

**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2018 - Thèse n° 110

***ALIMENTATION PRATIQUE DE LA GENISSE LAITIERE :
DU SEVRAGE AU PREMIER VELAGE***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 7 décembre 2018

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

PORCHÉ Jérôme



**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2018 - Thèse n° 110

***ALIMENTATION PRATIQUE DE LA GENISSE LAITIERE :
DU SEVRAGE AU PREMIER VELAGE***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I

(Médecine - Pharmacie)

et soutenue publiquement le 7 décembre 2018

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

PORCHÉ Jérôme



Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (1er mars 2018)

Nom	Prénom	Département	Grade
ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DEMONT	Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Stagiaire
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JANKOWIAK	Bernard	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
JAUSSAUD	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
JEANNIN	Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Inspecteur en santé publique vétérinaire (ISPV)
JOSSON-SCHRAMME	Anne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Contractuel
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDoux	Dorothee	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Stagiaire
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Stagiaire
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MATEOS	Stevana	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
RIVES	Germain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SABATIER	Philippe	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
THOMAS-CANCIAN	Auréli	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

Remerciements

À Monsieur le Professeur Jean-Charles PICAUD,
Professeur à la *Faculté de Médecine de Lyon,*

Pour m'avoir accordé le privilège d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Ma profonde gratitude.

À Monsieur le Professeur Laurent ALVES DE OLIVEIRA,
Professeur à *Vetagro-Sup campus vétérinaire de Lyon,*

Pour votre intérêt et pour m'avoir soutenu dès le début de ce projet,
Pour le travail de supervision effectué et pour vos conseils précieux,
Mes remerciements les plus sincères.

À Monsieur le Professeur Sébastien LEFEBVRE,
Professeur à *Vetagro-Sup campus vétérinaire de Lyon,*

Pour avoir accepté avec enthousiasme de juger ce travail et faire partie de ce jury de thèse,
Mes hommages respectueux.

Table des matières

Table des annexes	13
Table des figures.....	15
Table des tableaux.....	17
Liste des abréviations	19
Introduction.....	21
I. L'alimentation et le rationnement des génisses laitières	23
A) Objectifs de croissance selon l'âge au premier vêlage	23
1- Enjeux du rationnement des génisses.....	23
2- Fixer l'âge au premier vêlage	24
a. Effet de la race de la génisse	24
b. Disponibilité en fourrages	25
i) Les constituants des aliments.....	25
ii) Les fourrages	25
iii) Effet de la disponibilité en fourrages.....	28
c. Effet de la répartition des périodes de mises-bas.....	30
i) Dans le cadre de vêlages groupés	30
ii) Dans le cadre de vêlages étalés.....	31
d. Influence de l'âge au premier vêlage sur les performances futures.....	31
i) Influence sur la production laitière	31
ii) Influence sur les taux laitiers.....	33
iii) Influence sur la survie dans l'élevage	34
iv) Influence sur la mortalité.....	34
v) Influence sur la difficulté au vêlage.....	35
vi) Influence sur le taux de conception en première insémination post-partum	36
vii) Influence sur les profits de l'exploitation laitière	37
3- Objectifs de poids vifs au premier vêlage et taux de croissance	43
a. Objectifs de poids vifs.....	43
b. Point sur le poids mature	43
c. Influence des taux de croissance sur les performances ultérieures	45

i)	Lors de la croissance pré-pubère.....	45
ii)	Lors de la croissance post-pubère.....	47
d.	Objectifs de croissance.....	49
i)	Modèle National Research Council	49
•	Terminologie.....	49
•	Calcul des taux de croissance	49
•	Exemple	50
ii)	Modèle INRA.....	51
•	Assurer une bonne croissance jusqu'à 6 mois	51
•	Modérer la croissance autour de la puberté.....	51
•	Assurer une bonne croissance en fin de gestation	51
4-	Utiliser la croissance compensatrice.....	54
a)	Définitions.....	54
b)	Impact de la croissance compensatrice.....	55
c)	Alternatives à la croissance compensatrice	57
5-	Choisir une courbe de croissance.....	60
6-	Contrôler régulièrement le développement des animaux.....	61
a.	Mesure du poids vif.....	61
b.	La barymétrie ou tour de poitrine	61
c.	La hauteur au sacrum ou au garrot.....	65
d.	Suivi de l'état corporel.....	67
B)	Gestion de l'alimentation des génisses laitières	68
1-	Bases de l'alimentation	68
a.	L'alimentation énergétique	68
b.	L'alimentation azotée	69
c.	L'alimentation minérale	71
i)	Alimentation phosphorée.....	71
ii)	Alimentation calcique.....	72
iii)	Autres minéraux, les oligo-éléments	72
d.	Alimentation vitaminique.....	74
e.	L'eau	76

2-	Besoins alimentaires des génisses laitières et apports recommandés	78
a.	Besoins d'entretien.....	78
b.	Besoins de croissance.....	79
c.	Besoins de gestation.....	81
d.	Besoins de lactation.....	81
e.	Quelques exemples	82
i)	Exemple 1	82
ii)	Exemple 2	82
iii)	Exemple 3.....	83
3-	Capacité d'ingestion	83
4-	Comparer les besoins des génisses et les apports possibles par les fourrages	85
5-	Vérifier les apports en minéraux et vitamines	90
6-	Synthèse : les étapes d'un calcul de ration	90
II.	Quelques exemples de rations	91
A)	Mise en place d'un fichier Excel pour le calcul des rations.....	91
1-	Calcul de la quantité de fourrage ingérée à volonté par les animaux et détermination de la DERm	91
2-	Vérification des apports énergétiques	93
3-	Vérification des apports azotés	94
4-	Vérification des apports en minéraux et vitamines	95
5-	Vérifications finales	96
B)	Alimentation des génisses en stabulation.....	96
C)	Alimentation des génisses au pâturage	98
1-	Stades végétatifs de l'herbe et mise au pâturage	99
2-	Le pâturage de première année	100
3-	Le pâturage de 2 ^{ème} ou 3 ^{ème} année.....	102
D)	Particularités régionales	104
	Conclusion.....	105
	Bibliographie.....	107
	Annexes	127

Table des annexes

Annexe 1 : Grille d'évaluation de la note d'état corporel (NEC)	127
Annexe 2 : Équivalence entre le périmètre thoracique et le poids vif en race Prim'Holstein.	128
Annexe 3 : Équivalence entre le périmètre thoracique et le poids vif en race Normande.....	129
Annexe 4 : Équivalence entre le périmètre thoracique et le poids vif en race Montbéliarde.....	129

Table des figures

Figure 1 : Quelques exemples de Poacées (de la gauche vers la droite : ray-grass anglais, fléole des prés) (d'après Pixabay)	26
Figure 2 : Quelques exemples de Fabacées (de la gauche vers la droite : trèfle blanc, trèfle violet, luzerne) (d'après Pixabay)	26
Figure 3 : Paysage laitier français (d'après Institut de l'Élevage, 2009)	29
Figure 4 : Écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier et des coûts d'élevage en fonction de l'âge au premier vêlage. Les valeurs correspondent à un prix du lait de 0,347 centimes/kilogramme et des coûts d'élevage correspondant à ceux calculés par Pirlo (Pirlo, 1997) (d'après Pirlo et al., 2000).....	39
Figure 5 : Écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier et des coûts d'élevage en fonction de l'âge au premier vêlage. Les valeurs correspondent à un prix du lait de 0,386 centimes/kilogramme et des coûts d'élevage correspondant à ceux de Pirlo (Pirlo, 1997) (d'après Pirlo et al., 2000).....	40
Figure 6 : Écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier et des coûts d'élevage en fonction de l'âge au premier vêlage. Les valeurs correspondent à un prix du lait de 0,347 centimes/kilogramme et des coûts d'élevage correspondant à 110% des coûts calculés par Pirlo (Pirlo, 1997) (d'après Pirlo et al., 2000)	41
Figure 7 : Évolution de la vitesse de croissance des différents tissus en fonction de l'âge de la génisse	48
Figure 8 : GMQ (en grammes/jour) en fonction de l'âge de la génisse (en mois) pour un premier vêlage à 24 mois (en orange) et 36 mois (en bleu)	52
Figure 9 : Variations de l'apport énergétique en fonction de l'âge chez des génisses soumises à un apport énergétique en escalier et chez des génisses témoins ayant un apport énergétique constant correspondant à 100 % des apports recommandés par le National Research Council 2001. L'apport protéique reste constant pendant toute la période expérimentale quelle que soit la génisse et correspond à 100 % des apports recommandés par le National Research Council 2001 (d'après Ford, Park, 2001).....	55
Figure 10 : Évolution du poids vif en fonction de l'âge pour des génisses soumises à un apport énergétique en escalier et pour des génisses témoins nourries avec un apport énergétique constant (d'après Ford, Park, 2001).....	56
Figure 11 : Courbes de croissance des génisses depuis la naissance jusqu'au 1er vêlage, pour un poids à l'âge adulte de 700 kg	60
Figure 12 : Mesure du tour de poitrine au niveau du thorax (d'après Pixabay)	62
Figure 13 : Tour de poitrine en fonction de l'âge de la génisse pour la race Prim'Holstein pour un vêlage précoce (en orange) ou tardif (en bleu)	63
Figure 14 : Tour de poitrine en fonction de l'âge de la génisse pour la race Normande pour un vêlage précoce (en orange) ou tardif (en bleu)	64
Figure 15 : Tour de poitrine en fonction de l'âge de la génisse pour la race Montbéliarde pour un vêlage précoce (en orange) ou tardif (en bleu)	64

Figure 16 : Mesure de la hauteur du sacrum (d'après Pixabay).....	65
Figure 17 : Courbes de la hauteur au garrot en fonction de l'âge en race Prim'Holstein pour un vêlage à 24 mois. Les limites inférieure et supérieure sont figurées respectivement en bleu et en orange	67
Figure 18 : Schéma simplifié de la digestion des glucides et de l'azote de la ration (d'après Chenost et al., 1997)	70
Figure 19 : Évolution de la DERM en fonction du poids des génisses pour des GMQ variant de 400 à 1000 g/j ..	88
Figure 20 : Utilisation d'un tableur Excel afin de faciliter le calcul des rations.....	92
Figure 21 : Les différents stades de l'herbe. a) Évolution des valeurs UFL, PDI et du taux de MS en fonction des stades b) Illustration des différents stades c) Périodes idéales de l'utilisation de l'herbe pour le pâturage, l'enrubannage ou l'ensilage et le foin	99

Table des tableaux

Tableau I : Effet de la race de la génisse sur l'âge au premier vêlage.....	25
Tableau II : Âge au premier vêlage des génisses laitières en fonction de la disponibilité en fourrages, de la saison de naissance et de la saison de premier vêlage recherchée (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010) ...	30
Tableau III : Rendement en carcasse froide pour différentes races laitières (en pourcentage) (d'après Institut de l'Élevage et al., 2013).....	44
Tableau IV : Objectifs de poids à atteindre à différents âges de la génisse selon l'âge au premier vêlage choisi (d'après Institut de l'Élevage, 2010; 2013). Les valeurs des colonnes « poids vif » ont été calculées à partir d'animaux ayant un poids adulte de 700kg. Les poids peuvent être utilisés pour toutes les races. IA : insémination artificielle. Entre parenthèses, la plage des valeurs acceptables par âge type	53
Tableau V : Objectifs de tour de poitrine (en centimètres) en fonction de l'âge et du type de vêlage choisi pour les races Prim'Holstein, Normande (d'après Institut de l'Élevage et al., 2013) et Montbéliarde (d'après OS Montbéliarde et al., 2017). Une plage de variations de 5 centimètres est acceptée	63
Tableau VI : Hauteur au garrot (en cm) selon l'âge (en mois) en race Prim'Holstein pour un vêlage à 24 mois (d'après Heinrichs, Hargrove, 1987).....	66
Tableau VII : Apports journaliers recommandés pour les génisses en oligo-éléments ainsi que les limites de carence et de toxicité (en mg/kg MS de ration) (d'après Meschy, 2007)	73
Tableau VIII : Apports journaliers recommandés en vitamines A, D et E pour des génisses recevant des rations comportant moins de 40% de concentré ainsi que leurs limites de toxicité (en UI/kg MS de ration) (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010)	74
Tableau IX : Consommation d'eau moyenne (en litres/jour) en fonction de la température extérieure et du type de ration (d'après Menard et al., 2013)	77
Tableau X : Apports alimentaires recommandés pour des génisses laitières en fonction du poids vif de l'animal et de son GMQ visé. Ce tableau prend en compte les besoins d'entretien et les besoins de croissance (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, 2010).....	79
Tableau XI : Apports alimentaires recommandés pour satisfaire les besoins de gestation en fonction du mois de gestation pour un veau de 50 kg (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, 2010)	81
Tableau XII : Correctif devant être multiplier à la capacité d'ingestion à partir de la 30ème semaine de gestation	84
Tableau XIII : Capacité d'ingestion et DERm en fonction du poids vif et du GMQ (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, Agabriel, 2010).....	85
Tableau XIV : Taux de substitution global (Sg) entre fourrage et concentré selon la part de concentrés dans la ration des génisses (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, Agabriel, 2010)	88
Tableau XV : Quelques exemples de rations hivernales entre le sevrage et 6 mois d'âge pour un GMQ de 900 g/j.....	97
Tableau XVI : Évaluation de la surface à prévoir pour le pâturage des génisses (en ares/mois d'âge) en fonction de la saison de pâturage et du mode de récolte des excédents d'herbe (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010).....	98

Tableau XVII : Quelques rations au pâturage de 1ère année en Normandie et en Auvergne.....	102
Tableau XVIII : Quelques rations en deuxième année de pâturage en Normandie et en Auvergne	103
Tableau XIX : Quelques rations hivernales, entre 12 et 18 mois d'âge, pour des génisses avec utilisation de la croissance compensatrice	104

Liste des abréviations

AGV : Acides Gras Volatils

AMV : Aliment Minéral et Vitaminique

ATP : Adénosine triphosphate

Ca_{abs} : Calcium absorbable

CI : Capacité d'Ingestion

cm : centimètre(s)

DEF : Densité Énergétique du Fourrage

DER_m : Densité Énergétique minimale de la Ration

g : gramme(s)

GMQ : Gain Moyen Quotidien

GMQR : Gain Moyen Quotidien Réduit

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

j : jour

kg : kilogramme(s)

kg MS : kilogramme(s) de Matière Sèche

MS : Matière Sèche

NRC : National Research Council

P_{abs} : Phosphore absorbable

PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin

PDIE : Protéines Digestibles dans l'Intestin lorsque l'énergie disponible est le facteur limitant la protéosynthèse

PDIN : Protéines Digestibles dans l'Intestin lorsque l'azote ammoniacal disponible est le facteur limitant

PV : Poids vif

PVR : Poids vif réduit ou Poids corporel réduit

SFP : Surface Fourragère Principale

Sg : Substitution

TB : Taux butyreux

TP : Taux protéique

UEB : Unité d'Encombrement Bovin

UF : Unités Fourragères

UFL : Unités Fourragères Lait

UI : Unité Internationale

Introduction

Une génisse est une jeune vache femelle n'ayant pas encore eu son premier veau. Lors du premier vêlage, c'est-à-dire vers l'âge de 2 à 3 ans, la génisse devient une vache. C'est à ce moment que commence la production de lait ou lactation.

Les génisses de renouvellement, gardées dans l'élevage, sont les filles des meilleures vaches du troupeau (celles ayant eu une bonne lactation et possédant une génétique intéressante). Elles représentent l'avenir du troupeau et le revenu à long terme, en matière de génétique elles sont donc fondamentales. L'ensemble des génisses de renouvellement correspond, selon les élevages, à 30 à 50 % du troupeau laitier (*Le Cozler, 2009*). Par conséquent, elles sont aussi importantes en terme numérique.

Pourtant elles font, la plupart du temps, figure de parents pauvres du troupeau. Ceci est principalement dû au fait que de nombreux éleveurs ignorent le véritable coût de l'élevage d'une génisse laitière pour l'amener jusqu'à son 1^{er} vêlage (*Boulton et al., 2017*) ou le sous-estiment (*Mohd Nor et al., 2015*). Celui-ci n'est cependant pas négligeable. Il représente, en moyenne, 15 à 25 % des coûts totaux de production dans un élevage (*Heinrichs, 1993; Akins, 2016*) et n'est, en général, pas recouvré avant la 2^{ème} lactation (*Archer et al., 2013; Boulton et al., 2017*). En France, il est évalué entre 1100 et 1500 € par génisse pour des âges au 1^{er} vêlage compris entre 24 et 33 mois (*Chambre d'agriculture de Bretagne et al., 2007; Chambre d'agriculture Ille-et-Vilaine, Migault, 2011; Chambre d'agriculture Pays-de-la-Loire et al., 2012*).

Le coût de l'alimentation représente quant à lui environ 50 à 70 % du coût total d'une génisse (*Karszes et al., 2007; Zwald et al., 2007; Chambre d'agriculture Ille-et-Vilaine, Gobin, 2011; Heinrichs et al., 2013*). On comprend donc le caractère essentiel de ce poste de dépenses dans l'élevage des génisses.

Le sevrage correspond à l'arrêt de l'alimentation lactée de la jeune génisse. Il est réalisé aux alentours de 8 à 10 semaines d'âge pour un poids d'environ 100 kg, suite à une diminution progressive des repas lactés et un apport parallèle de concentrés et foin. À partir du sevrage, l'objectif d'un bon programme d'élevage des génisses de renouvellement est de produire des animaux qui, au moment de leur 1^{er} vêlage, ont une mamelle bien développée ainsi qu'un poids suffisant, ceci permettant une production laitière optimale.

Il s'agit de présenter l'état actuel des connaissances concernant l'alimentation et la croissance des génisses.

I. L'alimentation et le rationnement des génisses laitières

A) Objectifs de croissance selon l'âge au premier vêlage

1- Enjeux du rationnement des génisses

Dans un troupeau laitier, la matière utile est le lait. Il est produit par les vaches à partir de la mise-bas et pendant les 305 jours suivants approximativement.

La première mise-bas a lieu entre 2 et 3 ans d'âge, après une gestation de 9 mois. En théorie, l'objectif d'âge au 1^{er} vêlage est de 24 mois mais, en pratique, celui-ci n'est que rarement atteint. En effet, il est, en moyenne, de 32 mois en France (*Institut de l'Élevage et al., 2018*).

Les coûts pour amener une génisse à son 1^{er} vêlage ne sont pas négligeables. Ils ne sont recouverts qu'à partir de la deuxième lactation alors que le rang moyen de lactation en France est de 2,4 (*Institut de l'Élevage et al., 2018*), ce qui signifie qu'une vache réalise approximativement 2,4 lactations avant d'être réformée.

C'est pourquoi, dans le but d'accroître la rentabilité d'une exploitation agricole, il apparaît important de réduire les coûts liés à l'élevage des génisses.

Or les bovins ont la particularité d'atteindre la puberté à un poids donné et non à un âge donné (*National Research Council, 2000; Macdonald et al., 2005*). Pour une génisse de grande race laitière, par exemple, celle-ci intervient pour un poids compris entre 250 et 280 kg (*Sejrsen, Purup, 1997*).

Ainsi, il est possible en accélérant la croissance des génisses, donc en amenant les génisses à une maturité sexuelle plus tôt, de les faire vêler plus tôt. Ceci permet de diminuer les coûts d'élevage de façon remarquable.

Cependant, une croissance accélérée peut avoir un effet délétère sur la production de lait future. On ne peut donc pas suralimenter à outrance les génisses. Les enjeux de leur élevage, et plus particulièrement du volet alimentaire, sont donc de maintenir un niveau d'alimentation suffisant pour diminuer l'âge au 1^{er} vêlage tout en préservant la génisse des effets néfastes d'une croissance trop importante et trop rapide.

2- Fixer l'âge au premier vêlage

Avant toute chose, il est indispensable de fixer un objectif d'âge au premier vêlage pour les génisses. Cet objectif d'âge dépend du type d'élevage, de la conduite qui y est réalisée et de ses possibilités ; et plus particulièrement de la race des génisses, de la disponibilité en fourrages et de la répartition des périodes de mises-bas.

a. Effet de la race de la génisse

La race de la génisse est à prendre en compte dans l'objectif d'âge au 1^{er} vêlage. On distingue les races à croissance rapide, comme les Prim'Holstein, des races à croissance plus longue comme les Normande ou Montbéliarde.

Chez les Prim'Holstein, la mise-bas à deux ans est possible et conseillée car elles peuvent atteindre un poids et un développement suffisants dans ce laps de temps. Chez les Normande ou Montbéliarde, la mise à la reproduction avant 15 mois pour obtenir un vêlage à 24 mois est réalisable mais un vêlage à 30 ou 36 mois apparaît comme une bonne option compte tenu de leur croissance plus longue.

Du fait de leur croissance plus ou moins rapide, la puberté, ou maturité sexuelle, n'est pas atteinte pour le même poids selon la race bovine considérée. En effet, elle est rencontrée pour une valeur de poids vif correspondant à 40-45% du poids adulte chez la génisse Prim'Holstein, 40-45% du poids adulte chez la génisse Normande et 50% du poids adulte chez la génisse Montbéliarde (*Troccon, 1996; Le Cozler et al., 2008; Institut de l'Élevage et al., 2010*). Une génisse atteint la puberté quand elle ovule un ovocyte potentiellement fertile et certaines définitions stipulent également que cela devrait être accompagné de signes visuels d'œstrus (*Perry, 2012*). Il est important que cette puberté intervienne, selon les auteurs, entre 4 et 9 semaines avant la mise à la reproduction afin de permettre au tractus génital de se développer correctement (*Larson, 2007; Wathes et al., 2014*). Dans les élevages laitiers, lors de la mise à la reproduction, la génisse est inséminée.

Le tableau I résume l'effet de la race de la génisse sur l'âge au premier vêlage.

Tableau I : Effet de la race de la génisse sur l'âge au premier vêlage

Race des génisses	Âge de la puberté	Poids à la puberté	Âge au premier vêlage
Prim'Holstein	9-10 mois	250-280 kg (40-45% du poids adulte)	24 mois
Normande	11-12 mois	275-305 kg (40-45% du poids adulte)	24-36 mois
Montbéliarde	13-14 mois	320-350 kg (50% du poids adulte)	24-36 mois

b. Disponibilité en fourrages

i) Les constituants des aliments

Tous les aliments sont constitués des mêmes composants mais en proportion variable. Il s'agit de l'eau, des glucides, des lipides, des matières azotées et des matières minérales. Lors de la dessiccation d'un aliment, on obtient un résidu sec appelé matière sèche (MS). En d'autres termes, la matière sèche correspond à la matière brute de l'aliment à laquelle on a soustrait l'eau.

ii) Les fourrages

Les fourrages constituent la base de l'alimentation des herbivores. Ils sont constitués des tiges, des feuilles et de l'appareil reproducteur de différentes familles de plantes comme les Poacées ou graminées, les Fabacées ou légumineuses (Figures 1 et 2). Ce sont des aliments souvent riches en glucides pariétaux (Delteil, 2012). Les Fabacées présentent la caractéristique de fixer l'azote atmosphérique au niveau de leurs nodules localisés sur les racines. Ces nodosités sont le résultat d'une symbiose entre des bactéries fixatrices d'azote, les *Rhizobium*, et ces différentes espèces de Fabacées. Elles sont donc riches en azote.



Figure 1 : Quelques exemples de Poacées (de la gauche vers la droite : ray-grass anglais, fléole des prés) (d'après Pixabay)



Figure 2 : Quelques exemples de Fabacées (de la gauche vers la droite : trèfle blanc, trèfle violet, luzerne) (d'après Pixabay)

Selon le mode de conservation et la teneur en matière sèche, on distingue :

- Les fourrages verts (10 à 30% de MS) ;
- Les fourrages secs, c'est-à-dire foin et fourrages déshydratés (plus de 85% de MS) ;
- Les ensilages (15 à 40% de MS) ;
- Les enrubannages (40 à 70% de MS).

Les fourrages verts sont issus de prairies permanentes (non sélectionnées ou « délaissées »), de prairies temporaires (semées en graminée et légumineuse) ou de prairies artificielles (semées en légumineuse seule) (Ponter, 2016). L'herbe est broutée sur le terrain (c'est le pâturage) ou coupée pour être mangée fraîche à l'étable.

Les fourrages secs sont issus de procédés de conservation par voie sèche. Ces procédés s'appliquent essentiellement à l'herbe. L'objectif de ces procédés de conservation est d'obtenir pour l'aliment un taux de matière sèche supérieur à 85%. Ceci permet de bloquer le développement des bactéries et moisissures et assure ainsi une conservation possible

pendant plusieurs années (*Delteil, 2012*). Trois procédés sont à distinguer : la fenaison, la ventilation sous abri et la déshydratation. Les deux premiers procédés aboutissent à la formation de foin qui pourra être mangé en hiver, le troisième aboutit à la formation d'herbe déshydratée ou de luzerne déshydratée, etc., qui est commercialisée toute l'année.

L'ensilage est une technique de conservation des fourrages à l'état humide en anaérobiose avec développement de fermentations et acidification. En anaérobiose, les bactéries de putréfaction aérobies sont inhibées alors que le développement des bactéries lactiques est favorisé. Ceci conduit à la transformation des sucres présents en acide lactique ; s'ensuit une diminution du pH. Cette acidification permet une inhibition des bactéries de putréfaction anaérobies. Cette technique de conservation permet de valoriser les prairies temporaires extrêmement productives, donc compliquées à sécher pour en faire du foin, et les fourrages tels que le maïs fourrage qui ne sèche pas car sa tige est pleine et non creuse. Elle peut être utilisée sur les Poacées fourragères (ensilage d'herbe), les Fabacées fourragères (luzerne, trèfle violet), le maïs fourrage, le sorgho fourrage, les céréales immatures, les drèches de brasserie, les pulpes de betteraves surpressées, les pulpes (ou coproduits) de pommes de terre, etc.

En plus des fourrages, il est parfois nécessaire d'ajouter des aliments concentrés dans la ration alimentaire des herbivores. Les aliments concentrés se caractérisent tous par des teneurs en MS et en énergie élevées. Ceci est vrai pour les céréales (orge, avoine par exemple). Certains d'entre eux sont également riches en protéines, c'est le cas pour les graines de protéagineux (pois, féverole, lupin) et d'oléagineux (soja, colza, lin) et les coproduits (tourteaux, drèches).

iii) Effet de la disponibilité en fourrages

Concernant la disponibilité en fourrages, on distingue les zones de plaines et les zones de plaines herbagères et de montagnes.

Les zones de plaines sont essentiellement constituées de terres labourables. Ces terres labourables permettent d'obtenir des fourrages de bonne qualité comme de l'ensilage de maïs, de l'herbe, de bons pâturages, de bons foin. Les zones de plaines représentent 90% des surfaces en betterave, plantes industrielles, pommes de terre et pois et 80% des superficies en blé, maïs, orge et colza (*Bisault, 1999*).

La disponibilité en fourrages de bonne qualité dans les zones de plaines assure ainsi un gain de poids vif élevé, un développement rapide, une maturité sexuelle et un développement corporel précoce. Il est donc possible de viser un objectif de vêlage à 24 mois dans les zones de plaines.

A titre d'exemple, dans le Nord-Pas de Calais, plus de la moitié des exploitations du système « Polyculture-Polyélevage » ont une orientation élevage bovin laitier et polyculture (Figure 3). Dans ces élevages, 40% de la surface agricole est affecté à la production de fourrages, le reste est consacré aux céréales (*Dufossé, 2015*). Ces fourrages de bonne qualité permettent de viser un objectif de vêlage à 24 mois.

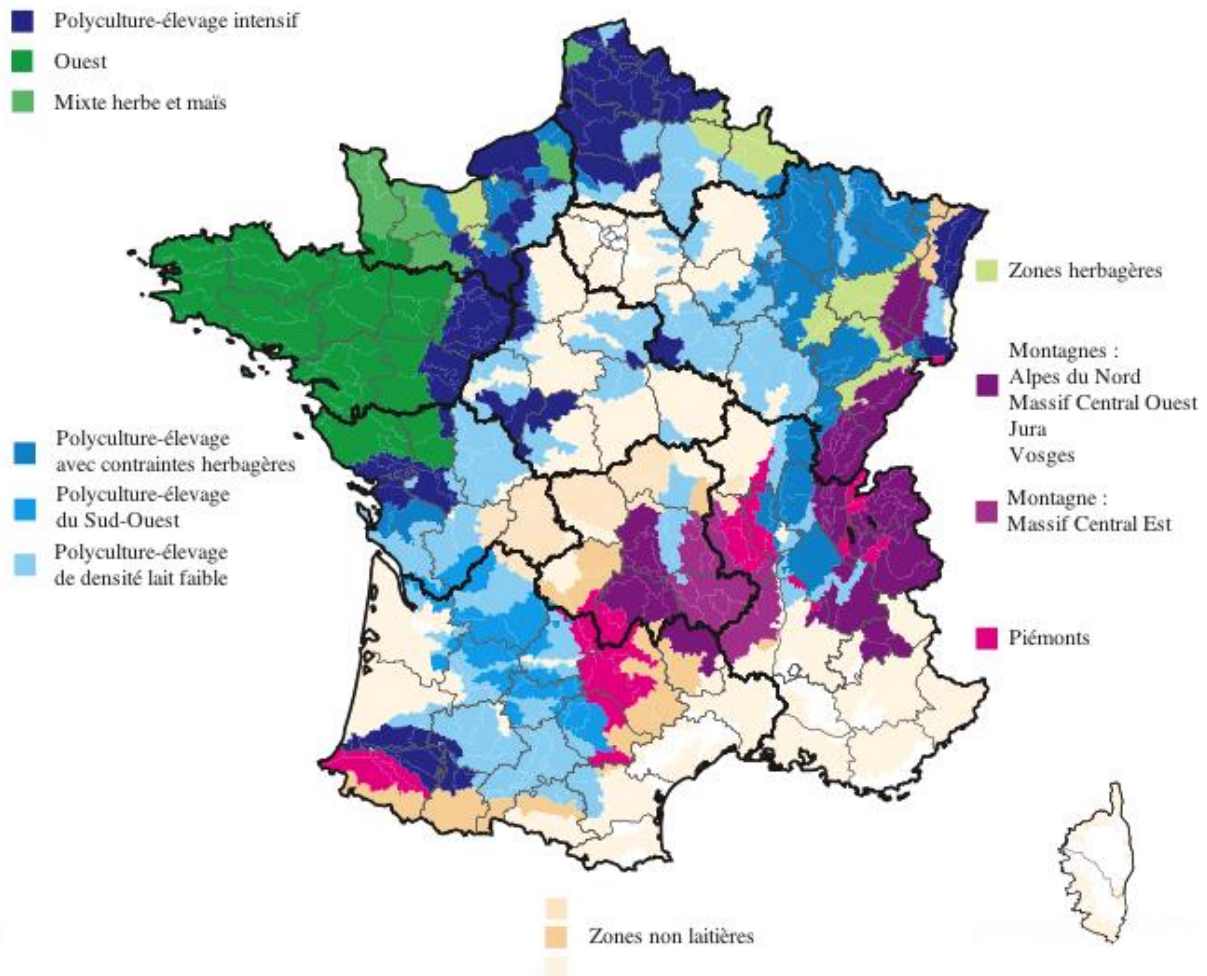


Figure 3 : Paysage laitier français (d'après Institut de l'Élevage, 2009)

Les zones de plaines herbagères et de montagne, plus extensives, sont essentiellement constituées de prairies permanentes. Ces prairies permanentes permettent d'obtenir des fourrages conservés, comme le foin ou l'ensilage, qui sont la plupart du temps de qualité moyenne. Ces zones dites « défavorisées » représentent 25% de la superficie en herbages (Bisault, 1999). Le manque de disponibilité en fourrages de bonne qualité, qui de plus peuvent être rationnés par souci d'économie, dans les zones de plaines herbagères et montagne ne permet pas un gain de poids vif rapide. Les vaches vèlent traditionnellement en hiver et les génisses ont donc un premier vêlage repoussé à 30-32 mois ou 34-36 mois en automne ou en hiver, en fonction de leur saison de naissance.

