

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE – ALGER

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة – الجزائر

MEMOIRE DE MAGISTERE en Sciences Vétérinaires

Option : Nutrition et Reproduction des Bovins

Effet de la conduite alimentaire sur les performances de reproduction de 04 exploitations laitières dans la wilaya de Tizi-Ouzou

Par : ABDELLI Amine

Devant le jury composé de :

- Président : Pr Temim. S., (Professeur, ENSV. Alger)
Promoteur : Pr Iguer-Ouada. M., (Professeur, université de Bejaia)
Examineur : Dr Khelef. D., (Maitre de conférences, ENSV. Alger)
Examineur : Dr Lamara. A., (Maitre de conférences, ENSV. Alger)
Examineur : Dr Ghozlane. F., (Maitre de conférences, ENSA. Alger)

Année universitaire : 2010/2011

Résumé

Un suivi des 04 exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou a été réalisé durant 6 mois. L'analyse de conduite alimentaire de ces exploitations nous a montré que celle-ci est souvent mal maîtrisée et les rations restent déséquilibrées avec des quantités distribuées qui ne répondent pas aux besoins des vaches en lactation. Les conséquences de cet état des lieux affectent non seulement les performances de production mais aussi celles de la reproduction. Ainsi, l'alimentation par ses aspects qualitatifs, notamment en ce qui concerne la pratique du rationnement, que quantitatifs évalués à travers le nombre d'UFL distribué par vache, est intimement liée ($P < 0.05$) aux performances de production et surtout de reproduction. Ainsi, tous les paramètres de reproduction mesurés montrent des évolutions affectées par cette alimentation. Le système qui maîtrise la conduite alimentaire par la valorisation et le rationnement de concentré a permis de bonnes performances de reproduction, avec une augmentation de taux de réussite de la 1^{ère} IA (58.33%) permettant ainsi un faible IVV (385 jours) en comparaison avec les autres systèmes. De même, la note d'état corporel (NEC), considérée comme étant l'indicateur principal de la conduite alimentaire aussi bien dans ses aspects qualitatif que quantitatif, reste intimement liée à la réussite de l'insémination artificielle ($p < 0.05$), première étape de tout processus de procréation.

Mots clés : conduite alimentaire, vache laitière, alimentation, UFL, production, reproduction, NEC.

Abstract

A follow-up of the 04 dairy exploitations in Tizi-Ouzou area was conducted during 6 months. The analysis of feeding management showed us that this one often is badly controlled and the rations remain unbalanced with distributed quantities which do not meet the cow's needs in lactation. The consequences of this inventory of fixtures affect are not only the production performances but also those of the reproduction. Thus, the feeding by its qualitative aspects, in particular with regard to the practice of rationing, that quantitative evaluated through the number of UFL distributed by cow, is closely related ($P < 0.05$) to the production performances and especially of reproduction. Thus, all the measured traits of reproduction show evolutions affected by this feeding managements. The system which controls feeding management by a valorization and rationing of concentrate allowed good reproduction performances, with an increased 1st insemination rate success (58.33%) allowing thus weakest IVV (385 days) in comparison with the other systems. In the same way, ours BCS, regarded as being the objective indicator of feeding management as well in its aspects qualitative as quantitative, closely remains related ($p < 0.05$) to the success of artificial insemination, first stage of any procreation process.

Key words: feeding management, dairy cow, UFL, production, reproduction, BCS.

ملخص

أجريت متابعة 04 مزارع ابقار حلوب في منطقة نيزي وزو لمدة 6 أشهر. أظهر تحليل سلوك المزارع في ما يخص التغذية أن هذه الاخيرة في كثير من الأحيان غير متحكم فيها وغير متوازنة مع حصص كميات موزعة لا تلبي احتياجات الأبقار. نتائج هذه الاوضاع لا تؤثر فقط على أداء الإنتاج ولكن أيضا على الإنجاب. وهكذا، التغذية بجوانبها النوعية، لا سيما فيما يتعلق بممارسة تقنين الكمية وتقييمها من خلال عدد UFL التي يتم توزيعها لكل بقرة، يرتبط ارتباطا وثيقا ($p < 0.05$) بأداء الإنتاج والتكاثر خاصة. وهكذا، أظهرت جميع المعلمات الإنجابية قياس التغيرات المتأثرة من هذه التغذية. النظام الذي يتحكم في التغذية بتقييمها وتقييمها اعطى ارتفاعا في نسبة التلقيح الاصطناعي (58.33%) وبنالي انخفاض المدة بين الانجاب (385يوم). وبالمثل، الحالة البدنية، التي تعتبر المؤشر المستهدف لسلوك التغذية في كل الجوانب النوعية والكمية، لنجاح التلقيح الاصطناعي، الذي يعتبر الخطوة الأولى في أي عملية تكاثر.

كلمات مفتاح: سلوك التغذية, ابقار حلوب, UFL, الإنتاج, التكاثر.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier chaleureusement mon promoteur le Professeur IGUER-OUADA pour la qualité d'encadrement dispensé ainsi que pour sa disponibilité.

Mes remerciements s'adressent aussi aux enseignants qui m'ont fait l'honneur de faire partie du jury :

M^{me} TEMIM pour sa disponibilité à présider le jury ;

M^r GHOZLANE, M^r LAMARA et M^r KHELEF pour avoir accepté de juger le travail

Merci à M^r SOUAMES, mon co-promoteur, pour son encadrement éclairé et pour m'avoir laissé une grande liberté quant à la gestion du travail.

Plusieurs personnes, au niveau de l'école, ont contribué à notre formation. Qu'ils trouvent ici, notre profonde gratitude et reconnaissance.

Je remercie le gérant de la ferme étatique de DBK. Comme je remercie vivement, Fodhil chef service de la ferme, la zootechnicienne Fatma, Mondila ! et le personnel de cette ferme pour avoir mis à ma disposition les moyens matériels et humains pour réaliser mon travail dans de bonnes conditions.

Je remercie également Dr Saleh, Bel aïd, Yaiche et chahrazad pour leur collaboration et leur aide inestimable sur le terrain.

Merci à Mme Nadia, à M. Kadi et M. Enjalbert pour leurs précieux conseils.

Je remercie tous ceux qui d'une manière directe ou indirecte, m'ont apporté leur soutien pour la réalisation de ce travail ; ma famille, les deux Ibrahims, Karim, Mohamed, Nora, Madjid c'est surtout à vous que je m'adresse.

Mais je crois que je n'aurais pas eu un tel plaisir à réaliser ce travail si je n'avais pas eu l'opportunité de rencontrer sur le terrain des éleveurs qui par leur disponibilité, leur attention, leur participation ont donné un autre climat à notre travail.

Table des matières

Résumé
Remerciement
Table des matières
Liste d'abréviation
Liste des tableaux
Liste des figures

Introduction7

Partie bibliographique

Chapitre I : Fertilité et facteurs de réussite de la reproduction en élevages bovins laitiers.

I.	Paramètres de reproduction	12
II.	Diminution de la fertilité chez la vache laitière.....	13
III.	Facteurs qui influencent la fertilité	14
III.1.	Âge.....	14
III.2.	Moment et la technique d'insémination	15
III.3.	Saison	15
III.4.	Production laitière	16
III.5.	Nutrition	16
III.6.	Détection des chaleurs	17
III.7.	Taille du troupeau.....	18
III.8.	Jours d'insémination après le vêlage	18
III.9.	Nombre de traites	19
III.10.	Génétique	20
III.11.	Involution utérine et activité ovarienne post-partum	20
III.12.	Affections au péri-partum	21

Chapitre II : L'alimentation de la vache laitière.

I.	La vache : un ruminant	24
II.	Valeurs nutritives des aliments	25
II.1.	Nutrition énergétique	25
II.2.	Nutrition azotée	26
II.3.	Equilibre PDIN-PDIE	28
II.4.	Valeur d'encombrement	29
II.4.1.	facteurs liés à l'animal	29
II.4.1.1.	Appétit et besoins physiologiques	29
II.4.1.2.	Poids de la vache	30
II.4.1.3.	Âge	30
II.4.1.4.	Potentiel de production	30

II.4.2. facteurs liés à l'aliment	31
II.4.2.1. Composition de la ration	31
II.4.2.2. Variété de la ration	32
III. Besoins nutritifs de la vache laitière	33
III.1. Besoins en énergie.....	33
III.2. Besoins en matières azotées	33
III.1. Besoins en minéraux et vitamines	34
III.1. Besoins hydrique	35
IV. Conduite de rationnement	36
IV.1. Période de tarissement	36
IV.2. Période de lactation	38

Chapitre III : Effet de l'alimentation sur la reproduction chez la vache laitière.

