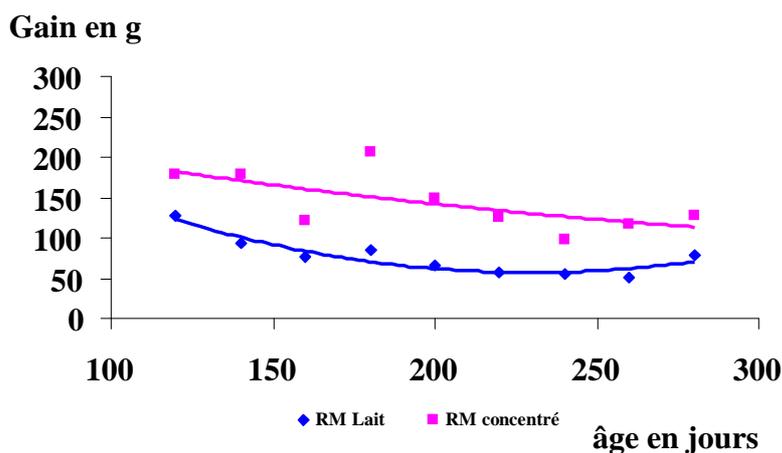


Figure 42 : Rendement marginaux lait et concentré année 2009

#### Résumé de la partie utilisation des aliments

##### ① Phase d'alimentation mixte

- le lot C+ est le moins efficace pour les 2 séries en termes de gain de PV/kg MSI
- le lot C+ est le moins efficace pour les 2 séries en termes de gain de PV/UFV
- le rendement marginal moyen du lait est de 77g de gain / kg de lait supplémentaire bu
- le rendement marginal moyen du concentré est de 145g de gain / kg de concentré ingéré en plus

##### ② Phase d'engraissement

- pas de différence ni tendance significative d'efficacité alimentaire entre les 3 lots
- L'efficacité alimentaire diminue pour tous les lots en phase d'engraissement par rapport à la phase d'alimentation mixte

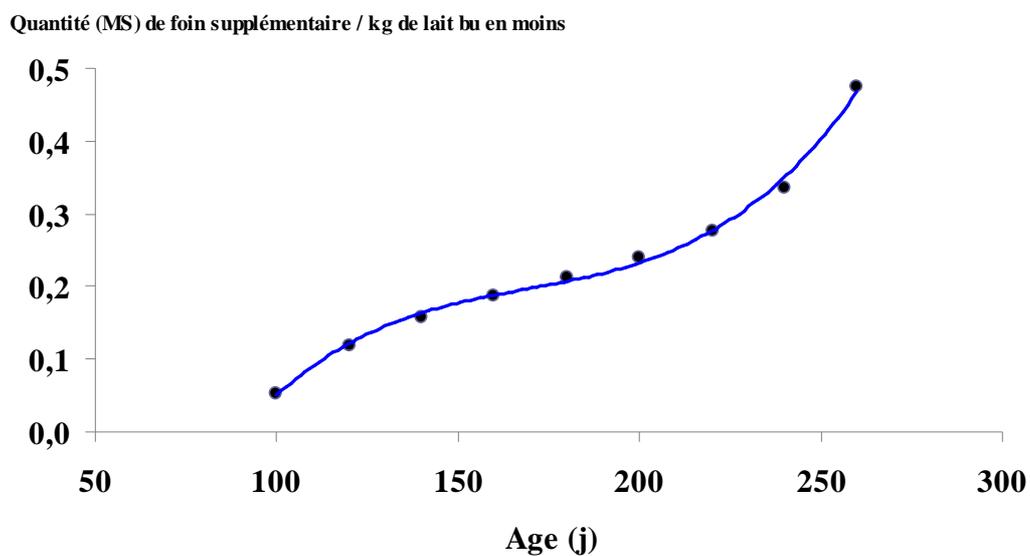


Figure 43 : Evolution des taux de substitution entre lait/foin en fonction de l'âge : année 2009

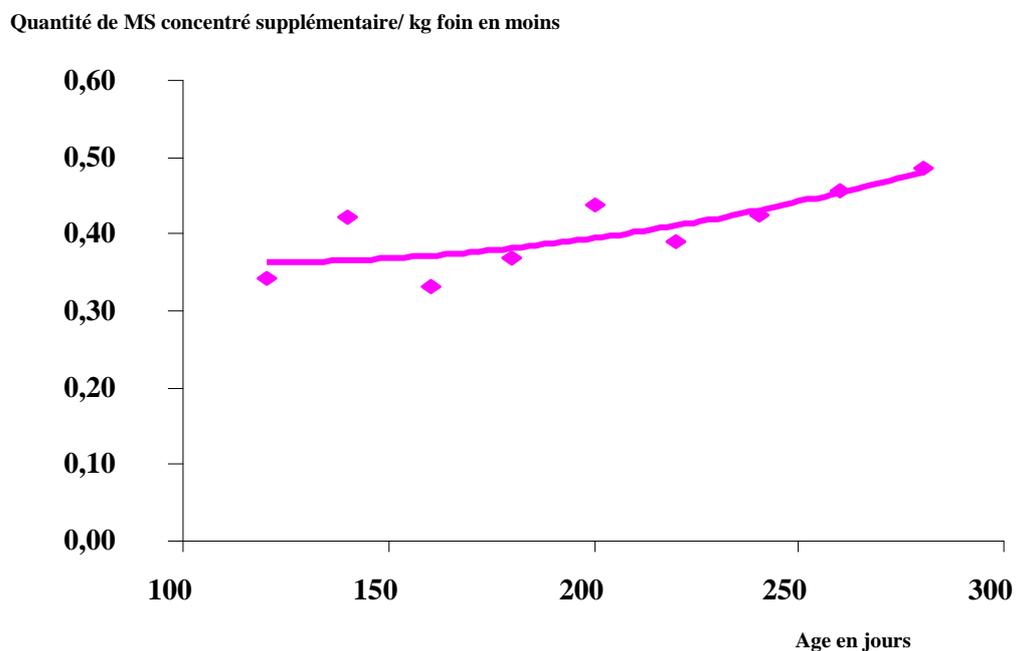


Figure 44 : Evolution des taux de substitution entre foin/concentré en fonction de l'âge : année 2009

## E - Discussion

Les objectifs de mon étude étaient d'examiner les effets de 3 régimes contrastés avant sevrage sur l'ingestion et la croissance du veau et sur sa composition corporelle, d'estimer l'efficacité alimentaire en fonction des régimes et enfin d'étudier les phénomènes de substitution.

Pour la période d'engraissement, mon étude portait en plus sur l'estimation des effets des différents régimes avant sevrage sur les performances à l'engraissement et sur la composition corporelle à l'abattage.

Dans la discussion je traiterai de la répartition de l'ingestion entre lait, fourrage et concentré, puis de l'influence de la nature de l'énergie ingérée avant sevrage sur la composition du gain et sur l'efficacité alimentaire. Je discuterai ensuite les implications pratiques de cette expérimentation. Enfin j'aborderai les intérêts et les limites des méthodologies mises en œuvre, les perspectives et nouveaux objectifs de recherche qui à mon avis permettraient d'aller plus loin sur cette thématique.

### 1. La répartition de l'ingestion entre lait, fourrage et concentré

La répartition de l'ingestion entre lait, fourrage et concentré et son évolution avec l'âge résultent des interactions entre la lactation de la mère, le développement de la capacité d'ingestion du veau en rapport avec sa croissance, et les pratiques de complémentation de l'éleveur.