Le tableau II donne l'âge au premier vêlage des génisses laitières en fonction de la disponibilité en fourrages et de la saison de vêlage recherchée.

Tableau II : Âge au premier vêlage des génisses laitières en fonction de la disponibilité en fourrages, de la saison de naissance et de la saison de premier vêlage recherchée (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010)

Saison de naissance	Conditions de production fourragère	Saison de premier vêlage recherchée	Nombre de saison de pâturage	Âge au premier vêlage
Automne (août à novembre)	Présence de terres labourables dans la surface fourragère principale (SFP)	Automne	2	24-36 mois
	Très forte proportion de prairies permanentes dans la SFP	Automne	2	24-36 mois
			3	34-36 mois
Hiver (décembre à mars)	Présence de terres labourables dans la SFP	Automne	2	30-32 mois
	Très forte proportion de PP dans la SFP	Hiver	2 ou 3	34-36 mois

c. Effet de la répartition des périodes de mises-bas

i) Dans le cadre de vêlages groupés

Dans les entreprises agricoles mixtes pratiquant à la fois de l'élevage laitier et des cultures, il est recherché une séparation entre la période de vêlage et la période de culture fourragère. Les vêlages ont donc lieu à partir de la fin de l'été jusqu'au début de l'hiver. Pour ce qui est des génisses, elles mettent-bas généralement en automne, au début de la période de vêlage, de façon groupée, afin d'anticiper le décalage annuel des vêlages ultérieurs (qui est d'environ 1 mois par lactation). En effet, le temps entre le vêlage et la reprise du cycle est plus long chez les génisses que chez les vaches. Par conséquent, faire vêler les génisses plus tôt que les vaches adultes donne aux génisses le temps supplémentaire nécessaire pour retourner en période d'œstrus et être de nouveau cyclées au début de la saison de reproduction suivante (Larson, 2007). Afin de maintenir le schéma de vêlages saisonniers, nécessaire au bon fonctionnement de ces exploitations, il est indispensable que le premier vêlage ait lieu soit à 24 mois, soit à 36 mois. Il ne doit pas intervenir entre ces deux échéances car ceci provoquerait un décalage dans le rythme des vêlages.

ii) Dans le cadre de vêlages étalés

Plusieurs raisons peuvent motiver la pratique de vêlages étalés. L'une d'elle est économique. En effet, il est fréquent que les laiteries ajoutent une prime de régularité au paiement de leurs éleveurs pour que chaque mois ils livrent environ 1/12^{ème} de leur production annuelle afin de faire travailler l'outil industriel de façon continue et optimale. Le montant de cette prime varie entre 15 et 25 €/1000L de lait (*La France Agricole*, 2003; *FIDOCL Conseil Élevage*, 2014).

Une autre raison à l'étalement des vêlages est la charge de travail importante. C'est le cas, par exemple, lorsque l'on est en présence d'un troupeau de grande taille ou bien d'exploitations à main d'œuvre réduite pour une quantité de bovins importante. Un étalement des vêlages sera alors favorisé pour ne pas aboutir à des périodes combinant période à risque et surcharge de travail.

Les génisses vêlent alors toute l'année. Elles sont mises à la reproduction quand leur poids le permet (*Le Cozler et al.*, 2008) et on a une conduite en lots. On peut donc avoir de nombreuses possibilités pour l'âge au 1^{er} vêlage : il peut être inclus dans l'intervalle traditionnel de 24 à 36 mois mais il est tout aussi bien possible pour l'éleveur de viser un âge plus avancé comme 22 mois si sa pratique d'élevage le permet.

d. Influence de l'âge au premier vêlage sur les performances futures

i) Influence sur la production laitière

Il est essentiel de s'intéresser à la production laitière car c'est elle qui va déterminer la quantité de matière utile produite dans un élevage, et donc ses bénéfices. La plupart des études s'accordent concernant l'influence de l'âge au premier vêlage sur la production laitière.

Plusieurs auteurs se sont concentrés sur la performance en première lactation. Ils convergent pour dire qu'une diminution de l'âge au premier vêlage entraîne une diminution de la production laitière en première lactation (*Heinrichs, Vazquez-Anon*, 1993; *Abeni et al.*, 2000; *Pirlo et al.*, 2000; *Mohd Nor et al.*, 2013; *Hutchison et al.*, 2017).

D'un point de vue quantitatif, cette diminution de production laitière varie entre 100 kg (*Heinrichs, Vazquez-Anon*, 1993), 254 kg (*Pirlo et al.*, 2000) et 287 kg (*Mohd Nor et al.*, 2013)

de lait par vache lors du passage d'un âge au premier vêlage respectivement de 30 mois à 24 mois, de 29 mois à 24 mois et de 26 mois à 23 mois.

Cette diminution du rendement laitier chez les génisses à vêlage précoce est attribuée à leur poids moins élevé au moment de la mise-bas. Il existe peu d'études ayant évalué de façon systématique l'influence du poids vif sur la production laitière en 1^{ère} lactation. En effet, en raison d'installations ou de matériels limités, l'enregistrement du poids corporel n'est pas toujours possible. Néanmoins, plusieurs expériences ont montré une relation positive entre le poids vif au premier vêlage et le rendement laitier en première lactation (*Lin et al.*, 1988; *Sejrsen et al.*, 2000; *Le Cozler et al.*, 2008) tant que ce poids ne dépasse pas 660 kg (*Grummer et al.*, 1995). En ce qui concerne les lactations suivantes (i.e. lactations 2, 3, etc.), le poids corporel au 1^{er} vêlage ne semble pas avoir d'influence sur le rendement laitier (*Dawson, Carson*, 2004; *Macdonald et al.*, 2005).

La tendance récente est de mettre davantage l'accent sur la performance au cours de la vie entière car elle présente un avantage économique et environnemental plus important en réduisant le nombre de génisses de remplacement et donc le besoin d'en élever de nouvelles (*Wathes et al.*, 2014).

De la même façon, il est admis qu'une diminution de l'âge au 1^{er} vêlage entraîne une augmentation de la production totale de lait par vache au cours de la vie entière (*Troccon*, 1996; *Wathes et al.*, 2008; *Cooke et al.*, 2013; *Froidmont et al.*, 2013; *Hutchison et al.*, 2017). D'un point de vue quantitatif, cette augmentation serait d'environ 3000 kg de lait par vache au cours de la vie entière pour un passage de 31 à 20 mois d'âge au premier vêlage (*Hutchison et al.*, 2017). Ceci s'explique par le fait qu'avec un vêlage plus précoce, on écourte la période non productive.

En divisant cette production laitière par vache au cours de la vie entière par l'âge de la vache (en jour), on obtient la production laitière par jour de vie. C'est un bon critère de rentabilité d'une exploitation laitière. Cette production est augmentée de 3 kg de lait par jour de vie et par vache pour une passage de 30 à 23 mois d'âge au premier vêlage (*Cooke et al.*, 2013).

Par ailleurs, quelques rapports ont signalé qu'une diminution de l'âge au 1^{er} vêlage chez les génisses laitières ne réduisait pas les rendements laitiers en 1^{ère} lactation.

En effet, dans une étude rétrospective de 2011, la production laitière en 1^{ère} lactation ainsi que l'âge au 1^{er} vêlage de génisses nées entre 1979 et 1997 ont été analysés. Les génisses ont

été divisées en 3 groupes selon leur date de naissance : le groupe 1 est composé de génisses nées entre 1979 et 1986 ; le groupe 2 de génisses nées entre 1987 et 1991 ; et le groupe 3 de génisses nées entre 1992 et 1997.

Dans le 1^{er} groupe, il a été mis en évidence que la production laitière augmente à mesure que l'âge au premier vêlage augmente. Ceci concorde avec les résultats précédents. Cependant, aucune corrélation n'a été trouvée entre la production laitière et l'âge au premier vêlage dans les deux groupes suivants. Les auteurs ont donc émis l'hypothèse qu'un vêlage précoce n'est pas préjudiciable lors de la 1^{ère} lactation pour les génisses laitières récentes uniquement (nées après 1987) (*Sakaguchi, 2011*). Plusieurs autres études corroborent ces résultats en ne montrant pas de différence significative dans la production de lait en fonction de l'âge au premier vêlage (*Cooke et al., 2013; Krpálková et al., 2014*) ou en rapportant seulement une différence lorsque l'âge au premier vêlage est inférieur à 23 mois (*Ettema, Santos, 2004*).

En conclusion, une diminution de l'âge au 1^{er} vêlage semble réduire la production laitière en 1^{ère} lactation, du fait d'un poids vif moindre. Cependant, opter pour un âge au vêlage plus précoce augmente la production laitière au cours de la vie entière de la vache.

Par ailleurs, certaines études récentes ne rapportent aucune corrélation entre l'âge au 1^{er} vêlage et le rendement laitier en première lactation chez les génisses actuelles.

ii) Influence sur les taux laitiers

Les taux laitiers correspondent à la matière grasse (taux butyreux ou TB) et à la matière protéique (taux protéique ou TP) du lait. Leur valeur de référence est respectivement 38 g/L et 32 g/L. En-deçà de ces valeurs, une pénalité est attribuée à l'éleveur alors qu'il recevra une prime s'il livre un lait avec des taux supérieurs aux valeurs de référence. On comprend donc l'intérêt des chercheurs concernant ce point. Pourtant, il n'est pas facile de dégager un consensus à propos de l'influence de l'âge au 1^{er} vêlage sur ces taux laitiers.

Il est parfois considéré qu'un âge au 1^{er} vêlage plus précoce entraîne une diminution du taux butyreux et du taux protéique du lait en première lactation (*Hoffman et al., 1996; Ettema, Santos, 2004; Hutchison et al., 2017*) tandis que d'autres études estiment que c'est un âge au premier vêlage tardif qui est à l'origine d'une diminution des taux laitiers (*Abeni et*

al., 2000), que le taux butyreux seul diminue en cas d'âge au premier vêlage précoce (*Pirlo et al.*, 2000) ou même que le taux butyreux est maximal pour un âge au premier vêlage de 24 mois (*Nilforooshan, Edriss*, 2004).

En conclusion, il n'existe pas de réel consensus concernant l'influence de l'âge au premier vêlage sur les taux laitiers.

iii) Influence sur la survie dans l'élevage

La grande majorité des auteurs s'accorde à dire que la survie au sein de l'élevage diminue au fur et à mesure que l'âge au premier vêlage augmente (*Evans et al.*, 2006; *Berry, Cromie*, 2009; *Bach*, 2011; *Cooke et al.*, 2013; *Sherwin et al.*, 2016). Selon eux, l'âge au premier vêlage correspondant à une survie maximale est compris entre 21 (*Bach*, 2011) et 26 mois (*Evans et al.*, 2006).

Les causes principales de cette diminution de survie sont l'infertilité, les mammites, les problèmes au vêlage, la faible production laitière (*Cooke et al.*, 2013) ou un écart trop important du vêlage par rapport au reste du troupeau dans le cadre de vêlages saisonniers (*Berry, Cromie*, 2009).

Seule une étude ne semble pas trouver de corrélation entre l'âge au premier vêlage et la survie au sein du troupeau (*Chirinos et al.*, 2007) tant que cet âge au premier vêlage est inférieur à 31 mois. Dans le cas contraire, les auteurs rapportent une diminution de la survie.

En conclusion, une diminution de l'âge au premier vêlage semble être corrélée à une survie plus importante au sein du troupeau.

iv) Influence sur la mortinatalité

La mortinatalité est définie comme l'obtention d'un veau né à terme mais mort pendant ou juste après le vêlage avant de recevoir du colostrum ou d'être déplacé en niche individuelle.

Les études disponibles affirment qu'il existe une corrélation négative entre l'âge au premier vêlage et la mortinatalité (*Ettema, Santos*, 2004; *Cooke et al.*, 2013; *Hutchison et al.*,

2017). En effet, plus l'âge au vêlage diminue, plus la mortinatalité augmente. Son taux de prévalence varie, selon les auteurs, entre 19,8% (*Ettema, Santos, 2004*) et 23% (*Cooke et al., 2013*) pour des vêlages inférieurs à 23 mois ; et entre 13,5% (*Ettema, Santos, 2004*) et 18% (*Cooke et al., 2013*) pour des vêlages respectivement supérieurs à 25 mois et 31 mois.

Ces valeurs sont nettement supérieures à celles que l'on retrouve en France pour la race Prim'Holstein. En effet, la mortinatalité concernait 5% des veaux français en 2010 (*PHF, 2012*). Elle apparaît donc plus importante aux États-Unis qu'en France. Ce constat ne s'explique pas par une cause génétique (*Cole et al., 2007*). Toutefois, des conditions d'élevage différentes pourraient en être à l'origine. Se pose alors la question de l'adaptabilité de ces résultats, obtenus lors d'études américaines, sur le cheptel français.

Par ailleurs, il semblerait que les génisses ayant un âge au vêlage précoce soient associées à une mortinatalité plus faible lors du deuxième vêlage (*Cooke et al., 2013*). En effet, lors du deuxième vêlage, les auteurs rapportent une incidence de mortinatalité de 0 à 7% pour des premiers vêlages inférieurs à 23 mois contre 13 à 50% pour des premiers vêlages supérieurs à 30 mois.

En conclusion, la mortinatalité augmente lorsque l'âge au premier vêlage diminue dans le cadre d'études américaines.

En revanche, il semblerait que la mortinatalité soit plus faible lors du deuxième vêlage dans le cas d'un premier vêlage précoce.

v) Influence sur la difficulté au vêlage

Une dystocie se définit comme une mise-bas qui a, ou aurait, nécessité une intervention extérieure. Étudier son lien avec l'âge au premier vêlage est crucial puisqu'une dystocie peut conduire à une perte de la production laitière, une diminution de la fertilité (*Dobson et al., 2008*), une augmentation des maladies puerpérales (*Villeval, 2012*) pour la mère et une augmentation de la mortinatalité et de la morbidité pour le veau (*Rice, 1994*).

Il apparaît difficile de donner un consensus concernant l'influence de l'âge au 1^{er} vêlage sur les dystocies. En effet, certains auteurs considèrent que l'âge au premier vêlage n'influence pas la difficulté au vêlage (*Thompson et al., 1983; Berry, Cromie, 2009*) avec des études regroupant des âges au premier vêlage compris entre 22 et 38 mois ; alors que d'autres

affirment qu'un âge au premier vêlage bas améliore la facilité au vêlage (*Cutullic et al., 2009; Hutchison et al., 2017*) avec des articles comprenant des âges au premier vêlage entre 18 et 36 mois.

En conclusion, il n'existe pas de consensus concernant l'influence de l'âge au premier vêlage sur la difficulté au vêlage.

vi) Influence sur le taux de conception en première insémination post-partum

Le taux de conception est défini comme le nombre de gestations confirmées 35 jours ou plus après l'insémination divisé par le nombre total de vaches inséminées pour une intervention ou une période donnée. Le taux de conception correspond donc à la probabilité qu'à une vache inséminée de devenir gestante. Le taux réel de conception est généralement plus élevé, mais il ne peut pas être observé en raison du fort taux de mortalité embryonnaire précédant l'examen de surveillance de gestation (*Ferguson, Galligan, 2003*). La première insémination post-partum correspond à l'insémination artificielle qui a lieu lors de la reprise du cycle ovarien de la vache après la fin de la gestation.

Explorer le lien entre la reproduction et l'âge au premier vêlage est fondamental puisque que les paramètres liés à la reproduction peuvent être déterminants pour l'ensemble de la vie productive de la vache et être à l'origine de 30 à 50 % des réformes de vaches Holstein (*Gardner et al., 1988; Troccon, Petit, 1989*).

Toutefois, peu d'articles sont disponibles et ne permettent pas de dégager d'idée générale concernant l'influence de l'âge au 1^{er} vêlage sur le taux de conception. En effet, deux études indiquent que le taux de conception augmente lorsque l'âge au 1^{er} vêlage diminue (*Ettema, Santos, 2004; Hutchison et al., 2017*) alors qu'un autre affirme que l'âge au 1^{er} vêlage n'influence pas le taux de conception (*Sakaguchi, 2011; Cooke et al., 2013*).

En conclusion, il n'existe pas de consensus concernant l'influence de l'âge au premier vêlage sur le taux de conception en première insémination post-partum.

vii) Influence sur les profits de l'exploitation laitière

Il semble important de s'intéresser à l'influence de l'âge au premier vêlage sur les profits de l'exploitation laitière. En effet, aussi utile que semble être une diminution de l'âge au premier vêlage, sur le rendement laitier et la survie dans l'élevage notamment, elle ne peut être réalisée que si elle est viable économiquement.

En conséquence, plusieurs auteurs ont suivi cette viabilité en calculant les coûts et les revenus d'une exploitation en fonction de l'âge au premier vêlage. Le calcul des coûts prenait en compte l'alimentation, les frais vétérinaires, les salaires, les frais d'inséminations, la mortalité (adultes et nouveau-nés), l'intervalle vêlage-insémination artificielle fécondante et les coûts fixes (loyers, assurances, etc.). Le calcul des revenus prenait en compte la production laitière, les taux laitiers, la valeur du veau nouveau-né et de la génisse adulte.

Un grand nombre d'auteurs conclut qu'un âge au premier vêlage compris entre 22 et 24 mois est optimal pour la rentabilité d'une exploitation (*Pirlo et al.*, 2000; *Ettema, Santos*, 2004; *Nilforooshan, Edriss*, 2004; *Do et al.*, 2013; *Wathes et al.*, 2014; *Hutchison et al.*, 2017). Certains affirment même qu'il est plus profitable de diminuer l'âge au premier vêlage à 20,5 mois (*Mourits et al.*, 2000).

Concernant l'aspect quantitatif de ces profits il est très difficile de comparer les rapports entre eux car les valeurs sont très variables. Une étude montre que le profit sur la vie entière de la vache passe de 626,7 € à 2036,6 € lorsque l'âge au premier vêlage diminue de 32,8 à 22,3 mois (*Do et al.*, 2013) ; tandis qu'une autre affirme qu'une diminution de l'âge au premier vêlage de 24 à 22 mois permettrait d'économiser 129 € en coûts d'élevage et de gagner 204,72 € de revenus par génisse, soit un profit de 333,72 € supplémentaire par génisse pour un passage de l'âge au premier vêlage de 24 à 22 mois.

Cette variabilité peut être facilement expliquée par les différents contextes dans lesquels ont été réalisées les multiples études. En effet, la grille de paiement du lait n'est pas la même selon le pays de l'étude : alors qu'un litre de lait est payé 22 centimes aux États-Unis en 2004, il sera payé 35 centimes en Italie en 2000 et 76 centimes en Corée en 2013 (*Lan*, 2017).

Afin de se rapprocher du modèle français, une étude italienne peut être analysée (*Pirlo et al.*, 2000). Dans cet article, les auteurs ont suivi l'effet de la variation de l'âge au premier vêlage sur les revenus liés à la production laitière et sur les coûts d'élevage. Ils ont noté que pour un âge au premier vêlage de 26 mois, les revenus liés à la production laitière compensent

les coûts d'élevage. Ils ont donc représenté l'écart, par rapport à un premier vêlage à 26 mois, des revenus liés à la production laitière (en orange, figures 4, 5 et 6) et des coûts d'élevage (en gris, figures 4, 5 et 6) en fonction de l'âge au premier vêlage (Figures 4, 5 et 6).

La figure 4 représente cet écart pour un lait payé 0,347 centime/kg et pour des coûts d'élevage correspondant à ceux calculés par Pirlo (*Pirlo, 1997*). Concernant le revenu laitier, on constate que celui-ci augmente au fur et à mesure que l'âge au premier vêlage augmente. Ceci est lié au fait que la production laitière augmente lorsque l'âge au premier vêlage augmente. Comme plus de lait est produit, le revenu laitier augmente. Ce résultat est donc en adéquation avec les résultats présentés précédemment concernant l'influence de l'âge au premier vêlage sur la production laitière. Concernant les coûts d'élevage, on constate qu'ils augmentent lorsque l'âge au premier vêlage augmente.

Afin de connaître les profits, il convient de calculer la différence entre le revenu laitier et les coûts d'élevage. Cette différence est représentée en bleu sur les figures 4, 5 et 6. On constate qu'une réduction de l'âge au premier vêlage de 26 à 24 et 22 mois conduit à une augmentation des profits respectivement de 40,77 et 36,1 euros par génisse. A l'inverse, repousser l'âge au premier vêlage après 26 mois conduit à une diminution des profits puisque les coûts d'élevage dépassent le revenu laitier.

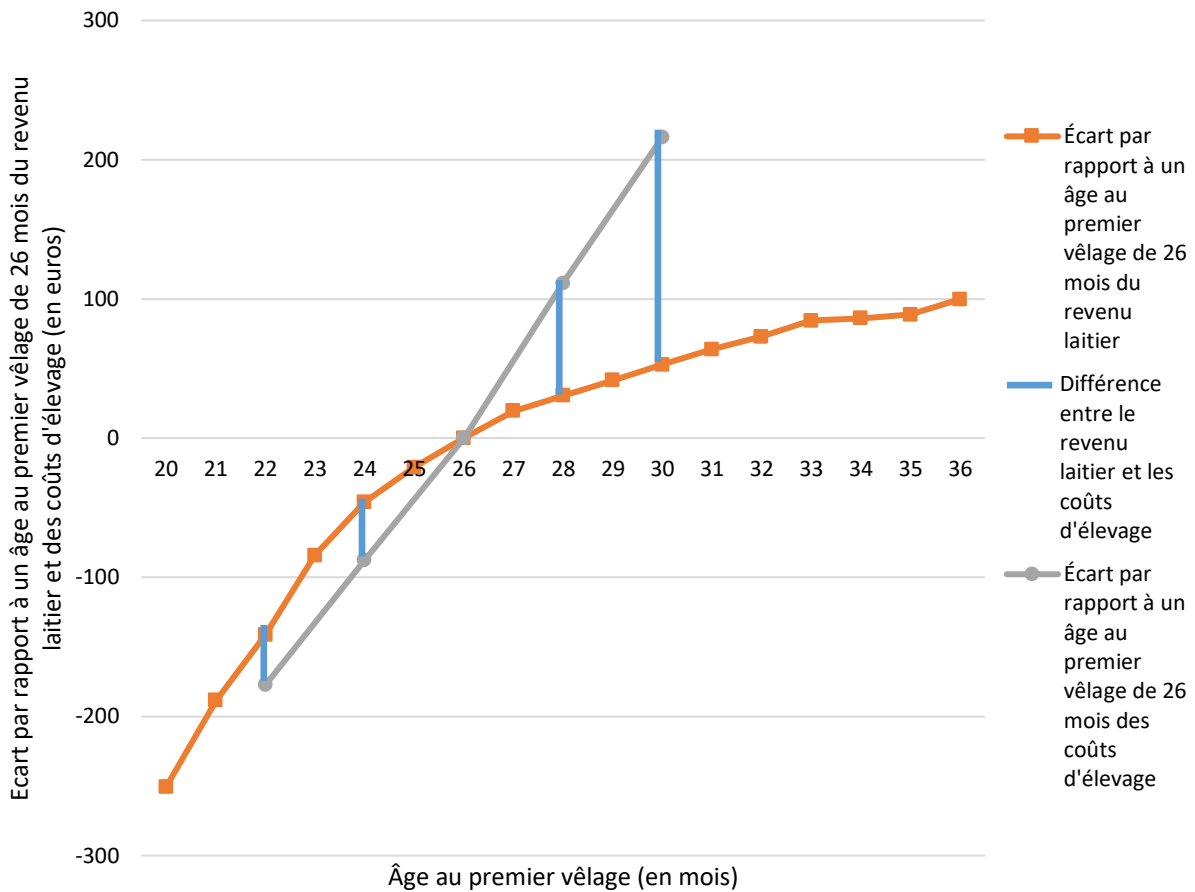


Figure 4 : Écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier et des coûts d'élevage en fonction de l'âge au premier vêlage. Les valeurs correspondent à un prix du lait de 0,347 centimes/kilogramme et des coûts d'élevage correspondant à ceux calculés par Pirlo (Pirlo, 1997) (d'après Pirlo et al., 2000)

Par la suite, les auteurs se sont intéressés à l'impact d'une variation du prix du lait (Figure 5) et des coûts d'élevage (Figure 6) sur les écarts par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier et des coûts d'élevage en fonction de l'âge au premier vêlage.

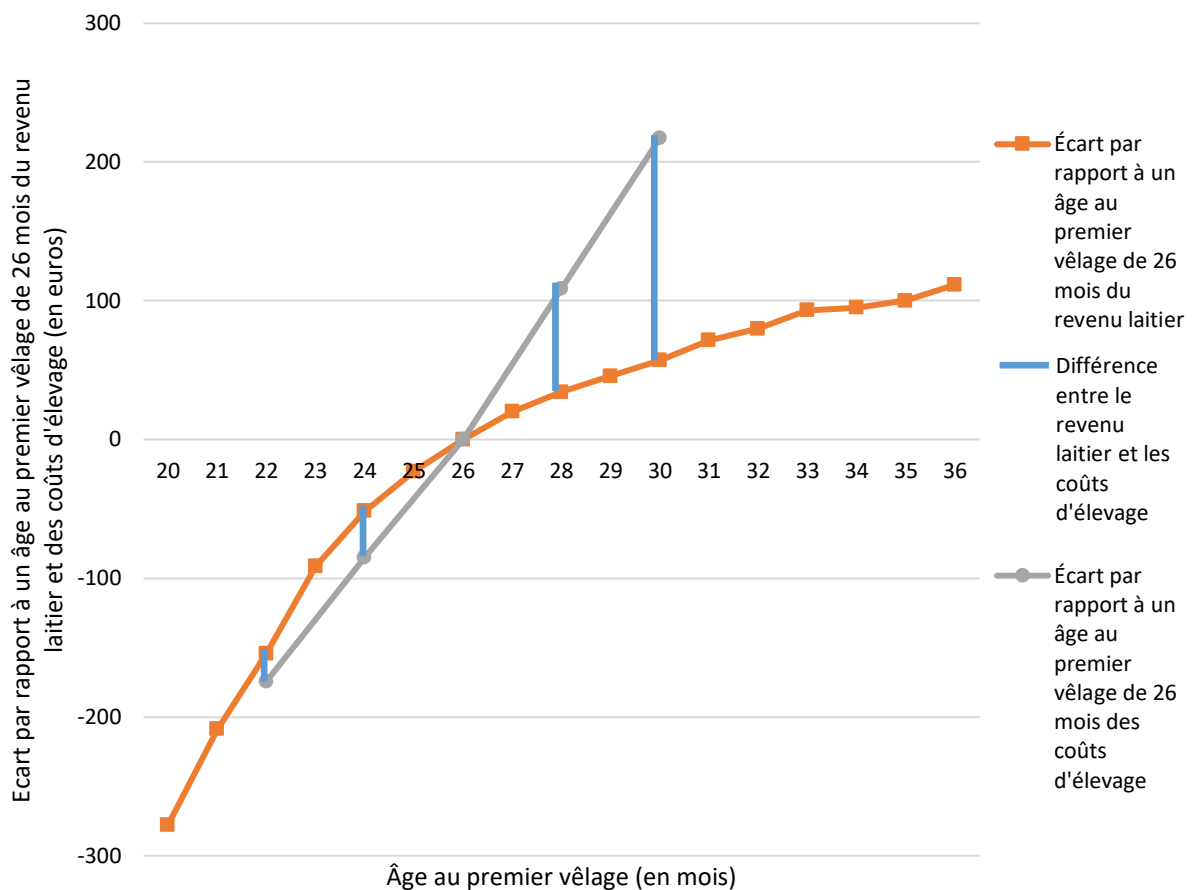


Figure 5 : Écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier et des coûts d'élevage en fonction de l'âge au premier vêlage. Les valeurs correspondent à un prix du lait de 0,386 centimes/kilogramme et des coûts d'élevage correspondant à ceux de Pirlo (Pirlo, 1997) (d'après Pirlo et al., 2000)

Dans la figure 5, le lait est payé 0,386 centimes/kg tandis que les coûts d'élevage correspondent toujours à ceux calculés par Pirlo. On constate que les profits, pour une réduction de l'âge au premier vêlage en dessous de 26 mois sont moindres que pour un lait payé 0,347 centimes/kg. En effet, ils sont respectivement de 35,7 et 20,63 euros par génisse pour un âge au premier vêlage de 24 et 22 mois. De façon plus imagée, on constate en comparant l'aspect des courbes d'écart du revenu laitier que plus le prix du lait diminue, plus la courbe se rapproche de l'axe des abscisses, tend vers l'horizontale. On comprend donc que, pour des coûts d'élevage identiques, lorsque le prix du lait diminue, il est plus profitable d'avoir un âge au premier vêlage compris entre 22 et 24 mois.