I. Energie	40
I.1. Caractéristique de la vache laitière au début de lactation.....	40
I.2. Effet de déficit énergétique	41
I.3. Effet de l'excès énergétique	42
I.4. Note d'état chaire, outil de gestion de l'énergie.....	44
I.4.1. Echelle de notation	44
I.4.2. Principe	45
I.4.3. Profile de NEC	45
I.4.4. NEC et la reproduction	47
II. Protéine	48
II.1. Effet de déficit protéique	48
II.2. Effet d'un excès protéique	50
III. Minéraux et vitamines	51

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

I. Animaux	54
II. Collecte des données	56
III. Notation de l'état corporel	58
IV. Production laitière	59
V. Conduite alimentaire	61
VI. Calcule des bilans énergétique et protéique	62
VI.1. Poids des vaches.....	62
VI.2. Bilan énergétique	62
VI.3. Bilan protéique	63
VII. Analyses statistiques	63

Résultats et Discussion

I.	Alimentation	65
I.1.	Caractérisation de ration et de la conduite alimentaire	65
I.2.	Les bilans énergétique et protéique	67
II.	Production laitière	70
II.1.	Production laitière permise par la ration	71
II.2.	Saison de vêlage et production laitière	72
II.3.	Conduite de distribution du concentré et Production laitière	73
II.4.	Quantité de concentré et production laitière	74
II.5.	STEAMING-UP et production laitière	76
III.	Etat corporel	77
III.1.	Profile global	77
III.2.	UFL du concentré et NEC à la 1 ^{ère} insémination	78
IV.	Performances de reproduction et alimentation	80
IV.1.	Performance de reproduction	80
IV.1.1.	Intervalle naissance-vêlage	82
IV.1.2.	Intervalle vêlage-vêlage	83
IV.2.	Alimentation facteur de réussite de la reproduction	84
IV.2.1.	Alimentation et diagnostic de gestation	84
IV.2.2.	Alimentation et intervalles de reproduction	85
IV.2.3.	Production laitière et réussite de la 1 ^{ère} insémination	88
IV.2.4.	Alimentation et réussite de la 1 ^{ère} insémination	89
IV.2.5.	NEC et réussite de la 1 ^{ère} insémination	90
	Discussion générale	94
	Conclusion	100
	Références bibliographiques	
	Annexes	

Liste d'abréviation

ADF : acid detergent fiber;
ADL : acid detergent lignine ;
AGNE : acides gras non estérifiés
AGV : acides gras volatiles ;
BE : bilan énergétique (UFL);
BEN : bilan énergétique négatif ;
BHB : β -hydroxybutyrate ;
BP : bilan protéique (g) ;
Ca : calcium ;
CB : cellulose brute ;
CIZ : centre d'information zootechnique ;
Co : cobalt ;
Cu : Cuivre ;
dCo : digestibilité de la matière organique du concentré ;
dE : digestibilité de l'énergie
DML : durée moyenne estimée de lactation ;
dMO : digestibilité de la matière organique ;
Dr : digestibilité réelles des protéines ;
DSA : Direction de Service Agricole ;
DT : dégradabilité théorique ;
EB : énergie brute (kcal /kg de MS);
ED : énergie métabolisable (en Kcal / kg de MS) ;
efsa : european food safety authority ;
EM : énergie métabolisable en Kcal / kg de MS ;
EN : énergie nette en Kcal / kg de MS ;
ENL : énergie nette de lactation en Kcal / kg de MS ;
Exp. : Exploitation;
FSH : follicle stimulating hormone;
g : gramme;
h : heure
H : hauteur
ha : hectare
l : lode;
IA : insémination artificielle ;
IA1 : première insémination artificielle ;
IA2 : deuxième insémination artificielle;
IAF : insémination artificielle fécondante;

IA1-IAF : intervalle : première insémination-insémination artificielle fécondante ;
ICAR : International Committee for Animal Recording ;
IGFBP : Insulin-like Growth Factor Binding Proteins;
IGF-I : Insulin-like Growth Factor I;
INRA : institut nationale de recherche agronomique;
ITEB : institut des techniques d'élevages bovins ;
IV-I1 : intervalle vêlage- première insémination;
IV-IAF : intervalle vêlage- insémination artificielle fécondante;
IV-N : intervalle vêlage- naissance;
IV-V : intervalle vêlage-vêlage;
J : jour ;
K : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette;
KF : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la croissance;
KI : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la production laitière;
KM : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour le maintien;
KMF : rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette pour la croissance et le maintien;
l : litre ;
K : Potassium;
LH : luteinising hormone ;
MAD : matière azotées digestibles
MAND : Matières azotées non dégradées ;
MAT : matière azotée totale ;
MG : matières grasses
Mg : Magnésium ;
Mn : Manganèse ;
MOF : matière organique fermentescible ;
MS : matière sèche.
MSI : matière sèche totale ingérée
MT : moyenne technique.
Na : Sodium ;
NEC : Note d'état corporel ;

NEC1 : note d'état corporel au moment de la 1^{ère} insémination ;
NECM : note d'état corporel moyenne des exploitations ;
P : Phosphore ;
PB : protéine brute ;
PDI : protéines digestibles dans l'intestin ;
PDIA : protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire ;
PDic : protéines digestibles dans l'intestin de concentré ;
PDIE : Protéines Digestibles dans l'Intestin permises par l'Énergie ;
PDIM : protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne ;
PDIME : protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'énergie ;
PDIMN : protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne permises par l'azote ;
PDIN : Protéines Digestibles dans l'Intestin permises par l'azote ;
PDIt : protéines digestibles dans l'intestin totales ;
PL : production laitière ;
PV : Poids Vif (kg) ;
PV^{0.75} : poids vif métabolique ;
Q_c : quantité (matière brute) de concentré distribué ;
Q_f : quantité (matière brute) de fourrage distribué ;
QM_{LE1} : quantité du lait moyenne estimé dans le premier mois ;
r : rayon ;
r² : coefficient de corrélation ;
SAU : surface agricole utile ;
Sé : sélénium ;
Sg : taux de substituions ;
TC1 : Taux de conception à la première insémination ;
TC2 : Taux de conception à la deuxième insémination ;
TNR 90 : taux de non-retour au 90^{ème} jour ;
TRIA1 : taux de réussite à la première insémination ;
UE : unité d'encombrement ;

UF : Unité Fourragère ;
UFL : Unité Fourragère Lait = unité de mesure de l'énergie d'un aliment destiné aux vaches laitières.
UFLc : Unité Fourragère Lait des concentrés ;
UFLt : Unité Fourragère Lait totaux ;
UFV : Unité Fourragère viande ;
UI : unité internationale ;
USA : United States American ;
V : volume ;
VE_c : valeur énergétique de concentré distribué ;
VE_f : valeur énergétique de fourrage distribué ;
vitA : vitamine A ;
vitD : vitamine D ;
vitE : vitamine E ;
VLA : vaches en lactation dans le premier mois ;
VP_c : valeur protéique de concentré (g).
VP_f : valeur protéique de fourrage (g) ;
Vs : versus ;
Zn : zinc.