Bien avant le début de notre expérimentation la production laitière des mères est déjà dans sa phase descendante, à trois mois d'âge la capacité d'ingestion du veau est déjà élevé (*Blanc 1998*). A 150 kg de poids vif, le veau a une capacité d'ingestion de 8,5 kg de lait par tétée soit 17 kg de lait par jour, ces chiffres sont bien au-dessus de l'ingestion maximum du lot L+ qui a été de 14,5 kg. **En début d'expérimentation nous avons une phase d'augmentation des quantités bues par le lot L+ qui est uniquement due à l'adaptation à la vache laitière, mais la capacité d'ingestion du veau n'a pas été un facteur limitant.** Les quantités relativement conséquentes de lait bu des animaux du lot L+ n'ont pas altéré leur capacité à ingérer du foin, même s'ils ont ingéré moins de foin que les animaux du lot C-.

Jusqu'à 200 jours la substitution globale lait / foin reste faible, inférieure à 0,22 (calculée sur la base des QI/100 kg PV). La **figure 43** montre une accélération du taux de substitution à partir de 200 jours, période où la production laitière des mères diminue de plus en plus. Les veaux des lots L+ et C- compensent donc de plus en plus leur manque de lait par du foin. A cet âge les animaux sont passés à une tétée par jour et l'écart entre les quantités de lait ingérées par lot L+ et le lot C- se resserre. Les quantités de foin ingérées étaient en moyenne de 1,25 kg/100 kg PV (1,7 UEB/100kgPV) pour l'ensemble de la phase d'alimentation mixte (moyennes confondues 2007 et 2009). Ce résultat est d'un ordre de grandeur cohérent bien qu'un peu inférieur à la capacité d'ingestion calculée pour des mâles précoces en croissance (*Garcia et al, 2007*) qui est équivalente à 2.2 UEB/100 kg PV, mais pour des animaux qui n'ingèrent pas de lait. On constate des différences d'ingestion de foin entre 2007 et 2009 qui sont en rapport avec les différences de valeur des foin utilisés dans les deux séries.

Après une première substitution lait foin, les animaux du lot C+ vont consommer de plus en plus de concentré et à partir de l'âge de 150 jours, les quantités de foin ingérées par le lot C+ ont diminué fortement au profit du concentré. Ceci entraîne une augmentation régulière du taux de substitution foin/concentré qui évolue en même temps que les quantités de concentré distribuées (**figure 44**). Les valeurs vont de 0,20 à 0,45 ce qui correspond aux valeurs données dans les tables d'alimentation (*INRA, 2007*). Les valeurs que l'on trouve dans diverses publications sont souvent supérieures : exemple, 0,50 (*Haurez, 2003*), mais sont basées sur l'herbe et ne tiennent pas compte de la qualité des fourrages.

Les animaux des lots C- et L+ qui n'avaient pas ingéré de concentré avant le sevrage, ont dû s'adapter au nouveau régime alimentaire de la phase d'engraissement. **L'analyse des données d'ingestion nous montre un temps d'adaptation plus long des lots L+ et C-, qui mettent environ 2 semaines pour retrouver le même niveau d'ingestion que le lot C+.** Cette période de transition est donc directement liée à l'adaptation au concentré. Elle est plutôt courte par rapport aux valeurs trouvées dans la bibliographie qui s'étale de 3 à 4 semaines (*LeNeindre et Pecatte, 1987*). Les travaux de Le Neindre et Lienard (1980), mettaient en avant le fait que plus le régime d'avant sevrage est proche du régime d'engraissement, plus la transition est courte.

Après la période de transition, on constate qu'en données cumulées pendant toute la période d'engraissement, le lot C- ingère plus de concentré que les lots C+ et L+. En effet les animaux du lot C- vont réalisés une croissance compensatrice entraînant une augmentation de leur ingestion. Si on réalise le cumul des quantités ingérées de foin et de concentré pendant la période d'engraissement, le lot C- a ingéré environ 11% de MS en plus que le lot L+ (tout en ingérant moins de foin), ce qui semble correspondre aux valeurs trouvées dans la bibliographie. Micol et Béranger (1981) ont estimé que les quantités de matière sèche ingérées par des bovins restreints puis réalimentés, étaient accrues d'en moyenne 10 %.

2. La nature de l'énergie ingérée avant sevrage comme déterminant de la composition du gain, de l'efficacité alimentaire et de la répartition des dépôts de gras

**A la lecture de nos résultats on a pu constater que les animaux du lot L+ ont eu une croissance soutenue avant et après sevrage, avec une bonne efficacité alimentaire et des dépôts de gras modérés en particulier dans le 5ème quartier. Les animaux du lot C+ ont eu une croissance soutenue pendant la phase d'alimentation mixte mais médiocre pendant la phase d'engraissement avec un dépôt de gras plus élevé que les lots C- et L+ et un développement plus important des viscères.**

De nombreux travaux ont démontré le lien entre l'évolution de la composition corporelle et la composition du régime (*Labussière et al 2007 et 2009*). En phase d'alimentation mixte lorsque la capacité d'ingestion est faible, plus l'aliment est énergétique plus la croissance de l'animal est importante. L'apport d'aliments solides dans la ration entraînerait une diminution de l'efficacité de l'N digestible.

Un second facteur de variation du rendement de l' N digestible est la correspondance entre le profil en acides aminés (AA) des protéines ingérées avec le profil en AA de la protéine correspondant le mieux aux besoins de l'animal. Si on se réfère à la notion de protéine idéale utilisée chez les monogastriques (la plus efficace pour la transformation en protéine corporelle) (*Labussière et al 2007*), le lait est l'aliment qui tendrait le plus vers celle-ci. Une des hypothèses du pourcentage de dépôts de protéines plus élevés pour le lot L+ serait la qualité des apports en N et en AA du lait. Si on compare, le lot C+ avec L+ on a une croissance presque équivalente sous la mère mais avec une composition corporelle différente. Le fait d'apporter du concentré au lot C+ va modifier la composition corporelle entraînant une augmentation des quantités de lipides déposés par rapport aux quantités de protéines. En augmentant la quantité de lait bu du lot L+, on améliore la composition en AA de l'ingéré, qui est alors plus proche de celle du dépôt protéique.

A la lecture de la **figure 38** de la partie résultat (page 30), on constate que les animaux du lot L+ continuent à être plus efficaces en phase d'engraissement. Ceci est plus visible encore en 2009 car la quantité de concentré distribué a été à peu près constante alors qu'elle a été plus évolutive en 2007.

**Le régime avant sevrage continue à influencer la composition et l'efficacité du dépôt pendant les 3 premiers mois de la phase d'engraissement.** Les animaux du lot L+ sont beaucoup plus efficaces car le dépôt protéique est beaucoup moins coûteux d'un point de vue énergétique que le dépôt de lipides. Il faut 3 fois plus d'énergie métabolisable pour produire 100 g de tissu adipeux que pour produire 100 g de muscle.

A la bonne efficacité du lot L+, s'oppose celle du régime C+. **A la vue des résultats d'abattage des animaux abattus en fin de période d'alimentation mixte on constate pour le lot C+, une proportion plus importante des viscères et de dépôts adipeux essentiellement au niveau du 5ème quartier.**

Le poids moyen du foie du lot C+ est significativement supérieur  $p=0.004/L+$  et  $0.0016/C-$ . Hors, le foie et le tube digestif représentent de 30 à 50 % des dépenses énergétiques totales de l'animal, le foie a lui seul en représente de 17 à 30 % (*Ortigue, 1991*). Les rations à base de concentré sollicitent beaucoup plus le foie, d'où un poids plus important de celui-ci pour le lot C+ ce qui va entraîner des dépenses supérieures en besoins d'entretien. Pour les animaux en croissance continue, ils représentent entre 40 et 50% des besoins totaux et plus cette part est importante et moins les objectifs de production seront atteints.