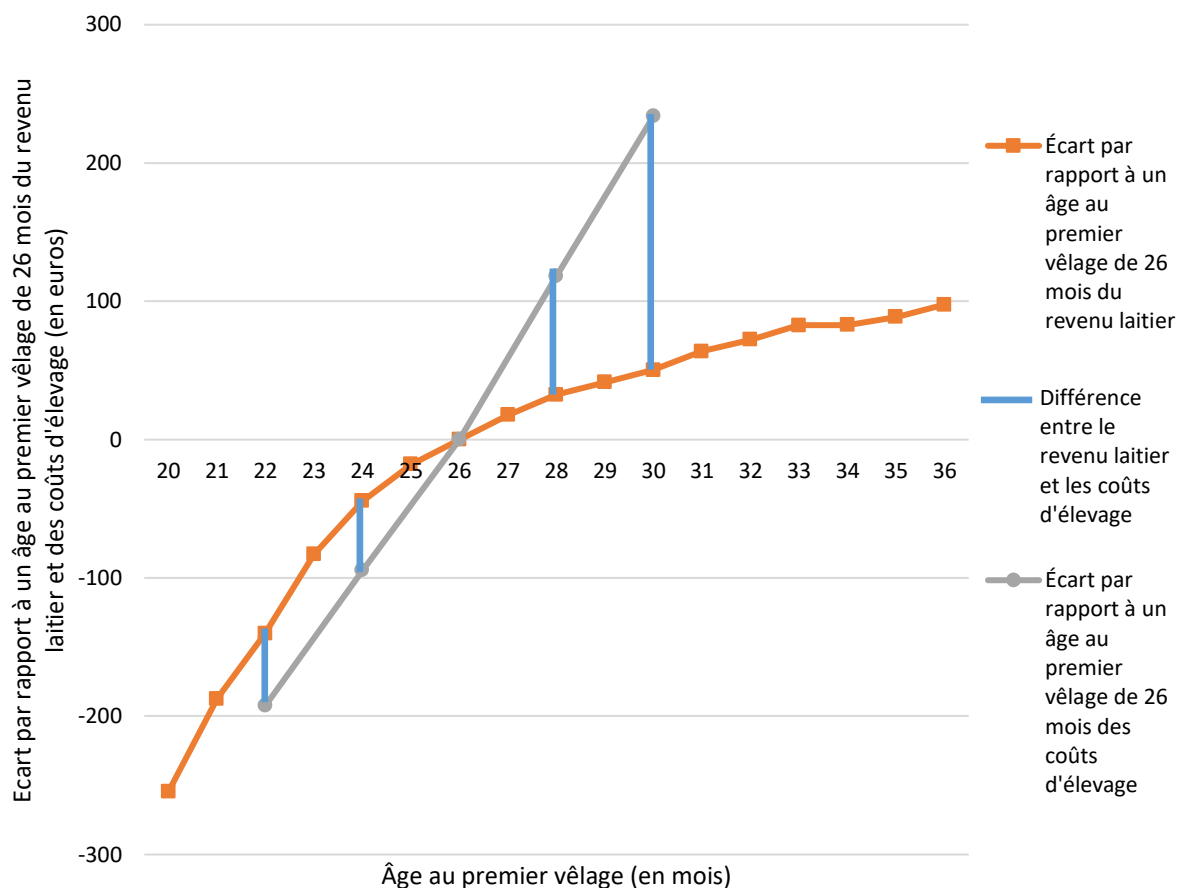


Figure 6 : Écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier et des coûts d'élevage en fonction de l'âge au premier vêlage. Les valeurs correspondent à un prix du lait de 0,347 centimes/kilogramme et des coûts d'élevage correspondant à 110% des coûts calculés par Pirlo (Pirlo, 1997) (d'après Pirlo et al., 2000)

Dans la figure 6, le lait est payé 0,347 centimes/kg tandis que les coûts d'élevage correspondent à 110% des coûts calculés par Pirlo. On constate qu'une réduction de l'âge au premier vêlage de 26 à 24 et 22 mois conduit à une augmentation des profits respectivement de 49,65 et 53,2 euros par génisse. De façon plus imagée, on constate en comparant l'aspect des courbes d'écart des coûts d'élevage que plus les coûts d'élevage augmentent, plus la courbe tend vers la verticale. On comprend donc que, pour un prix du lait identique, lorsque les coûts d'élevages augmentent, il est plus profitable d'avoir un âge au premier vêlage compris entre 22 et 24 mois.

Pour revenir au modèle français, intéressons-nous au prix du lait et aux coûts d'élevage actuels. Le prix pour un lait standard est aujourd'hui d'environ 0,300 centimes/kg en France ; tandis qu'il est justifié de penser que l'inflation a conduit à une augmentation des coûts d'élevage par rapport à l'année 2000. Pour faire un parallèle avec les graphiques de Pirlo,

actuellement la courbe d'écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois du revenu laitier se rapproche plus de l'axe des abscisses que celle correspondant à un prix du lait de 0,347 centimes/kilogramme. De plus, la courbe d'écart par rapport à un âge au premier vêlage de 26 mois des coûts d'élevage tend plus vers la verticale. En conséquence, la différence entre le revenu laitier et les coûts d'élevage est plus importante. On comprend donc, dans le contexte actuel en France, qu'il est plus profitable d'avoir un âge au premier vêlage compris entre 22 et 24 mois.

Néanmoins, cette approche économique d'un âge au premier vêlage inférieur à 24 mois est à nuancer car elle ne peut être envisagée que dans les exploitations réalisant des vêlages toute l'année. Si au contraire, on considère les élevages dans lesquels les vêlages sont saisonniers, l'optimum économique reste le vêlage à un âge de 24 mois. En effet, celui-ci permet justement de maintenir le schéma de vêlage saisonnier et n'induit pas de décalage comme ce serait le cas si l'âge au premier vêlage était inférieur à 24 mois (*Wathes et al., 2014*).

En conclusion, selon les différentes études, l'âge au premier vêlage permettant de maximiser les profits d'une exploitation semble être compris entre 22 et 24 mois. En réalité, celui-ci dépend beaucoup du contexte économique. Certains facteurs comme le prix du lait et les coûts d'élevage peuvent faire varier les profits de façon importante.

3- Objectifs de poids vifs au premier vêlage et taux de croissance

a. Objectifs de poids vifs

Les effets alimentaires varient selon la tranche d'âge. À partir du sevrage, on peut généralement diviser les phases de croissance en plusieurs périodes : du sevrage à la puberté, de la puberté à la fécondation et enfin pendant la première gestation (*Wathes et al., 2014*). A chaque période correspond son objectif de poids, on a vu que la puberté se manifeste pour un poids compris entre 40 et 45% du poids vif à l'âge adulte ou poids mature. On aura comme objectif de poids pour la fécondation 55 à 60% du poids mature, un poids avant vêlage de 85-90% et un poids post vêlage de 80-85% du poids adulte (*Institut de l'Élevage et al., 2010*). Le National Research Council, quant à lui, est plus précis et annonce un poids pour la fécondation de 55% du poids mature et 82% du poids adulte pour le poids post 1^{er} vêlage (*National Research Council, 2000*).

Afin d'atteindre ce but de pourcentage de poids vifs à l'âge adulte et tenir l'objectif d'âge au 1^{er} vêlage fixé, il est nécessaire de mettre en place un programme d'alimentation qui va permettre un gain de poids suffisant. Ainsi, la croissance sera plus soutenue pour un vêlage précoce que pour un vêlage plus tardif pour lequel on disposera de plus de temps pour obtenir les mêmes niveaux de poids vifs. On parlera de Gain Moyen Quotidien (GMQ, en grammes/jour ou kg/jour) pour caractériser cette croissance.

b. Point sur le poids mature

Les différents modèles de croissance des génisses laitières font appel au concept de poids mature (PM) ou poids vif à l'âge adulte. On comprend donc que des estimations précises du poids adulte sont nécessaires pour des prévisions précises des besoins.

Ce poids mature correspond au poids d'une vache après son troisième vêlage. Il n'est donc connu qu'à partir de 4 ans pour un premier vêlage à 2 ans et à partir de 5 ans pour un premier vêlage à 3 ans.

Le poids adulte des bovins laitiers varie de 400 kg pour les races de petite taille à plus de 800 kg pour les races de grande taille (*National Research Council, 2000*).

A titre d'exemple, le poids mature pour les vaches de race Prim'Holstein au Québec est en moyenne de 710 kg. Ceci implique un poids à la fécondation (environ 15 mois) compris entre 390 et 426 kg ; et un poids au premier vêlage (environ 24 mois) compris entre 570 et 630 kg (*Duplessis et al., 2015*).

Pour connaître l'estimation du poids mature à viser pour les génisses, on utilise le poids vif moyen des vaches adultes présentes dans l'élevage. On peut aussi recourir au poids de carcasse des animaux ayant fini leur lactation et étant reformés. En effet, il est possible d'estimer un poids vif à partir d'un poids de carcasse. Le tableau III donne le rendement en carcasse froide pour les races Prim'Holstein, Montbéliarde et Normande.

Tableau III : Rendement en carcasse froide pour différentes races laitières (en pourcentage) (d'après Institut de l'Élevage et al., 2013)

Race	Poids de carcasse froide		
	Autour de 250 kg	Autour de 300 kg	Autour de 350 kg
Prim'Holstein	44,5	45,5	46,2
Montbéliarde	45,5	46,5	47,2
Normande	46,5	47,5	48,2

Ainsi, il convient de calculer le poids moyen de carcasse froide d'animaux réformés en troisième lactation ou plus et en bonne santé. Le poids de carcasse froide est obtenu à partir des bordereaux d'abattoir des 2 à 3 dernières années. Ensuite, on peut estimer le poids vif en divisant la valeur du poids moyen de carcasse froide par la valeur du tableau correspondante. Par exemple, pour un poids moyen de carcasse observé de 300 kg en race Prim'Holstein, le poids vif mature estimé sera de $300 / 0,455$ soit 659 kg.

Certains auteurs remettent aujourd'hui en cause ce concept de poids mature (*Bach, Ahedo, 2008*). Leur principal argument est le fait que le véritable poids mature n'est connu pour une génisse qu'à partir de 4 ans après que la génisse soit mise à la reproduction. Ils considèrent que le poids mature estimé à partir des vaches matures de l'élevage est trop approximatif et que la base génétique d'un troupeau pourrait changer pendant cette période relativement longue.

Une alternative proposée est de fixer un objectif de sélection en fonction du poids corporel aux premiers stades de la vie. Plus concrètement, les auteurs proposent pour des génisses qui pèsent moins de 180 kg à 5,5 mois, une mise à la reproduction lorsqu'elles atteignent 360 kg ; et pour des génisses qui pèsent plus de 180 kg à 5,5 mois, une mise à la reproduction lorsqu'elles atteignent 420 kg.

Cette alternative a pour but de réduire le temps de rétention des animaux avant la première insémination et réduire le risque que les génisses de petit gabarit accumulent des graisses et compromettent peut-être leur production laitière ultérieure.

c. Influence des taux de croissance sur les performances ultérieures

i) Lors de la croissance pré-pubère

Il a été longtemps admis qu'une augmentation du taux de croissance due à un niveau d'alimentation élevé entre la période de sevrage et l'apparition de la puberté peut réduire la croissance mammaire pubertaire et réduire le potentiel de production laitière (*Sejrsen, Purup, 1997; Sejrsen et al., 2000*) si une croissance rapide s'accompagne d'une augmentation de la masse grasse.

En réalité, très peu d'études ont effectivement examiné l'impact de la nutrition sur, à la fois, le développement de la glande mammaire en période pré-pubertaire et le rendement laitier qui en découle. Généralement, l'un ou l'autre aspect a été évalué en supposant que les deux sont liés (*Lohakare et al., 2012*).

Plusieurs auteurs s'accordent à dire qu'une croissance élevée avant la puberté entraîne une augmentation de la quantité de lipides dans la mamelle et diminue le développement du parenchyme mammaire (*Capuco et al., 1995; Sejrsen et al., 2000; Davis Rincker et al., 2008; Akins, 2016; Weller et al., 2016*).

Le parenchyme mammaire est le constituant principal du corps de la mamelle. Il est formé d'un parenchyme conjonctif, et du parenchyme glandulaire proprement dit. Le parenchyme conjonctif correspond à la charpente qui soutient la mamelle. Le parenchyme glandulaire est composé de cellules glandulaires qui s'associent en acini ou alvéoles mammaires. Chaque acinus est entouré de quelques cellules myo-épithéliales, qui sous l'action de l'ocytocine, se contractent et permettent l'éjection du lait dans les canaux. On comprend donc pourquoi la

plupart des auteurs a considéré qu'il existait un lien entre le développement du parenchyme mammaire et la production laitière ultérieure.

Pourtant, nombreux sont les auteurs qui ne trouvent pas de différence dans le développement du parenchyme mammaire en fonction de la vitesse de croissance (*Radcliff et al.*, 1997; 2000; *Meyer, Van Amburgh*, 2005; *Daniels et al.*, 2009).

La production laitière seule a aussi été étudiée en fonction du taux de croissance en période pré-pubère. Il semble difficile de dégager un consensus concernant ce point. En effet, comme dit précédemment, certains auteurs affirment qu'une croissance élevée supérieure à 700 grammes/jour (g/j) avant la puberté diminue le rendement laitier (*Lammers et al.*, 1999; *Sejrsen et al.*, 2000; *Radcliff et al.*, 2000). Cependant, de nombreux articles contredisent cette hypothèse avec une croissance comprise entre 700 et 1200 g/j n'affectant pas la production laitière subséquente (*Troccon, Petit*, 1989; *Troccon*, 1996; *Pirlo*, 1997; *Van Amburgh et al.*, 1998; *Macdonald et al.*, 2005; *Bach, Ahedo*, 2008; *Heinrichs et al.*, 2017).

Une hypothèse pour expliquer ces différences de résultats peut provenir de l'échantillonnage réalisé dans ces différentes études. En effet, certains auteurs ont signalé que les génisses à fort potentiel laitier semblent moins sensibles à un régime alimentaire élevé. Les génisses Holstein modernes pourraient alors atteindre un taux de croissance avant la puberté plus élevé que par le passé, sans effets délétères significatifs importants (*Zanton, Heinrichs*, 2005).

Par ailleurs, il est important de ne pas tomber dans l'excès inverse en ayant des taux de croissance trop faibles. En effet, pour des GMQ inférieurs à 250 g/j ou 340 g/j, selon les auteurs, la fertilité des génisses est significativement dégradée (*Leaver*, 1977; *Baishya et al.*, 1982).

En conclusion, il est difficile de dégager un consensus concernant l'effet du taux de croissance en période pré-pubère sur les performances ultérieures. Le développement du parenchyme mammaire semble diminuer lors de taux de croissance élevés mais ceci ne pénalise pas forcément le rendement laitier. Il semblerait que les génisses à fort potentiel laitier soient moins sensibles à un régime alimentaire élevé.

ii) Lors de la croissance post-pubère

Les différents articles semblent s'accorder sur le fait que la croissance en période post-pubère n'influence pas le développement du parenchyme mammaire (*Sejrsen et al.*, 1982; 2000; *Dawson, Carson*, 2004).

Concernant la production laitière, elle s'avère être accrue lors de l'augmentation des taux de croissance en période post-pubère (*Troccon, Petit*, 1989; *Troccon*, 1996; *Macdonald et al.*, 2005).

On peut expliquer cet accroissement de production laitière par une augmentation du poids au vêlage, elle-même due à une augmentation des taux de croissance.

Cependant, cette hausse de la production laitière semble avoir des limites. En effet, il est rapporté par plusieurs auteurs qu'au-delà d'un certain seuil de croissance, l'augmentation de production laitière cesse. Selon les articles, ce seuil varie entre 800 et 1120 g/j de gain moyen quotidien (*Troccon, Petit*, 1989; *Troccon*, 1996; *Le Cozler et al.*, 2008; *Akins*, 2016). Or, plus le GMQ visé est élevé, plus il faudra apporter un aliment riche, donc onéreux. On comprend donc qu'avoir un GMQ au-delà de 800 à 1120 g/j en période post-pubère ne présente pas d'intérêt économique. En effet, l'augmentation des coûts d'alimentation engendrée n'est pas compensée par une augmentation de la production laitière.

Cette hausse de production laitière suite à l'augmentation des taux de croissance n'a pas été mise en évidence par tous les auteurs (*Lacasse et al.*, 1993; *Sejrsen et al.*, 2000).

À mesure que les génisses atteignent la maturité, le taux de dépôt de tissus maigres diminue tandis que le taux de dépôt adipeux augmente (Figure 7). Les génisses peuvent rapidement devenir obèses, même avec des fourrages de qualité moyenne à volonté ou si les régimes à haute teneur en énergie ne sont pas limités de manière appropriée. L'excès de dépôt de tissu adipeux au cours de cette période entraîne des effets négatifs sur les génisses lorsqu'elles passent en lactation. Des génisses trop grasses au vêlage s'accompagnent de problèmes métaboliques accrus (*Grummer et al.*, 1995) et de dystocies (*Hoffman et al.*, 1996). Une note d'état corporel compris entre 3 et 3,5 est souhaitée au vêlage. Une grille de notation d'état corporel est donnée en annexe (Annexe 1).

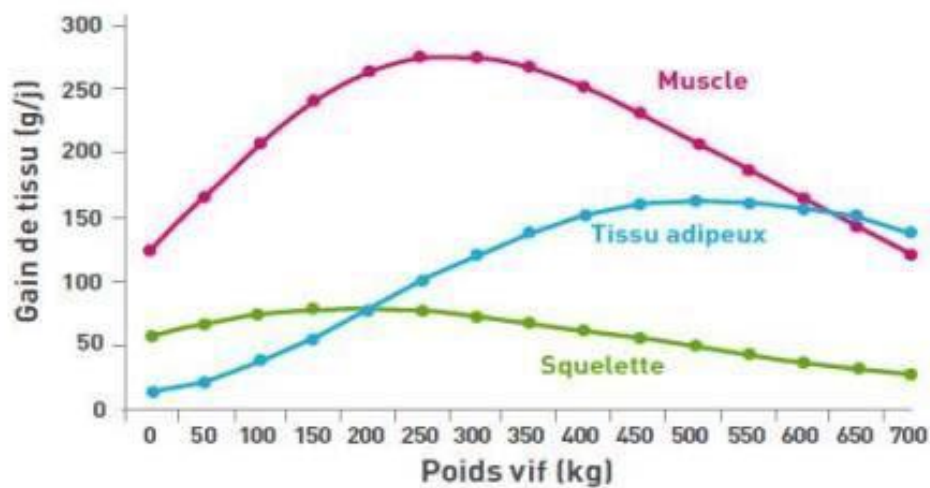


Figure 7 : Évolution de la vitesse de croissance des différents tissus en fonction de l'âge de la génisse

En conclusion, la croissance en période post-pubère ne semble pas influencer le développement du parenchyme mammaire. Concernant la production laitière, il semble important de maintenir un bon taux de croissance de la puberté au premier vêlage. Cependant, il y a peu d'intérêt à avoir un taux de croissance très élevé car il n'y a pas d'augmentation de la production laitière pour compenser l'augmentation des coûts d'alimentation. De plus, une augmentation à outrance du taux de croissance au cours de cette période peut conduire à un engraissement excessif des génisses préjudiciable lors de leur passage en lactation.

d. Objectifs de croissance

i) Modèle National Research Council

• Terminologie

Dans le guide National Research Council de 2001, plusieurs termes sont utilisés pour des animaux en croissance.

Alors que dans le guide précédant, tous les calculs avaient été effectués sur la base du poids corporel total ou poids vif (PV), dans cette publication, le terme de poids corporel réduit (PVR) est également utilisé. Ce terme permet une meilleure description des fonctions biologiques que la seule dépendance au poids vif. Le PVR, qui est défini comme 96% du PV, est équivalent au poids d'un animal après un jeûne durant la nuit sans nourriture ni eau. Il est utilisé pour déterminer le gain de poids moyen quotidien réduit (GMQR).

• Calcul des taux de croissance

Le calcul des taux de croissance est basé sur les équations suivantes. Il repose sur la connaissance du PVR mature.

$$\text{Poids lors de la mise à la reproduction} = \text{PVR mature} \times 0,55$$

$$\hat{\text{Age lors de la fécondation}} = \hat{\text{Age au premier vêlage}} - 280$$

GMQR avant la fécondation

$$= \frac{\text{Poids lors de la mise à la reproduction} - \text{PVR au sevrage}}{\hat{\text{Age lors de la fécondation}} - \hat{\text{Age au sevrage}}}$$

$$\text{Poids après le premier vêlage} = \text{PVR mature} \times 0,82$$

GMQR après la fécondation

$$= \frac{\text{Poids après le premier vêlage} - \text{Poids lors de la mise à la reproduction}}{280}$$

- Exemple

Afin de s'assurer de la viabilité de ces équations, il apparaît utile de les confronter à quelques valeurs de poids mature, d'âge au premier vêlage, d'âge au sevrage et de poids au sevrage que l'on peut retrouver sur le terrain.

Testons donc ces équations pour un poids mature de 650 kg, un âge au premier vêlage de 24 mois soit 730 jours, un âge au sevrage de 10 semaines soit 70 jours et un poids au sevrage de 100 kg.

$$PVR \text{ mature} = PV \text{ mature} \times 0,96 = 650 \times 0,96 = 624 \text{ kg}$$

$$Poids \text{ lors de la mise à la reproduction} = 624 \times 0,55 = 343,2 \text{ kg}$$

$$\hat{A}ge \text{ lors de la fécondation} = 730 - 280 = 450 \text{ jours}$$

$$GMQR \text{ avant la fécondation} = \frac{343,2 - 100}{450 - 70} = 0,64 \text{ kg/j}$$

$$Poids \text{ après le premier vêlage} = 624 \times 0,82 = 511,68 \text{ kg}$$

$$GMQR \text{ après la fécondation} = \frac{511,68 - 343,2}{280} = 0,60 \text{ kg/j}$$

Ainsi, ce modèle semble donner des poids cibles et des taux de croissance dans les fourchettes suggérées par les recherches récentes sur les bovins Holstein.

ii) Modèle INRA

- Assurer une bonne croissance jusqu'à 6 mois

Comme on a pu le voir dans la figure 7, la croissance des différents tissus varie au cours du temps et du poids de la génisse. Entre le sevrage et 6 mois, la croissance des tissus musculaires et osseux est la plus élevée alors que celle du tissu adipeux est la plus faible. Ceci correspond dans la figure 7 à un poids compris entre 80 et 210 kg. Du sevrage à 6 mois, il est donc important de maintenir une croissance élevée de 900 g/j pour obtenir un développement adulte optimal. Tout retard de croissance sur cette période sera difficile à rattraper. En conséquence, quel que soit l'âge au premier vêlage visé, on conseillera d'avoir un objectif de poids à 6 mois de 30% du poids adulte (*Institut de l'Élevage et al.*, 2010).

- Modérer la croissance autour de la puberté

Comme il a été dit précédemment, l'apparition de la puberté dépend plus du poids et donc du développement de la génisse que de son âge. Elle intervient lorsque la génisse a atteint, selon sa race, 40 à 50% de son poids adulte. L'INRA considère qu'une croissance trop forte autour de la puberté peut entraîner un dépôt adipeux trop élevé dans la mamelle et diminuer la production de lait ultérieure. En conséquence, une croissance modérée autour de la puberté avec une surveillance de l'état d'engraissement est préconisée.

Pour des vêlages précoces à 2 ans, on recommandera un gain moyen quotidien régulier de 750 g/j à partir de 6 mois d'âge et ce jusqu'aux quatre derniers mois de gestation (i.e. 21 mois). En revanche, pour des vêlages tardifs à 3 ans, il est plutôt conseillé d'avoir un gain moyen quotidien diminuant progressivement de 600 g/j à 400 g/j de 6 mois jusqu'aux quatre derniers mois de gestation (i.e. 32 mois).

- Assurer une bonne croissance en fin de gestation

Lors des trois derniers mois de gestation, on estime que la moitié du GMQ est destinée au veau. On comprend donc l'importance d'une bonne croissance. Celle-ci ne doit être ni trop faible, ni trop forte car l'un ou l'autre entraînerait des difficultés autour du vêlage ou de l'infertilité.

Sur cette période, le GMQ visé sera de 850 g/j pour un vêlage à 2 ans et de 750 g/j pour un vêlage à 3 ans.

La figure suivante résume le GMQ en fonction de l'âge de la génisse pour un 1^{er} vêlage à 24 mois (en orange, figure 8) et 36 mois (en bleu, figure 8).

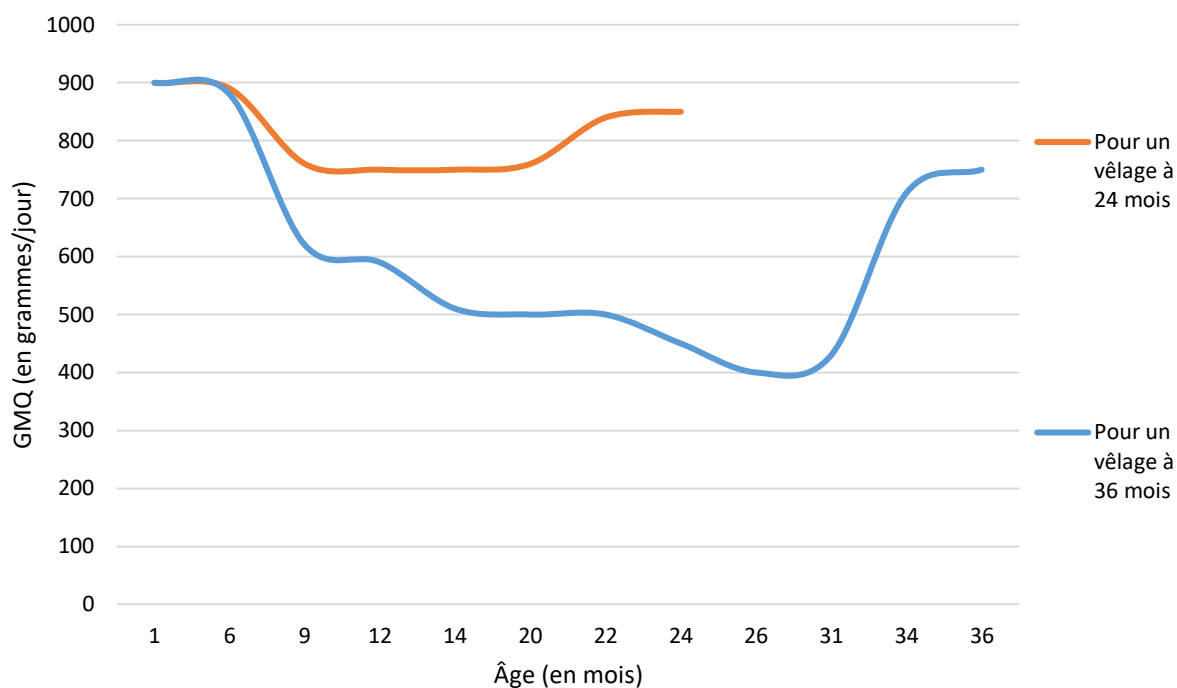


Figure 8 : GMQ (en grammes/jour) en fonction de l'âge de la génisse (en mois) pour un premier vêlage à 24 mois (en orange) et 36 mois (en bleu)

Il faut aussi garder en tête que la croissance de la génisse n'est pas terminée à l'issue de la première gestation. Une prise de poids de 30 à 80 kg est encore nécessaire afin d'arriver au poids mature.

Le tableau IV présente les objectifs de poids à atteindre à différents âges de la génisse selon l'âge au premier vêlage choisi. Les poids peuvent être utilisés pour toutes les races laitières (Prim'Holstein, Normande, Montbéliarde).

Tableau IV : Objectifs de poids à atteindre à différents âges de la génisse selon l'âge au premier vêlage choisi (d'après Institut de l'Élevage, 2010; 2013). Les valeurs des colonnes « poids vif » ont été calculées à partir d'animaux ayant un poids adulte de 700kg. Les poids peuvent être utilisés pour toutes les races. IA : insémination artificielle. Entre parenthèses, la plage des valeurs acceptables par âge type

Âge (en mois)	Vêlage à 2 ans		Vêlage à 3 ans	
	% du poids adulte	Poids vif (en kg)	% du poids adulte	Poids vif (en kg)
6	30	210 (190 – 220)	30	210 (190 – 220)
12	50	340 (310 – 360)	43	300 (275 – 325)
15	55-60 (IA)	420 (380 – 440)		
24	90 avant vêlage 80 après vêlage	630 (620 – 650) 560 (550 – 580)		
27			75 (IA)	525 (500 – 550)
36			95 avant vêlage 85 après vêlage	665 (650 – 680) 595 (570 – 610)

4- Utiliser la croissance compensatrice

a) Définitions

La croissance des génisses est susceptible d'être modifiée au cours de la période d'élevage. De ce fait, des périodes de croissance lente (associées à des restrictions alimentaires) peuvent être suivies de périodes de croissance rapide (associées à une réalimentation), tant que la nourriture est adaptée en conséquence. Cette faculté est appelée « croissance compensatrice ». Elle s'exprime mieux chez les génisses entre 12 et 18 mois d'âge car elles disposent d'un potentiel de croissance plus important (*Institut de l'Élevage et al., 2013*) et ne doit pas intervenir avant l'âge de 3 mois chez les races laitières (*Institut National de la Recherche Agronomique, 2010*). Elle se distingue par une ingestion plus forte et une meilleure valorisation des nutriments (*Institut de l'Élevage et al., 2010*), c'est à dire une efficacité alimentaire plus importante.

L'efficacité alimentaire se définit comme le rapport entre la consommation alimentaire et la production (*Korver, 1988; Pryce et al., 2014*). Concernant les génisses en croissance, la production correspond uniquement à la prise de poids puisqu'elles ne produisent pas encore de lait. L'efficacité alimentaire sera donc calculée à partir de la formule suivante :

$$\text{Efficacité alimentaire} = \frac{\text{Quantité d'aliment ingérée (en kg/j)}}{\text{GMQ (en kg/j)}}$$

Du sevrage au premier vêlage, l'efficacité alimentaire passe de 3 à 15 (*Jones et al., 2012*). À titre d'exemple, une efficacité alimentaire de 10 pour une génisse signifie qu'une ingestion de 10 kg d'aliment par jour conduira à un GMQ de 1 kg/j.

L'amélioration de l'efficacité alimentaire suscite beaucoup d'intérêt car elle permet de réduire les apports d'aliments, et donc de diminuer leur coût, mais aussi de limiter la production de fumier (*Akins, 2016*).

b) Impact de la croissance compensatrice

Afin de mieux explorer la croissance compensatrice, une approche en escalier a été étudiée dans plusieurs articles. Celle-ci alterne des périodes de restriction de croissance d'environ 20 % à 40 % en dessous des quantités d'énergie recommandées suivies d'une réalimentation utilisant 20 % à 30 % de plus que recommandé.

Par exemple, Ford et Park (2001) ont testé un régime en trois étapes (une étape correspondant à une période de restriction suivie d'une période de réalimentation) entre six mois et le premier vêlage chez les génisses laitières (Figure 9).