Liste des tableaux

Tableau 1	Taux de conception observé chez des génisses et des vaches de différentes parités dans 1993 et 2002 de 2000 troupeaux de vaches laitières au Québec.	14
Tableau 2	Taux de conception à la 1 ^{ère} IA par rapport à la production laitière annuelle (valeurs annuelles moyennes pour chaque période de cinq ans).	16
Tableau 3	Signes de l'expression d'œstrus des vaches frisonne (1976) et des vache Holstein (1998).	17
Tableau 4	Nombre d'œstrus accompagnés de l'acceptation du chevauchement.	17
Tableau 5	Effet de la taille de troupeau sur l'intervalle V-V, V-1 ^{ère} IA et nombre d'insémination.	18
Tableau 6	Héritabilité moyenne pour des paramètres de reproduction estimés dans 17 études.	20
Tableau 7	Principaux objectifs à atteindre pour la maîtrise des troubles du péripartum en race Prim'Holstein.	21
Tableau 8	Rappel des principes de calcul de la valeur énergétique et azotée.	28
Tableau 9	Les besoins physiologiques en phosphore et calcium absorbés.	35
Tableau 10	Apports recommandés en vitamines en UI par kg de MS totale de la ration selon la proportion de concentrés.	35
Tableau 11	Effet du niveau de protéine brute (P.B.) de la ration sur certains paramètres liés à la production et à la reproduction.	50
Tableau 12	Troubles de la reproduction de la vache laitière en fonction des déséquilibres minéraux et vitaminiques.	51
Tableau 13	Formules utilisées pour l'estimation de la production laitière dans les exploitations suivies.	60
Tableau 14	Valeur nutritive des fourrages et concentrés utilisés au niveau des exploitations suivies.	61
Tableau 15	Caractéristiques structurelles et performances de production des élevages suivis.	65
Tableau 16	Effet exploitation sur l'intervalle vêlage-1 ^{ère} insémination, vêlage - insémination fécondante (IVIF), l'intervalle 1 ^{ère} insémination-insémination fécondante (I1 ^{ère} -IF), taux de réussite à la 1 ^{ère} insémination (TR1 ^{ère} I), et nombres de services par conception.	81

Liste des figures

Figure 1	Notions de fécondité appliquées en élevage bovin laitier.	11
Figure 2	Taux de réussite à l'insémination en fonction de la modalité de "signe" de détection.	18
Figure 3	Effet du jour (postpartum) de l'insémination sur le taux de conception chez des vaches laitières.	19
Figure 4	Intervalle vêlage-IAF pour des vaches traitées pour diverses conditions cliniques.	21
Figure 5	Systèmes d'évaluation de la nutrition énergétique INRA 1978.	26
Figure 6	Systèmes d'évaluation de la nutrition azotée.	27
Figure 7	Mécanismes d'action des protéines dans la régulation de l'ingestion.	32
Figure 8	Les objectifs principaux en fonction du stade de lactation.	37
Figure 9	Effet de l'accroissement de la proportion de concentré dans la ration sur les chutes de pH.	43
Figure 10	Le profil de l'état corporel acceptable à l'échelle individuelle ou du troupeau.	46
Figure 11	Perte d'état de corps pendant les 30 premiers jours de la lactation et intervalle post-partum première ovulation.	47
Figure 12	Répartition des localités où se trouvent les élevages suivis.	55
Figure 13	Histogramme empilé (%) de différentes races présentes au niveau de chaque exploitation.	56
Figure 14	Méthodologie de fonctionnement informatisé du suivi de la reproduction appliquée au niveau des troupeaux bovins laitiers étudiés.	57
Figure 15	Différentes méthodes de contrôle laitier qui a été fait au cours du suivi.	59
Figure 16	Graphe en boîte représentant le pourcentages des UFL apportés par le concentré par rapport à la ration totale.	67
Figure 17	Nuage de points représentant le bilan UFL des vaches dans les exploitations suivies.	69
Figure 18	Nuage de points représentant le bilan PDI des vaches dans les exploitations suivies.	69
Figure 19	Graphe en boîte représentant le bilan UFL en fonction du mode de distribution du concentré.	70

Figure 20	Graphe en boîte représentant la production laitière permise par la ration distribuée et la production laitière réelle au niveau des exploitations suivies.	71
Figure 21	Histogramme représentant le rendement laitier en fonction de la saison de vêlage.	73
Figure 22	Histogramme représentant le rendement laitier en fonction du système de distribution du concentré.	74
Figure 23	Histogramme représentant le rendement laitier en fonction de quantité d'UFL du concentré.	75
Figure 24	Histogramme représentant le rendement laitier en fonction du STEAMING-UP.	76
Figure 25	Courbe représentant l'évolution de l'état corporel moyenne (NECM) des quatre exploitations.	77
Figure 26	Graphe en boîte représentant la note d'état corporel (NEC1) à la 1 ^{ère} insémination en fonction de la quantité d'UFL de concentré (UFLc) apportée aux vaches suivies.	79
Figure 27	Graphe en boîte représentant la note d'état corporel (NEC1) à la 1 ^{ère} insémination en fonction du mode de distribution du concentré.	80
Figure 28	Graphe en boîte représentant l'intervalle naissance-vêlage en fonction de l'origine de la génisse.	82
Figure 29	Graphe en boîte représentant l'intervalle vêlage-vêlage des exploitation suivis.	83
Figure 30	Graphe en boîte représentant la quantité d'UFL concentré (UFLc) en fonction du résultat de diagnostic de gestation.	84
Figure 31	Graphes en boîte représentant l'intervalle vêlage-1 ^{ère} insémination, 1 ^{ère} insémination-insémination fécondante (IA1-IAF) et l'intervalle vêlage-vêlage en fonction de la quantité d'UFL du concentré.	86
Figure 32	Graphe en boîte représentant l'intervalle vêlage-vêlage en fonction du mode de distribution du concentré.	87
Figure 33	Histogramme représentant le rendement laitier en fonction de la réussite de la 1 ^{ère} insémination.	88
Figure 34	Histogramme représentant la quantité d'UFL du concentré (UFLc) en fonction de la réussite à la 1 ^{ère} insémination.	89
Figure 35	Boîte en graphe représentant la note d'état à la 1 ^{ère} insémination(NEC1) en fonction de la réussite de l'insémination.	90
Figure 36	diagrammes en secteur représentant le taux de la réussite de la 1 ^{ère} insémination et le pourcentage de NEC à la 1 ^{ère} insémination.	91

Introduction

Devant une consommation croissante du lait en Algérie, les autorités agricoles se sont penchées sur l'élaboration d'un programme laitier "*programme national de réhabilitation de la production laitière*" qui peine à donner les résultats escomptés. Dans la majorité de ces programmes, l'aspect alimentaire a souvent été marginalisé (Kadi *et al.*, 2007a), et il faut reconnaître que dans l'ensemble, très peu de politiques sont orientées vers l'amélioration des performances de production à l'échelle de la vache, les efforts restent essentiellement consentis sur l'augmentation des quantités collectées.

Le but des éleveurs est de maximiser le gain économique par la production laitière sans oublier les veaux qui prennent une place importante dans leurs objectifs. Cette équation lait-veau n'est pas facile malheureusement, notamment dans les pays développés, car les performances génétiques actuelles sont orientées vers la production laitière au détriment des paramètres de reproduction (Lucy., 2001 ; Royal *et al.*, 2002 ; Tóth *et al.*, 2006 ; Dobson *et al.*, 2007 ; Yániz *et al.*, 2008). Le veau est le résultat d'un long processus qui commence à partir d'un simple follicule et se termine par de véritables systèmes et organismes. Ceci implique un accomplissement d'une croissance saine d'un follicule, ovulant un ovocyte compétent sur des femelles présentant un œstrus normal suivi d'une fertilisation et d'une longue période de gestation. Tous ces événements, dans la plus part du temps, doivent être réalisés dans une période où les besoins nutritives de la vache ne cesse d'augmenter.

Pour nos élevages, en plus de toutes ces exigences liées à la physiologie de la vache, il faut ajouter la non-maîtrise des critères de la reproduction et le manque de technicité de la part de nos éleveurs (Bouzebda *et al.*, 2003). Dans ce sens, des travaux algériens semblent indiquer qu'une partie des faibles performances de reproduction de l'espèce bovine est liée à des erreurs de gestion. Cependant très peu de travaux existent sur la relation entre l'alimentation et les performances de reproduction dans les conditions d'élevage de la vache laitière. Cette relation est tout à fait établie dans la littérature internationale où il apparaît de plus en plus clairement qu'une bonne reproduction dépend d'une attention appropriée à la nutrition optimale de la vache (Boland *et al.*, 2001; Overton et Waldron., 2004).

La région de Tizi-Ouzou, pourtant montagneuse et à faibles sols fourragers (Kadi., 2007) est parmi les wilayates les plus productrices de lait en Algérie avec un nombre de 640 éleveurs et une production de 82 millions de litres de lait en 2009 (DSA, Tizi-Ouzou) et elle reste parmi celles où est pratiquée l'insémination artificielle à grande échelle (44 inséminateurs). Et c'est justement dans cette wilaya que nous avons réalisé la présente étude avec comme objectif final de comprendre la relation existante entre l'alimentation, telle qu'elle est pratiquée dans les exploitations laitières, et les performances de reproduction.