Le rôle des tissus adipeux est de constituer des réserves énergétiques en cas de période de sous alimentation. Dans le cas d'animaux en croissance continue aux régimes très énergétiques le risque est grand de faire évoluer les dépôts vers des dépôts de gras. Ceci est d'autant plus vrai que l'animal vieillit. En effet, le potentiel de croissance et donc de dépôt protéique, diminue au fur et à mesure que l'animal s'approche de son poids adulte. A 200jours la part de lipides dans la masse corporelle est en moyenne de 10%, à 500 jours elle est de 25% (*Robelin 1986*).

**Avant sevrage les veaux du lot C+ ont déposé de manière significative plus de gras au niveau du 5ème quartier que les animaux des autres lots.** Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus dans d'autres expérimentations (*Corah et Bishop, 1975*), mais sont en contradiction avec ceux de Le Neindre et Pecatte (1987). La mesure du diamètre des adipocytes ne différencie pas les lots. Ceci n'est pas incompatible avec le fait que le lot C+ dépose plus de tissus adipeux au niveau du 5ème quartier, en effet en dynamique, le tissu adipeux sous cutané est déposé à un âge plus avancé par rapport au gras internes. Au stade 50% du poids adulte les dépôts adipeux sous cutanés représentent 15% des dépôts adipeux totaux (*Robelin et Casteilla, 1990*). Pour la même raison on ne note pas d'écart de note d'état corporel entre les lots.

Après la période de transition, la dynamique de croissance pour les 3 lots est conforme aux références trouvées dans les études précédentes (*Robelin, 1986*), (*Bastien 2008*), avec des GMQ élevés en début d'engraissement puis plus faibles en fin. Les animaux des lots L+ et C+ sont plus lourds à âge égal en fin d'engraissement (C+ : 631kg à 497jours, L+ : 640kg à 478 jours). Il faudra 30 jours de plus au lot C- pour atteindre un poids de 631kg à l'abattage. Le lot L+ a maintenu son avance ce qui montre l'importance de la période avant sevrage sur les performances à l'abattage.

Tableau 17 : Quantités ingérées cumulées de lait, foin et concentré pendant toute la période expérimentale

	<b>C+</b>	<b>C-</b>	<b>L+</b>
Lait (kg brut)	1184	1230	2041
Foin (kg MS)	1100	1160	1060
Concentré (kg MS)	1200	870	730

### 3. Des types de conduite plus ou moins économes pour aboutir à des carcasses comparables.

Bien que notre étude ne comporte pas de volet économique, l'évaluation des différents itinéraires de production sur ces critères est de plus en plus courant (*Blanco et al 2010*). Notre étude ne prend pas en considération ce volet mais nous allons tout de même porter un regard sur le caractère plus ou moins économe des différents types de conduite.

En fin d'engraissement, on aboutit à des carcasses assez comparables en qualité avec des rendements vrais (PCC/PV) compris entre 58 et 60%, mais les différents régimes sont plus ou moins économes. **Le tableau 17** présente les quantités cumulées de foin et de concentré ingérées par lot pendant toute la durée de l'expérimentation. Les animaux du lot C+ ont ingéré en moyenne 470kg de concentré de plus que ceux du lot L+ et 330kg de plus que ceux du lot C-. Le lait supplémentaire ingéré par le lot L+ a permis d'économiser du concentré, même s'il faut moduler cet impact car nous avons atteint des niveaux de quantité de lait bu pour le lot L+ bien au-delà de la production laitière permise par des vaches Salers. Dans notre cas nous avons obtenu un gain de poids supplémentaire de 60kg entre L+ et C- pour une quantité de 800kg de lait bu en plus soit un gain de poids de 75g par kg lait supplémentaire bu ce qui est en accord avec les résultats obtenus par Le Neindre et Pecatte (1987). Les animaux de C+ ont ingéré en moyenne environ 370 kg de concentré pour obtenir un poids supplémentaire moyen de 50kg par rapport au lot C-, soit environ 135g de gain de poids /kg de concentré, ce qui est légèrement inférieur aux 191g obtenus par Le Neindre et Pecatte, (1987) mais ces résultats sont à nuancer car obtenus avec des veaux normands nourris au lait à l'herbe.

Il ne suffit pas de maîtriser la complémentation en termes de quantité et de qualité mais aussi en termes de dynamique. La couverture des besoins des broutards doit être raisonnée en fonction de l'évolution de la production laitière des mères mais également de la qualité des fourrages distribuées. Pour cela la gestion des pâturages a un rôle fondamental pour assurer une bonne persistance de la production laitière des mères, mais aussi pour permettre au veau de remplacer le manque de lait par un fourrage de bonne valeur nutritive. Le Neindre et al, (1976) ont montré que 500g d'herbe ingérée en plus compense une diminution de lait bu de 1kg. Un bon pâturage permet à des broutards d'atteindre des croissances de 900g/j sans concentré, dans ces conditions un apport de concentré ne permet qu'un gain de 40g de GMQ (*Petit et al, 1995*).

Les apports de concentré ne devraient donc que venir en soutien de périodes où la quantité et la qualité du pâturage n'arrivent pas à subvenir aux besoins du couple mère veau, ou en fin de lactation quand la production laitière des mères est insuffisante. Ceci est d'autant plus vrai pour la race Salers qui possède un fort potentiel laitier par rapport aux autres races allaitantes.

#### 4. Intérêts et limites des méthodologies mises en œuvre et de l'interprétation des résultats

Cette dernière partie de la discussion va être consacrée à l'analyse des intérêts et des limites des méthodes appliquées et des interprétations que l'on a faites.

D'un point de vue méthodologique, toutes les mesures et tous les moyens d'enregistrement mis en place ont permis de générer un très grand nombre de données. Ces données nous ont permis de traiter statistiquement un très grand nombre de résultats. Les deux contrôles laitiers par semaine et le suivi hebdomadaire du poids des animaux en phase d'engraissement ont permis d'avoir des résultats très précis en terme de quantités de lait bu et de suivi de croissance.

Les moyens d'enregistrement des quantités de foin et de concentré en phase d'alimentation mixte surtout en 2009 (mise en place du DAC) nous ont permis de recueillir des données très précises. Les choses ont été un peu plus difficiles pendant la période d'engraissement pour les quantités ingérées de foin car le dispositif Solot est vieillissant et nous avons perdu quelques journées d'enregistrement. Malgré tout le nombre important de données enregistrées nous a permis de faire une analyse statistique riche.

Du point de vue de l'interprétation des résultats, cette expérimentation a permis de préciser l'influence de la consommation de lait sur la croissance des broutards et sur leur performance jusqu'à l'abattage. Les deux principales limites à l'interprétation sont à mon avis :

- d'une part le fait que le lot L+ ingérait des quantités de lait bien supérieures à des productions de lait permises par des vaches Salers.