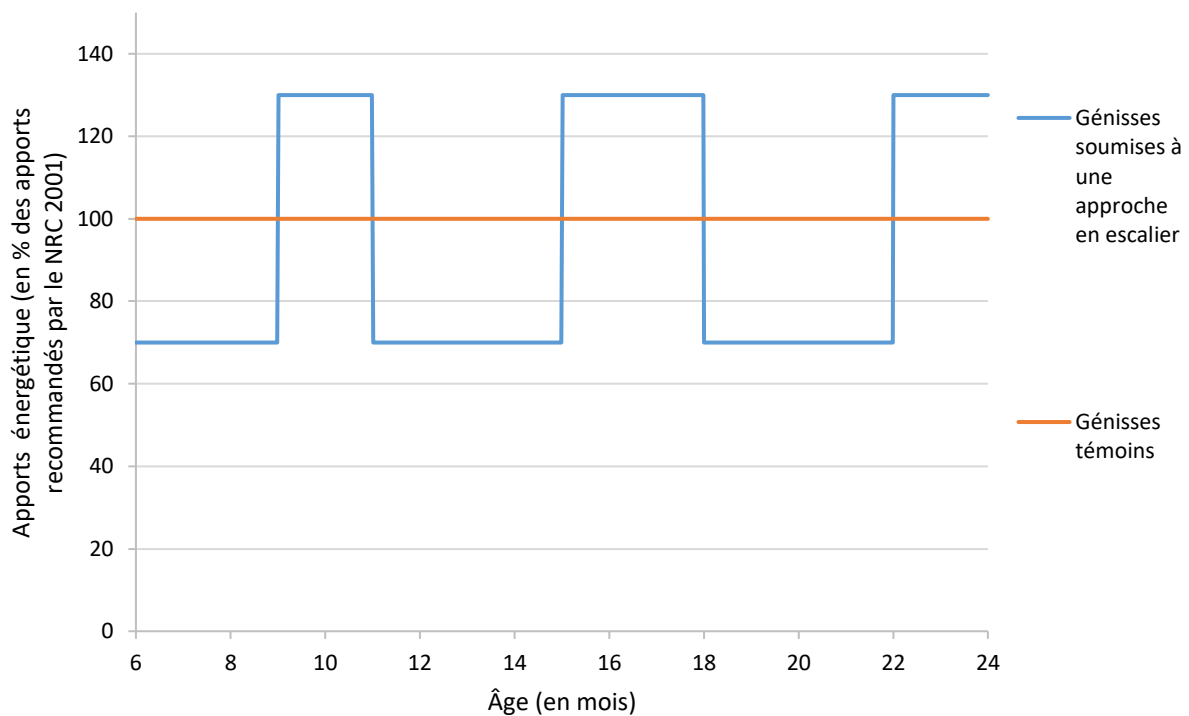


Figure 9 : Variations de l'apport énergétique en fonction de l'âge chez des génisses soumises à un apport énergétique en escalier et chez des génisses témoins ayant un apport énergétique constant correspondant à 100 % des apports recommandés par le National Research Council 2001. L'apport protéique reste constant pendant toute la période expérimentale quelle que soit la génisse et correspond à 100 % des apports recommandés par le National Research Council 2001 (d'après Ford, Park, 2001)

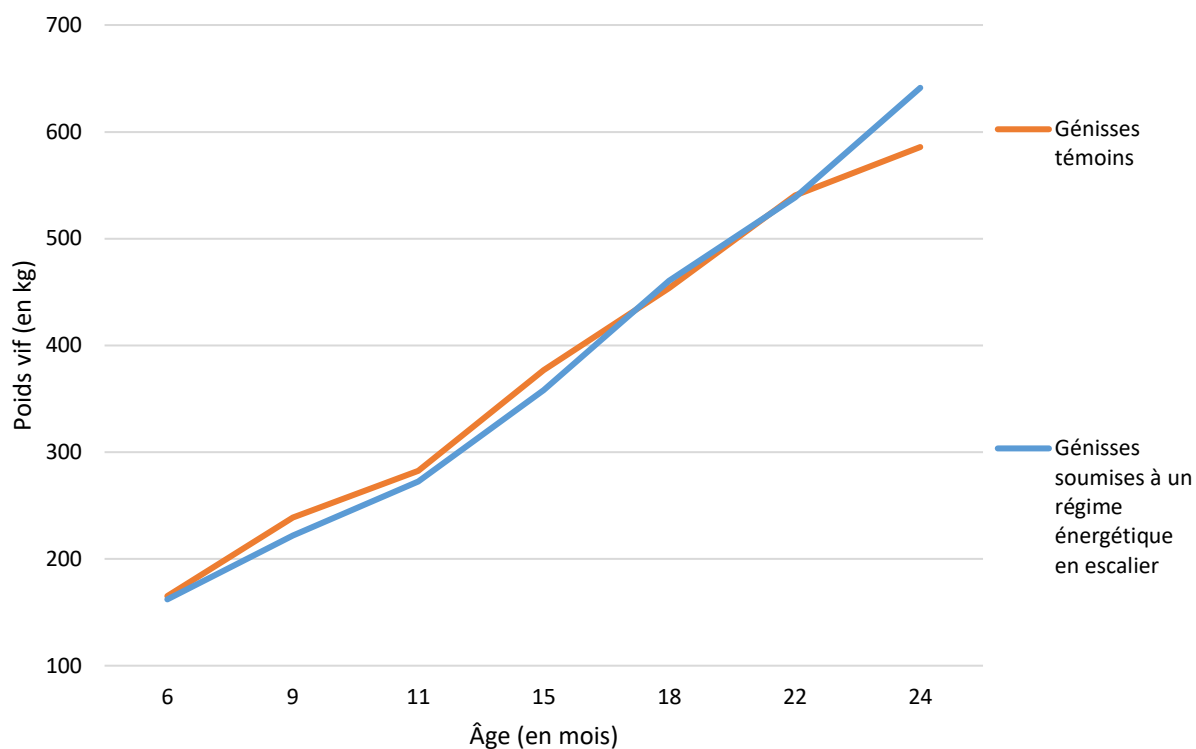


Figure 10 : Évolution du poids vif en fonction de l'âge pour des génisses soumises à un apport énergétique en escalier et pour des génisses témoins nourries avec un apport énergétique constant (d'après Ford, Park, 2001)

Les résultats ont indiqué que la croissance compensatrice permettait d'atteindre un poids au 1^{er} vêlage équivalent ou même supérieur à celui des génisses témoins (Figure 10). Ceci est permis par une amélioration de l'efficacité alimentaire qui passe de 14 pour les génisses témoins à 10 pour les génisses nourries avec un régime en escalier. Par ailleurs, le développement mammaire et la production de lait dans les 1^{ère} et 2^{ème} lactations sont favorisés par la croissance compensatrice (Ford, Park, 2001). Choi et al. ont aussi expérimenté un rationnement en 3 étapes entre six mois et le 1^{er} vêlage. Ils ont également conclu que les génisses nourries avec un régime de croissance en escalier ont amélioré leur efficacité alimentaire par rapport aux génisses témoins (Choi et al., 1997).

Tout ceci semble très théorique mais peut avoir un intérêt pratique. En effet, une faible croissance pendant l'hiver (donc en stabulation) peut être compensée par une croissance importante au printemps (au pâturage, s'il est de qualité suffisante). On pourra alors avoir un GMQ de 600 g/j en hiver et de 1000 g/j au printemps. A l'inverse, une croissance élevée en hiver de l'ordre de 700 à 800 g/j ne permettra, dans les mêmes conditions de pâturage, qu'une croissance plus modérée de 700 à 800 g/j au printemps (Institut de l'Élevage et al., 2013). Il est conseillé de ne pas descendre en dessous d'un GMQ de 400 g/j pour ne pas pénaliser le format adulte de la vache laitière (Institut de l'Élevage et al., 2010).

D'un point de vue économique, l'usage de la croissance compensatrice permet de diminuer les coûts alimentaires en stabulation pendant l'hiver (distribution de fourrages de valeur alimentaire modeste avec peu ou pas de concentré) et de valoriser un pâturage bien conduit (fourrages de bonne valeur alimentaire sans concentré). Il convient donc d'établir une définition de pâturage bien conduit. Or, certaines notions, nécessaires à une bonne compréhension, étant abordées plus tard dans cette thèse, la caractérisation d'un pâturage correctement dirigé sera réalisée ultérieurement.

c) Alternatives à la croissance compensatrice

Plusieurs alternatives à l'utilisation de la croissance compensatrice existent. Force est de constater que bien qu'aboutissant à des résultats prometteurs, l'approche d'une croissance compensatrice en 3 étapes est parfois compliquée à mettre en place pour des éleveurs. Afin de rendre sa réalisation plus aisée, nous allons maintenant nous concentrer sur une alimentation limitée en 1 étape.

Cette alimentation limitée consiste à contrôler l'ingestion d'une ration plus énergétique et plus riche en protéines mais donnée en moindre quantité, afin de maximiser l'utilisation des nutriments, donc améliorer l'efficacité alimentaire, et de minimiser les risques de surpoids (*Lohakare et al., 2012*). Le fait de limiter l'alimentation des génisses à la quantité d'énergie nécessaire améliore considérablement ces deux objectifs. A contrario, un régime alimentaire ad libitum entraîne une diminution de l'efficacité alimentaire et parfois un excès de poids et de condition physique si le régime n'est pas correctement équilibré (*Akins, 2016*).

De nombreuses études ont prouvé qu'une alimentation limitée améliore l'efficacité d'utilisation des nutriments (et donc l'efficacité alimentaire) (*Hoffman et al., 2007; Zanton, Heinrichs, 2008; Zanton, Heinrichs, 2010; 2016; Zhang et al., 2018*) tant que l'ingestion de MS ne passe pas en-dessous de 1,5 % du poids vif (*Zanton, Heinrichs, 2008*). En conséquence, elle diminue la production de fumier (*Hill et al., 2007; Hoffman et al., 2007; Zanton, Heinrichs, 2010; 2016*) et de méthane (*Hegarty et al., 2007; Basarab et al., 2013; Knapp et al., 2014*).

Par ailleurs, elle n'influence ni négativement ni positivement la production laitière (*Hoffman et al., 2007; Janovick, Drackley, 2010; Kruse et al., 2010; Zanton, Heinrichs, 2010*).

Une des craintes concernant l'alimentation limitée est qu'elle ait des effets négatifs sur le volume de rumen. Or, il est essentiel que la capacité ruminale reste importante afin de

permettre à la future vache laitière d'ingérer de grandes quantités d'aliments. Cependant, Kruse et ses collègues n'ont trouvé aucune différence dans le volume du rumen entre des génisses nourries avec des régimes à volonté et des génisses limitées à 85% ou 80% des apports ad libitum (Kruse et al., 2010).

De plus, cette alternative ne semble pas agir sur les paramètres placentaires et le poids du veau nouveau-né lorsqu'elle est mise en place pendant la gestation (Spiegler et al., 2014).

Enfin, les résultats indiquent que limiter l'alimentation des génisses augmente leur motivation à accéder à un aliment pauvre en nutriments, peut-être en raison du manque de satiété résultant du manque de remplissage physique (Greter et al., 2015).

Néanmoins, le coût d'utilisation d'une stratégie d'alimentation limitée doit être pris en compte car le régime alimentaire peut contenir des ingrédients achetés supplémentaires (sources d'énergie et de protéines) entraînant une augmentation du coût des aliments. Habituellement, à mesure que la densité nutritive d'une ration donnée augmente, son coût par kilogramme augmente également. On s'attend donc à ce que 1 kg des rations d'alimentation limitée, avec une densité nutritionnelle supérieure à la ration témoin, soit plus onéreux que celui d'une ration ordinaire. Dans ce cas, le système à alimentation limitée n'est économique que si l'augmentation du coût de la ration est compensée par la diminution prévue de la consommation de matière sèche. Toutefois, ce raisonnement ne tient pas compte de l'abaissement important de l'excrétion de phosphore et d'azote dans l'environnement que la limitation de l'alimentation exerce (par diminution de la production de fumier), ni de l'avantage de réduire le risque d'engraissement trop important des génisses (Bach, Ahedo, 2008).

Enfin, l'application d'un modèle d'alimentation limitée doit être effectuée avec certaines précautions. En effet, après avoir été nourris avec un régime alimentaire limité, les animaux ont un comportement alimentaire agressif, 80 % des aliments étant consommés en 1 à 2 heures (Hoffman, 2015). Une poussée doit être effectuée dans l'heure qui suit, de sorte que les génisses ne luttent pas contre le cornadis pour accéder à la nourriture, ce qui pourrait provoquer une augmentation des éraflures aux épaules et une usure des onglons antérieurs internes. Aussi, il est important de disposer de suffisamment de place dans les cornadis lors d'une alimentation limitée, afin de s'assurer que toutes les génisses puissent manger en même temps. Si l'espace disponible est insuffisant, les génisses soumises peuvent avoir des apports plus faibles et un gain de poids insuffisant (Akins, 2016).

Une alimentation limitée de régimes plus énergétiques constitue une alternative viable aux systèmes traditionnels d'alimentation des génisses à haute teneur en fourrage lorsque les conditions environnementales ou économiques favorisent ces systèmes.

Une autre option pour nourrir les génisses d'élevage et éviter le surpoids est d'utiliser des fourrages de faible valeur nutritive et ayant une teneur plus élevée en fibres. Cette teneur est mesurée en NDF pour Neutral Detergent Fiber. Le fait de se servir de régimes alimentaires riches en fibres peut réduire l'apport alimentaire ad libitum car les génisses ont une limite d'absorption de NDF d'environ 1% du poids corporel (*Hoffman, Kester, 2012*). Plusieurs alternatives de fourrage qui contrôlent le surpoids sont exploitables mais peuvent entraîner une réduction de l'efficacité alimentaire. Il s'agit, par exemple, de la paille ou de fourrages plus matures (*Coblentz et al., 2015; Akins, 2016*).

5- Choisir une courbe de croissance

En associant les objectifs de poids à atteindre (tableau IV), les objectifs de taux de croissance (Figure 8) et les résultats obtenus sur la croissance compensatrice (partie précédente), il est possible de tracer des courbes de croissance types. Celles-ci sont représentées dans la figure 11 pour un poids à l'âge adulte de 700 kg et des vêlages saisonniers intervenant en automne. En vert sont représentées les périodes de pâturage. Comme on peut le constater, celles-ci autorisent, dans le cadre d'une utilisation de la croissance compensatrice, des GMQ plus importants (pente de la courbe plus importante) que les périodes de stabulation (non colorées sur le graphique).

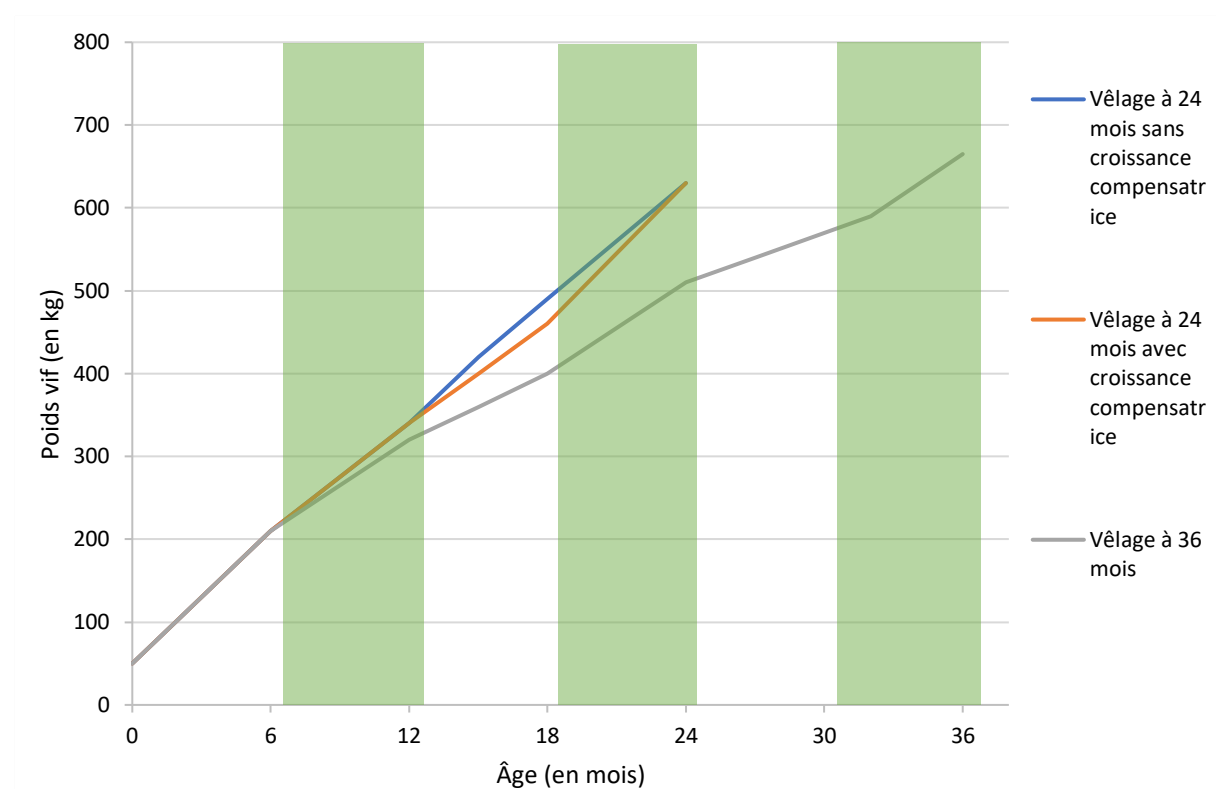


Figure 11 : Courbes de croissance des génisses depuis la naissance jusqu'au 1er vêlage, pour un poids à l'âge adulte de 700 kg

Ces courbes ne sont pas figées et peuvent être différentes selon les élevages, en fonction de la qualité, de la disponibilité des fourrages et du poids à l'âge adulte des animaux de l'élevage. Le tableau IV restera donc la référence sur laquelle un éleveur pourra se baser afin de comparer les poids de ses génisses avec les poids types. Cette comparaison sera effectuée après le contrôle du développement des animaux.

6- Contrôler régulièrement le développement des animaux

Il n'est pas toujours facile de contrôler la croissance et le poids des génisses. Cependant, ce contrôle est indispensable pour vérifier que les pratiques d'élevages concordent avec les objectifs de croissance fixés et pour s'assurer qu'un lot est bien homogène (*Bazeley et al., 2016*).

Il est important de contrôler les génisses à plusieurs moments clés (*Institut de l'Élevage et al., 2010*) :

- à 3 mois pour juger de l'efficacité de l'alimentation lactée et du sevrage,
- vers 6 mois ou à la première mise à l'herbe pour évaluer la performance de post-sevrage,
- autour d'un an ou à la rentrée en stabulation pour analyser la croissance au pâturage et prévoir une date de mise à la reproduction,
- avant l'insémination,
- à la mise-bas.

Il existe plusieurs méthodes pour ce contrôle.

a. Mesure du poids vif

De la même façon que pour connaître le poids mature, il est possible de connaître le poids vif des génisses en le mesurant à l'aide d'une balance. Elle représente l'outil de mesure le plus précis mais n'est pas toujours pratique (*Dingwell et al., 2006*). En effet, elle est gourmande en main-d'œuvre et n'est fonctionnelle que si l'aménagement des bâtiments est adéquat (*Institut de l'Élevage et al., 2013*).

b. La barymétrie ou tour de poitrine

La barymétrie est une méthode d'estimation du poids vif à partir de mensurations prises sur l'animal vivant. Cette mesure est réalisée à partir d'un ruban placé autour du thorax derrière les membres antérieurs de l'animal comme schématisé dans la figure 12.

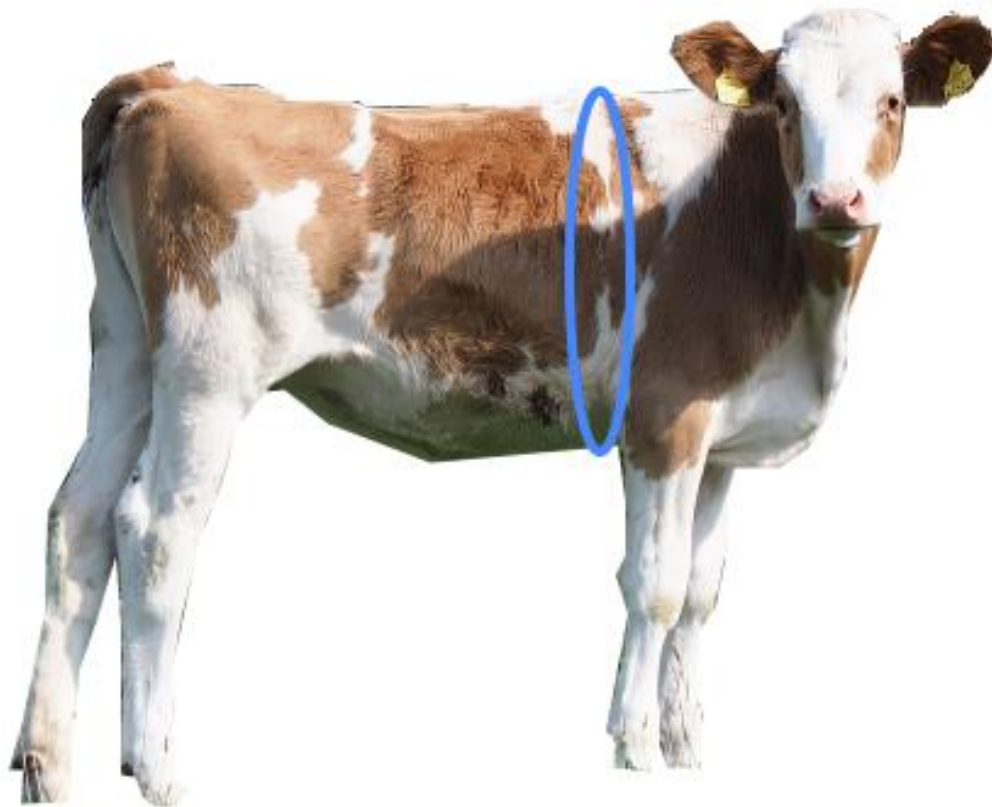


Figure 12 : Mesure du tour de poitrine au niveau du thorax (d'après Pixabay)

Le tour de poitrine est mesuré lorsque le ruban est mis sous tension et que l'animal est droit sur ses aplombs. Il convient aussi de vérifier qu'il n'y a pas de saletés excessives sur l'animal au niveau du ruban, ce qui pourrait biaiser les valeurs par surestimation (Heinrichs et al., 2001). Le tableau V répertorie les objectifs de tour de poitrine en fonction de l'âge et du type de vêlage choisi pour les races Prim'Holstein, Normande et Montbéliarde (Groupe Inter Régional Génisses Laitières et al., 2005; Institut de l'Élevage et al., 2013; OS Montbéliarde et al., 2017)

Tableau V : Objectifs de tour de poitrine (en centimètres) en fonction de l'âge et du type de vêlage choisi pour les races Prim'Holstein, Normande (d'après Institut de l'Élevage et al., 2013) et Montbéliarde (d'après OS Montbéliarde et al., 2017). Une plage de variations de 5 centimètres est acceptée

Âge (en mois)		3	6	9	12	15	18	21	24	27
Prim'Holstein	Précoce	106	134	143	158	169	180	187	-	-
	Tardif	106	134	142	151	161	170	178	187	193
Normande	Précoce	112	133	147	160	172	182	190	-	-
	Tardif	112	133	143	155	163	171	178	184	191
Montbéliarde	Précoce	110	130	147	161	173	182	189	-	-
	Tardif	110	130	142	153	164	174	183	190	-

Pour une meilleure visualisation, il est possible de placer les valeurs mesurées sur les courbes suivantes. Elles représentent l'évolution attendue du tour de poitrine en fonction de l'âge pour des vêlages précoces (en orange, figures 13, 14 et 15) et des vêlages tardifs (en bleu, figures 13, 14 et 15). Chaque figure désigne une race : Prim'Holstein pour la figure 13, Normande pour la figure 14 et Montbéliarde pour la figure 15.

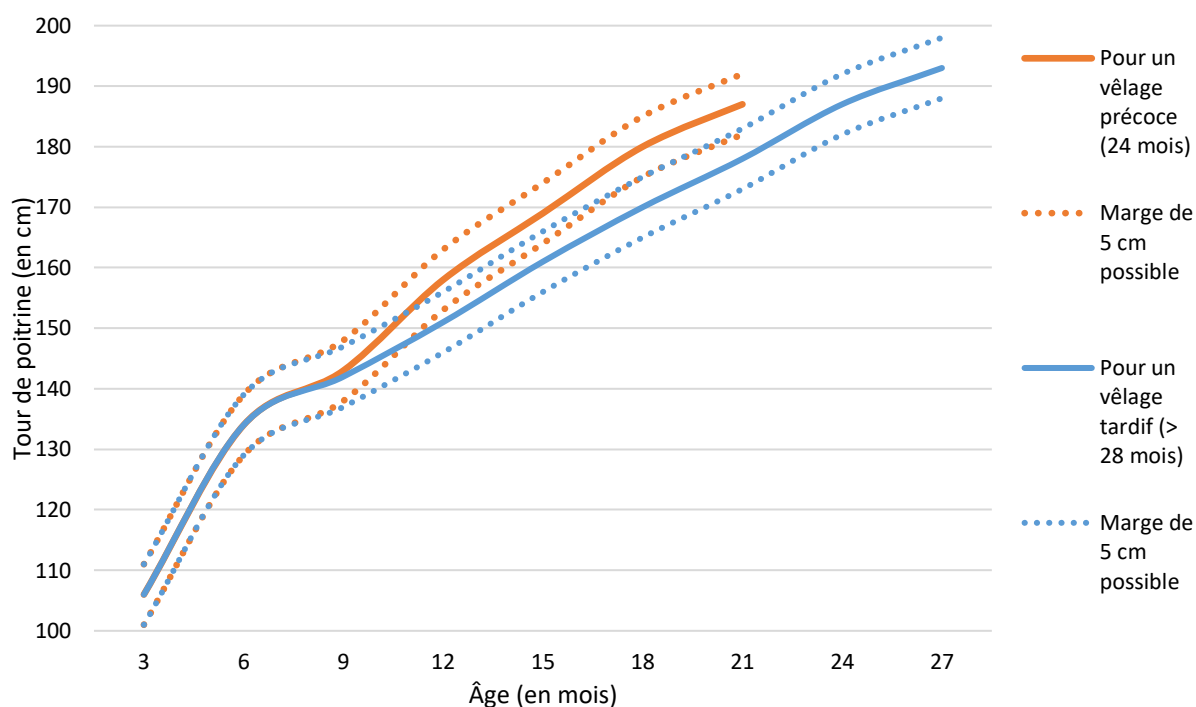


Figure 13 : Tour de poitrine en fonction de l'âge de la génisse pour la race Prim'Holstein pour un vêlage précoce (en orange) ou tardif (en bleu)

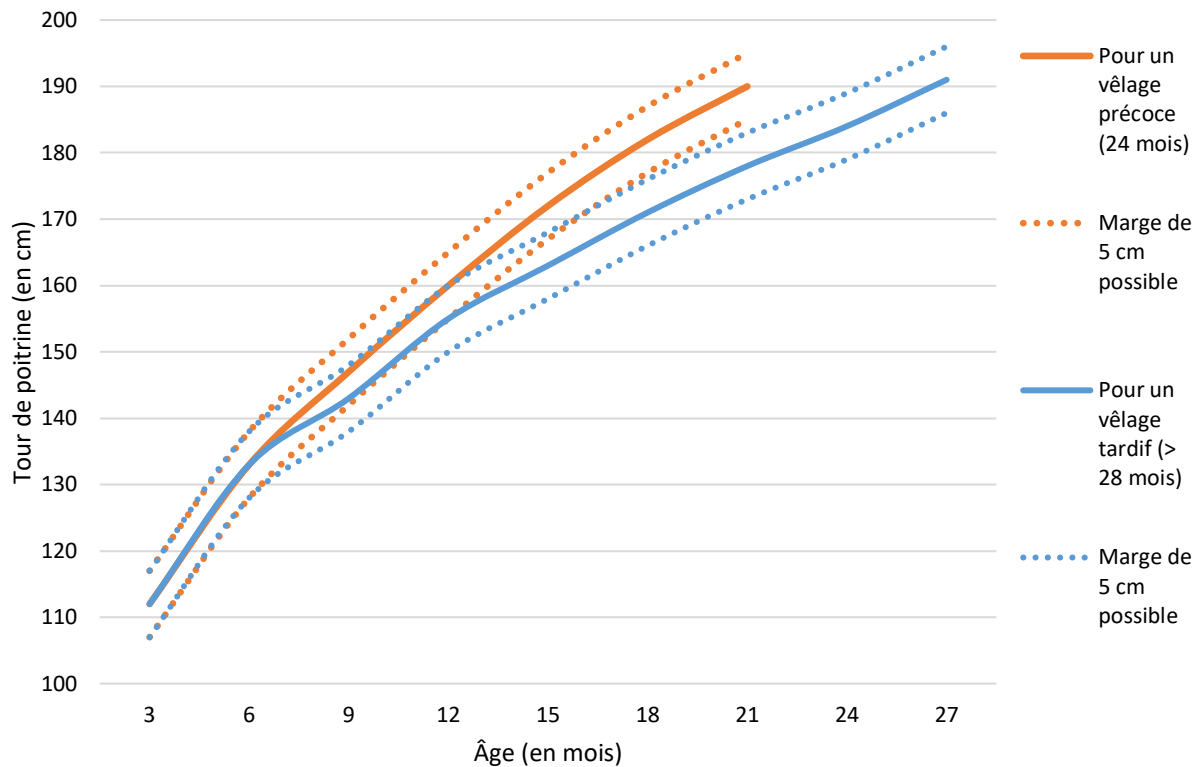


Figure 14 : Tour de poitrine en fonction de l'âge de la génisse pour la race Normande pour un vêlage précoce (en orange) ou tardif (en bleu)

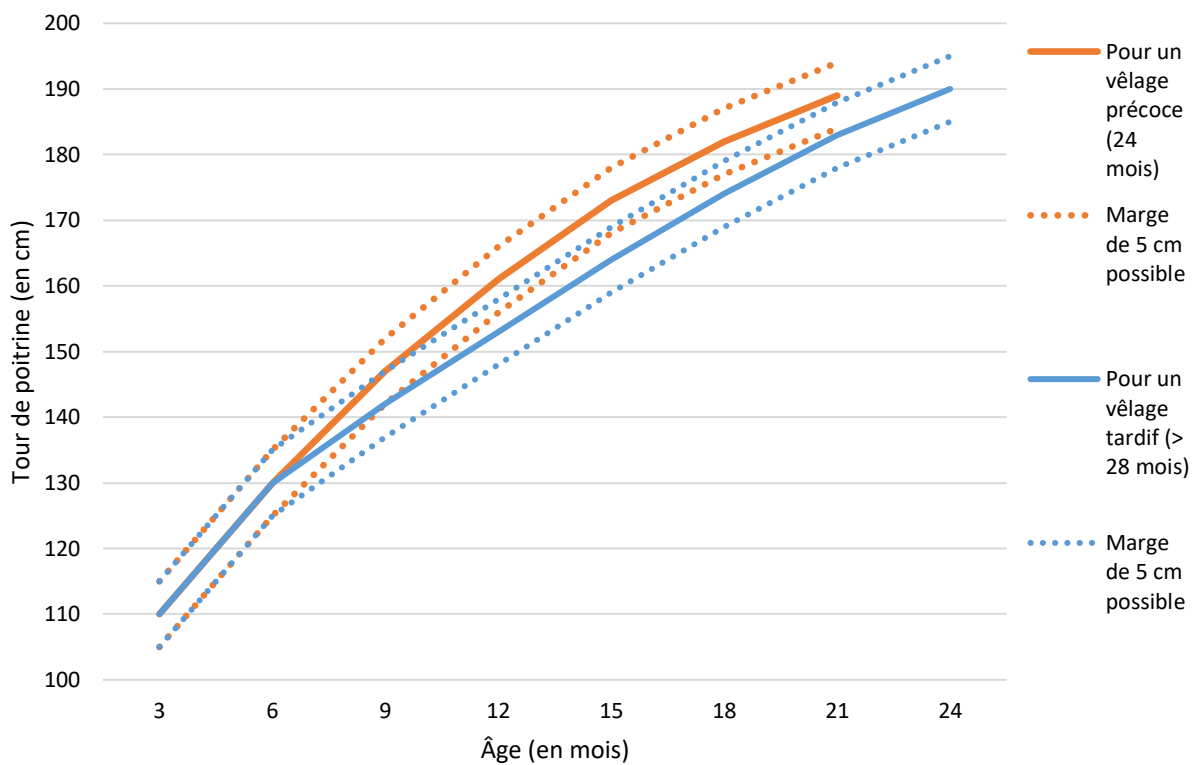


Figure 15 : Tour de poitrine en fonction de l'âge de la génisse pour la race Montbéliarde pour un vêlage précoce (en orange) ou tardif (en bleu)

Cette mesure est moins contraignante que la pesée mais elle est aussi moins précise.