Partie  **bibliographique**

“

**FERTILITÉ ET FACTEURS DE
RÉUSSITE DE LA
REPRODUCTION EN ÉLEVAGES
BOVINS LAITIERS**

”

1



Fertilité et facteurs de réussite de la reproduction en élevages bovins laitiers.

Une bonne fertilité représente un facteur important pour le succès de la production laitière. Si la fertilité d'un troupeau de vaches laitières n'est pas satisfaisante, il convient de commencer par en rechercher les causes et proposer des solutions.

Quel que soit le système bovin laitier, la reproduction est une fonction essentielle à la pérennité de l'élevage. Dans cette synthèse, les priorités de la reproduction sont définies en fonction des objectifs des systèmes (Disenhaus *et al.*, 2005).

En effet, la reproduction du troupeau s'inscrit dans une stratégie globale d'élevage qui doit être adaptée aux objectifs fixés. Quel que soit le système choisi, la maîtrise de la reproduction du troupeau est difficile et constitue une préoccupation récurrente pour l'éleveur (Espinasse *et al.*, 1997).

Le bilan de la reproduction est établi à partir de différents paramètres de fertilité et de fécondité. La fertilité est définie comme capacité d'un animal cyclique d'établir la grossesse (Pecsok *et al.*, 1994; Plaizier *et al.*, 1998); la fécondité caractérise la capacité d'une femelle à être fécondée dans des délais requis (figure 1).

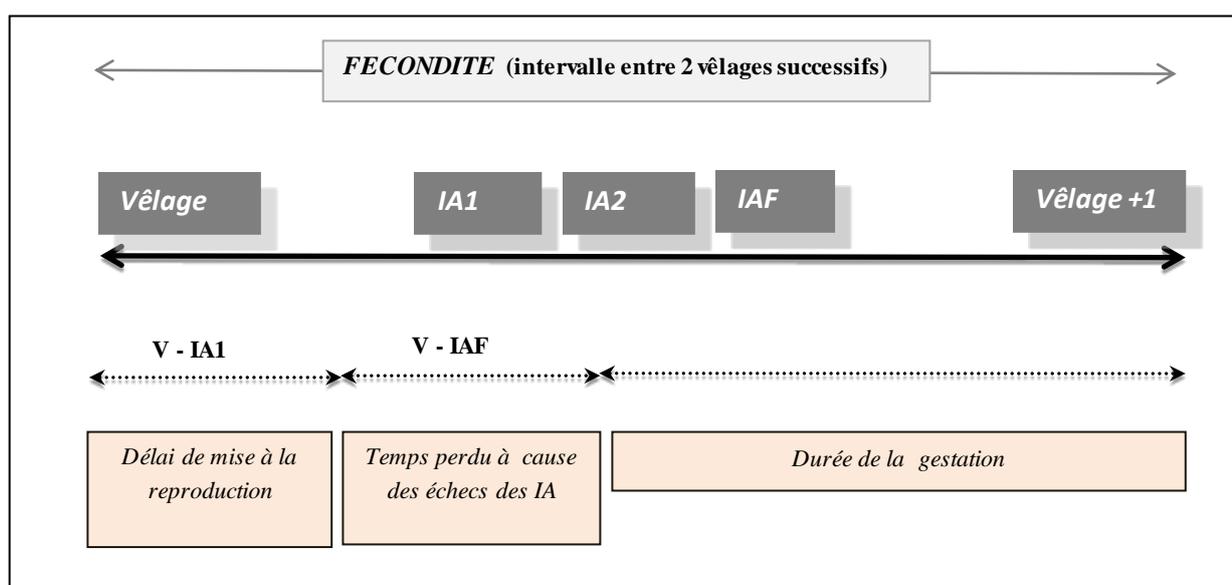


Figure 1 : Notions de fécondité appliquées en élevage bovin laitier (Tillard *et al.*, 1999).

I. Paramètres de reproduction

Dans l'industrie de cheptels laitiers, il est difficile de mesurer plusieurs paramètres telles que la fertilité et la fécondité parce qu'ils sont souvent subjectifs et contradictoires à travers des fermes et les données sont enregistrées différemment d'une ferme à une autre. On peut prendre l'effort substantiel de compiler et normaliser toute l'information dans une base de données (Weigel., 2004).

Traditionnellement, la plupart des paramètres de fertilité sont basés sur le vêlage et les données d'insémination (Voir annexe I, tableau1) et chaque paramètre a ses forces et faiblesses (Berglund., 2008). Les manières les plus communes de mesurer les paramètres de reproduction de la vache laitière sont des mesures d'intervalles, c.-à-d. les jours du vêlage au premier service ou chaleur (Pryce *et al.*, 2004) et l'intervalle vêlage dernière insémination (ou insémination fécondante) (Berglund., 2008).

D'autres paramètres sont utilisés, tels que le taux de détection des chaleurs, le nombre de services par conception (toutes les vaches ou vaches gestantes), le taux d'avortement et le non-retour au premier service (Pryce *et al.*, 2004).

Les paramètres considérés sont relativement différents dans le monde entier. *INTERBULL*¹ (2005) montre que l'Autriche et l'Allemagne mesurent le taux de non-retour 90 jours (*TNR90*) après la première insémination ; cependant, ce paramètre a une héritabilité seulement de 0.02. Aux États-Unis, le taux de conception commence à devenir le paramètre recommandé d'évaluation de la fertilité dans les cheptels laitiers (Van Raden *et al.*, 2004).

Selon Le Blanc (2005), ces mesures sont considérées comme “des paramètres traditionnels de fertilité” qui ont une héritabilité faible (<0.05) (Royal *et al.*, 2000b). Royal et al (2000b) suggèrent “des paramètres physiologiques de fertilité” comme nouvelle approche à la mesure de fertilité. En utilisant cette mesure, un producteur peut évaluer un animal basé sur sa capacité physiologique de devenir plein et pas sur sa fertilité en raison des procédures de gestion.

Un exemple d'un paramètre physiologique de fertilité est la mesure de la reprise de l'activité ovarienne post-partum par le dosage de progestérone ou par l'échographie (Fricke, 2002). Ce paramètre a une héritabilité plus élevée (0.16- 0.23) (Royal *et al.*, 2002 ; Petersson *et al.*, 2007).

¹ INTERBULL (Site Web International Officiel De Service d'Evaluation Des Taureaux Reproducteurs) est une sous-unité du Comité international pour l'enregistrement animal (International Committee for Animal Recording, ICAR).

Cependant, il est à signaler que les niveaux de progestérone seront encore influencés par l'état de l'environnement (Royal *et al.*, 2000b ; Petersson *et al.*, 2006) et/ou de l'état corporel (NEC) de l'animal à l'heure de l'évaluation (Royal *et al.*, 2000b), et par le niveau de la production laitière (Bech- Sàbat *et al.*, 2008).

II. Diminution de la fertilité chez la vache laitière

Plusieurs études ont indiqué une diminution de la fertilité des vaches laitières durant les dernières décennies. Par exemple, aux États-Unis, Butler (1998) a rapporté une diminution du taux de gestation au premier service de 65 à 40% entre 1951 et 1996. En Angleterre, cette diminution a été de l'ordre de 1% par an (Royal *et al.*, 2000 a, b). Le même résultat a été enregistré entre 1995 et 2003 en France (Barbat, 2005) et une diminution de 0.5% par an a été enregistrée en Espagne entre 1991 et 2000 (López-Gatius., 2003). En Belgique, le taux de gestation en race Blanc Bleu Belge est tombé de 55 % à 40 % en dix ans malgré que c'est une race purement viandeuse (Opsomer *et al.*, 2006).

Au Pays-Bas, le taux de succès à la première insémination artificielle (IA) est tombé de 55.5% à 45.5% en 10 ans (Jorristma *et al.*, 2000). En Espagne, le même résultat a été obtenu en analysant les données de 12 711 lactations sur 10 ans (de 1991 à 2000). López-Gatius et al (2003) ont observé aussi une augmentation de 4.6% de l'inactivité ovarienne sur une période de 10 ans. En Irlande, le nombre d'IA par conception est allé de 1.54 à 1.75 entre 1990 et 2000 (Mee *et al.*, 2004) avec des taux de conception de 64.9% et de 57.1%, respectivement. En France entre 1995 et 2003, Barbat et al (2005) ont rapporté que sur 5 256 226, 5 233 955 et 35 641 705 inséminations artificielles (IA) pour les races Montbéliarde, Normande et Prim'Holstein respectivement, il y avait une forte chute du taux de réussite à la première insémination (TRIA1) de 63% en 1995 à 55% en 2003 chez les génisses. Cependant, chez les vaches, le TRIA1 est resté relativement stable depuis 1995, pour les races Normande et Montbéliarde avec néanmoins une tendance à la baisse en race Normande après 1999. De même, Le Mezec et al (2005) ont rapporté que le taux de réussite à l'IA a été baissé de 4 à 8 % en 7 ans et en 2002, 35 à 41 % des IA ont donné un vêlage.