- d'autre part que les veaux ont été conduits avec des rations à base de foin pendant la période sous la mère, cela ne correspond pas au mode de conduite du broutard qui se fait à l'herbe et non en bâtiment. Bien que d'un point de vue expérimental il soit beaucoup plus difficile de maîtriser la qualité de l'herbe ainsi que d'appréhender les quantités ingérées au pâturage, il me semblerait intéressant pour poursuivre ces travaux, de réaliser le même type d'expérimentation, mais avec des veaux conduits au pâturage ou nourris avec de l'herbe fauchée.

Ces deux principales limites ont également été des intérêts puisqu'elles ont permis, de créer un grand différentiel de lait bu, entre les animaux supplémentés en lait et les animaux des autres lots, que l'on n'aurait pas pu avoir avec des vaches Salers. Le fait d'avoir conservé les veaux en bâtiment a permis de réaliser plus aisément des mesures fiables. Dans une moindre mesure on peut aussi noter que l'expérience de 2007 a été réalisée avec un nombre restreint d'animaux, d'où le faible nombre de taurillons abattus pour chaque lot au stade fin d'engraissement.

## Conclusion

Les deux séries d'expérimentation ont été mises en place, en vue de comparer les effets de 3 types de conduite avant sevrage sur la production de taurillons Salers.

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

- les veaux supplémentés en lait ont eu une croissance soutenue avant et après sevrage, une meilleure efficacité alimentaire et des dépôts de gras modérés. Par ailleurs, un apport supplémentaire de lait n'a pas pénalisé l'ingestion de foin.

- les animaux supplémentés en concentré ont eu une croissance soutenue avant sevrage. La quantité de lait bu en moins par rapport aux animaux supplémentés en lait peut donc être en partie compensée par une distribution de concentré. Par contre ils ont déposé plus de gras avant sevrage.

- les animaux du lot contrôle ont ingéré plus de foin mais ont accusé un retard de croissance important au sevrage.

- le régime lait est plus efficace que le régime concentré avec plus de dépôts de protéines et moins de dépôts de lipides, cette efficacité serait liée aux apports en acides aminés du lait.

- à l'issue des abattages de fin de période d'engraissement, nous n'avons pas noté de différences entre les lots mais les animaux supplémentés en lait ont conservé l'avance de croissance acquise pendant la période d'allaitement.

D'un point de vue pratique cette étude montre que l'on peut envisager une croissance avant sevrage à base de lait et de fourrage sans altérer les performances en engraissement.

Bien que les résultats d'analyses sensorielles ne soient pas encore connus, nous pouvons d'ores et déjà mettre en avant l'intérêt d'une conduite basée sur le lait pour produire ce type d'animaux.

A l'avenir, il serait intéressant de réaliser l'étude des impacts économiques de ces différents modes de conduite, afin de vérifier l'hypothèse que les animaux ayant eu un apport de lait supplémentaire sont également plus économes en termes de type de conduite.

Pour être plus proche des conditions d'élevage de ce genre d'animaux, nous pourrions envisager de réaliser un essai avec des vaches Salers aux productions laitières contrastées et des brouards conduits à l'herbe.

A terme cette expérimentation devrait servir de base au développement d'un modèle d'ingestion de croissance et de composition corporelle, permettant d'orienter les animaux vers des productions adaptées à leur potentiel.

## Références bibliographiques

**Agabriel J., Petit M., 2 octobre 2003** : Le broutard sous la mère : croissance et développement. Colloque « broutard » sommet de l'élevage.

**Baker R. D., Le Du Y. L., Barker J. M., 1976** : The effect of milk intake upon the herbage intake and performance of grazing calves. J agric. Sci., Camb., 87, pp : 187-196

**Bastien D., 2001.** Vaches de réforme en France : un âge à l'abattage très variable selon la race et le bassin de production. Viande Produits Carnés Vol. 22.

**Bastien D., Sarzeaud P., Guillaume A., Benoteau G., Guibert R., Cabon G., 2008** : Production de jeunes bovins de races à viande et de races laitières : 13 fiches de référence sur les itinéraires techniques.

**Blanc F., 1998** : Modélisation de la dynamique de l'allaitement en système d'élevage bovin allaitant. DEA. Modèles et instruments en Médecine et Biologie.

**Blanco M., Joy M., Ripoll G., Sauerwein H., Casasús I., 2010:** Grazing lucerne as fattening management for young bulls: technical and economic performance and diet authentication. Animal, pp 1 à 10.

**Brumby P. j., Walker D. K., Gallagher R. M., 1963:** Factors associated with growth in beef cattle. N. Z. J. Agric. Res., 6, pp : 526-537

**Cartier S., Moevi I., décembre 2007** : Le point sur...La qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. Institut de l'élevage/INTERBEV.

**Corah J. R., Bishop A.H., 1975:** Effect of creep feeding oat grain to beef calves on their growth rate, carcass composition and post-weaning performance in a feedlot. Aust. J.Exp. Agric. Anim. Husb., 15, pp : 209-307.

**Garcia-Launay F., Garel J-P., Micol D., et Agabriel J., 2008** : Alimentation mixte des broutards, ingestion et substitution entre aliments et efficacité de l'utilisation de l'énergie. Renc. Rech. Ruminants, pp: 263-266.

**Geay Y., Micol D., Robelin J., Berge P., Malterre C., 1987** : Recommandations alimentaires pour les bovins en croissance et à l'engrais. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, pp: 173-183

**Geay Y., 1986** : Production de viande de taurillons. In : D. Micol (ed), Production de viande bovine, pp: 105- 124.

**Giovanni R., 1982** : Mise à l'herbe précoce des veaux laitiers nés à l'automne, Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 49, pp : 59-67

**I.T.E.B., 1991** : Troupeau allaitant, mode d'emploi. Raisonner pour mieux conduire. N. Grenet Coord., ITEB Ed. Paris, 288 p.

**Hammond J., 1932:** Growth and the development of mutton qualities in the sheep, Biological monographs and manuals Vol. X, Oliver and Boyd, London.

**Haurez P., 2003 :** Fonctionnement des grands troupeaux de vaches allaitantes. CR d'étape Institut de l'Élevage-OFIVAL. N° :2003.54.006

**Hoch T., Agabriel J., 2004 :** A mechanistic d dynamic model to estimate beef cattle growth and body composition. 1. Model description. Science Direct. Agricultural systems, 81, pp : 1-15.

**Hoste C., Deslandes P., Cloe L., Poivey J.P., 1983 :** Etude de la production laitière et la croissance des veaux de vaches allaitantes N'Dama et Baoulé en Côte d'Ivoire. Relation entre la production laitière et la croissance des veaux. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 36, pp : 207-213.

**I.N.R.A., 2007 :** Tables d'alimentation des bovins ovins et caprins

**I.N.R.A., I.T.E.B., 1988 :** Pratique de l'Alimentation des bovins

**Institut de l'Élevage, 2008 :** Production de jeunes bovins de races à viande et de races laitières : 13 fiches de référence sur les itinéraires techniques.

<http://www.civ-viande.org> : Source Centre d'Information des Viandes, consulté le 20 mai 2010

<http://www.salers.org/rub3/viande/viande> : Source Groupe Salers Evolution, consulté le 15 mai 2010.

<http://www.salers.org> : Source groupe salers évolution, consulté le 5 juin 2010.

**Jarrige R., Dulphy J., P., 1995 :** Nutrition des ruminants domestiques/ Ingestion et digestion. INRA Editions, pp123-140

**Labussiere E., Dubois S., Van Milgen J., Bertrand G., Noblet J., 2009 :** Effect of solid feed on energy and protein utilization in milk-fed veal calves. J Anim Sci 2009.87, pp 1106-1119.