La correspondance entre le tour de poitrine et le poids de l'animal est fournie en annexe.

c. La hauteur au sacrum ou au garrot

Ces mesures sont aussi fiables que la mesure du tour de poitrine. Cependant, elles sont plus difficiles à mettre en œuvre. La génisse doit avoir un aplomb équilibré sur ses 4 membres et le sol doit être plat. La hauteur est mesurée à l'aide d'une toise (Figure 16). Un repère mural le long d'un passage plan peut aussi être utilisé comme aide.

Concernant la hauteur au sacrum, on retiendra que, pour la race Prim'Holstein, l'objectif pour un âge de 6 mois est la valeur de 110 centimètres, pour l'insémination 135 cm et pour le vêlage 145 cm. Pour la race Normande, on considérera que l'on peut inséminer pour une hauteur de sacrum à 132 centimètres.

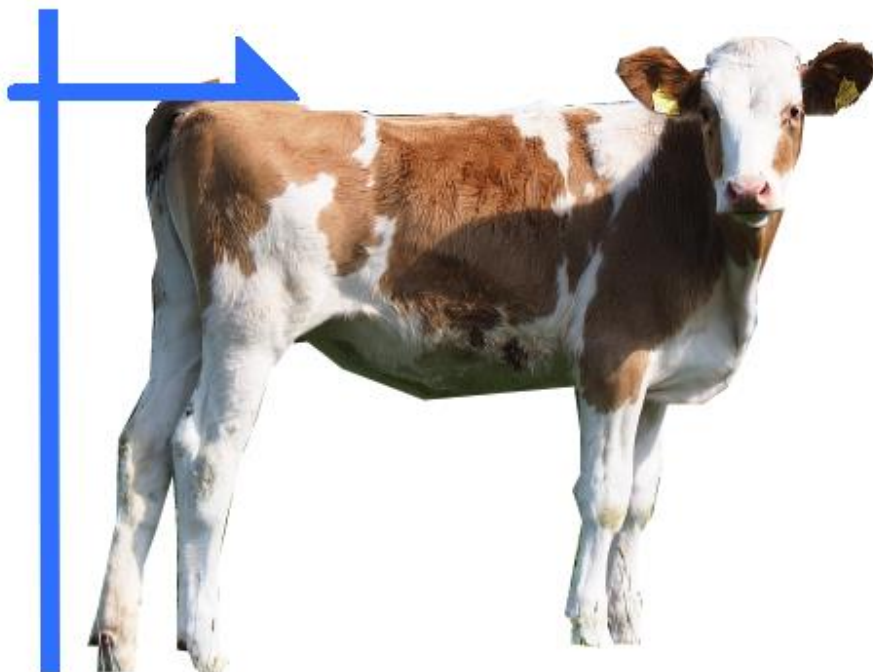


Figure 16 : Mesure de la hauteur du sacrum (d'après Pixabay)

Concernant la hauteur au garrot, le tableau VI donne les objectifs de hauteur au garrot en fonction de l'âge en race Prim'Holstein pour un 1^{er} vêlage à 24 mois (Heinrichs, Hargrove, 1987).

Tableau VI : Hauteur au garrot (en cm) selon l'âge (en mois) en race Prim'Holstein pour un vêlage à 24 mois (d'après Heinrichs, Hargrove, 1987)

Âge (en mois)	Hauteur au garrot (en cm)	
	Limite inférieure	Limite supérieure
1	80	84
2	85	89
3	89	94
4	92	99
5	98	103
6	101	107
7	104	110
8	107	113
9	110	116
10	113	119
11	115	121
12	117	123
13	120	125
14	121	127
15	123	129
16	125	130
17	126	131
18	127	132
19	128	133
20	129	134
21	130	135
22	131	136
23	132	137
24	133	138

Une fois encore, les courbes de hauteur au garrot en fonction de l'âge sont représentées pour permettre une meilleure visualisation l'aide des limites inférieure (en bleu, figure 17) et supérieure (en orange, figure 17).

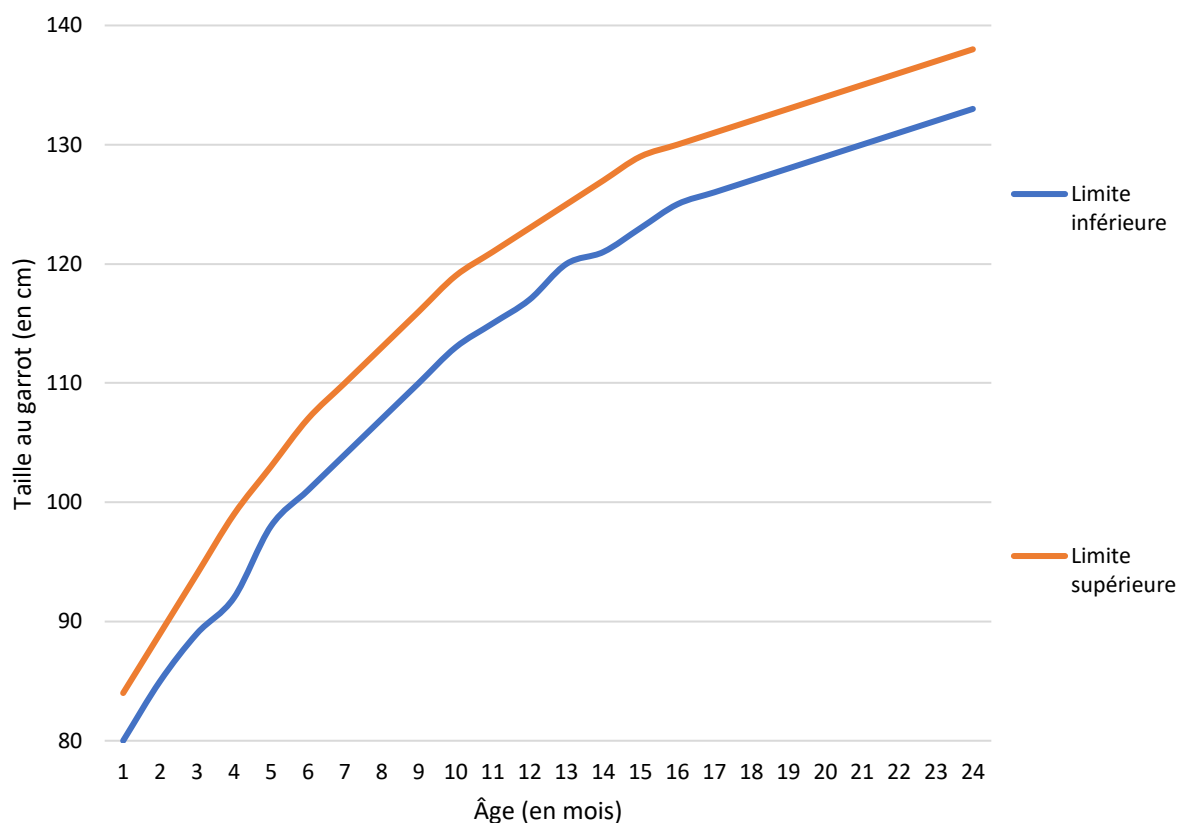


Figure 17 : Courbes de la hauteur au garrot en fonction de l'âge en race Prim'Holstein pour un vêlage à 24 mois. Les limites inférieure et supérieure sont figurées respectivement en bleu et en orange

d. Suivi de l'état corporel

L'état corporel est aussi à contrôler régulièrement. Un engraissement excessif est à proscrire. De ce fait, la note d'état corporel ne doit jamais s'écarter de la valeur 3, sauf pour le vêlage où elle peut monter à 3,5. Des grilles de notation de l'état corporel sont disponibles en annexe.

En conclusion, il existe plusieurs méthodes de suivi du développement des animaux. Ces méthodes diffèrent par leur praticité et leur précision. Il convient de choisir la méthode la plus adaptée à l'élevage.

Si les génisses n'atteignent pas les objectifs de croissance fixés, il est indispensable de réajuster la ration.

B) Gestion de l'alimentation des génisses laitières

1- Bases de l'alimentation

Une génisse requiert 5 éléments principaux pour vivre et produire :

- De l'énergie,
- Des protéines,
- Des minéraux,
- Des vitamines,
- De l'eau.

Plusieurs modèles concernant la gestion de l'alimentation des génisses laitières sont disponibles. Pour la suite de ce travail, il a été choisi de travailler avec le modèle de l'Institut National de la Recherche Agronomique car il s'agit du modèle qui est utilisé en France. Le guide d'alimentation datant de 2007 et mis à jour en 2010 servira de référence (*Institut National de la Recherche Agronomique, 2010*).

a. L'alimentation énergétique

Les besoins en énergie sont couverts par les glucides, les lipides et, en cas de déficit, par les protéines de la ration.

Chez les ruminants, ils sont exprimés en unités fourragères (UF).

1 UF correspond à l'énergie utilisable pour l'organisme animal contenue dans 1 kg d'orge.

Pour les génisses laitières, les unités fourragères lait (UFL) sont utilisées.

Au cours de la croissance, les besoins énergétiques augmentent en fonction de la vitesse de croissance et du poids de la génisse.

b. L'alimentation azotée

Les besoins en protéines sont couverts par les matières azotées de la ration. Chez les ruminants, ils sont exprimés en protéines digestibles dans l'intestin (PDI).

Une augmentation de l'apport en protéines dans la ration augmente le GMQ (*Petit, Yu, 1993; Pirlo et al., 1997; Lammers, Heinrichs, 2000; Zhang et al., 2017*), l'excrétion urinaire d'azote mais pas l'excrétion fécale (*Gabler, Heinrichs, 2003; Marini, Van Amburgh, 2005; Zanton, Heinrichs, 2008; Zhang et al., 2017*) et l'efficacité alimentaire (*Lammers, Heinrichs, 2000; Gabler, Heinrichs, 2003; Zanton, Heinrichs, 2008; Dong et al., 2017; Zhang et al., 2017*). Pour couvrir les besoins au plus juste, la proportion en protéines dans la ration diminue au fur et à mesure de la croissance de la génisse (*Zanton, Heinrichs, 2005*). Ceci est à relier à la constitution du gain de poids pour lequel la croissance musculaire diminue au fur et à mesure que la génisse prend de l'âge alors que la proportion de tissu adipeux augmente (Figure 7).

L'alimentation énergétique et l'alimentation azotée sont étroitement liées. Pour le comprendre, il faut s'intéresser à ce qui se déroule dans le rumen (Figure 18).

Les glucides et l'azote sont apportés par l'alimentation, c'est-à-dire par les fourrages et éventuellement les aliments concentrés. Parmi les glucides, on trouve les glucides cytoplasmiques (comme le glucose et l'amidon) et les glucides pariétaux (comme la cellulose, contenue dans la paroi des végétaux). L'azote se décompose en azote protéique et en azote non protéique (i.e. ce qui n'est pas sous forme de protéine comme les acides aminés libres, l'urée, les sels ammoniacaux).

Au sein du rumen, les bactéries, champignons et protozoaires ont un rôle majeur. Ils vont dégrader une partie de l'azote et des glucides et utiliser une partie des produits de dégradation pour leur synthèse microbienne. Pour les glucides, cette action aboutit à la formation d'énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP), utilisée pour la protéosynthèse microbienne, et sous forme d'Acides Gras Volatils (AGV), absorbés et exploités par le ruminant. Pour l'azote, cette action aboutit à la formation d'ammoniac ou NH_3 utilisé pour la synthèse de protéines microbiennes, qui seront retrouvées dans l'intestin grêle du ruminant. Associées aux protéines alimentaires non dégradées dans le rumen, elles forment les Protéines Digestibles dans l'Intestin (PDI).

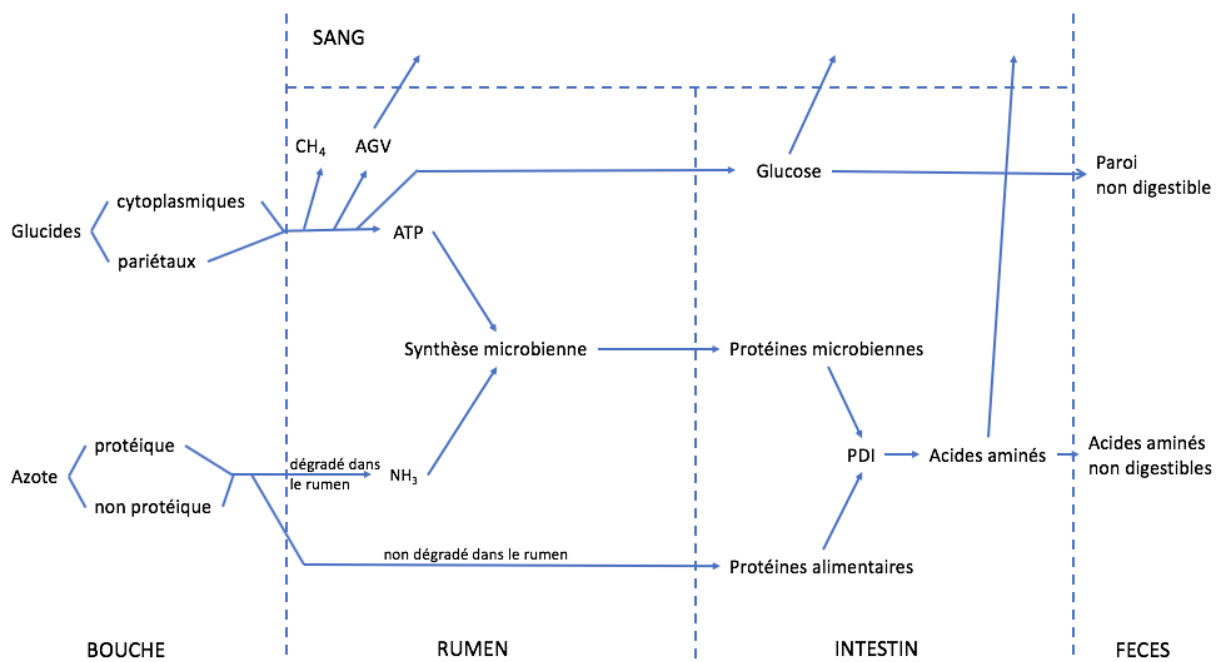


Figure 18 : Schéma simplifié de la digestion des glucides et de l'azote de la ration (d'après Chenost et al., 1997)

Par ce schéma, on comprend que la synthèse microbienne dépend des quantités en ammoniac NH_3 et en énergie disponible sous forme d'ATP. Lorsqu'on donne un aliment à un bovin, on ne saura pas lequel de ces deux facteurs sera limitant, c'est-à-dire celui qui va arrêter la protéosynthèse en premier. On donnera donc, pour chaque aliment, deux valeurs de PDI :

- La première, PDIE, correspond à la quantité de Protéines Digestibles dans l'Intestin lorsque l'énergie disponible est le facteur limitant la protéosynthèse ;
- La deuxième, PDIN, correspond à la quantité de Protéines Digestibles dans l'Intestin lorsque l'azote ammoniacal disponible est le facteur limitant.

Pour un aliment donné, on donnera toujours ces deux valeurs mais un seul arrête la protéosynthèse : c'est la plus faible des deux qui correspond à la quantité finale de protéines que l'animal absorbera.

c. L'alimentation minérale

Les minéraux majeurs à prendre en compte sont le phosphore et le calcium.

Les besoins et les apports sont exprimés en gramme de phosphore absorbable et calcium absorbable (P_{abs} et Ca_{abs}).

Pour les oligo-éléments, ils sont représentés par le cuivre, le zinc, le manganèse, le sélénium, l'iode, le cobalt et le molybdène. Les besoins sont exprimés en mg/kg de matière sèche ingérée.

i) Alimentation phosphorée

Le phosphore est retrouvé en quantité importante dans les céréales (*Suttle, 2010*).

La tendance actuelle va vers une diminution du phosphore dans la ration. Pour le comprendre, il faut s'intéresser aux effluents d'élevages (fumiers, lisiers). Leur épandage sur les terres cultivées agit comme engrais. Cependant, cette pratique peut contribuer à des pertes de phosphore par ruissellement et à l'eutrophisation des eaux de surface (*Jokela et al., 2012*). Une solution proposée pour lutter contre cette pollution est de diminuer la quantité de phosphore dans l'alimentation des bovins. En conséquence, la dose de phosphore dans les déjections, et par suite l'environnement, est réduite.

Cette solution a été avancée suite au travail de plusieurs auteurs. Ces derniers ont constaté que la supplémentation en phosphore chez les génisses augmente légèrement la teneur en phosphore dans l'os mais n'influence pas la croissance osseuse, sa densité ou son métabolisme (*Esser et al., 2009*). Elle n'améliore pas non plus l'efficacité alimentaire (*Dias et al., 2016*). Plus généralement, aucun avantage lié à la croissance, à la reproduction ou à la lactation n'a été constaté en nourrissant les génisses laitières avec une ration contenant plus de phosphore. Le supplément de phosphore était simplement excrété dans les fèces (*Bjelland et al., 2011*). A l'inverse, la réduction des excès du phosphore alimentaire n'a pas d'effet négatif sur la croissance des génisses, mais réduit considérablement son excrétion dans les déjections et donc dans l'environnement (*Zhang et al., 2016*). Réduire la teneur en phosphore dans la ration est aussi intéressant au niveau économique. En effet, dans une étude de 2002, une diminution de sa quantité, uniquement à ce qui est recommandé par le National Research Council, a permis d'économiser environ 19 €/génisse (*Rotz et al., 2002*).

Toutefois, il convient de ne pas baisser à outrance le phosphore de la ration puisqu'il a été décrit, en cas de carence phosphorée, une croissance et une fertilité médiocres, une mortalité élevée et des os fragiles (*Morrow, 1969; Suttle, 2010*).

ii) Alimentation calcique

Les fourrages sont généralement des sources satisfaisantes de calcium pour le bétail, en particulier lorsqu'ils contiennent des espèces de Fabacées (ou légumineuses). Les concentrés, en revanche, sont pauvres en calcium.

Le calcium est le minéral le plus abondant dans le corps et 99% se trouve dans le squelette. Ce dernier fournit non seulement un cadre solide pour soutenir les muscles et protéger les organes et tissus délicats mais il est également malléable pour permettre la croissance. De plus, la réserve squelettique de calcium soutient activement l'homéostasie du calcium (*Suttle, 2010*).

La proportion de calcium dans l'alimentation ne semble pas influencer l'efficacité alimentaire (*Dias et al., 2016*).

iii) Autres minéraux, les oligo-éléments

Les génisses gravides ayant une efficacité alimentaire supérieure ont aussi une absorption augmentée de certains oligo-éléments, comme le cuivre, le zinc, le manganèse, le cobalt et le sélénium. Ce n'est pas le cas pour le potassium, le sodium, le magnésium, le fer et le molybdène (*Lopez-Guisa, Satter, 1992; Dias et al., 2016*).

Concernant le cuivre, son absorption est, selon les auteurs, influencée (*Brown, Zeringue, 1994*) ou non influencée (*Du et al., 1996; Ward et al., 1996; Yost et al., 2002*) par le type de complexe qui le lie (sulfate de cuivre, protéinate de cuivre, carbonate de cuivre). Lorsque le sélénium et le molybdène sont présents dans la ration, la forme protéinate présente une meilleure absorption que la forme sulfate et est stockée plus efficacement que la forme carbonate (*Ward et al., 1996*). Par ailleurs, des génisses Holstein ayant une ration enrichie en sulfate de Cu ou en protéinate de Cu en période prépartum et en début de

lactation ont eu une réponse moins sévère à une mammite à *Escherichia coli* (Scaletti *et al.*, 2003) et ont diminué la quantité de bactéries présentes dans leur lait (Scaletti, Harmon, 2012).

La supplémentation en zinc des génisses gravides, au-delà des apports recommandés pendant les 42 derniers jours de gestation, semble diminuer le nombre de jour entre le 1^{er} vêlage et le retour des chaleurs (Campbell, Miller, 1998).

Enfin, l'ajout de sélénium à raison de 3 mg par animal et par jour dans les 45 derniers jours de gestation semble diminuer l'incidence des infections intra-mammaires (Ceballos-Marquez *et al.*, 2010). Il existe peu d'études concernant la supplémentation en sélénium chez les génisses laitières. En revanche, celle-ci est bien décrite chez les vaches laitières. En effet, il a été montré que pour des vaches taries dont les apports en sélénium suivent ou sont en dessous des recommandations du NRC, la supplémentation quotidienne en sélénium diminuait l'incidence des rétentions placentaires, sans influencer la production laitière ultérieure (Brozos *et al.*, 2009; Beagley *et al.*, 2010). Cette efficacité de la supplémentation a été mise en évidence pour une valeur de 0,05 mg/kg MS de la ration (Brozos *et al.*, 2009).

Le tableau VII présente les apports journaliers recommandés pour les génisses en oligo-éléments ainsi que les limites de carence et de toxicité (d'après Meschy, 2007).

Tableau VII : Apports journaliers recommandés pour les génisses en oligo-éléments ainsi que les limites de carence et de toxicité (en mg/kg MS de ration) (d'après Meschy, 2007)

Oligo-élément	Limite de carence (en mg/kg MS de ration)	Apports journaliers recommandés (en mg/kg MS de ration)	Limite de toxicité (en mg/kg MS de ration)
Cuivre	7	10	30
Zinc	45	50	250
Manganèse	45	50	1000
Sélénium	0,1	0,1	0,5
Iode	0,15	0,5	8
Cobalt	0,07	0,3	10
Molybdène	-	0,1	3

d. Alimentation vitaminique

Les vitamines sont des molécules organiques, sans valeur énergétique, mais indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Elles ne sont pas synthétisées (ou insuffisamment) par l'animal. En conséquence, les vitamines doivent être apportées par l'alimentation.

On distingue les vitamines liposolubles, retrouvées dans les parties grasses de l'alimentation, comme les vitamines A, D, E et K ; et les vitamines hydrosolubles, comme les vitamines B et C. Il a été démontré que les bactéries présentes dans le rumen des génisses peuvent synthétiser suffisamment de vitamines B (à condition qu'il y ait assez de cobalt dans la ration), C et K (Wolter, 1988; Heinrichs et al., 2017). En conséquence, on s'intéressera aux apports en vitamine A, D et E de la ration. Ils s'expriment en Unité Internationale (UI) par kg de MS de la ration. Les apports recommandés sont exposés dans le tableau VIII (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010).

Tableau VIII : Apports journaliers recommandés en vitamines A, D et E pour des génisses recevant des rations comportant moins de 40% de concentré ainsi que leurs limites de toxicité (en UI/kg MS de ration) (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010)

Vitamine	Apports journaliers recommandés (en UI/kg MS de ration)	Limite de toxicité (en UI/kg MS de ration)
Vitamine A		
Pour les génisses en croissance	3000	-
Pour les génisses gestantes	4500	66000
Vitamine D	750	10000
Vitamine E		
Au pâturage	20	-
Autres rations et rations de fin de gestation	30	2000

La vitamine A est retrouvée en quantité importante dans les fourrages verts, les foin de ray grass et de luzerne. En revanche, l'ensilage de maïs, les céréales et les tourteaux sont pauvres en vitamine A. Pour ce qui est de la vitamine D, on la rencontre dans les fourrages séchés au soleil (ensilage, enrubannage et foin). Enfin, la vitamine E est détruite partiellement par l'ensilage et est présente dans les fourrages verts, les germes de céréales, la luzerne fraîche et déshydratée (*Wolter, 1988*).

La supplémentation de la ration des génisses gravides en vitamine E à raison de 1000 UI par animal lors des 42 derniers jours de gestation semble diminuer le nombre de jour entre le 1^{er} vêlage et le retour des chaleurs (*Campbell, Miller, 1998*). De plus, dans les troupeaux carencés en vitamine E, un traitement par injection de vitamine E sur la base de 1000 UI par semaine et par animal pendant les 3 dernières semaines de gestation réduisait non seulement l'incidence des rétentions placentaires mais aussi la mortinatalité et la perte embryonnaire (*Pontes et al., 2015*). Il est cependant important de noter que les résultats de cette dernière étude ont été établis avec un traitement de vitamine E injectable et non ajoutée à la ration et que l'on ne retrouve pas ces bénéfices sur les rétentions placentaires lors de l'addition directe dans la ration (*Campbell, Miller, 1998*). De la même façon que pour le sélénium, il existe peu d'études concernant la supplémentation en vitamine E chez les génisses laitières. En revanche, chez les vaches tarées dont les apports sont en dessous ou suivent les recommandations du NRC, il a été montré que la supplémentation quotidienne en vitamine E dans la ration diminuait l'incidence des rétentions placentaires, sans influencer la production laitière (*Brozos et al., 2009; Beagley et al., 2010*). Cette efficacité de la supplémentation a été mise en évidence pour une valeur de 96,1 UI de vitamine E/kg MS de la ration (*Brozos et al., 2009*). De plus, l'injection sous-cutanée de 3000 UI de vitamine E chez les vaches carencées, une semaine avant la mise-bas, semble diminuer l'incidence des rétentions placentaires (*LeBlanc et al., 2002*).

Pour finir, il a été montré que les génisses synthétisent suffisamment de vitamine C. Une supplémentation n'apparaît donc pas nécessaire. En réalité, elle peut même être délétère puisqu'il a été observé une détérioration de la fonction immunitaire chez les génisses supplémentées en vitamine C (10 g ajoutés à la ration) après un transport (*Tyler, Cummins, 2003*).

e. L'eau

Les besoins en eau sont exprimés en litres (L).

Concernant les génisses laitières, ils dépendent de plusieurs paramètres (*Menard et al., 2013; Ward, McKague, 2015; Girault et al., 2016*) :

- Les caractéristiques de l'animal : son poids, son stade physiologique et son état corporel ;
- Les caractéristiques de la ration : son taux de matière sèche (et donc sa teneur en eau), sa teneur en fibres et en sel ;
- Les conditions climatiques : la température de l'air et l'humidité relative ;
- Les caractéristiques de l'eau : son goût, son odeur, sa propreté, sa salinité et sa température.

La consommation d'eau moyenne (en litres/jour) en fonction de la température extérieure et de la ration est présentée dans le tableau IX.

Tableau IX : Consommation d'eau moyenne (en litres/jour) en fonction de la température extérieure et du type de ration (d'après Menard et al., 2013)

Température maximale	Type de ration	Consommation d'eau moyenne (en litres/jour)	
		Génisses de 6 mois à 1 an	Génisses de 1 à 2 ans
< 20 °C	Ensilage de maïs	19	27,2
	Foin	19,5	29,5
	Pâturage	-	14,8
	Ensilage de maïs + Pâturage	18,6	27,3
	Foin + Pâturage	-	34,4
20-25 °C	Ensilage de maïs	22,5	-
	Foin	25,2	33,2
	Pâturage	-	27,3
	Ensilage de maïs + Pâturage	22,6	-
	Foin + Pâturage	-	35,2
> 25 °C	Foin	32	-
	Pâturage	-	34,4
	Ensilage de maïs + Pâturage	31	-
	Foin + Pâturage	-	47,6

2- Besoins alimentaires des génisses laitières et apports recommandés

On distingue deux grands types de besoins :

- Les besoins d'entretien
- Les besoins de production, qui comprennent les besoins de croissance, les besoins de gestation (que l'on retrouve chez les génisses) et les besoins de lactation (que l'on ne trouve pas chez les génisses).

Les génisses laitières ont différents besoins en fonction du stade physiologique de l'animal. Ainsi, un lot de génisses juste sevrées n'aura pas les mêmes besoins qu'un lot de génisses avant la mise-bas.

Ce sont les apports alimentaires d'énergie, de protéines, de minéraux, de vitamine et d'eau qui vont permettre de couvrir ces besoins.

a. Besoins d'entretien

Les besoins d'entretien correspondent aux besoins de l'animal qui permettent le maintien de la vie et le fonctionnement normal de l'organisme dans les conditions d'élevage. Ils couvrent les dépenses liées au métabolisme de base (maintien des constantes cellulaires et des grandes fonctions vitales), la thermorégulation et l'activité physique (station debout et déplacements).

Ces besoins sont indépendants du stade physiologique des génisses et sont donc pris en compte dans la ration quel que soit le lot d'animaux.

Les besoins énergétiques d'entretien journaliers (en UFL) sont fonction du poids vif et sont donnés par la formule suivante :

$$\text{Besoins énergétiques d'entretien journaliers} = 1,4 + \frac{0,6 \times \text{Poids vif}}{100}$$

Par exemple, une génisse de 300 kg aura un besoin énergétique d'entretien journalier de 1,4 + 0,6 x 300 / 100 soit 3,2 UFL.

b. Besoins de croissance

Les besoins de croissance sont liés à la période de croissance de la génisse pendant laquelle sa taille et son poids augmentent quotidiennement. Il est important de prendre en compte la constitution de ce gain dans le calcul des besoins. En effet, le gain, qui peut être composé d'os, de viscères, de muscles, de graisse ou de sang, ne nécessitera pas la même énergie ni la même quantité de protéines en fonction de sa constitution. Pour rappel, l'évolution de la vitesse de croissance des différents tissus en fonction de l'âge est présentée dans la figure 7.

Ces besoins sont importants à prendre en compte dans le cadre de l'élevage des génisses car elles sont en pleine croissance.

Les besoins de croissance ont été associés aux besoins d'entretien et représentent les besoins de la génisse laitière en croissance. Ils sont exposés dans le tableau X en fonction du poids vif de l'animal et de son GMQ visé.