III. Facteurs qui influencent la fertilité

Les performances de reproduction ne dépendent pas exclusivement d'un seul facteur (Dobson *et al.*, 2007). En effet, les facteurs influençant la fertilité de la vache laitière sont d'origine multifactorielle (Calus *et al.*, 2005), selon Bryant *et al.* (2005), ces facteurs sont génétiques ou environnementaux.

III.1. Âge

L'accouchement dystocique, le risque de mortalité périnatale et l'ancestrus du post-partum caractérisent davantage les primipares. A l'inverse, on observe une augmentation avec l'âge de la majorité des autres pathologies telles que les rétentions placentaires, les retards d'involution utérine, les métrites, les fièvres vitulaires et les kystes ovariens (Hanzen *et al.*, 1996).

En effet, une étude réalisée par l'ASTLQ (Amélioration de Santé des troupeaux laitiers du Québec) entre 1993 et 2002 sur 2000 exploitations laitières (Bousquet *et al.*, 2004) ne montre aucune diminution du taux de conception à la première IA (TC1) et à la deuxième IA (TC 2) chez les génisses. Cependant, il a été observé une diminution importante chez les vaches, y compris les vaches primipares (tableau 1). La même tendance a été démontrée aux États-Unis, un taux moyen de gestation au premier service a été de 0.35, 0.29, 0.28, 0.26, et 0.25, respectivement, pour les cinq premières parités chez des vaches de race Holstein (Weigel, 2006).

Tableau 1 : Taux de conception observé chez des génisses et des vaches de différentes parités dans 1993 et 2002 de 2000 troupeaux de vaches laitières au Québec (Bousquet *et al.*, 2004).

	<i>Génisses</i>		<i>Vaches primipares</i>		<i>Vaches multipares</i>	
	<i>1993</i>	<i>2002</i>	<i>1993</i>	<i>2002</i>	<i>1993</i>	<i>2002</i>
<i>Nombre</i>	12 656	16 126	14 000	15 440	47 442	69 364
<i>TC 1*</i>	60	63	49	43	43	39
<i>TC 2</i>	50	55	50	45	47	41

*TC1 et TC2 : taux de conception à la 1^{ère} et la 2^{ème} IA.

III.2. Moment et la technique d'insémination

L'efficacité de l'IA se rapporte à des facteurs affectant des taux de gestation dus à la technique de l'IA (Fricke., 1999). Il est recommandé d'inséminer dans la demi-journée qui suit le moment de la détection des chaleurs. En effet, le moment propice pour inséminer doit être le plus proche possible de l'ovulation qui survient immédiatement après la fin des chaleurs. Sur chaleurs naturelles, l'acte d'insémination se fait 12 h à 14 h après que ces dernières soient manifestées (Marichatou., 2004).

D'autres facteurs liés à l'insémination doivent également être pris en considération comme la méthode de décongélation de la paillette, la facilité de pénétration du col, l'inséminateur, le taureau, la nature de l'écoulement, la température extérieure, les critères de diagnostic d'un état œstral (Hanzen *et al.*, 1996).

III.3. Saison

Il existe peu de références sur l'effet de la saison "*stricto sensu* " sur la reproduction des vaches (Disenhaus *et al.*, 2005). Les variations saisonnières des performances de reproduction doivent être interprétées en fonction des influences réciproques (difficilement quantifiables et donc le plus souvent confondues) des changements rencontrés au cours de l'année dans la gestion du troupeau, l'alimentation, la température, l'humidité, la photopériode (Hanzen., 2005) et les effets du type de logement (Disenhaus *et al.*, 2005). Dans les pays tempérés, en automne-hiver, la mise à la reproduction a lieu dans le bâtiment. Il est donc théoriquement possible de piloter la courbe de lactation et/ou le bilan énergétique des animaux par l'alimentation distribuée afin d'optimiser les performances de reproduction. En revanche, l'expression des chaleurs peut être limitée par le bâtiment lui-même (Seegers., 1999). Des études récentes ont prouvé que les vaches exposées à un stress thermique pendant l'été ont une qualité d'ovocytes médiocre (Roth., 2008). Ainsi, Chebel et al (2004), ont observé que les vaches exposées à la chaleur avant l'insémination (entre 50 et 20°C avant l'insémination) ont un taux de gestation inférieur de 31 à 33% par rapport à celles non exposées. Ainsi, une exposition à la chaleur du 20^{ème} jour avant l'insémination au jour de l'insémination n'entraîne pas de diminution du taux de gestation (Chebel *et al.*, 2004).

III.4. Production laitière

Pendant plusieurs années, l'amélioration génétique des bovins laitiers ont été basés presque exclusivement sur les performances de la production laitière de la vache (Hansen., 2000 ; Boettcher., 2005). Lucy (2001) a rapporté que tous les rapports ont montré une association entre l'augmentation de production laitière et la diminution de fertilité. Cette relation a été étudiée à l'aide d'une base de données dans les Pays-Bas, cette étude montre une diminution de taux de conception et une augmentation de l'intervalle vêlage-IA fécondante en augmentant la production laitière (Jorristma *et al.*, 2000).

Selon l'étude de Yànz et al (2008), il a été constaté que pour Chaque 1000 Kg supplémentaire de la moyenne annuelle du lait, il a été associé à une diminution de 2.3% du taux de conception à la première IA (**tableau 2**). De même, les vaches avec le rendement de lait le plus élevé sont celles qui ont le taux de conception au premier service le plus bas (Faust *et al.*, 1988) ou taux du non-retour 90 jours (Al-Katanani *et al.*, 1999) et un nombre de services le plus haut (Faust *et al.*, 1988).

Tableau 2 : Taux de conception à la 1^{ère} IA par rapport à la production laitière annuelle (valeurs annuelles moyennes pour chaque période de cinq ans) (Yànz *et al.*, 2008).

	1991-1995	1996-2000	2003-2007
Production laitière annuelle/vache (kg)	8300	9660	11 221
Taux de conception à la 1^{ère} IA (%)	39.1	34.8	32.3

III.5. Nutrition

Une nutrition incorrecte au péri-partum, a un impact négatif sur les performances de reproduction. Cet impact dû à un déséquilibre énergétique et/ou protéique pendant la période de transition a été démontré par plusieurs auteurs (Butler et Smith., 1989; Britt., 1991 ; Beam et Butler., 1998 ; Butler., 1998, 2000 ; de Vries et Veerkamp., 2000 ; Butler *et al.*, 2003 ; Pushpakumara *et al.*, 2003 ; Leroy *et al.*, 2008 a, b, c ; Cavestany *et al.*, 2009). En outre, le statut diététique de la plupart des minéraux et vitamines peut également influencer les performances de reproduction (Hurley et Doane., 1989 ; Smith et Akinbamijo., 2000). (**Voir chapitre III**).

III.6. Détection des chaleurs

La détection des chaleurs est devenue une étape très cruciale (Cutullic *et al.*, 2009), elle est l'un des facteurs importants qui influencent la bonne gestion d'IA de troupeaux ; malheureusement, l'expression d'œstrus apparaît diminuer depuis 1976 (tableau 3) (Sheldon *et al.*, 2006), et les facteurs affectant le comportement œstral ont été moins étudiés que ceux affectant la fertilité (Cutullic *et al.*, 2009). Parallèlement, dans des travaux récents (Van Eedenburg *et al.*, 1996 ; Disenhaus, 2004 ; López-Gatius *et al.*, 2005 ; Cutullic *et al.*, 2009) l'expression des chaleurs est devenue frustrée, avec une durée courte inférieure à 12 heures en moyenne) et une faible proportion de vaches acceptant le chevauchement (50 à 60 %) (Tableau 4). Fricke (1999) rapporte que le taux de service peut être amélioré en augmentant l'efficacité de détection d'œstrus. De même, l'intensité et la durée de la période d'œstrus ont également un impact sur le taux de gestation (Dransfield *et al.*, 1998), ainsi, le taux de conception diffère de manière significative entre les catégories de détection (figure 2) (Cutullic *et al.*, 2009).