**Labussiere E., Bertrand G., Noblet J., 2007 :** Les besoins protéiques et énergétiques du veau de boucherie : détermination des facteurs de variation. INRA Prod. Anim., 20 (5) pp : 365-368.

**Le Neindre P., Pecatte G., 1987 :** Conséquences des quantités de lait et d'aliment concentré consommées avant sevrage sur les performances de bovins mâles entiers de 3 mois à l'abattage Ann. Zoot. 36, pp : 387-410

**Le Neindre P., Lienard G., 1980 :** Influence des quantités de lait et d'aliment concentré ingérées par des veaux au pis sur leurs performances avant et après le sevrage : conséquences technico-économiques, Bull. Techn., C. R. Z.V Theix INRA, 42 pp : 15-23.

**Le Neindre P., Petit M., Muller A., 1976 :** Production laitière des vaches allaitantes et croissance de leurs veaux, Ann. Zoot. 25, pp : 221-241

**Les cahiers de FranceAgriMer.**, septembre 2009 : Données statistiques / ÉLEVAGE. Les filières de l'élevage français. Les filières de l'élevage français. ÉDITION septembre 2009.

**Littell R.C., , Henry P.R., Ammerman C.B., 1998 :** Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures Journal of Animal Science, Vol 76, Issue 4 1216-1231

**Melton A.A., Riggs J. K., Nelson L. A., Cartwright T. C., 1967:** Milk production, composition and calf gains of Angus, Charolais and Hereford. J.A.S., 26, pp: 804-809.

**Ménissier F., Sapa J., Poivey J. P., 1992 :** Les qualités maternelles des ruminants allaitants. INRA Prod. Anim., pp : 135-145.

**Micol D., Hoch T., Agabriel J., 2003 :** Besoins protéiques et maîtrise des rejets azotés du bovin producteur de viande. Revue Fourrages N° 174, pp : 231-242

**Micol D., Robelin J., Geay Y., 1993:** Composition corporelle et caractéristiques biologiques des muscles chez les bovins en croissance et à l'engrais. Productions animales 6, pp 61-69.

**Micol D., Beranger C., 1981:** Variations de la capacité d'ingestion des bovins en croissance et à l'engrais. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 44, pp 23-31.

**Moorad M., Rashwan S., 2001:** Milk production of buffaloes and causes of calf mortality under a semi intensiveproduction system in Egypt. Revue. Elev. Méd. Vét. Pays trop, 54 (2), pp : 139-145.

**Ortigues I., 1991 :** Adaptation du métabolisme énergétique des ruminants à la sous-alimentation. Quantification au niveau de l'animal entier et de tissus corporels. Reprod. Nutr. Dev. 31, pp 603-605

**Petit M., Garel J.P., D'Hour P., Garel J. P., 1995:** Recent Developments in the nutrition of herbivores, pp : 473-496.

**Petit M., Agabriel J., D'Hour P., Garel J.P., 1994 :** Quelques caractéristiques des races bovine allaitantes de type rustique. INRA Prod. Anim., 7, pp : 235-243

**Plum M., Harris L., 1971:** Holstein cows and calves under beef management. J. Dairy Sci, 54, pp: 1086-1089.

**Poindron P., 1993 :** Lactation et contrôle physiologique du comportement maternel chez les mammifères. In. Biologie de la lactation, Martinet J., Houbedine L.M., les éditions INSERM INRA Editions, pp : 303-313

**Renand G., Havy A., Turin F., 2002 :** Caractérisation des aptitudes bouchères et qualités de la viande de trois systèmes de production de viande bovine à partir des races rustiques françaises Salers, Aubrac et Gasconne. INRA Productions Animales., 15, pp171-183.

**Robelin J., Casteilla L., 1990 :** Différenciation, croissance et développement du tissu adipeux INRA Prod. Anim., 3 (4), pp 243-252.

**Robelin J., 1990** : Différenciation, croissance et développement cellulaire du tissu musculaire. INRA Prod. Anim., 3, pp 253-263.

**Robelin J., 1986** : Composition corporelle des bovins : Evolution au cours du développement et différences entre races. Thèse de doctorat d'état pp12-26.

**Robelin J., Geay Y., 1983**: Body composition of cattle as affected by physiological status, breed, sex and diet. In Herbivore nutrition, Gilchrist and Mackie ed., pp: 525-548

**Robelin J., Geay Y., Beranger C., 1979** : 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., 28, pp 191-208.

**Robelin J., 1978** : Développement différentiel du squelette chez les bovins. Annales Biol. Ani. Bioch. Biophys., 18, pp :1-4.

**Robelin J., Geay Y., 1976** : Répartition des masses musculaire chez le jeune bovin mâle entier et son évolution au cours de la période d'engraissement entre 8-9 et 16-17 mois. Ann. Zootech., 25, pp : 273-279.

**Schreurs N., Garcia F., Jurie C., Agabriel J., Micol D., Bauchart D., Listrat A., Picard B., 2008** : Meta-analysis of the effects of animal maturity on muscle characteristics in different muscles, breeds, and sexes of cattle. Journal of Animal Science, Vol.86, pp.2872-2887

**Senou M., Toléba S.S., Adandidjan C., Poirey J.P., Ahissou A., Touré F.Z., Monia C., 2008** : Increase in milk yield in Borgou cows in alternative feeding system. Revue Elev. méd. Vét. Pays Trop., 61, pp: 65-86.

**Serrano E., Pradel P., Agabriel J., Jailler R., Dubreucq H., Micol D., 2005** : Production de veaux rosés salers : Effets du fourrage et de l'aliment concentré sur les caractéristiques zootechniques et sur les qualités organoleptiques de la viande. Renc. Rech. Ruminants, pp383-386.

# **Liste des annexes**

**Annexe 1 : Le dispositif Solot**

**Annexe 2 : Valeurs des aliments**

**Annexe 3 : Calendrier des événements**

**Annexe 4 : Grille de Note d'Etat Corporel**

**Annexe 5 : Mesures à l'abattage**

**Annexe 6 : Tableau de traitements de données**

**Annexe 7 : Exemple de programme SAS**

## **Annexe 1**

## « Solot » : un dispositif spécifique de mesure individuelle des quantités ingérées et du comportement alimentaire pour des animaux conduits en groupe

Deux cases de stabulation libre ont été équipées au domaine expérimental de Laqueuille avec un système original d'enregistrement automatique en continu du comportement alimentaire d'animaux conduits en groupe. L'aliment (en l'occurrence du foin) est placé dans des auge (6 auge pour chaque case équipée) qui reposent chacune sur deux jauges de contrainte permettant une pesée en continu de l'ensemble [mangeoire+aliment] ( photo 1 et 2). Une antenne placée autour de chaque auge permet d'autre part d'identifier les animaux venant consommer l'aliment : quand le badge porté par les animaux (photo3) entre dans le champ électromagnétique généré par l'antenne, il est activé et émet un code permettant de l'identifier. Les deux circuits (pesée et identification) sont reliés à un ordinateur. Si un taurillon est détecté dans une auge et que le poids de cette auge est validé, un fichier est incrémenté automatiquement d'une ligne contenant la date, l'heure, le numéro de l'animal, le numéro de l'auge et le poids de l'auge. L'intervalle de temps entre deux interrogations d'une auge donnée par l'ordinateur est d'environ 5 à 10 secondes. Ce système génère des volumes de données très importants.