Tableau X : Apports alimentaires recommandés pour des génisses laitières en fonction du poids vif de l'animal et de son GMQ visé. Ce tableau prend en compte les besoins d'entretien et les besoins de croissance (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, 2010)

Poids vif (en kg)	Gain Moyen Quotidien (en g/j)	Apports journaliers			
		UFL	PDI (en g)	Ca _{abs} (en g)	P _{abs} (en g)
80	600	1,7	222	9,2	6,1
	800	2	265	12	6,6
	1000			15	7,2
90	600	1,8	232	9,4	6,2
	800	2,2	275	12,3	6,8
	1000	2,5	316	15,2	7,4
100	600	2	242	9,7	6,5
	800	2,3	285	12,6	7,1
	1000	2,7	326	15,5	7,7
125	600	2,4	266	10,3	7,2
	800	2,8	308	13,2	7,8
	1000	3,2	351	16,1	8,4
150	600	2,8	286	11	7,8
	800	3,2	329	13,9	8,4
	1000	3,7	372	16,8	9

200	400	3	282	8,5	8
	600	3,4	330	11,2	8,6
	800	3,8	373	13,9	9,2
	1000	4,3	412	16,7	9,9
250	400	3,5	319	9	8,7
	600	3,9	367	11,6	9,3
	800	4,4	410	14,2	10
	1000	5	448	16,8	10,8
300	200	3,5	299	7	8,7
	400	3,9	355	9,5	9,3
	600	4,4	404	12	10
	800	5	446	14,5	10,8
	1000	5,6	483	17	11,7
350	200	3,9	333	7,7	9,3
	400	4,4	391	10,1	9,9
	600	4,9	441	12,5	10,7
	800	5,5	482	14,9	11,6
	1000	6,2	516	17,3	12,5
400	200	4,3	367	8,3	9,9
	400	4,8	428	10,7	10,5
	600	5,4	479	13	11,4
	800	6,1	518	15,4	12,3
	1000	6,9	552	17,7	13,4
450	200	4,7	401	9	10,4
	400	5,2	465	11,3	11,1
	600	5,9	515	13,6	12
	800	6,7	550	15,9	13,1
	1000	7,5	600	18,2	14,4
500	200	5,1	436	9,7	10,9
	400	5,7	505	12	11,7
	600	6,4	553	14,2	12,7
	800	7,2	583	16,4	14
	1000	8,2	664	18,7	15,3
550	200	5,5	478	10,4	11,4
	400	6,1	552	12,6	12,3
	600	6,9	598	14,8	13,5
	800	7,9	632	17	14,8
	1000	9	720	19,2	16,4
600	200	5,8	530	11,1	12
	400	6,5	612	13,3	13
	600	7,5	648	15,4	14,3
	800	8,6	687	17,6	15,8
	1000	9,9	792	19,7	17,7

c. Besoins de gestation

Les besoins de gestation sont liés à la croissance, au fonctionnement du fœtus et du placenta et à l'accroissement de la mamelle dans les dernières semaines de gestation. Ces dépenses sont jugées négligeables pendant les 5 premiers mois de gestation où la croissance du fœtus est lente (environ 4 kg en 5 mois). A partir du 6^{ème} mois de gestation, ces besoins deviennent notables du fait d'une croissance fœtale importante (environ 35 kg en 3 mois). Ils sont pris en compte à partir du 6^{ème} mois de gestation chez les génisses laitières.

Les recommandations nutritionnelles correspondantes sont données dans le tableau XI pour un veau de 50 kg à la naissance.

Tableau XI : Apports alimentaires recommandés pour satisfaire les besoins de gestation en fonction du mois de gestation pour un veau de 50 kg (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, 2010)

Mois de gestation	Apports journaliers			
	UFL	PDI (g)	P _{abs} (g)	Ca _{abs} (g)
6 ^{ème}	0,6	47	1,5	1,9
7 ^{ème}	1,1	88	2,8	3,8
8 ^{ème}	1,8	148	4,2	6,7
9 ^{ème}	2,9	227	5,3	9,7

d. Besoins de lactation

Les besoins de lactation dépendent de la quantité et de la qualité de lait produit. Ils ne sont pas pris en compte pour le calcul de la ration des génisses car celles-ci, n'ayant pas vêlées, ne produisent pas encore de lait.

Les génisses laitières sont alimentées dans le but de satisfaire leurs besoins d'entretien, de croissance et de gestation à partir du 6^{ème} mois seulement.

e. Quelques exemples

i) Exemple 1

On considère un lot de génisses de 250 kg de poids vif en moyenne devant soutenir une croissance de 800 g/j. Les besoins alimentaires journaliers par animal s'obtiennent en regardant dans le tableau :

$$\text{Besoins énergétiques} = 4,4 \text{ UFL}$$

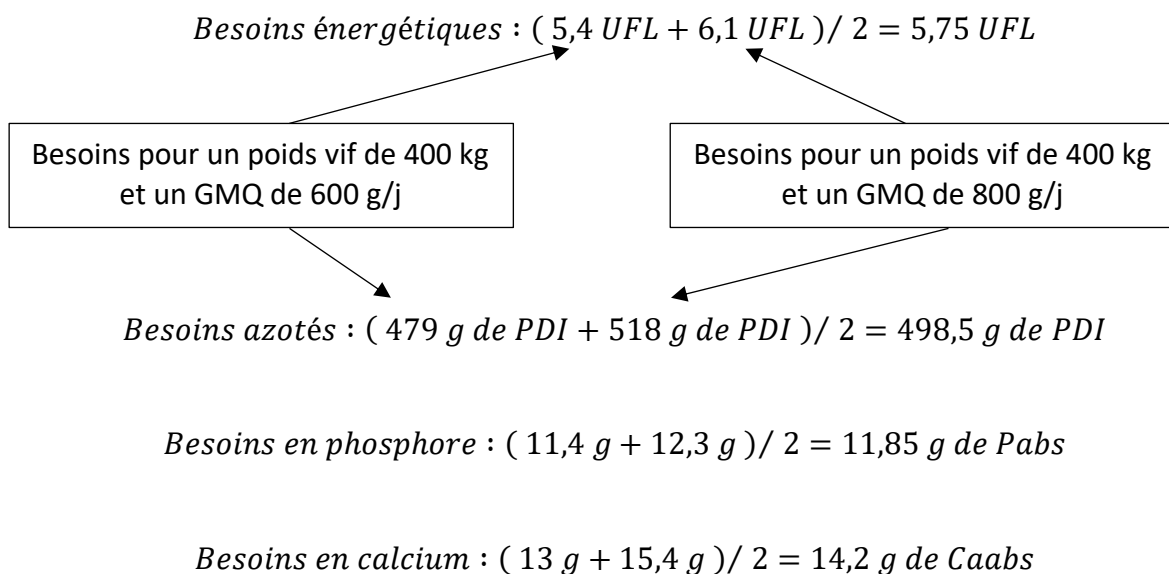
$$\text{Besoins azotés} = 410 \text{ g de PDI}$$

$$\text{Besoins en phosphore} = 10 \text{ g de Pabs}$$

$$\text{Besoins en calcium} = 14,2 \text{ g de Caabs}$$

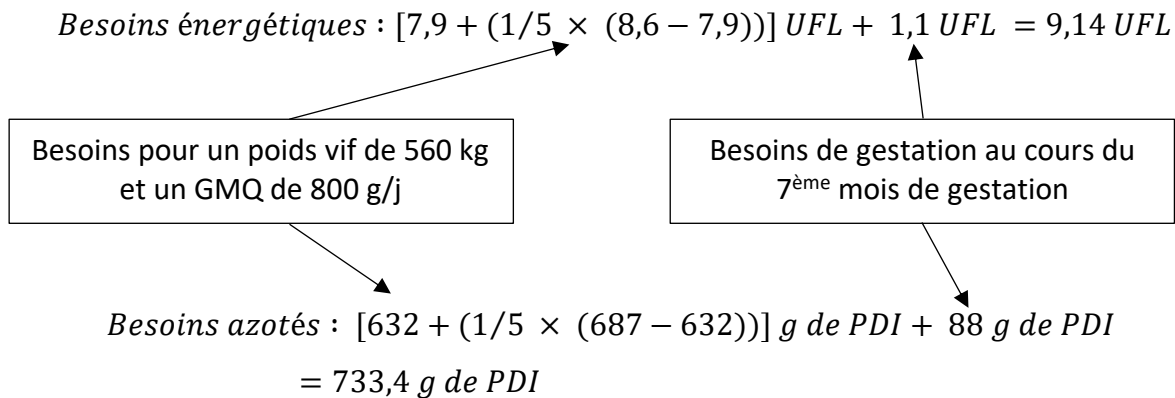
ii) Exemple 2

Envisageons maintenant un lot de génisses pesant en moyenne 400 kg de poids vif et devant soutenir une croissance de 700 g/j. Le calcul des besoins alimentaires journaliers par animal est le suivant :



iii) Exemple 3

Dans cet exemple, nous développerons un lot de génisses gestantes (7^{ème} mois de gestation) de 560 kg de poids vif en moyenne devant soutenir une croissance de 800 g/j. Les besoins alimentaires journaliers sont évalués comme ceci :



Besoins en phosphore : $[14,8 + (1/5 \times (15,8 - 14,8))] \text{ g} + 2,8 \text{ g} = 17,88 \text{ g de Pabs}$

Besoins en calcium : $[17 + (1/5 \times (17,6 - 17))] \text{ g} + 3,8 \text{ g} = 20,92 \text{ g de Caabs}$

3- Capacité d'ingestion

La capacité d'ingestion (CI) est l'aptitude d'un animal à consommer plus ou moins un aliment distribué à volonté. Pour les génisses laitières en croissance, elle est exprimée en unité d'encombrement bovin (UEB). Il s'agit d'un système issu de l'INRA qui permet de s'affranchir de la nature des aliments distribués.

Elle est donnée, pour les génisses laitières, par la formule suivante :

$$\text{Capacité d'ingestion} = 0,039 \times \text{Poids vif}^{0,9}$$

Pour les génisses sevrées n'ayant pas encore atteint le poids de 150 kg, il faut ajouter 0,2 UEB à cette estimation. Pour les génisses dont le poids est compris entre 150 kg et 290 kg, on ajoutera 0,1 UEB au calcul.

De plus, pour les génisses en fin de gestation, on observe une diminution de la capacité d'ingestion, liée à l'augmentation de taille du fœtus. Selon le modèle INRA, cette diminution est à prendre en compte à partir de la 30^{ème} semaine de gestation. Il convient alors de multiplier la capacité d'ingestion obtenue dans l'équation précédente par un correctif multiplicatif donné dans le tableau XII. En pratique, la diminution de la capacité d'ingestion est visible dans les 2 à 3 dernières semaines de gestation.

Tableau XII : Correctif devant être multiplier à la capacité d'ingestion à partir de la 30ème semaine de gestation

Nombre de semaines de gestation	Correctif multiplicatif
30	0,98
31	0,98
33	0,97
34	0,96
35	0,94
36	0,93
37	0,91
38	0,88
39	0,84
40 ou plus	0,80

A titre d'exemple, une génisse sevrée de 100 kg aura une capacité d'ingestion de $0,039 \times 100^{0,9} + 0,2$ soit 2,7 UEB. En outre, une seconde génisse de 200 kg aura une capacité d'ingestion de $0,039 \times 200^{0,9} + 0,1$ soit 4,7 UEB. Aussi, une génisse dont le poids est de 400 kg aura une capacité d'ingestion de $0,039 \times 400^{0,9}$ soit 8,6 UEB. Enfin, une dernière génisse dont le poids est de 600 kg et à 36 semaines de gestation aura une capacité d'ingestion de $0,039 \times 600^{0,9} \times 0,93$ soit 11,5 UEB.

Chaque aliment dispose ensuite d'une valeur d'encombrement en UEB par kg de matière sèche (UEB/kg MS).

Par exemple, de la paille de blé présente un encombrement de 1,80 UEB/kg MS. Une génisse de 400 kg présentant une capacité d'ingestion de 8,6 UEB pourra donc ingérer $8,6 / 1,8 = 4,78$ kg MS de paille de blé.

4- Comparer les besoins des génisses et les apports possibles par les fourrages

Les fourrages constituent la base de l'alimentation des herbivores. Ils peuvent parfois être associés dans la ration à des aliments concentrés.

Afin d'obtenir une ration adéquate, il est important que les besoins des génisses et les apports permis par les fourrages concordent. Chez les génisses, le facteur limitant est souvent l'énergie de la ration. Il faudra donc vérifier la correspondance entre les apports et les besoins énergétiques.

Pour cela, on peut calculer la densité énergétique minimale de la ration nécessaire aux génisses (DERm). Elle correspond au rapport entre l'apport énergétique recommandé (en UFL) et la capacité d'ingestion (en UEB) et est donc exprimée en UFL par UEB. Ce rapport reflète l'objectif, en terme de concentration énergétique, que la ration doit atteindre.

Ensuite, cette DERm est comparée à la densité énergétique du fourrage (DEF) envisagé pour la ration. Cette DEF correspond au rapport entre la teneur énergétique du fourrage (en UFL) et sa valeur d'encombrement (en UEB) et est aussi exprimée en UFL/UEB.

La DERm est présentée, ainsi que la capacité d'ingestion, dans le tableau XIII en fonction du poids et du GMQ visé.

Tableau XIII : Capacité d'ingestion et DERm en fonction du poids vif et du GMQ (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, 2010)

Poids vif (en kg)	Gain Moyen Quotidien (en g/j)	Capacité d'ingestion (en UEB)	DERm (en UFL/UEB)
80	600	2,2	0,77
	800		0,91
	1000		
90	600	2,4	0,75
	800		0,92
	1000		1,04
100	600	2,7	0,74
	800		0,85
	1000		1,00
125	600	3,2	0,75
	800		0,88
	1000		1,00
150	600	3,7	0,76
	800		0,86
	1000		1,00

200	400	4,7	0,64
	600		0,72
	800		0,81
	1000		0,91
250	400	5,7	0,61
	600		0,68
	800		0,77
	1000		0,88
300	200	6,6	0,53
	400		0,59
	600		0,67
	800		0,76
	1000		0,88
350	200	7,6	0,51
	400		0,58
	600		0,64
	800		0,72
	1000		0,82
400	200	8,6	0,5
	400		0,56
	600		0,63
	800		0,71
	1000		0,8
450	200	9,5	0,49
	400		0,55
	600		0,62
	800		0,71
	1000		0,79
500	200	10,5	0,49
	400		0,54
	600		0,61
	800		0,69
	1000		0,78
550	200	11,4	0,48
	400		0,54
	600		0,61
	800		0,69
	1000		0,79
600	200	12,3	0,47
	400		0,53
	600		0,61
	800		0,70
	1000		0,80

S'ensuit deux cas de figure :

- Si la différence entre la DEF et la DERm est positive, les besoins en énergie des génisses sont couverts par le fourrage proposé. Le fourrage seul peut être donné aux animaux. Il faudra possiblement réduire la quantité donnée si la DEF est trop élevée et ajouter un fourrage encombrant à volonté afin d'éviter une croissance ou un engraissement inopportun.

En outre, un apport complémentaire en azote et en minéraux pourra être envisagé en fonction de leur quantité dans le fourrage.

- Si la différence entre la DEF et la DERm est négative, les besoins en énergie des génisses ne sont pas comblés par le fourrage envisagé. Il faudra associer des concentrés au fourrage. De même que dans le premier cas de figure, un apport complémentaire éventuel en azote et en minéraux pourra être judicieux.

L'ajout de concentrés dans la ration peut perturber le fonctionnement du rumen. On parle d'interactions entre aliments. Cette interaction fait que plus on donne de concentrés, moins les animaux mangeront de fourrages. C'est le phénomène de substitution (Sg), terme utilisé pour désigner la quantité de fourrage que l'animal ne va pas manger, rapportée à la quantité de concentrés consommée. Chez les génisses, cette substitution est moins importante que chez les vaches laitières mais elle peut être présente lorsque la ration est composée de plus de 10 % de concentrés. Au-delà, le taux de substitution global Sg est d'autant plus élevé que le taux d'encombrement du fourrage est faible. Ce taux est présenté dans le tableau XIV en fonction de la valeur d'encombrement du fourrage et de la proportion de concentré dans la ration.

Tableau XIV : Taux de substitution global (S_g) entre fourrage et concentré selon la part de concentrés dans la ration des génisses (d'après Institut National de la Recherche Agronomique, 2010)

Valeur d'encombrement du fourrage (en UEB)	Proportion de concentré dans la ration	
	Moins de 10 %	De 10 à 25 %
0,95	0	0,5
1,00	0	0,45
1,05	0	0,40
1,10	0	0,30
1,15	0	0,25
1,20	0	0,20
1,25	0	0,15
1,30	0	0,10
1,40 et plus	0	- 0,07

Une représentation de la DERm sous forme graphique est exposée dans la figure 19 en fonction du poids du lot de génisses considéré et pour des GMQ variant de 400 à 1000 g/j (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010).

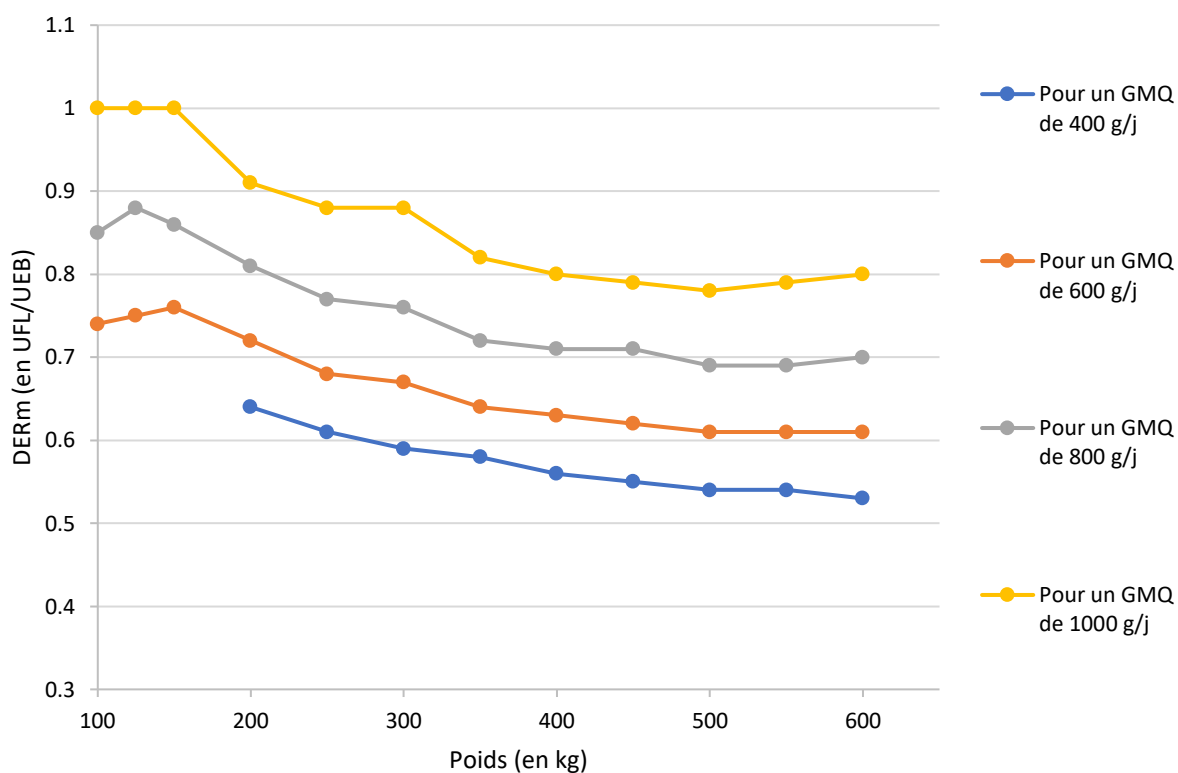


Figure 19 : Évolution de la DERm en fonction du poids des génisses pour des GMQ variant de 400 à 1000 g/j

On constate que pour les 4 GMQ différents, la DERM diminue globalement lorsque le poids des génisses augmente. La DEF pourra donc être plus faible pour des animaux de poids supérieur (i.e. plus âgés). En d'autres termes, on pourra valoriser les fourrages de moins bonne qualité en les distribuant aux génisses plus vieilles.

Il est possible de distribuer 2 types de fourrages différents. On a alors deux choix possibles :

- Un premier fourrage est offert en quantité limitée (souvent le plus énergétique donc le plus coûteux) et l'autre est donné à volonté. La quantité ingérée du fourrage à volonté se calculera par l'équation suivante :

UEB disponibles pour le fourrage à volonté

$$= \text{capacité d'ingestion} - \text{UEB occupées par le fourrage rationné}$$

- Les deux fourrages sont distribués à volonté. On calculera un fourrage dit « moyen » à partir de la proportion ingérée relative de chaque fourrage.

Concernant la couverture des besoins azotés, il conviendra de vérifier que les apports alimentaires, notés PDIN et PDIE, sont compatibles avec les besoins, notés PDI.

Enfin, le rapport $(PDIN - PDIE)/UFL$ est à vérifier. Quel que soit le bovin considéré, il doit être supérieur à un certain seuil. Dans notre cas, il faudra que le rapport $(PDIN - PDIE)/UFL$ soit supérieur ou égal à -10 jusqu'à l'âge de 1 an et qu'il soit supérieur ou égal à -15 pour des génisses de plus de 1 an. Ceci permet d'assurer un fonctionnement optimal du rumen.

5- Vérifier les apports en minéraux et vitamines

La vérification s'effectue en soustrayant les besoins en minéraux et vitamines aux apports de la ration. Le résultat doit être positif.

On réalisera tout d'abord le calcul concernant le Ca_{abs} et le P_{abs} à l'aide du tableau X. On vérifiera ensuite que les oligo-éléments et les vitamines sont correctement apportés avec les tableaux VII et VIII respectivement. Pour les génisses, il est important de réaliser ce calcul pour le phosphore, le calcium, le cuivre, le zinc, le manganèse, l'iode et le sélénium. En ce qui concerne le fer, le cobalt et le soufre, les besoins sont, en général, couverts par la ration.

En fonction des résultats obtenus, on pourra déterminer le type et la quantité d'aliment minéral à apporter aux génisses.

6- Synthèse : les étapes d'un calcul de ration

- 1) Calculer la quantité de fourrage qui sera ingérée à volonté par les animaux, à partir de la capacité d'ingestion.
- 2) Déterminer la DERm pour une ration qui permet de couvrir les besoins des génisses.
- 3) Comparer la densité énergétique du (ou des) fourrage(s) qui seront utilisés, c'est-à-dire la DEF, à la DERm. En fonction du résultat, ajouter ou non des aliments concentrés.
- 4) Vérifier la conformité des apports en azote en fonction des besoins. Vérifier si la quantité d'azote fermentescible (PDIN-PDIE/UFL) permet un fonctionnement optimal du rumen.
- 5) Vérifier les apports en minéraux et vitamines.

II. Quelques exemples de rations

Nous allons nous intéresser dans cette partie à un troupeau aux vêlages saisonniers. On retrouvera des rations hivernales, lorsque les génisses sont en stabulation, par opposition aux rations de pâturage, où les animaux sont mis à l'herbe.

A) Mise en place d'un fichier Excel pour le calcul des rations

Afin de faciliter le calcul des rations, un tableur Excel est créé (Figure 20). Les cases en bleu doivent être remplies par l'utilisateur.

1- Calcul de la quantité de fourrage ingérée à volonté par les animaux et détermination de la DERm

Dans un premier temps, il convient de remplir les cases « Poids vif moyen des génisses du lot » et « GMQ » (1). Ensuite, les apports recommandés sont déterminés à partir du tableau X selon la méthode de calcul développée en I.B)2-e. puis reportés sur le tableur (2). Après cela, selon le fourrage principal choisi pour la ration, ses valeurs d'encombrement, UFL, PDI, etc. sont consultées dans les tables INRA (*Institut National de la Recherche Agronomique*, 2010) puis ajoutées au fichier Excel (3) et (3').

Le document Excel calcule alors la capacité d'ingestion, la DERm, la DEF et la quantité de fourrage ingérée si le fourrage proposé était distribué seul (4). Pour ce qui est de la capacité d'ingestion, sont rajoutés manuellement 0,2 UEB si la génisse pèse moins de 150 kg, 0,1 UEB si la génisse pèse moins de 290 kg et un correctif multiplicatif si la génisse est gestante de plus de 30 semaines.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Caractéristiques des génisses laitières											
3													
4	(11)	Poids vif moyen des génisses du lot (en kg de PV/génisse)	100										
5		GMD (en g/l)	900										
6	(44)	Capacité d'ingestion (en UEB)	2,66										
7		DERm (en UFL/UEB)	0,94										
8													
9		Caractéristiques du fourrage proposé											
10													
11	(3)	Encombrement (en UEB/kg)	1,20	(4)	Quantité de fourrage ingérée en kgMS								
12	(4)	DEF (en UFL/UEB)	0,60					2,2					
13													
14													
15													
16													
17	(3')	Foin	2,0	0,72	1,44	69	138,3	82	164,3	1,5	3,01	2	4,01
18	(5)	Blé tendre	0,9	0,99	0,88	66	58,9	109	97,3	3	2,68	0,9	0,80
19		Tourteau de soja	0,2	1,2	0,21	360	63,2	253	44,4	2,1	0,37	5	0,88
20	(11)	Urée	0,05	0	0,00	1472	73,6	0	0,0	0	0,00	0	0,00
21													
22	(13)	Apports tot ration			2,54		334,0		306,0		6,05		5,69
23													
24	(2)	Apports recommandés			2,5		306		306		14,1		7,4
25													
26	(14)	Différence entre les apports de la ration et les apports recommandés			0,04		28,0		0,0		-8,0		-1,7
27													
28													
29													
30				(6)	Sg	0,2							
31				(7)	Qlc	1,07	PDIE	(8)	Qlicazot si pas d'autre concentré	0,59889695	(12)	PDIN-PDIE/UFL	11,0
32					Qlf	2,00	(9)	Qlicazot2 si 2 aliments concentrés	0,17557582				

Figure 20 : Utilisation d'un tableur Excel afin de faciliter le calcul des rations

2- Vérification des apports énergétiques

Si le fourrage seul ne permet pas de couvrir les besoins énergétiques, des concentrés peuvent être ajoutés à la ration (5). Le calcul des quantités de concentrés et de fourrages peut être réalisé à partir d'un système de 2 équations à 2 inconnus. En effet, la somme des valeurs d'encombrement des aliments de la ration, pondérées de leur quantité, doit être égale à la capacité d'ingestion. On obtient donc l'équation suivante :

$$CI = (QIf \times VEf) + (QIc \times VEc)$$

Où CI : capacité d'ingestion ; QIf : quantité de matière sèche de fourrage ingérée ; QIc : quantité de matière sèche de concentré ingérée ; VEf : valeur d'encombrement du fourrage ; VEc : valeur d'encombrement du concentré.

Les aliments concentrés ne présentent pas de valeur d'encombrement fixe. Ce dernier dépend de la ration et répond à l'équation suivante :

$$VEc = Sg \times VEf$$

Où Sg : taux de substitution global ; VEf : valeur d'encombrement du fourrage.

Par ailleurs, une ration est correctement équilibrée en terme d'énergie lorsque la somme des apports énergétiques est égale aux besoins de l'animal. On aura donc l'équation suivante :

$$(QIf \times Uff) + (QIc \times Ufc) = BesoinsUF$$

Où QIf : quantité de matière sèche de fourrage ingérée ; QIc : quantité de matière sèche de concentré ingérée ; Uff : valeur UF du fourrage ; Ufc : valeur UF du concentré ; BesoinsUF : besoins en énergie de l'animal.

En transformant les 3 équations précédentes, on peut calculer les quantités d'aliments concentrés Q_{Ic} et de fourrages Q_{If} à distribuer :

$$Q_{Ic} = \frac{\text{Besoins}_{UF} - (CI \times DEF)}{UFc - (Sg \times VEf \times DEF)}$$

$$Q_{If} = \frac{CI - (Q_{Ic} \times Sg \times VEf)}{VEf}$$

Où DEF : densité énergétique du fourrage, $DEF = UFf/VEf$.

Après avoir rempli manuellement le taux de substitution à partir du tableau XIII (6), le tableur calcule, en utilisant les 2 dernières équations, les quantités de fourrages et de concentrés à apporter (7).

3- Vérification des apports azotés

Une ration est bien équilibrée en protéines si ses apports en PDIE sont égaux aux besoins en PDI et si ses apports en PDIN sont égaux ou supérieurs aux apports en PDIE (*Institut National de la Recherche Agronomique, 2010*).

Plusieurs cas de figure sont possibles :

- Le fourrage peut satisfaire à lui seul les besoins énergétiques et protéiques. Dans ce cas, on vérifiera seulement le bon fonctionnement du rumen.
- Le fourrage satisfait à lui seul les besoins énergétiques mais pas les besoins protéiques. On ajoutera donc un concentré dit « correcteur azoté », riche en PDIE et/ou PDIN. Sa quantité à apporter sera calculée par la formule suivante (8) :

$$Q_{Ic} = \frac{\text{Besoins}_{PDI} - (Q_{If} \times PDIEf)}{PDIEc - (Sg \times PDIEf)}$$

Où Besoins_{PDI} : besoins en protéines de l'animal ; Q_{If} : quantité de matière sèche de fourrage ingérée ; Q_{Ic} : quantité de matière sèche de concentré ingérée ; $PDIEf$: valeur PDIE du fourrage ; $PDIEc$: valeur PDIE du concentré ; Sg : substitution globale.

- Le fourrage ne satisfait pas à lui seul les besoins énergétiques et protéiques. Il y aura dans la ration 2 types de concentrés. Le premier, de type énergétique, dit C1 et le second, de type correcteur azoté, dit C2. La quantité de C2 à apporter répond à l'équation suivante (9) :

$$QIc2 = \frac{\text{BesoinsPDI} - (QIf \times PDIEf) - (QIc1 \times PDIEc1)}{PDIEc2 - PDIEc1}$$

Comme les aliments concentrés ont généralement des valeurs énergétiques proches, la quantité de C2 calculée se substitue ensuite en totalité à la quantité de C1 (10) de sorte que :

$$QIc1 (\text{après correcteur azoté}) = QIc1 (\text{avant correcteur azoté}) - QIc2$$

De l'urée peut être utilisée dans ces rations (11). Elle permet d'augmenter les PDIN de la ration sans augmenter les valeurs UFL et PDIE. L'urée assure ainsi un fonctionnement optimal du rumen en corrigeant le rapport PDIN-PDIE/UFL. Cependant, elle doit être utilisée avec précaution car l'urée est toxique à forte dose.

La vérification du bon fonctionnement du rumen par l'équilibre PDIN-PDIE est présentée dans le tableur (12). Pour rappel, le rapport (PDIN-PDIE)/UFL doit être supérieur ou égal à -10 pour les génisses de moins de 1 an et supérieur ou égal à -15 pour les génisses de plus de 1 an.

4- Vérification des apports en minéraux et vitamines

Seuls les apports de phosphore et de calcium sont présentés dans le tableur. En cas de déficit de la ration en minéraux, il convient d'ajouter un aliment minéral et vitaminique (AMV).

Par ailleurs, les valeurs concernant les oligo-éléments et les vitamines n'étant pas fournies dans les tables INRA, aucun exemple de leur calcul dans une ration n'a été réalisé par la suite. En pratique, il convient d'ajouter un AMV qui apporte les oligo-éléments et les vitamines nécessaires.

5- Vérifications finales

Après vérification des apports énergétiques, protéiques et minéraux, le tableur chiffre les apports totaux de la ration (13). Enfin, la différence entre les apports de la ration et les apports recommandés (14) est déduite. Si elle est positive, cela signifie que la ration est suffisante pour supporter les objectifs de gain de poids. A contrario, si elle est négative, la ration n'est pas correctement équilibrée pour la valeur nutritive en question. Dans l'exemple donné figure 20, les valeurs UFL et PDI de la ration sont correctement équilibrées. Cependant, le Ca_{abs} et le P_{abs} ne sont pas suffisants. Il faudra donc ajouter un AMV à la ration.

Les valeurs UFL, PDI, Ca_{abs} et P_{abs} utilisées sont celles des tables INRA. Elles ne représentent pas avec exactitude les valeurs nutritives d'un fourrage qu'un éleveur aura réalisé lui-même. Afin d'obtenir des valeurs précises et donc calculer une ration précise pour un élevage donné, il est nécessaire de réaliser une analyse des fourrages utilisés. Ceci permettra d'obtenir des valeurs UFL, PDI, Ca_{abs} et P_{abs} rendant compte avec exactitude de ce qui sera consommé par les génisses.