En conclusion, c'est l'existence de manifestations de chaleurs fugaces qui peut en partie expliquer la faible efficacité de la surveillance visuelle. Les signes de chaleurs observés avant l'IA ont un impact sur la réussite à l'IA comme le montre Heerche et Nebel (1994) et Lyimo *et al.* (2000). Selon Hanzen (2005), 5 à 30 % des vaches présentent le jour de l'insémination des concentrations élevées en progestérone.

Tableau 3 : Signes de l'expression d'œstrus des vaches frisonne (1976) et des vache Holstein (1998) (Sheldon *et al.*, 2006).

	1976	1998
<i>Monte par vache</i>	56.3 ± 34.8	8.5 ± 6.6
<i>Durée de l'œstrus (h)</i>	14.9 ± 4.7	7.1 ± 5.4
<i>moment</i>	Soir	N'est pas mentionné

Tableau 4 : Nombre d'œstrus accompagnés de l'acceptation du chevauchement.

Sources	% d'œstrus accompagnés d'acceptations du chevauchement
<i>Lyimo et al (2000)</i>	53 %
<i>Kerbrat et Disenhaus (2004)</i>	50 %
<i>Roelofs et al (2005)</i>	58 %
<i>Cutullic et al (2006)</i>	60%

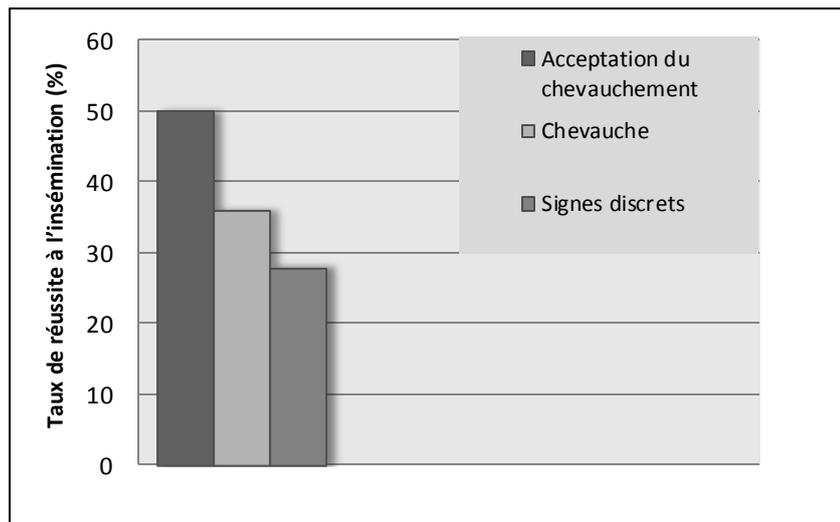


Figure 2 : Taux de réussite à l'insémination en fonction de la modalité de "signe" de détection (Cutullic *et al.*, 2006).

III.7. Taille du troupeau

La plupart des études concluent à la diminution de la fertilité avec la taille du troupeau (Hanzen *et al.*, 1996 ; Rajala-Schultz et Frazer., 2003). Rajala-Schultz et Frazer (2003) ont rapporté que les grands troupeaux (≥ 100 vaches) ont un taux inférieur de réussite de la 1^{ère} IA et ont besoin de plus de services par conception (tableau5). Cependant, De Vries et Risco (2005) n'ont trouvé aucune association claire.

Tableau 5: Effet de la taille de troupeau sur l'intervalle V-V, V-1^{ère} IA et nombre d'insémination (Rajala-Schultz et Frazer., 2003).

Taille du troupeau	Intervalle vêlage- vêlage (mois)	Intervalle vêlage- 1 ^{ère} IA (jours)	Nombre d'insémination
<50 vaches	13,9	146,0	1,96 ^a
50-99 vaches	13,9	144,4	1,94 ^a
≥ 100 vaches	13,8	142,7	2,02 ^b

Évaluations avec une lettre différente (a, b) dans chaque colonne (taille de troupeau) étaient significativement différente de l'un et l'autre avec $P < 0.001$.

III.8. Jours d'insémination après le vêlage

L'obtention d'une fertilité et d'une fécondité optimales dépend du choix et de la réalisation par l'éleveur d'une première insémination au meilleur moment du post-partum (Hanzen *et al.*, 1996). Espinasse et al (1997) ont rapporté que la fertilité est inférieure quand l' IA est réalisée avant 50 jours post-partum et particulièrement avant 30 jours post-partum, la fertilité augmente progressivement jusqu'au 60^{ème} jour du post-partum, se maintient entre le 60^{ème} et le 120^{ème} jour puis diminue par la suite (Hanzen *et al.*, 1996) (figure 3).

Ainsi, le taux de conception augmente avec les jours post-partum et le retardement du premier service pourrait augmenter l'efficacité de la reproduction (Grimard *et al.*, 2006).

Il est par ailleurs unanimement reconnu que la réduction d'un jour du délai de la première insémination s'accompagne d'une réduction équivalente de l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante (Hanzen *et al.*, 1996).

Friggens et Labouriau (2010) ont rapporté que la probabilité de conception est influencée par le numéro de l'œstrus indépendamment de la durée de l'ancœstrus post-partum. De même, la durée de l'ancœstrus influe également sur la probabilité de conception indépendamment du numéro de l'œstrus.

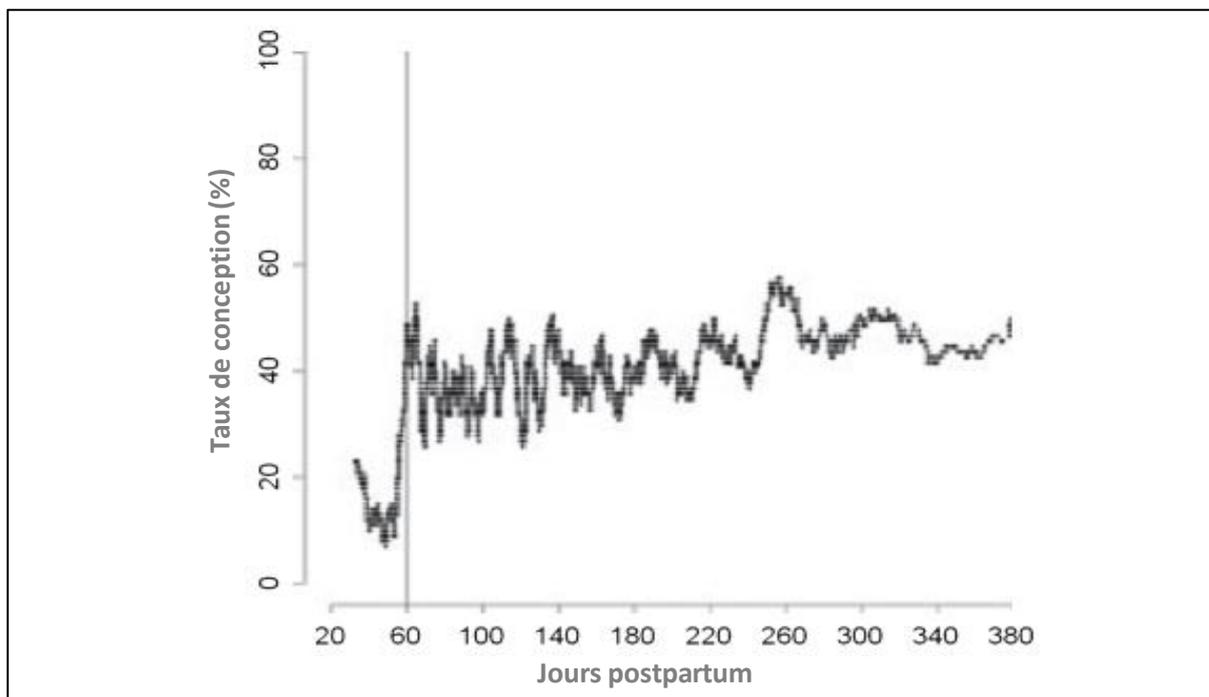


Figure 3 : Effet du jour (post-partum) de l'insémination sur le taux de conception chez des vaches laitières (Gàbor *et al.*, 2008).