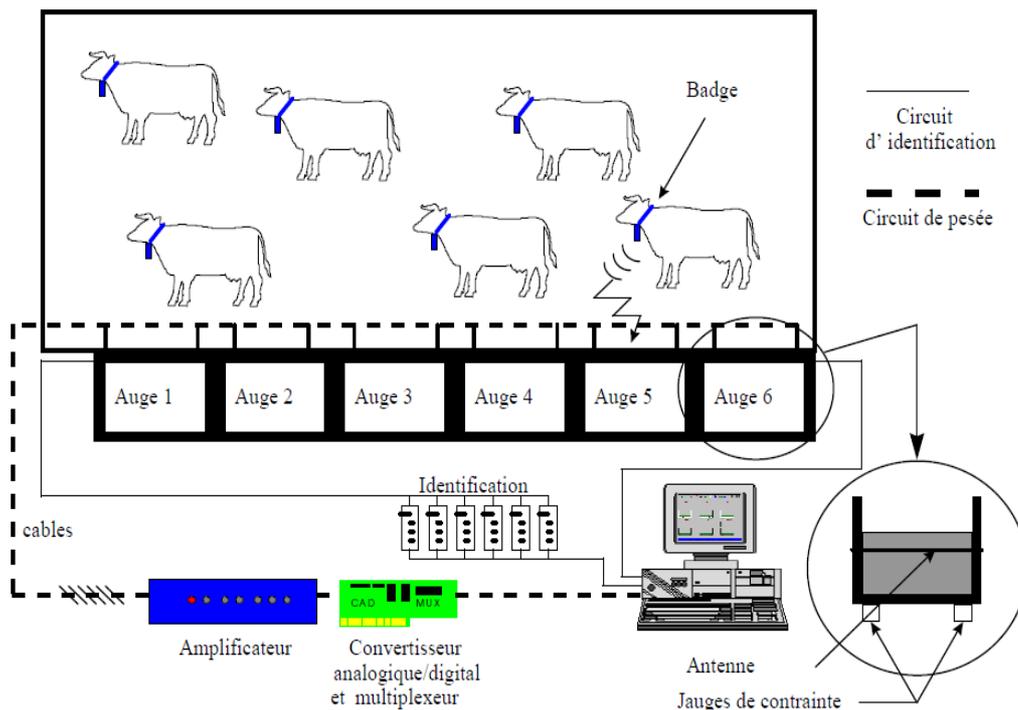


Figure 1 : Principe de fonctionnement du dispositif Solot



Photo 1 : Vue extérieure du dispositif

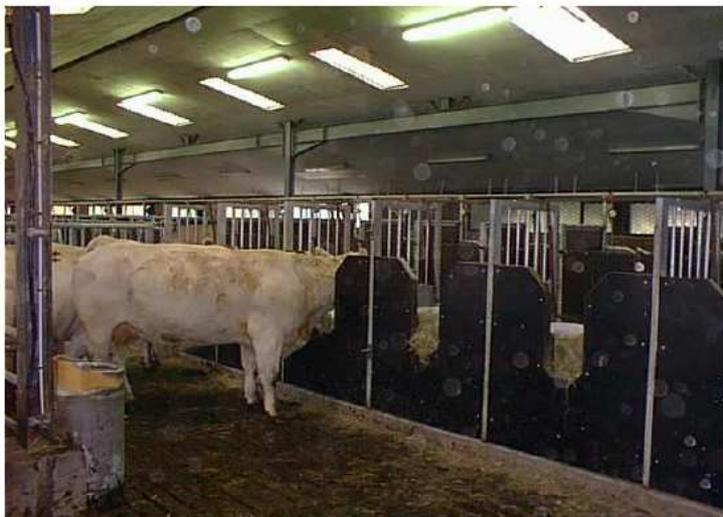


Photo 2 : Vue intérieure du dispositif



Photo 3 : collier avec puce pour identification

## **Annexe 2**

Valeurs nutritives des aliments utilisés année 2007/2008

Valeurs	Période Alimentation mixte			Période d'engraissement	
	Concentré BUFLO PERFO	Foin n°1 PP 2006	Foin n°2 Fumades 2007	Concentré	Foin Fumades 2007
% MS	92,2	91,9	90,4	93,5	90,4
UEM (%)		1,28	1,45		1,45
UEL (UEL)		1,05	1,09		1,09
UEB (UEB)		1,09	1,16		1,16
UFL (UFL)		0,76	0,66		0,66
UFV (UFV)	0,92	0,67	0,56	1,14	0,56
MAT(g)	202	107	102	152	107
CB	92	284	289	46	289
MO (g)	922	923	915	956	915
d MO (%)		63,8	58,2		58,2

Valeurs nutritives des aliments utilisées année 2009/2010

Valeurs	Période Alimentation mixte			Période d'engraissement	
	Concentré BUFLO PERFO	Foin n°1 Ray Gras Laqueuille 2008	Foin n°2 Boris Bas 2009	Concentré	Foin Crédos
% MS	92 ,8	90,4	91	93,5	92
UEM (%)		1,46	1,32		
UEL (UEL)		1,09	1,07		
UEB (UEB)		1,16	1,12		
UFL (UFL)		0,65	0,71		
UFV (UFV)	0,92	0,55	0,62	1,14	0,66
MAT(g)	208	100	112	152	112
CB	137	289	304	46	303
MO (g)	919	945	921	956	928
d MO (%)		57,8	61,3		64,5

## **Annexe 3**

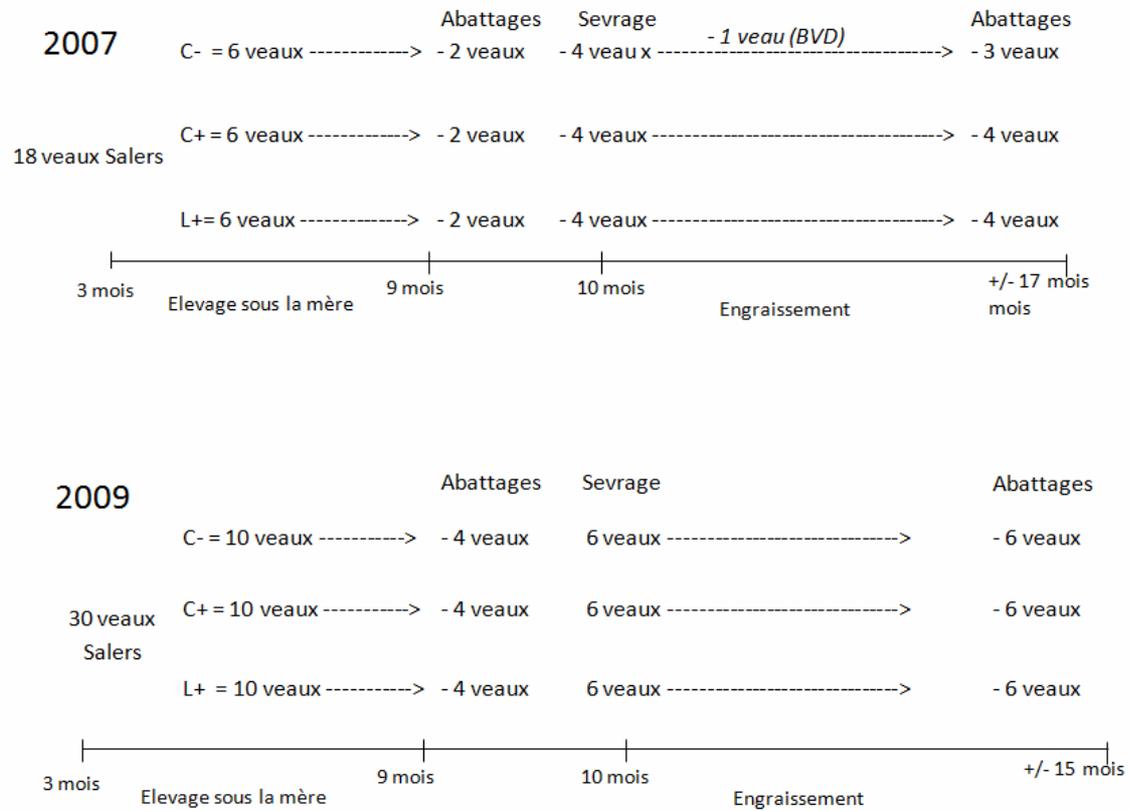
### Calendrier des événements des phases d'alimentation mixte et d'engraissement 2007/2008