B) Alimentation des génisses en stabulation

Les génisses sont en stabulation pendant l'hiver. Au cours de cette période, du foin est généralement distribué. Il est possible que de l'ensilage de maïs ou d'herbe soit mis à disposition des génisses, il s'agit alors du refus des vaches laitières ou d'une volonté de l'éleveur de faire avancer suffisamment vite le front d'attaque de son silo d'ensilage. Les pailles peuvent aussi être utilisées pour alimenter les génisses sous réserve que l'apport d'azote soit convenable. On aura alors un système paille/concentrés.

Prenons l'exemple d'une ration hivernale entre le sevrage et 6 mois d'âge. Ceci correspond à un poids allant de 100 à 210 kg, pour un GMQ de 900 g/j. À l'aide du tableur Excel, on peut calculer les quantités d'aliments à distribuer au cours de cette période pour chaque ration-type. Le tableau XV présente des rations types pour des poids de 100 et 210 kg et un GMQ de 900 g/j. Pour des poids compris entre ces deux valeurs, il convient d'augmenter ou de diminuer progressivement les quantités d'aliments afin d'obtenir les objectifs finaux. Par exemple, pour la ration 1, après 100 kg de poids vif il faudra augmenter progressivement la

quantité de foin distribuée pour atteindre 3,8 kg MS à 210 kg, augmenter la quantité de blé pour arriver à 1,2 kg et diminuer la quantité de tourteau pour ne plus en distribuer à 210 kg. La notation AMV « à adapter » signifie qu'il est nécessaire d'ajouter un AMV à la ration car l'apport minéral n'est pas suffisant. Cependant, il existe une multitude d'AMV possibles et la quantité à distribuer sera à adapter en fonction de la préparation choisie.

Tableau XV : Quelques exemples de rations hivernales entre le sevrage et 6 mois d'âge pour un GMQ de 900 g/j

Poids des génisses Objectif de croissance	100 kg 900 g/j	210 kg 900 g/j
Ration 1 : Foin de prairie permanente, 1 ^{ère} coupe épiaison Blé tendre Tourteau de soja Urée AMV	2 kg MS 0,5 kg MS 0,3 kg MS 0,01 kg MS À adapter	3,8 kg MS 1,2 kg MS - 0,06 kg MS À adapter
Ration 2 : Paille de blé Blé tendre Tourteau de soja Urée AMV	1,6 kg MS 1 kg MS 0,5 kg MS 0,01 kg MS À adapter	2,9 kg MS 2,3 kg MS 0,3 kg MS 0,03 kg MS À adapter
Ration 3 : Ensilage de maïs, 35% de MS Blé tendre Tourteau de soja Urée AMV	2,7 kg MS - 0,5 kg MS - À adapter	5,2 kg MS - 0,1 kg MS - À adapter
Ration 4 : Ensilage d'herbe Blé tendre Tourteau de soja Urée AMV	2 kg MS - 0,7 kg MS - À adapter	3,7 kg MS 0,1 kg MS 0,6 kg MS - À adapter

C) Alimentation des génisses au pâturage

Le pâturage correspond à la période où les animaux consomment de l'herbe. Il est réalisé du printemps jusqu'à la fin de l'automne. Pour des vêlages à 2 ans, on pourra avoir 2 périodes de pâturage correspondant à un âge de 6 à 12 mois puis 18 à 24 mois. On différenciera donc le pâturage de 1^{ère} année du pâturage de 2^{ème} année. Pour les génisses vêlant à 3 ans, on aura une troisième période possible correspondant à un âge de 30 à 36 mois (en vert, figure 11) (Institut de l'Élevage et al., 2010). L'alimentation à base d'herbe pâturée est le fourrage le plus économique (Lowe et al., 2016).

Pour une gestion du pâturage, on raisonnera en terme de surface pâturée. Le calcul de la surface de pâturage joue un rôle considérable afin d'éviter le surpâturage ou le gaspillage. Une indication de la surface à prévoir pour le pâturage des génisses peut être approximée grâce au tableau XVI.

Tableau XVI : Évaluation de la surface à prévoir pour le pâturage des génisses (en ares/mois d'âge) en fonction de la saison de pâturage et du mode de récolte des excédents d'herbe (d'après Institut de l'Élevage et al., 2010)

Mode de récolte des excédents d'herbe	Surface à prévoir (en ares/mois d'âge)		
	Au printemps	En été	
		Zone favorable	Zone défavorable
Ensilage d'herbe	1,5	2	3 ou 1,5 + apport de fourrage conservé
Foin	2	3	

Prenons l'exemple d'un lot de 10 génisses mises au pâturage à 6 mois d'âge en moyenne, en zone favorable, pour lesquelles l'excédent d'herbe est récolté pour faire du foin. La surface à prévoir peut être calculée comme ceci :

$$\begin{array}{l}
 \text{Surface à prévoir au printemps} = 2 \times 6 \times 10 = 120 \text{ ares soit } 1,2 \text{ ha} \\
 \text{Surface à prévoir en été} = 3 \times 6 \times 10 = 180 \text{ ares soit } 1,8 \text{ ha}
 \end{array}$$

1- Stades végétatifs de l'herbe et mise au pâturage

Avant de s'intéresser au pâturage proprement dit, il est important de comprendre l'influence des différents stades de l'herbe. La figure 21 rassemble les différents stades de l'herbe, l'évolution des valeurs UFL, PDI et du taux de MS ainsi que les périodes idéales d'utilisation de celle-ci.

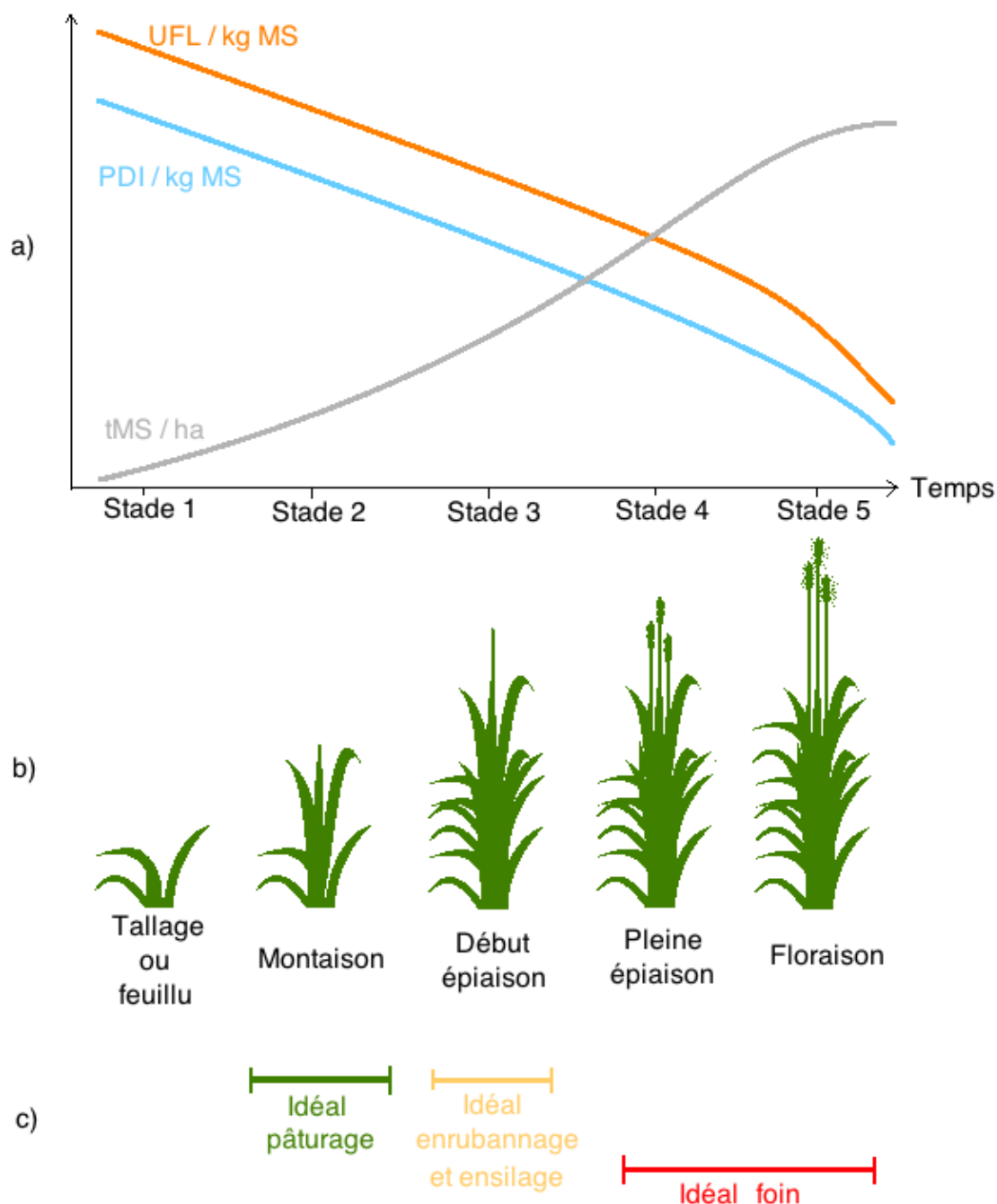


Figure 21 : Les différents stades de l'herbe. a) Évolution des valeurs UFL, PDI et du taux de MS en fonction des stades b) Illustration des différents stades c) Périodes idéales de l'utilisation de l'herbe pour le pâturage, l'enrubannage ou l'ensilage et le foin

Après une période de dormance hivernale, les graminées ou Poacées (Figure 1) sortent de leur repos et démarrent un cycle de végétation. Ce cycle est composé de 6 stades. Le 1^{er}, ou stade de tallage ou feuillu, est composé des feuilles de l'année précédente ayant survécu à l'hiver et des nouvelles feuilles de l'année en cours.

Le 2^{ème} stade est appelé montaison. Il correspond à un fourrage de bonne qualité car il correspond au début de la croissance des tiges qui portent les inflorescences et contient encore beaucoup de feuilles. C'est le stade idéal pour le pâturage.

Le 3^{ème} stade est le stade début épiaison. La part de tige croît, de même que l'encombrement, alors que la valeur alimentaire du fourrage diminue. C'est le stade optimal pour réaliser l'ensilage ou l'enrubannage.

Le 4^{ème} stade est le stade pleine épiaison. L'évolution vue dans les stades précédents se poursuit. Il s'agit du stade idéal pour constituer les récoltes de foin lorsque le temps le permet, ce qui est rare.

Enfin, le 5^{ème} stade, la floraison, correspond à l'apparition des étamines. En pratique, c'est à ce stade que sera réalisé le foin.

2- Le pâturage de première année

Pour atteindre un objectif de 1^{er} vêlage à 2 ans, il est important que les génisses aillent au pâturage la première année. En effet, ceci est à l'origine d'un développement corporel plus important : pour un âge au 1^{er} vêlage identique, les génisses sorties en première année ont un poids plus élevé au vêlage de 25 kg quand les conditions de pâturage sont favorables. Comme on a pu le voir, cet aspect est favorable à une amélioration de la production laitière (*Chambre d'agriculture Haute-Marne, 2007*). La mise à l'herbe s'accompagne toujours d'une perte de poids vif liée à une diminution du contenu digestif mais cette perte est moins importante chez les génisses ayant déjà pâture l'année précédente (*Institut National de la Recherche Agronomique, 2010*).

Pour les génisses nées en automne, il est conseillé de les mettre au pâturage entre fin avril et mai, derrière un déprimage réalisé par les animaux adultes. C'est un peu plus tard que les animaux en 2^{ème} année de pâture. Le déprimage, pré-pâturage de l'herbe avant qu'elle n'ait atteint le stade début épiaison permet un redémarrage du cycle végétatif, les plantes fabriquent alors de nouvelles feuilles plus longues. Dans le même temps, la plante va taller davantage, c'est-à-dire émettre des tiges secondaires. En conséquence, la productivité et la

qualité de la parcelle seront augmentées (*Bachelet, 2017*). Cette mise au pâturage des génisses après les animaux adultes est cependant à nuancer d'un point de vue parasitaire. En effet, lors du déprimage, les bovins adultes émettent des œufs de parasites qui contaminent la pâture. Le risque d'infestation des génisses mises à l'herbe est donc plus important.

Pour les génisses nées en hiver, on considère qu'elles doivent être lâchées fin juin après un fauchage. Il est important de ne pas mettre au pâturage des animaux trop légers qui n'auraient pas la capacité de consommer uniquement de l'herbe. Il s'agit des animaux de moins de 150-180 kg, ce qui correspond approximativement aux naissances après janvier-février.

Une transition alimentaire est nécessaire lors de chaque mise à l'herbe. Elle s'effectue par l'apport complémentaire de fourrage (celui qui était donné en stabulation) ainsi que de concentrés (entre 0,3 et 1,6 kg par jour) pendant les 3 à 4 premières semaines de la mise à l'herbe (*Chambre d'agriculture de Bretagne, Porhiel, 2008*). Lors de périodes difficiles, comme lors de sécheresse ou de pluie, un apport fourrager complémentaire peut aussi être opéré sous un abri. Il est ensuite possible d'arrêter la complémentation en fourrage si les conditions météorologiques et la quantité d'herbe le permettent. Dans les zones défavorables à la pousse d'herbe estivale, un complément fourrager peut être distribué pour atteindre la croissance souhaitée (*Institut de l'Élevage et al., 2010*).

Le retour à la stabulation est réalisé tôt, avant que les conditions météorologiques ne soient mauvaises, c'est à dire au mois d'octobre (*Chambre d'agriculture de Bretagne, Porhiel, 2008; Institut de l'Élevage et al., 2010*). En effet, en fin de période de pâturage, le taux de croissance peut diminuer de façon conséquente, or il est important pour un 1^{er} vêlage à 2 ans de le maintenir élevé.

Pour une ration au pâturage, avec un vêlage à 2 ans, entre 6 mois et 12 mois d'âge par exemple, ceci correspond à un poids allant de 210 à 340 kg, pour un GMQ de 750 g/j. À l'aide du tableur Excel, les quantités d'herbes pâturées sont calculées ainsi que la quantité éventuelle de concentrés complémentaires à distribuer. Le tableau XVII présente des rations types pour des pâturages ayant lieu en Normandie et en Auvergne.

Les fourrages complémentaires distribués pendant la transition de 3 à 4 semaines lors du passage de la stabulation au pâturage ne sont pas figurés dans les rations-type, mais il convient de ne pas oublier de les mettre à disposition sous un abri.

Tableau XVII : Quelques rations au pâturage de 1ère année en Normandie et en Auvergne

Poids des génisses	210 kg	340 kg
Objectif de croissance	750 g/j	750 g/j
Ration 1 :		
Prairie permanente, Normandie, 2 ^{ème} cycle après déprimage, repousses de 9 semaines	3,9 kg MS	6 kg MS
Blé tendre	0,6 kg MS	0,7 kg MS
Tourteau de soja	0,2 kg MS	-
AMV	À adapter	À adapter
Ration 2 :		
Prairie permanente, Auvergne, 2 ^{ème} cycle après coupe épiaison, repousses de 8 semaines	4,6 kg MS	6,9 kg MS
AMV	À adapter	À adapter

Pour des vêlages tardifs, la première année de pâturage a aussi lieu entre 6 et 12 mois d'âge. Cependant, ceci correspond à un poids compris entre 210 et 320 kg pour un GMQ de 600g/j.

3- Le pâturage de 2^{ème} ou 3^{ème} année

La seconde mise à l'herbe doit être précoce. Elle début en moyenne le 15 mars (*Chambre d'agriculture de Bretagne, Porhiel, 2008*).

Au début de la saison de pâturage, les croissances moyennes peuvent être élevées grâce à la croissance compensatrice. Aucune complémentation n'est nécessaire, hormis minérale (sel et blocs à lécher). En revanche, en fin de saison de pâturage, l'herbe est moins abondante et la capacité d'ingestion des génisses augmente. De ce fait, la surface de mise à l'herbe doit être augmentée pour chaque animal. La distribution d'aliment complémentaire peut parfois être nécessaire.

Les surfaces à pâturer sont d'environ 30 ares par génisses au printemps et 60 ares en été.

Les génisses non gestantes (vêlage à 3 ans) peuvent permettre une valorisation des prairies de moins bonne qualité jusqu'en novembre-décembre sans répercussion sur leur croissance globale (*Institut de l'Élevage et al., 2010*).

Enfin, 3 semaines avant le 1^{er} vêlage, les génisses recevront 1/3 de la ration des vaches en lactation associée à de la paille ou du foin à volonté ainsi qu'une complémentation minérale. Ceci permet d'amorcer une transition avec leur ration future.

Prenons maintenant l'exemple d'une ration au pâturage, pour un vêlage à 2 ans, entre 18 mois et 24 mois d'âge, et faisant intervenir la croissance compensatrice. Ceci correspond à un poids allant de 460 à 600 kg, pour un GMQ de 1000 g/j. Lors de cette période, la génisse est gestante, il faut donc comptabiliser les besoins de gestations dans les apports recommandés. À l'aide du tableur Excel, on calcule les quantités d'herbes pâturées et la quantité éventuelle de concentrés complémentaires à distribuer. Le tableau XVIII présente des rations-type pour des pâturages ayant lieu en Normandie et en Auvergne.

Tableau XVIII : Quelques rations en deuxième année de pâturage en Normandie et en Auvergne

Poids des génisses Objectif de croissance	460 kg 1000 g/j	600 kg 1000 g/j
Ration 1 : Prairie permanente, Normandie, 1 ^{er} cycle, déprimage puis 2 ^{ème} cycle après déprimage, repousses de 5 semaines Blé tendre AMV	7,6 kg MS - À adapter	10,2 kg MS 3,2 kg MS À adapter
Ration 2 : Prairie permanente, Auvergne, 1 ^{er} cycle, déprimage puis 2 ^{ème} cycle après coupe épiaison, repousses de 6 semaines Blé tendre AMV	7,4 kg MS - À adapter	9,7 kg MS 3,5 kg MS À adapter

On constate qu'en deuxième année de pâturage, la complémentation en concentrés n'intervient qu'en fin de gestation.

D) Particularités régionales

Dans le Nord, on trouve une production importante de betteraves sucrières. Des produits issus de leur transformation peuvent ainsi être utilisés en alimentation bovine. C'est le cas des pulpes de betteraves surpressées ensilées ou de pulpes de betteraves déshydratées.

Le maïs ensilage peut parfois être remplacé par du sorgho ensilé, de la luzerne et des céréales aplaties.

Le tableau XIX présente quelques rations hivernales, entre 12 et 18 mois d'âge, pour des génisses avec utilisation de la croissance compensatrice et des pulpes de betteraves déshydratées. Ceci correspond à un poids compris entre 340 et 460 kg, pour un GMQ de 600 g/j.

Tableau XIX : Quelques rations hivernales, entre 12 et 18 mois d'âge, pour des génisses avec utilisation de la croissance compensatrice

Poids des génisses	340 kg	460 kg
Objectif de croissance	600 g/j	600 g/j
Ration 1 :		
Paille de blé	4,3 kg MS	5,7 kg MS
Pulpes de betteraves déshydratées	3 kg MS	3,7 kg MS
Urée	0,1 kg MS	0,2 kg MS
AMV	À adapter	À adapter
Ration 2 :		
Foin	6,2 kg MS	8,1 kg MS
Pulpes de betteraves déshydratées	0,4 kg MS	0,2 kg MS
Urée	0,1 kg MS	0,1 kg MS
AMV	À adapter	À adapter

CONCLUSION

Une alimentation correcte des génisses laitières est capitale. En effet, d'une part le coût de ce poste de dépenses est très important et d'autre part les génisses représentent le futur du troupeau laitier.

Une gestion efficace de leur rationnement permet d'obtenir un animal ayant une mamelle correctement développée ainsi qu'un poids suffisant pour assurer une production laitière optimale. Ceci est possible par la mise en place et le respect d'objectifs de croissance, en lien avec l'âge au premier vêlage envisagé par l'éleveur. Cet âge au premier vêlage sera choisi en fonction de plusieurs paramètres comme la race des génisses considérées, la disponibilité en fourrages de l'exploitation et la répartition des périodes de mise-bas. Le choix de l'âge au premier vêlage influence les performances ultérieures, notamment la production laitière, la survie de la vache dans l'élevage, la mortalité et les profits de l'exploitation.

Après avoir choisi une courbe de croissance adéquate, l'éleveur pourra contrôler, à plusieurs moments clés, le développement de ses animaux à l'aide d'outils, comme la barymétrie ou la mesure de la hauteur au garrot.

Concernant le calcul de la ration, il est crucial de respecter l'adéquation entre les apports et les besoins nutritionnels lors des différentes étapes de la croissance, en adaptant son contenu aux ressources fourragères disponibles au sein de l'exploitation.

Bibliographie

ABENI F., CALAMARI L., STEFANINI L. et PIRLO G. 2000. Effects of daily gain in pre- and postpubertal replacement dairy heifers on body condition score, body size, metabolic profile, and future milk production. *Journal of Dairy Science*. Vol. 83, n° 7, pp. 1468-1478.

AKINS M.S. 2016. Dairy Heifer Development and Nutrition Management. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. Vol. 32, n° 2, pp. 303-317.

ARCHER S.C., MC COY F., WAPENAAR W. et GREEN M.J. 2013. Association between somatic cell count early in the first lactation and the longevity of Irish dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 96, n° 5, pp. 2939-2950.

BACH A. 2011. Associations between several aspects of heifer development and dairy cow survivability to second lactation. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94, n° 2, pp. 1052-1057.

BACH A. et AHEDO J. 2008. Record Keeping and Economics of Dairy Heifers. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 24, n° 1, pp. 117-138.

BACHELET A. 2017. Le déprimage des prairies : optimiser l'exploitation du pâturage. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.web-agri.fr/conduite-elevage/culture-fourrage/article/deprimer-c-est-gagner-1178-126701.html> [Consulté le 27 septembre 2018].

BAISHYA N., MORANT S.V., POPE G.S. et LEAVER J.D. 1982. Rearing of dairy cattle 8. Relationships of dietary energy intake, changes in live weight, body condition and fertility. *Animal Production*. Vol. 34, n° 01, pp. 63-70.

BASARAB J.A., BEAUCHEMIN K.A., BARON V.S., OMINSKI K.H., GUAN L.L., MILLER S.P. et al. 2013. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: effects on economically important traits and enteric methane production. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Vol. 7 Suppl 2, pp. 303-315.

BAZELEY K.J., BARRETT D.C., WILLIAMS P.D. et REYHER K.K. 2016. Measuring the growth rate of UK dairy heifers to improve future productivity. *Veterinary Journal*. Vol. 212, pp. 9-14.

BEAGLEY J.C., WHITMAN K.J., BAPTISTE K.E. et SCHERZER J. 2010. Physiology and treatment of retained fetal membranes in cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. Vol. 24, n° 2, pp. 261-268.

BERRY D.P. et CROMIE A.R. 2009. Associations between age at first calving and subsequent performance in Irish spring calving Holstein–Friesian dairy cows. *Livestock Science*. Vol. 123, n° 1, pp. 44-54.

BISAULT L. 1999 *Les zones agricoles défavorisées - La France des forêts et des herbages.pdf*. 1999. Agreste.

BJELLAND D.W., WEIGEL K.A., HOFFMAN P.C., ESSER N.M. et COBLENTZ W.K. 2011. The effect of feeding dairy heifers diets with and without supplemental phosphorus on growth, reproductive efficiency, health, and lactation performance. *Journal of Dairy Science*. Vol. 94, n° 12, pp. 6233-6242.

BOULTON A.C., RUSHTON J. et WATHES D.C. 2017. An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. *Animal*. Vol. 11, n° 8, pp. 1372-1380.

BROWN T.F. et ZERINGUE L.K. 1994. Laboratory Evaluations of Solubility and Structural Integrity of Complexed and Chelated Trace Mineral Supplements¹. *Journal of Dairy Science*. Vol. 77, n° 1, pp. 181-189.

BROZOS C.N., KIOSSIS E., GEORGIADIS M.P., PIPERELIS S. et BOSCOS C. 2009. The effect of chloride ammonium, vitamin E and Se supplementation throughout the dry period on the prevention of retained fetal membranes, reproductive performance and milk yield on dairy cows. *Livestock Science*. Vol. 124, n° 1-3, pp. 210-215.

CAMPBELL M.H. et MILLER J.K. 1998. Effect of supplemental dietary vitamin E and zinc on reproductive performance of dairy cows and heifers fed excess iron. *Journal of Dairy Science*. Vol. 81, n° 10, pp. 2693-2699.

CAPUCO A.V., SMITH J.J., WALDO D.R. et REXROAD JR C.E. 1995. Influence of Prepubertal Dietary Regimen on Mammary Growth of Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 78, n° 12, pp. 2709-2725.

CEBALLOS-MARQUEZ A., BARKEMA H.W., STRYHN H., WICHTEL J.J., NEUMANN J., MELLA A. et al. 2010. The effect of selenium supplementation before calving on early-lactation udder health in pastured dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 93, n° 10, pp. 4602-4612.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, LE LAN B., JEGOU V., PORHIEL J.Y., CADORET P., BRAS A. et al. 2007. Coût de renouvellement du troupeau en élevage laitier. *Rencontres Recherche Ruminants*. Vol. 14 journées 3R, pp. 1.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE BRETAGNE et PORHIEL J.Y. 2008. Vêlages précoces des génisses laitières, recommandations et contexte insulaire. pp. 4.

CHAMBRE D'AGRICULTURE HAUTE-MARNE. 2007. Génisses laitières : les conditions pour faire du vêlage à 2 ans. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://docplayer.fr/storage/48/24608600/1538042223/NjmLJK3YWhwhQutg3OClhw/24608600.pdf> [Consulté le 27 septembre 2018].

CHAMBRE D'AGRICULTURE ILLE-ET-VILAINE et GOBIN J. 2011. Combien coûte l'alimentation d'une génisse laitière ? *Terra*. Vol. Edition Ille-et-Vilaine, n° 264, pp. 1.

CHAMBRE D'AGRICULTURE ILLE-ET-VILAINE et MIGAULT G. 2011. Évaluer le coût d'élevage des génisses. *Terra*. Vol. Edition d'Ille-et-vilaine, n° 266, pp. 1.

CHAMBRE D'AGRICULTURE PAYS-DE-LA-LOIRE, BERNARD E., BLIN B., BRUNSCHWIG P., LEBLAY A., MATHIEU Y. et al. 2012. Plus de lait produit en vêlage précoce. *Chambres d'agriculture des Pays de la Loire*. pp. 4.

CHENOST, M, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE et KAYOULI, C. 1997. *Utilisation des fourrages grossiers en régions chaudes*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

CHIRINOS Z., CARABANO M.J. et HERNANDEZ D. 2007. Genetic evaluation of length of productive life in the Spanish Holstein-Friesian population. Model validation and genetic parameters estimation. *Livestock Science*. Vol. 106, n° 2-3, pp. 120-131.

CHOI Y.J., HAN I.K., WOO J.H., LEE H.J., JANG K., MYUNG K.H. et al. 1997. Compensatory growth in dairy heifers: the effect of a compensatory growth pattern on growth rate and lactation performance. *Journal of Dairy Science*. Vol. 80, n° 3, pp. 519-524.

COBLENTZ W.K., BRINK G.E., ESSER N.M. et CAVADINI J.S. 2015. Effects of cultivar and grazing initiation date on fall-grown oat for replacement dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 98, n° 9, pp. 6455-6470.

COLE J.B., WIGGANS G.R. et VANRADEN P.M. 2007. Genetic Evaluation of Stillbirth in United States Holsteins Using a Sire-Maternal Grand sire Threshold Model. *Journal of Dairy Science*. Vol. 90, n° 5, pp. 2480-2488.

COOKE J.S., CHENG Z., BOURNE N.E. et WATHES D.C. 2013. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open Journal of Animal Sciences*. Vol. 03, n° 01, pp. 1.

CUTULLIC E., DELABY L., CAUSEUR D., MICHEL G. et DISENHAUS C. 2009. Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. *Animal Reproduction Science*. Vol. 113, n° 1-4, pp. 22-37.

DANIELS K.M., MCGILLIARD M.L., MEYER M.J., VAN AMBURGH M.E., CAPUCO A.V. et AKERS R.M. 2009. Effects of body weight and nutrition on histological mammary development in Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 92, n° 2, pp. 499-505.

DAVIS RINCKER L.E., WEBER NIELSEN M.S., CHAPIN L.T., LIESMAN J.S., DANIELS K.M., AKERS R.M. et al. 2008. Effects of feeding prepubertal heifers a high-energy diet for three, six, or twelve weeks on mammary growth and composition. *Journal of Dairy Science*. Vol. 91, n° 5, pp. 1926-1935.

DAWSON L.E.R. et CARSON A.F. 2004. Management of the dairy heifer. *Cattle Practice*. Vol. 12, pp. 181-192.

DELTEIL, L. 2012. *Nutrition et alimentation des animaux d'élevage*. Educagri Editions.

DIAS R.S., MONTANHOLI Y.R., LOPEZ S., SMITH B., MILLER S.P. et FRANCE J. 2016. Utilization of macrominerals and trace elements in pregnant heifers with distinct feed efficiencies. *Journal of Dairy Science*. Vol. 99, n° 7, pp. 5413-5421.

DINGWELL R.T., WALLACE M.M., MCLAREN C.J., LESLIE C.F. et LESLIE K.E. 2006. An evaluation of two indirect methods of estimating body weight in Holstein calves and heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 89, n° 10, pp. 3992-3998.

DO C., WASANA N., CHO K., CHOI Y., CHOI T., PARK B. et al. 2013. The Effect of Age at First Calving and Calving Interval on Productive Life and Lifetime Profit in Korean Holsteins. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 26, n° 11, pp. 1511-1517.

DOBSON H., SMITH R., BELL G.J.C., LEONARD D.M.J. et RICHARDS B. 2008. (Economic) Costs of Difficult Calvings (in the UK Dairy Herd): How Vets Can Alleviate the Negative Impact. *Cattle Practice*. Vol. 16, pp. 80-85.

DONG L.F., ZHANG W.B., ZHANG N.F., TU Y. et DIAO Q.Y. 2017. Feeding different dietary protein to energy ratios to Holstein heifers: effects on growth performance, blood metabolites and rumen fermentation parameters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Vol. 101, n° 1, pp. 30-37.

DU Z., HEMKEN R.W. et HARMON R.J. 1996. Copper Metabolism of Holstein and Jersey Cows and Heifers Fed Diets High in Cupric Sulfate or Copper Proteinate. *Journal of Dairy Science*. Vol. 79, n° 10, pp. 1873-1880.

DUFOSSÉ C. 2015. *Agrete Nord-Pas de calais*. 2015. Agreste.

DUPLESSIS M., CUE R.I., SANTOSCHI D.E., LEFEBVRE D.M. et LACROIX R. 2015. Weight, height, and relative-reliability indicators as a management tool for reducing age at first breeding and calving of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 98, n° 3, pp. 2063-2073.