III.9. Nombre de traites

Les effets de la fréquence de traites ont été intensivement explorés dans les troupeaux laitiers (Barnes *et al.*, 1990 ; Stelwagen et Knight., 1997). Cependant, il reste à établir si la traite des vaches laitières trois fois par jour au lieu de deux fois par jour affecte la fertilité. Quelques études ont conclu que les performances de reproduction restent inchangées dans les traites trayant de trois fois par jour (Barnes *et al.*, 1990 ; Kruij *et al.*, 2002), alors que d'autres ont relié cette fréquence de traite à une diminution de la fertilité (Smith *et al.*, 2002 ; García-Ispierto *et al.*, 2007).

III.10. Génétique

L'existence de l'effet de la variation génétique sur la fertilité est relativement faible (tableau 6) (Veerkamp et Beerda, 2007 ; Abe *et al.*, 2009) en raison d'une grande influence des aspects de gestion et d'environnement (Berglund., 2008). Mais, cette notion est généralement acceptée (Rydhmer et Berglund., 2006). Dans des études (Van Raden *et al.*, 2004 ; Buch *et al.*, 2009), cette héritabilité a été estimée, on utilisant les différentes mesures de fertilité, et les évaluations s'étendent de 0.01 à 0.06.

Tableau 6 : Héritabilité moyenne pour des paramètres de reproduction estimés dans 17 études (Pryce et Veerkamp., 2001).

<i>Fertilité</i>	<i>Héritabilité (%)</i>
Non-retour après la 1 ^{ère} IA	1.9
Taux de conception après 1 ^{er} servi	2.7
Indice de fertilité	2.6
<hr/>	
<i>Fécondité</i>	
Intervalle de vêlage	3.4
Jours ouverts	2.4
Intervalle vêlage- 1 ^{ère} IA	5.0
Intervalle 1 ^{ère} IA- IAF	1.7

III.11. Involution utérine et activité ovarienne post-partum

La période du post-partum joue un rôle important dans la reproduction de bétail. La durée de l'anœstrus du post-partum a une influence importante sur les performances de reproduction (Lucy., 2007).

Pendant le post-partum, l'utérus présente une involution et l'axe hypothalamo-hypophysio-ovarien reprend les sécrétions cycliques des hormones hypophysaires et gonadiques pour mener à la première ovulation (Peter *et al.*, 2009). Une activité ovarienne régulière après une première ovulation précoce permet à l'éleveur d'avoir des repères avant la mise à la reproduction des vaches laitières, vers 50 jours post-partum (Ledoux *et al.*, 2007).

Dans une étude récente (Grimard et Disenhaus., 2005), 50 à 70 % des vaches seulement présentent des profils de reprise d'activité normale après le vêlage. Les deux anomalies les plus fréquemment rencontrées sont les phases lutéales prolongées (12 à 35 %) et l'inactivité ovarienne prolongée (10 à 20 %). La fréquence des phases lutéales prolongées a augmenté avec le temps et a pu être reliée à la production laitière des vaches en début de lactation (Royal *et al.*, 2000b).

III.12. Affections au péri-partum

Les performances de reproduction sont fortement liées à la santé de l'animal notamment quelques semaines avant et après le vêlage (De Vries., 2006). En effet, l'intervalle vêlage-conception est prolongé pendant au moins 7, 8, 26 et 31 jours pour les vaches qui sont traitées pour la mammite, rétention placentaire, fièvre vitulaire ou endométrite, respectivement, comparées avec les vaches en bonne santé (figure 4) (Schrick *et al.*, 2001 ; Gilbert *et al.*, 2005). Une certaine prévalence de ces troubles est incontournable retrouvée dans les élevages laitiers modernes. La mise en place de mesures correctives sera donc nécessaire si l'incidence de ces affections dépasse les objectifs (tableau 7) (Salat., 2005).

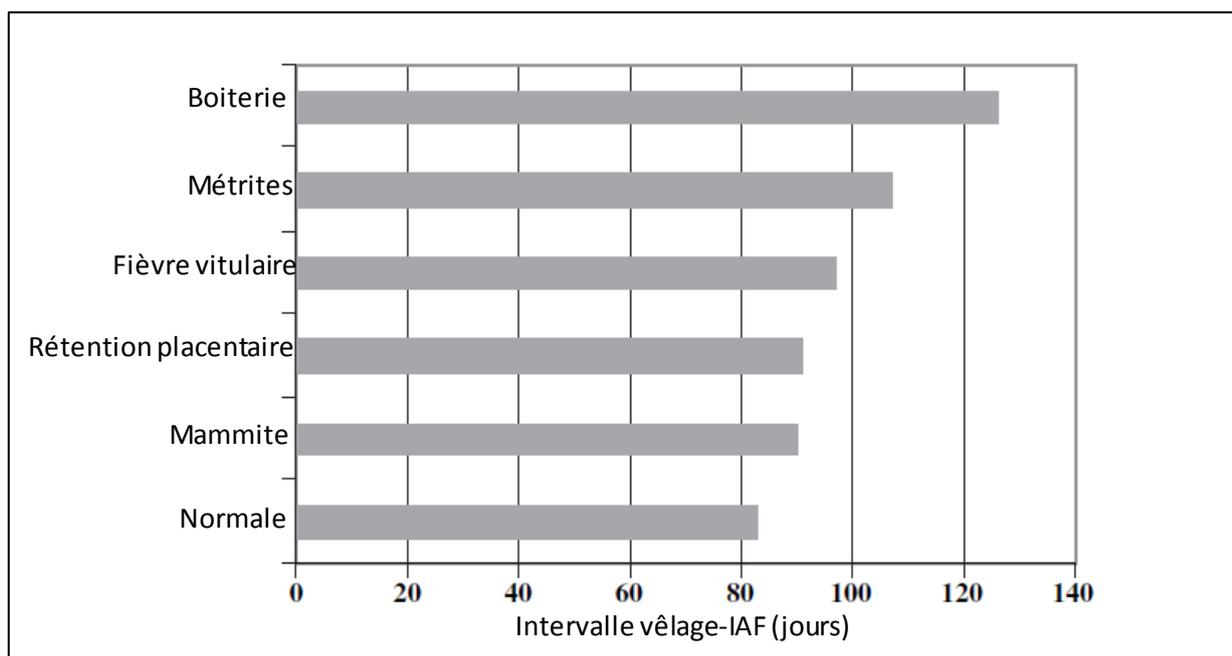


Figure 4 : Intervalle vêlage-IAF pour des vaches traitées pour diverses conditions cliniques (adoptée par Dobson *et al.*, 2007).

Tableau 7 : Principaux objectifs à atteindre pour la maîtrise des troubles du péri-partum en race Prim'Holstein. (D'après Salat., 2005).

<i>Affections</i>	<i>Objectifs</i>
<i>Fièvre de lait</i>	< 6 %
<i>Rétention placentaire</i>	< 12 %
<i>Métrite</i>	< 10 %
<i>Mammite*</i>	< 10 %

*incidence sur les 2 premiers mois de lactation.

“

L'ALIMENTATION DE LA VACHE

”

2



CHAPITRE II

L'alimentation de la vache laitière.

Un bon programme d'alimentation pour vaches laitières doit indiquer les aliments qui sont appropriés, les quantités nécessaires, ainsi que la manière et le moment de les servir (Wheeler., 1996).

Son objectif est non seulement d'alimenter des animaux de façon à satisfaire leurs besoins en énergie, azote, minéraux, vitamines et en eau, mais aussi de les maintenir dans un bon état de santé afin qu'ils puissent se reproduire, produire et résister aux agressions.

Pour alimenter un troupeau de vaches laitières, on est confronté à 6 problèmes :

- un troupeau, même assez homogène, sera constitué à un moment donné de vaches avec des niveaux de production laitière différents du fait d'une part de leurs écarts de niveau génétique et d'autre part de leur stade physiologique lors de la période considérée.
- les besoins de production des vaches laitières sont élevés, voire très élevés, notamment dans le cas des vaches à haut potentiel.
- les vaches laitières réagissent très rapidement à une erreur d'alimentation en réduisant leur production à la différence des vaches viandeuses.
- à la fin de gestation et au début de la lactation, les besoins évoluent très rapidement avec une amplitude importante alors que l'augmentation de la capacité d'ingestion est moins conséquente et plus lente.
- contrairement à ce qui existe pour l'énergie et les principaux éléments minéraux majeurs, il n'y a pas au niveau de l'organisme de stocks de matières azotées facilement mobilisables.
- quand le niveau de production s'accroît, la synthèse microbienne, qui contribue à fournir à l'animal une quantité importante d'acides aminés indispensables, n'est plus suffisante pour faire face à l'augmentation des besoins (Mauries et Allard., 1998).