phase d'adaptation	Phase alimentation mixte Marcenat									phase de transition	Phase d'engraissemnt Laqueuille					
6/4/07	2/5/07	5/5/07	14/5/07	31/8/07	4/9/07	17/9/07	12/10/07	10/10/07	17/10/07	22/10/07	30/10/07	5/11/07	toute la durée de l'expé	26/5/08	4/6/08	9/6/08
adaptation et mise en lot	abattage initial (2 veaux)	1ere biopsie adipocytes	Mise à l'herbe mères	fin biopsies adipocytes	Abattage sevrage 2 veaux lotL+	Abattage 2 veaux lot C+	Abattage 2 veaux lot C-	Tarissement des vaches	Départ Laqueuille	adaptation régime engraissement	Mise en place Solot	début contrôle	3 biopsie adipocytes + 2 digestibilités + pesées hebdomadaire des animaux + NEC + QI +MS	Abattages 4 taur Lot L+	Abattages 4 taur Lot C+	Abattages 3 taur Lot C-

### Calendrier des événements des phases d'alimentation mixte et d'engraissement 2009/2010

phase d'adaptation	Phase alimentation mixte Marcenat									phase de transition	Phase d'engraissement Laqueuille								
6/4/09	5/5/09	14/5/09	15/5/09	15/9/09	21/9/09	5/10/09	7/10/09	7/10/09	22/10/09	22/10/09	30/10/09	5/11/09	toute la durée de l'expé	12/4/10	19/4/10	26/4/10	10/5/10	31/5/10	2/6/10
adaptation et mise en lot	1ere biopsie adipocytes	Mise à l'herbe mères	abattage initial (2 veaux)	fin biopsies adipocytes	Abattage sevrage 4 veaux lotL+	Abattage 4 veaux lot C+	Abattage 4 veaux lot C-	Tarissement des vaches	Départ Laqueuille	adaptation régime engraissement	Mise en place Solot	début contrôle	3 biopsie adipocytes + 2 digestibilités + pesées hebdomadaire des animaux + NEC + QI +MS	Abattages 2 taur Lot L+ et 1 taur C+	Abattages 2 taur Lot L+ et 1 taur C+	Abattages 2 taur Lot C+ et 1 taur L+	Abattages 2 taur Lot C+ et 1 taur L+	Abattages 3 taur Lot C-	Abattages 3 taur Lot C-

## Calendrier des événements relatifs aux animaux



## **Annexe 4**

## Grille de Note d'Etat Corporel

Note	Main gauche sur ligament sacro-tubéral (attache de la queue)	Main droite à plat sur les deux dernières côtes
0	Peau adhérente      Pincement difficile	Peau tendue et collée sur les côtes      Côtes sèches
1	Peau tendue      Pincement possible	Peau tendue et collée sur les côtes      Côtes saillantes
2	Peau se décolle      Léger dépôt identifiable	Peau souple      Côtes encore bien distinctes
3	Peau souple      Poignée de gras	Peau « roule » entre la main et l'os      Dépression intercostale
4	Peau souple      Bonne poignée de gras	} Plus de dépression intercostale } Un épais « matelas » recouvre les côtes
5	Peau rebondie      Pleine poignée de gras	

## **Annexe 5**

Mesures réalisées à l'abattage des animaux (exemple animaux n° 9756 et 9763)

Lot	lot Lait	lot Concentré
Numéro	9756	9763
Date abattage	12/04/2010	12/04/2010
Poids étable (kg)		
PV abattage (kg)	654,0	655,0
PV après saignée (kg)	635,0	637,0
Tube digestif plein (kg)	102,0	92,4
Tube digestif vide (kg)	42,3	40,2
Contenu digestif (kg)	59,6	52,1
Panse (kg)	8,2	9,0
Feuillet (kg)	3,8	2,6
Caillette (kg)	1,8	2,1
Intestin grêle + gros intestin (kg)	11,6	12,6
Foie (kg)	6,4	5,7
Cœur (kg)	2,0	2,4
Poumons (kg)	4,7	4,9
Gras rognons (kg)	10,5	9,8
Gras cœur (kg)	1,6	2,6
Gras péritoine (kg)	7,6	8,9
Gras mésentère (kg)	9,3	5,0
Gras émoussage (kg)	3,3	3,2
Reins (kg)	0,8	1,0
Rate (kg)	0,6	1,0
Langue (kg)	2,7	2,8
Pancréas (kg)		
Tête+pieds (kg)	27,7	30,5
Sang (kg)	19	18
Nerf (kg)	1,28	1,34
Peau (kg)	62,2	62,6
Testicules (kg)	1,3	0,9
Déchets (kg)	9,6	10,6
Poids Carcasse Chaude (kg)	382,0	392,2
Poids Carcasse Froide (kg)	375,7	385,3
Muscle 6ème côte (kg)		
Gras 6ème côte (kg)		
Gras 5ème quartier (kg)	28,9	26,3
Feuillet/caillette/panse (kg)	13,82	13,74
Rein/rate/pancréas (kg)	1,44	1,96
Abats (langue/cœur/poumons) (kg)	9,38	10,12
Foie (kg)	6,36	5,74