ESSER N.M., HOFFMAN P.C., COBLENTZ W.K., ORTH M.W. et WEIGEL K.A. 2009. The effect of dietary phosphorus on bone development in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 92, n° 4, pp. 1741-1749.

ETTEMA J.F. et SANTOS J.E.P. 2004. Impact of age at calving on lactation, reproduction, health, and income in first-parity Holsteins on commercial farms. *Journal of Dairy Science*. Vol. 87, n° 8, pp. 2730-2742.

EVANS R.D., WALLACE M., GARRICK D.J., DILLON P., BERRY D.P. et OLORI V. 2006. Effects of calving age, breed fraction and month of calving on calving interval and survival across parities in Irish spring-calving dairy cows. *Livestock Science*. Vol. 100, n° 2, pp. 216-230.

FERGUSON J.D. et GALLIGAN D.T. 2003. Impact économique de la performance de reproduction du troupeau. pp. 16.

FIDOCL CONSEIL ÉLEVAGE. La qualité du lait maximisée pour relever le prix du lait. [en ligne]. 2014. Disponible à l'adresse : <http://www.fidocl.fr/content/la-qualite-du-lait-maximisee-pour-relever-le-prix-du-lait> [Consulté le 28 août 2018].

FORD J.A. et PARK C.S. 2001. Nutritionally directed compensatory growth enhances heifer development and lactation potential. *Journal of Dairy Science*. Vol. 84, n° 7, pp. 1669-1678.

FROIDMONT E., MAYERES P., PICRON P., TURLOT A., PLANCHON V. et STILMANT D. 2013. Association between age at first calving, year and season of first calving and milk production in Holstein cows. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Vol. 7, n° 4, pp. 665-672.

GABLER M. T. et HEINRICHS A.J. 2003. Effects of increasing dietary protein on nutrient utilization in heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 86, n° 6, pp. 2170-2177.

GABLER M.T. et HEINRICHS A.J. 2003. Dietary Protein to Metabolizable Energy Ratios on Feed Efficiency and Structural Growth of Prepubertal Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 86, n° 1, pp. 268-274.

GARDNER R.W., SMITH L.W. et PARK R.L. 1988. Feeding and Management of Dairy Heifers for Optimal Lifetime Productivity. *Journal of Dairy Science*. Vol. 71, n° 4, pp. 996-999.

GIRAULT J.P., DE CHÉNERILLES F., TURBEAUX S., ONEMA, DDT, GDS CENTRE et al. 2016. *Guide Abreuvement - L'abreuvement au pâturage, c'est maintenant !* [en ligne]. Disponible à l'adresse : http://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Guide_abreuvement.pdf [Consulté le 5 septembre 2018].

GRETER A.M., MILLER-CUSHON E.K., MCBRIDE B.W., WIDOWSKI T.M., DUFFIELD T.F. et DEVRIES T.J. 2015. Short communication: limit feeding affects behavior patterns and feeding motivation of dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 98, n° 2, pp. 1248-1254.

GROUPE INTER RÉGIONAL GÉNISSES LAITIÈRES, CHAMBRES D'AGRICULTURE BRETAGNE, BASSE NORMANDIE ET PAYS DE LA LOIRE, CONTRÔLE LAITIER BRETAGNE, BASSE NORMANDIE, PAYS DE LA LOIRE, BOVINS CROISSANCE et INSTITUT DE L'ÉLEVAGE. 2005. *Génisses laitières Prim'Holstein La mesure du tour de poitrine*.

GRUMMER R.R., HOFFMAN P.C., LUCK M.L. et BERTICS S.J. 1995. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 78, n° 1, pp. 172-180.

HEGARTY R.S., GOOPY J.P., HERD R.M. et MCCORKELL B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science*. Vol. 85, n° 6, pp. 1479-1486.

HEINRICHS A.J. 1993. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *Journal of Dairy Science*. Vol. 76, n° 10, pp. 3179-3187.

HEINRICHS A.J. et HARGROVE G.L. 1987. Standards of Weight and Height for Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 70, n° 3, pp. 653-660.

HEINRICHS A.J., HUTCHISON L.J., GRAVES R.E., O'CONNOR M.L. et ISHLER V.A. 2001. *Management of Dairy Heifers* [en ligne]. Pennsylvania State University. Disponible à l'adresse : <https://animalscience.psu.edu/files/pdf/385.pdf> [consulté le 28 août 2018].

HEINRICHS A.J., JONES C.M., GRAY S.M., HEINRICHS P.A., CORNELISSE S.A. et GOODLING R.C. 2013. Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. *Journal of Dairy Science*. Vol. 96, n° 11, pp. 7355-7362.

HEINRICHS A.J. et VAZQUEZ-ANON M. 1993. Changes in First Lactation Dairy Herd Improvement Records. *Journal of Dairy Science*. Vol. 76, n° 2, pp. 671-675.

HEINRICHS A.J., ZANTON G.I., LASCANO G.J. et JONES C.M. 2017. A 100-Year Review: A century of dairy heifer research. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100, n° 12, pp. 10173-10188.

HILL S.R., KNOWLTON K.F., JAMES R.E., PEARSON R.E., BETHARD G.L. et PENCE K.J. 2007. Nitrogen and phosphorus retention and excretion in late-gestation dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 90, n° 12, pp. 5634-5642.

HOFFMAN P. et KESTER K. 2012. Estimating Dry Matter Intake of Dairy Heifers. pp. 1. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.midwestforage.org/pdf/819.pdf.pdf> [Consulté le 28 octobre 2018].

HOFFMAN P.C. 2015. Innovations in Dairy Replacement Heifer Management. pp.13.
[en ligne]. Disponible à l'adresse :
<https://fyi.uwex.edu/heifermgmt/files/2015/02/innovations.pdf>
[Consulté le 04 novembre 2018].

HOFFMAN P.C., BREHM N.M., PRICE S.G. et PRILL-ADAMS A. 1996. Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 79, n° 11, pp. 2024-2031.

HOFFMAN P.C., SIMSON C.R. et WATTIAUX M. 2007. Limit feeding of gravid Holstein heifers: effect on growth, manure nutrient excretion, and subsequent early lactation performance. *Journal of Dairy Science*. Vol. 90, n° 2, pp. 946-954.

HUTCHISON J.L., VANRADEN P.M., NULL D.J., COLE J.B. et BICKHART D.M. 2017. Genomic evaluation of age at first calving. *Journal of Dairy Science*. Vol. 100, n° 8, pp. 6853-6861.

INSTITUT DE L'ÉLEVAGE, BROCARD, V, BRUNSCHWIG, P et al. 2010. *Guide pratique de l'alimentation du troupeau bovin laitier*. Institut de l'Élevage.

INSTITUT DE L'ÉLEVAGE, CHARON, C, HINDRE, A et al. 2013. *Réussir l'élevage des génisses laitières, de la naissance au vêlage*. Connivence.

INSTITUT DE L'ÉLEVAGE, THOMAS G. et BOURRIGAN X. *Résultats contrôle laitier bovin - France 2017*. Paris : Institut de l'Élevage.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. 2010. *Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux - Valeurs des aliments : Tables Inra 2010. Édition remaniée*. Quae. pp. 311.

JANOVICK N.A. et DRACKLEY J.K. 2010. Parturient dietary management of energy intake affects postpartum intake and lactation performance by primiparous and multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 93, n° 7, pp. 3086-3102.

JOKELA W.E., COBLENTZ W.K. et HOFFMAN P.C. 2012. Dairy heifer manure management, dietary phosphorus, and soil test P effects on runoff phosphorus. *Journal of Environmental Quality*. Vol. 41, n° 5, pp. 1600-1611.

JONES C.M., HEINRICHS A.J. et SUAREZ X. 2012. Feed Efficiency in Dairy Heifers. *PennState Extension* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://extension.psu.edu/feed-efficiency-in-dairy-heifers> [Consulté le 28 août 2018].

KARSZES J., WICKSWAT C. et VOKEY F. 2007. Dairy Replacement Programs: Costs & Analysis. pp. 21. [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/121806/2/Cornell_AEM_eb0816.pdf [Consulté le 05 novembre 2018].

KNAPP J.R., LAUR G.L., VADAS P.A., WEISS W.P. et TRICARICO J.M. 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*. Vol. 97, n° 6, pp. 3231-3261.

KORVER S. 1988. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle: A review. *Livestock Production Science*. Vol. 20, n° 1, pp. 1-13.

KRPÁLKOVÁ L., CABRERA V.E., KVAPILÍK J., BURDYCH J. et CRUMP P. 2014. Associations between age at first calving, rearing average daily weight gain, herd milk yield and dairy herd production, reproduction, and profitability. *Journal of Dairy Science*. Vol. 97, n° 10, pp. 6573-6582.

KRUSE K.A., COMBS D.K., ESSER N.M., COBLENTZ W.K. et HOFFMAN P.C. 2010. Evaluation of potential carryover effects associated with limit feeding of gravid Holstein heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 93, n° 11, pp. 5374-5384.

LA FRANCE AGRICOLE. Je dessaisonne des génisses pour livrer plus de lait l'été. [en ligne]. 2003. Disponible à l'adresse : <http://www.lafranceagricole.fr/article/je-desaisonne-des-genisses-pour-livrer-plus-de-lait-l-ete-1,0,73049158.html> [Consulté le 28 août 2018].

LACASSE P., BLOCK E., GUILBAULT L.A. et PETITCLERC D. 1993. Effect of plane of nutrition of dairy heifers before and during gestation on milk production, reproduction, and health. *Journal of Dairy Science*. Vol. 76, n° 11, pp. 3420-3427.

LAMMERS B.P. et HEINRICHS A.J. 2000. The Response of Altering the Ratio of Dietary Protein to Energy on Growth, Feed Efficiency, and Mammary Development in Rapidly Growing Prepubertal Heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 83, n° 5, pp. 977-983.

LAMMERS B.P., HEINRICHS A.J. et KENSINGER R.S. 1999. The effects of accelerated growth rates and estrogen implants in prepubertal Holstein heifers on estimates of mammary development and subsequent reproduction and milk production. *Journal of Dairy Science*. Vol. 82, n° 8, pp. 1753-1764.

LAN. *Overview of the korean Dairy Sector*. Seoul. [en ligne]. 2017. Disponible à l'adresse : <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/binaries/agroberichtenbuitenland/documenten/rapporten/2017/12/30/korean-dairy-sector/Korean+Dairy+Sector.pdf> [Consulté le 05 novembre 2018].

LARSON R.L. 2007. Heifer Development: Reproduction and Nutrition. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. Vol. 23, n° 1, pp. 53-68.

LEBLANC S.J., DUFFIELD T.F., LESLIE K.E., BATEMAN K.G., TENHAG J., WALTON J.S. et JOHNSON W.H. 2002. The effect of prepartum injection of vitamin E on health in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 85, n° 6, pp. 1416-1426.

LE COZLER Y. 2009. Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. pp. 14. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/hal-00730141/document> [Consulté le 05 novembre 2018].

LE COZLER Y., LOLLIVIER V., LACASSE P. et DISENHAUS C. 2008. Rearing strategy and optimizing first-calving targets in dairy heifers: a review. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Vol. 2, n° 9, pp. 1393-1404.

LEAVER J.D. 1977. Rearing of dairy cattle. 7. Effect of level of nutrition and body condition on the fertility of heifers. *Animal Production*. Vol. 25, n° 02, pp. 219-224.

LIN C.Y., MCALLISTER A.J., BATRA T.R., LEE A.J., ROY G.L., VESELY J.A. et al. 1988. Effects of Early and Late Breeding of Heifers on Multiple Lactation Performance of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 71, n° 10, pp. 2735-2743.

LOHAKARE J.D., SÜDEKUM K.-H. et PATTANAIK A.K. 2012. Nutrition-induced Changes of Growth from Birth to First Calving and Its Impact on Mammary Development and First-lactation Milk Yield in Dairy Heifers: A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 25, n° 9, pp. 1338-1350.

LOPEZ-GUISA J.M. et SATTER L.D. 1992. Effect of copper and cobalt addition on digestion and growth in heifers fed diets containing alfalfa silage or corn crop residues. *Journal of Dairy Science*. Vol. 75, n° 1, pp. 247-256.

LOWE J.K., BOYER C.N., GRIFFITH A.P., WALLER J.C., BATES G.E., KEYSER P.D. et al. 2016. The cost of feeding bred dairy heifers on native warm-season grasses and harvested feedstuffs. *Journal of Dairy Science*. Vol. 99, n° 1, pp. 634-643.

MACDONALD K.A., PENNO J.W., BRYANT A.M. et ROCHE J.R. 2005. Effect of Feeding Level Pre- and Post-Puberty and Body Weight at First Calving on Growth, Milk Production, and Fertility in Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 88, n° 9, pp. 3363-3375.

MARINI J.C. et VAN AMBURGH M.E. 2005. Partition of Nitrogen Excretion in Urine and the Feces of Holstein Replacement Heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 88, n° 5, pp. 1778-1784.

MENARD L., MARTINEAU C. et INSTITUT DE L'ÉLEVAGE. 2013. Consommation en eau des bovins laitiers et des veaux de boucherie. pp. 25.

MESCHY F. 2007. Alimentation minérale et vitaminique des ruminants : actualisation des connaissances. INRA. Productions animales. 20 (2). Paris. pp. 10, 119-128.

MEYER M. et VAN AMBURGH M. 2005. Exploring the Link Between Prepubertal Mammary Development and Future Milk Yield. pp.12. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <http://www.dairyweb.ca/Resources/PDHGA2005/Meyer.pdf> [Consulté le 05 novembre 2018].

MOHD NOR N., STEENEVELD W., DERKMAN T.H.J., VERBRUGGEN M.D., EVERS A.G., DE HAAN M.H.A. et al. 2015. The total cost of rearing a heifer on Dutch dairy farms: calculated versus perceived cost. *Irish Veterinary Journal* [en ligne]. Vol. 68. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4678617/> [Consulté le 14 septembre 2017].

MOHD NOR N., STEENEVELD W., VAN WERVEN T., MOURITS M.C.M. et HOGVEEN H. 2013. First-calving age and first-lactation milk production on Dutch dairy farms. *Journal of Dairy Science*. Vol. 96, n° 2, pp. 981-992.

MORROW D.A. 1969. Phosphorus deficiency and infertility in dairy heifers. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. Vol. 154, n° 7, pp. 761-768.

MOURITS M.C., GALLIGAN D.T., DIJKHUIZEN A.A. et HUIRNE R.B. 2000. Optimization of dairy heifer management decisions based on production conditions of Pennsylvania. *Journal of Dairy Science*. Vol. 83, n° 9, pp. 1989-1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2000. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.nap.edu/catalog/9825/nutrient-requirements-of-dairy-cattle-seventh-revised-edition-2001> [Consulté le 27 mars 2018]

NILFOROOSHAN M.A. et EDRISS M.A. 2004. Effect of Age at First Calving on Some Productive and Longevity Traits in Iranian Holsteins of the Isfahan Province. *Journal of Dairy Science*. Vol. 87, n° 7, pp. 2130-2135.

OS MONTBÉLIARDE, CONSEIL ELEVAGE, BOVINS CROISSANCE et INSTITUT DE L'ÉLEVAGE. 2017 *Génisses, mesurer le tour de poitrine* [en ligne]. 2017. OS Montbéliarde. Disponible à l'adresse : https://www.montbeliarde.org/assets/files/Publications/fiches-techniques/MéMO_Technique-édition2017-TdPGénisses-bd.pdf [Consulté le 22 août 2018].

PERRY G.A. 2012. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science*. Vol. 90, n° 4, pp. 1172-1182.

PETIT H.V. et YU Y. 1993. Use of Protein Supplements for Dairy Heifers Fed Fresh Grass. *Journal of Dairy Science*. Vol. 76, n° 3, pp. 798-802.

PHF. Vêlages difficiles, mortinatalité : les chiffres | Prim'Holstein France. [en ligne]. 2012. Disponible à l'adresse : <https://primholstein.com/2012/velages-difficiles-mortinatalite-les-chiffres/> [Consulté le 21 octobre 2018].

PIRLO G. 1997. *Rearing cost of replacement heifer and optimal age at first calving*. Supplement of L'Informatore Agrario. Vol 37, pp. 9-12.

PIRLO G., CAPELLETTI M. et MARCHETTO G. 1997. Effects of energy and protein allowances in the diets of prepubertal heifers on growth and milk production. *Journal of Dairy Science*. Vol. 80, n° 4, pp. 730-739.

PIRLO G., MIGLIOR F. et SPERONI M. 2000. Effect of Age at First Calving on Production Traits and on Difference Between Milk Yield Returns and Rearing Costs in Italian Holsteins. *Journal of Dairy Science*. Vol. 83, n° 3, pp. 603-608.

PIXABAY. Images gratuites · Pixabay. [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://pixabay.com/> [Consulté le 28 août 2018].

PONTER, A. 2016. *Guide pratique de l'alimentation de la vache laitière*. Éditions France Agricole.

PONTES G.C.S., MONTEIRO P.L.J., PRATA A.B., GUARDIEIRO M.M., PINTO D. a. M., FERNANDES G.O. et al. 2015. Effect of injectable vitamin E on incidence of retained fetal membranes and reproductive performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 98, n° 4, pp. 2437-2449.

PRYCE J.E., WALES W.J., DE HAAS Y., VEERKAMP R.F. et HAYES B.J. 2014. Genomic selection for feed efficiency in dairy cattle. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Vol. 8, n° 1, pp. 1-10.

RADCLIFF R.P., VANDEHAAR M.J., CHAPIN L.T., PILBEAM T.E., BEEDE D.K., STANISIEWSKI E.P. et al. 2000. Effects of diet and injection of bovine somatotropin on prepubertal growth and first-lactation milk yields of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 83, n° 1, pp. 23-29.

RADCLIFF R.P., VANDEHAAR M.J., SKIDMORE A.L., CHAPIN L.T., RADKE B.R., LLOYD J.W. et al. 1997. Effects of diet and bovine somatotropin on heifer growth and mammary development. *Journal of Dairy Science*. Vol. 80, n° 9, pp. 1996-2003.

RICE L.E. 1994. Dystocia-related risk factors. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. Vol. 10, n° 1, pp. 53-68.

ROTZ C.A., SHARPLEY A.N., SATTER L.D., GBUREK W.J. et SANDERSON M.A. 2002. Production and feeding strategies for phosphorus management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*. Vol. 85, n° 11, pp. 3142-3153.

SAKAGUCHI M. 2011. Practical aspects of the fertility of dairy cattle. *The Journal of Reproduction and Development*. Vol. 57, n° 1, pp. 17-33.

SCALETTI R.W. et HARMON R.J. 2012. Effect of dietary copper source on response to coliform mastitis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. Vol. 95, n° 2, pp. 654-662.

SCALETTI R.W., TRAMMELL D.S., SMITH B.A. et HARMON R.J. 2003. Role of Dietary Copper in Enhancing Resistance to *Escherichia coli* Mastitis. *Journal of Dairy Science*. Vol. 86, n° 4, pp. 1240-1249.

SEJRSEN K., HUBER J.T., TUCKER H.A. et AKERS R.M. 1982. Influence of Nutrition on Mammary Development in Pre- and Postpubertal Heifers¹. *Journal of Dairy Science*. Vol. 65, n° 5, pp. 793-800.

SEJRSEN K. et PURUP S. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. *Journal of Animal Science*. Vol. 75, n° 3, pp. 828-835.

SEJRSEN K., PURUP S., VESTERGAARD M. et FOLDAGER J. 2000. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: physiological basis and implications for milk yield potential. *Domestic Animal Endocrinology*. Vol. 19, n° 2, pp. 93-104.

SHERWIN V.E., HUDSON C.D., HENDERSON A. et GREEN M.J. 2016. The association between age at first calving and survival of first lactation heifers within dairy herds. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Vol. 10, n° 11, pp. 1877-1882.

SPIEGLER S., KASKE M., KÖHLER U., MEYER H.H.D., SCHWARZ F.J. et WIEDEMANN S. 2014. Effect of feeding level of pregnant dairy heifers sired by one bull on maternal metabolism, placental parameters and birth weight of their female calves. *Animal Reproduction Science*. Vol. 146, n° 3-4, pp. 148-156.

SUTTLE, NF. 2010. *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. Wallingford, Oxfordshire, UK ; Cambridge, MA : CABI. pp 579.

THOMPSON J.R., POLLAK E.J. et PELISSIER C.L. 1983. Interrelationships of parturition problems, production of subsequent lactation, reproduction, and age at first calving. *Journal of Dairy Science*. Vol. 66, n° 5, pp. 1119-1127.

TROCCON J.L. 1996. Élevage des génisses laitières et performances ultérieures. INRA, Station de recherche sur la vache laitière. pp.10. [en ligne] Disponible à l'adresse : http://www.journees3r.fr/IMG/pdf/1996_5_jeunes_01_troccon.pdf [Consulté le 28 août 2018].

TROCCON J.L. et PETIT M. 1989. Croissance des génisses de renouvellement et performances ultérieures. *INRA Productions animales*. Vol. 2, n° 1, pp. 55-64.

TYLER P.J. et CUMMINS K.A. 2003. Effect of Dietary Ascorbyl-2-Phosphate on Immune Function after Transport to a Feeding Facility. *Journal of Dairy Science*. Vol. 86, n° 2, pp. 622-629.

VAN AMBURGH M.E., GALTON D.M., BAUMAN D.E., EVERETT R.W., FOX D.G., CHASE L.E. et al. 1998. Effects of three prepubertal body growth rates on performance of Holstein heifers during first lactation. *Journal of Dairy Science*. Vol. 81, n° 2, pp. 527-538.

VILLEVAL J. 2012. *Méthodes de prise en charge des dystocies bovines en élevage allaitant et mixte allaitant/laitier en France*. Alfort : École Nationale Vétérinaire d'Alfort.

WARD D. et MCKAGUE K. Les exigences en eau du bétail. [en ligne]. 2015. Disponible à l'adresse : <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.htm> [Consulté le 5 septembre 2018].

WARD J.D., SPEARS J.W. et KEGLEY E.B. 1996. Bioavailability of Copper Proteinates and Copper Carbonate Relative to Copper Sulfate in Cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 79, n° 1, pp. 127-132.

WATHES D.C., BRICKELL J.S., BOURNE N.E., SWALI A. et CHENG Z. 2008. Factors influencing heifer survival and fertility on commercial dairy farms. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Vol. 2, n° 8, pp. 1135-1143.

WATHES D.C., POLLOTT G.E., JOHNSON K.F., RICHARDSON H. et COOKE J.S. 2014. Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*. Vol. 8 Suppl 1, pp. 91-104.

WELLER M.M.D.C.A., ALBINO R.L., MARCONDES M.I., SILVA W., DANIELS K.M., CAMPOS M.M. et al. 2016. Effects of nutrient intake level on mammary parenchyma growth and gene expression in crossbred (Holstein × Gyr) prepubertal heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 99, n° 12, pp. 9962-9973.

WOLTER R. 1988. Besoins vitaminiques des ruminants. *INRA Productions animales*. pp. 9, 311-318.

YOST G.P., ARTHINGTON J.D., MCDOWELL L.R., MARTIN F.G., WILKINSON N.S. et SWENSON C.K. 2002. Effect of Copper Source and Level on the Rate and Extent of Copper Repletion in Holstein Heifers. *Journal of Dairy Science*. Vol. 85, n° 12, pp. 3297-3303.

ZANTON G.I. et HEINRICHS A.J. 2005. Meta-analysis to assess effect of prepubertal average daily gain of Holstein heifers on first-lactation production. *Journal of Dairy Science*. Vol. 88, n° 11, pp. 3860-3867.

ZANTON G. I. et HEINRICHS A.J. 2008. Rumen digestion and nutritional efficiency of dairy heifers limit-fed a high forage ration to four levels of dry matter intake. *Journal of Dairy Science*. Vol. 91, n° 9, pp. 3579-3588.

ZANTON G.I. et HEINRICHS A.J. 2010. Short communication: analysis of milk yield and composition for dairy heifers limit-fed lower forage diets during the rearing period. *Journal of Dairy Science*. Vol. 93, n° 10, pp. 4730-4734.

ZANTON G.I. et HEINRICHS A.J. 2016. Efficiency and rumen responses in younger and older Holstein heifers limit-fed diets of differing energy density. *Journal of Dairy Science*. Vol. 99, n° 4, pp. 2825-2836.

ZANTON G.I. et HEINRICHS A.J. 2008. Analysis of Nitrogen Utilization and Excretion in Growing Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. Vol. 91, n° 4, pp. 1519-1533.

ZHANG B., WANG C., LIU He, LIU J. et LIU Hongyun. 2017. Effects of dietary protein level on growth performance and nitrogen excretion of dairy heifers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 30, n° 3, pp. 386-391.

ZHANG B., WANG C., WEI Z.H., SUN H.Z., XU G.Z., LIU J.X. et al. 2016. The Effects of Dietary Phosphorus on the Growth Performance and Phosphorus Excretion of Dairy Heifers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. Vol. 29, n° 7, pp. 960-964.

ZHANG J., SHI H., WANG Y., LI S., ZHANG H., CAO Z. et al. 2018. Effects of limit-feeding diets with different forage-to-concentrate ratios on nutrient intake, rumination, ruminal fermentation, digestibility, blood parameters and growth in Holstein heifers. *Animal Science Journal*. Vol. 89, n° 3, pp. 527-536.

ZWALD A., KOHLMAN T.L., GUNDERSON S.L., HOFFMAN P.C. et KRIEGL T. 2007. Economic Costs and Labor Efficiencies Associated with Raising Dairy Herd Replacements on Wisconsin Dairy Farms and Custom Heifer Raising Operations. pp. 26.

Annexes

Annexe 1 : Grille d'évaluation de la note d'état corporel (NEC)

Evaluation de la note d'état corporel (NEC)



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE
 VetAgroSup – Campus vétérinaire de Lyon
 1, av. Bourgelat – 69280 MARCY L'ÉTOILE
 Groupe de Médecine des Populations

Vertèbres lombaires	Croupe
<p>Note 1 Très mauvais état (émacié)</p>   <p>Épines dorsales : en dents de scie</p> <p>Apophyses transverses : très proéminentes, >1/2 visibles</p> <p>Pointe de la fesse proéminente, profondes fosses caudales en forme de V</p>	<p>Note 2 Squelette bien visible</p>   <p>Épines dorsales : individualisées</p> <p>Apophyses transverses : 1/2 à 1/3 visibles</p> <p>Pointe de la fesse proéminente, fosses caudales en forme de U</p>
<p>Note 3 Squelette et couverture équilibrés</p>   <p>Épines dorsales : en forme de crête pointue</p> <p>Apophyses transverses : 1/4 visibles</p> <p>Pointe de la fesse arrondies, fosses caudales peu profondes</p>	<p>Note 4 Couverture dominante</p>   <p>Épines dorsales : aplaties, non individualisées</p> <p>Apophyses transverses : crête fluide et arrondie</p> <p>Pointe de la fesse couverte de graisse, fosses caudales en partie remplies de graisse</p>
<p>Note 5 Trop grasse</p>   <p>Épines dorsales : couvertes de graisse</p> <p>Apophyses transverses : couvertes de graisse, crête à peine visible</p> <p>Pointe de la fesse couverte de graisse, fosses caudales remplies de graisse avec des plis</p>	<p>Note 5 Trop grasse</p>   <p>Épines dorsales : couvertes de graisse</p> <p>Apophyses transverses : couvertes de graisse, crête à peine visible</p> <p>Pointe de la fesse couverte de graisse, fosses caudales remplies de graisse avec des plis</p>

Enlèvement de Géométrie Médicale (1998) : Euro Animal Health

Annexe 2 : Équivalence entre le périmètre thoracique et le poids vif en race Prim'Holstein

Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)	Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)	Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)	Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)
66	37	110	120	154	298	198	603
68	38	112	126	156	309	200	619
70	39	114	132	158	321	202	636
72	41	116	138	160	332	204	653
74	43	118	145	162	344	206	670
76	45	120	152	164	356	208	687
78	48	122	159	166	368	210	703
80	51	124	166	168	381	212	720
82	54	126	173	170	394	214	737
84	57	128	180	172	407	216	754
86	61	130	188	174	420	218	771
88	65	132	196	176	434	220	787
90	69	134	204	178	448	222	804
92	73	136	212	180	463	224	820
94	77	138	221	182	477	226	835
96	82	140	230	184	492	228	851
98	87	142	239	186	507	230	866
100	92	144	248	188	523	232	880
102	97	146	258	190	538	234	894
104	103	148	267	192	554	236	908
106	108	150	278	194	570		
108	114	152	288	196	586		

Annexe 3 : Équivalence entre le périmètre thoracique et le poids vif en race Normande

Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)	Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)	Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)	Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)
90	53	122	155	154	301	186	490
92	58	124	163	156	312	188	504
94	63	126	171	158	322	190	517
96	69	128	179	160	333	192	531
98	75	130	188	162	344	194	545
100	80	132	196	164	356	196	559
102	86	134	205	166	367	198	573
104	92	136	214	168	379	200	587
106	99	138	223	170	390	202	601
108	105	140	232	172	402	204	616
110	112	142	241	174	414	206	631
112	119	144	251	176	427	208	646
114	126	146	260	178	439	210	661
116	133	148	270	180	452		
118	140	150	280	182	464		
120	148	152	291	184	477		

Annexe 4 : Équivalence entre le périmètre thoracique et le poids vif en race Montbéliarde

Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)	Tour de poitrine (en cm)	Poids vif (en kg)
100	90	170	390
133	190	178	450
152	290		

PORCHÉ Jérôme

ALIMENTATION PRATIQUE DE LA GENISSE LAITIERE : DU SEVRAGE AU PREMIER VELAGE

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, 7 décembre 2018

RESUME :

Une alimentation correcte des génisses laitières est capitale. En effet, d'une part le coût de ce poste de dépense est très important et d'autre part les génisses représentent le futur du troupeau laitier.

Une gestion efficace de leur rationnement permet d'obtenir un animal ayant une mamelle correctement développée ainsi qu'un poids vif suffisant pour assurer une production laitière optimal. Ceci est possible par la mise en place et le respect d'objectifs de croissance, en lien avec l'âge au premier vêlage envisagé par l'éleveur. Cet âge au premier vêlage sera choisi en fonction de plusieurs paramètres comme la race des génisses considérées, la disponibilité en fourrages de l'exploitation et la répartition des périodes de mise-bas. Le choix de l'âge au premier vêlage influence les performances ultérieures, notamment la production laitière, la survie dans l'élevage, la mortinatalité et les profits de l'exploitation.

Après avoir choisi une courbe de croissance adéquat, l'éleveur pourra contrôler, à plusieurs moments clés, le développement d'animaux à l'aide d'outils, comme la barymétrie ou la mesure de la hauteur au garrot.

Concernant le calcul de ration, il est crucial de respecter l'adéquation entre les apports les besoins nutritionnels lors des différentes étapes de la croissance, en adaptant son contenu aux différentes ressources fourragères disponibles au sein de l'exploitation.

MOTS CLES :

- Bétail

- Alimentation/Élevage laitier

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Jean-Charles PICAUD

1er Assesseur : Monsieur le Professeur Laurent ALVES-DE-OLIVEIRA

2ème Assesseur : Monsieur le Professeur Sébastien LEFEBVRE

DATE DE SOUTENANCE : 7 décembre 2018