## **Annexe 6**

## Exemple de tableau de traitement de données

Lot	Numero	annee	GMQpreexp	periode	Date Semaine	Date Naissance	Age	Semaine	Poids vif
concentre	7763	2007	1,28	crois	26/04/2007	21/12/2006	126	2007S17	199
concentre	7763	2007	1,28	crois	03/05/2007	21/12/2006	133	2007S18	212
concentre	7763	2007	1,28	crois	10/05/2007	21/12/2006	140	2007S19	220
concentre	7763	2007	1,28	crois	17/05/2007	21/12/2006	147	2007S20	227
concentre	7763	2007	1,28	crois	24/05/2007	21/12/2006	154	2007S21	238
concentre	7763	2007	1,28	crois	31/05/2007	21/12/2006	161	2007S22	246
concentre	7763	2007	1,28	crois	07/06/2007	21/12/2006	168	2007S23	255
concentre	7763	2007	1,28	crois	14/06/2007	21/12/2006	175	2007S24	259
concentre	7763	2007	1,28	crois	21/06/2007	21/12/2006	182	2007S25	274
concentre	7763	2007	1,28	crois	28/06/2007	21/12/2006	189	2007S26	287
concentre	7763	2007	1,28	crois	05/07/2007	21/12/2006	196	2007S27	300
concentre	7763	2007	1,28	crois	12/07/2007	21/12/2006	203	2007S28	307
concentre	7763	2007	1,28	crois	19/07/2007	21/12/2006	210	2007S29	304
concentre	7763	2007	1,28	crois	26/07/2007	21/12/2006	217	2007S30	308
concentre	7763	2007	1,28	crois	02/08/2007	21/12/2006	224	2007S31	312
concentre	7763	2007	1,28	crois	09/08/2007	21/12/2006	231	2007S32	321
concentre	7763	2007	1,28	crois	16/08/2007	21/12/2006	238	2007S33	331
concentre	7763	2007	1,28	crois	23/08/2007	21/12/2006	245	2007S34	340
concentre	7763	2007	1,28	crois	30/08/2007	21/12/2006	252	2007S35	349
concentre	7763	2007	1,28	crois	06/09/2007	21/12/2006	259	2007S36	359
concentre	7763	2007	1,28	crois	13/09/2007	21/12/2006	266	2007S37	370
concentre	7763	2007	1,28	crois	20/09/2007	21/12/2006	273	2007S38	378
concentre	7763	2007	1,28	crois	27/09/2007	21/12/2006	280	2007S39	388
concentre	7763	2007	1,28	crois	04/10/2007	21/12/2006	287	2007S40	394
concentre	7763	2007	1,28	crois	11/10/2007	21/12/2006	294	2007S41	405
concentre	7763	2007	1,28	crois	18/10/2007	21/12/2006	301	2007S42	412
concentre	7763	2007	1,28	engr	25/10/2007	21/12/2006	308	2007S43	420
concentre	7763	2007	1,28	engr	01/11/2007	21/12/2006	315	2007S44	429

## **Annexe 7**

## Exemple de programmes SAS utilisés pour le traitement statistique des données

### Programme modèle mixte (exemple des QI de concentré)

```
ods rtf file="QICONCENTREENGRAISLOTAGE.rtf";
Proc mixed data=sasuser.dataQIsalers20072009 covtest;
  Class Annee Numero Lot;
  Model QI_MS_CONC_100KGPV = LOT Lot*age_JOURS LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS / NOINT solution;
  Random intercept AGE_JOURS /subject=Numero*Lot type=UN;
  estimate "H0: LAIT=CONCENTRE" LOT 1 -1 0 LOT*AGE_JOURS 0 0 0 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 0 0 0;
  estimate "H0: LAIT=CONTROLE" LOT 1 0 -1 LOT*AGE_JOURS 0 0 0 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 0 0 0;
  estimate "H0: CONCENTRE=CONTROLE" LOT 0 1 -1 LOT*AGE_JOURS 0 0 0 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 0 0 0;
  estimate "H0: AUGMENTATIONLAITAGE=AUGMENTATIONCONCENTREAGE" LOT 0 0 0 LOT*AGE_JOURS 1 -1 0 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 0 0 0;
  estimate "H0: AUGMENTATIONLAITAGE=AUGMENTATIONCONTROLEAGE" LOT 0 0 0 LOT*AGE_JOURS 1 0 -1 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 0 0 0;
  estimate "H0: AUGMENTATIONCONCENTREAGE=AUGMENTATIONCONTROLEAGE" LOT 0 0 0 LOT*AGE_JOURS 0 1 -1 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 0 0 0;
  estimate "H0: DIMINUTIONLAITAGE2=DIMINUTIONCONCENTREAGE2" LOT 0 0 0 LOT*AGE_JOURS 0 0 0 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 1 -1 0;
  estimate "H0: DIMINUTIONLAITAGE2=DIMINUTIONCONTROLEAGE2" LOT 0 0 0 LOT*AGE_JOURS 0 0 0 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 1 0 -1;
  estimate "H0: DIMINUTIONCONCENTREAGE2=DIMINUTIONCONTROLEAGE2" LOT 0 0 0 LOT*AGE_JOURS 0 0 0 LOT*AGE_JOURS*AGE_JOURS 0 1 -1;
Run;
ods rtf close;
```

### Programme GLM (exemple des dépôts adipeux carcasse)

```
ODS RTF FILE="RÉSULTATS ANALYSE DACA.RTF";
DATA ABATTAGES;
SET SASUSER.DATAABATTAGESALERS20072009;
IF STADE='initi' THEN DELETE;
IF STADE='final' THEN DELETE;
DACASTD=(DACA/PVV)*100;
RUN;
  Proc GLM;
    Class Annee ANIMAL lot stade;
    Model DACASTD= LOT ANNEE / ss3;
  Lsmmeans Lot / pdiff cl adjust=Tukey;
Run ;
DATA ABATTAGES;
SET SASUSER.DATAABATTAGESALERS20072009;
IF STADE='initi' THEN DELETE;
IF STADE='sevra' THEN DELETE;
if animal=7782 then delete;
DACASTD=(DACA/PVV)*100;
RUN;
  Proc GLM;
    Class Annee ANIMAL lot stade;
    Model DACASTD= LOT annee/ ss3;
  Lsmmeans Lot / pdiff cl adjust=Tukey;
Run ;
ODS RTF CLOSE
```



VetAgro Sup

Campus Agronomique

SEPCHAT, Bernard, 2007-2010, Itinéraires de production de taurillons Salers en fonction de la conduite alimentaire avant sevrage : ingestion, performances et caractéristiques des carcasses, 40 pages, mémoire de fin d'études, VetAgro Sup campus agronomique de Clermont, 2010.

#### **STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES :**

- ♦ Institut National de Recherche Agronomique de Clermont-Ferrand/Theix (INRA)

#### **ENCADRANTS :**

- ♦ Maître de stage : Florence GARCIA-LAUNAY (INRA de Clermont-Ferrand/Theix)
- ♦ Tuteur pédagogique : AGABRIEL Claire

#### **OPTION : Elevages et Systèmes de Productions.**

##### **RESUMÉ**

**Deux séries d'expérimentation ont été réalisées en race Salers pour étudier l'impact des apports en lait, fourrage et concentré avant sevrage sur l'ingestion, les performances et la composition corporelle des broutards puis des taurillons en engraissement.**

**Pendant la phase d'alimentation mixte, trois lots de veaux ont été constitués. Les veaux des lots C-, C+ et L+ tétaient leur mère deux fois par jour et recevaient du foin à volonté. Les veaux C+ recevaient en plus du concentré. Les veaux L+ tétaient une fois par jour sous une vache laitière. L'engraissement a été réalisé avec un régime commun foin et concentré.**

**Les quantités de lait bu étaient supérieures en L+ et ont diminué jusqu'au sevrage pour les trois lots. Les substitutions foin/lait et foin/concentré ont augmenté avec le passage à une alimentation solide. Les apports différents ont conduit à une croissance supérieure avant sevrage en L+ (1,51kg/j) et C+ (1,45kg/j) par rapport à C- (1,16kg/j), et à une croissance similaire en engraissement. Au sevrage les broutards C+ étaient plus gras et avaient un développement des viscères supérieur au lot L+. Après engraissement, les carcasses des 3 lots étaient identiques. Les lots L+ et C- étaient plus efficaces que le lot C+. L'efficacité du lot L+ peut être associée à un meilleur gain de protéines, qui serait associé à l'apport en acides aminés du lait.**

**Un apport élevé de lait permet donc de limiter la complémentation avant sevrage. Une évaluation économique permettra de préciser les avantages et inconvénients de chaque itinéraire.**

**Mots clefs : race Salers, broutard, alimentation mixte, croissance, ingestion, taurillon**