I. La vache : un ruminant

L'alimentation rationnelle de la vache laitière suppose d'abord de bien prendre en compte les particularités digestives du ruminant (Wolter., 1997). Les vaches laitières se nourrissent essentiellement sinon exclusivement, de fourrages. Si les ruminants peuvent consommer et utiliser autant de fourrages ligno-cellulosiques, c'est bien évidemment en raison des caractéristiques de leur appareil digestif (Mauries et Allard., 1998). Le ruminant a la particularité de digérer par l'intermédiaire d'une cuve à fermentation « le rumen » (130 à 180 l) interposée dans la partie antérieure du tube digestif (Wolter., 1997). De ce fait, nourrir une vache consiste à alimenter deux animaux. Le premier animal à nourrir est le rumen, ou plutôt les microflore du rumen (Mauries et Allard., 1998). Ces derniers donc, sont capables de digérer les parois végétales (Wolter., 1997). Cette digestion de paroi végétale donne également des produits terminaux de fermentation, les acides gras volatiles (AGV), qui vont fournir l'essentiel de l'énergie au deuxième animal : la vache proprement dite ! (Mauries et Allard., 1998).

La symbiose microflore/ruminant est donc normalement très profitable à « l'autotrophie » énergétique, azotée et vitaminique (Wolter., 1997). Ainsi, un fonctionnement optimal de la panse et de ses microorganismes constitue la base d'une alimentation pour le bétail laitier couronnée de succès (Schori., 2007).

En conclusion, la symbiose microflore/ruminant représente un équilibre précaire, une « paix armée », très sensible à toute erreur alimentaire, de telle sorte que le rationnement d'un ruminant doit être plus délicat, plus précis, plus rigoureux que pour toute autre espèce (Wolter., 1997).

Donc, alimenter rationnellement les vaches laitières consiste à réaliser la meilleure adéquation possible entre les apports nutritifs et les besoins des animaux :

II. Valeurs nutritives des aliments

II.1. Nutrition énergétique

Adopté dès 1915 par les pays scandinaves (Danemark, Norvège, Suède), l'UF (Unités Fourragères) est égale à la valeur énergétique d'un Kg d'orge (Demarquilly *et al.*, 1996).

Pour la valeur énergétique, la démarche consiste essentiellement à estimer la digestibilité de la matière organique (dMO), puis les unités fourragères lait (UFL) et unités fourragères viande (UFV) sont calculées de façon séquentielle à partir des estimations de l'énergie brute, de l'énergie digestible, de l'énergie métabolisable et enfin de l'énergie nette (figure 5) (Sauvant *et al.*, 2002).

Pour les fourrages, les nombreuses mesures effectuées à l'INRA (France) à partir de 1974 ont permis de proposer des équations permettant d'estimer l'énergie brute (Demarquilly *et al.*, 1996). En effet, à partir des teneurs en cendres et en matières azotées et la digestibilité de l'énergie à partir de celle de la matière organique, celle-ci servant jusque-là à prévoir, seule, la valeur énergétique des fourrages.

Pour les aliments concentrés simples, les différentes étapes du calcul des valeurs UFL et UFV sont effectuées avec les équations proposées par Sauvant *et al.* (1987). Baumont *et al.* (1999) rapportent que la prévision de dMO se fait à partir de la digestibilité pepsine cellulase exprimée en matière organique (dCo).

Pour les aliments concentrés composés, la dMO et la valeur énergétique sont estimées à partir des équations proposées par Giger *et al.* (1990). Selon Baumont *et al.* (1999), deux équations sont généralement utilisées pour la prévision de la dMO : la première utilise la dCo et la deuxième utilise les teneurs en ADF (acid detergent fiber) et en ADL (acid detergent lignine) de l'aliment.

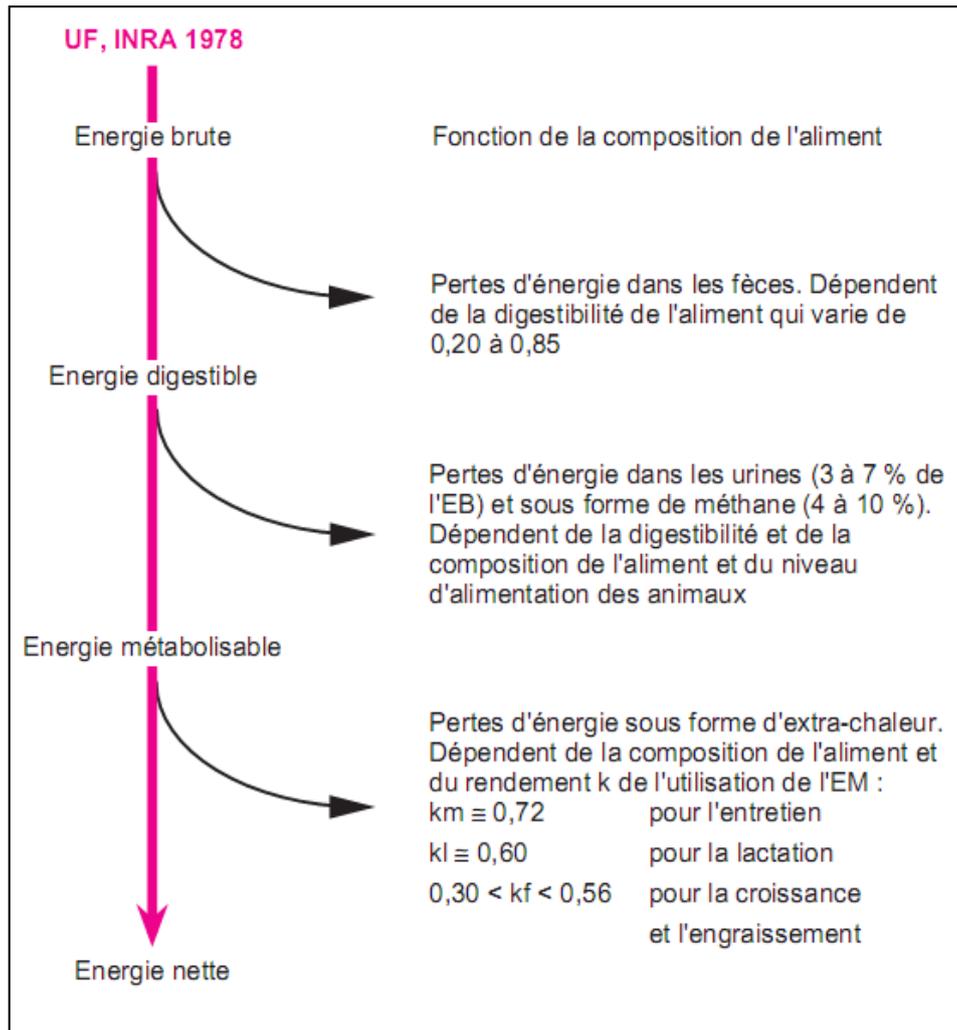


Figure 5 : Systèmes d'évaluation de la nutrition énergétique INRA 1978 (Adopté par Demarquilly *et al.*, 1996).

II.2. Nutrition azotée

L'INRA s'est attaché très tôt (1975) à développer un tel système d'évaluation de la nutrition azotée. Ce nouveau système est appelé système PDI (protéines digestibles dans l'intestin grêle) (Demarquilly *et al.*, 1996). Le système PDI est basé sur l'estimation conjointe des protéines alimentaires (PDIA) et microbiennes (PDIM) digérées dans l'intestin grêle dont la somme constitue la valeur PDI. Il est attribué à chaque aliment deux valeurs azotées potentielles selon que l'énergie (PDIE) ou l'azote (PDIN) disponibles dans le rumen est le facteur limitant de l'activité microbienne (Figure6). Le calcul de la valeur azotée d'un aliment (PDI) nécessite de connaître, outre sa teneur en MAT et sa dMO, la dégradabilité théorique de ses matières azotées dans le rumen (DT) et la digestibilité réelle des protéines dans l'intestin (dr) (Tableau 8) (Baumont *et al.*, 1999).

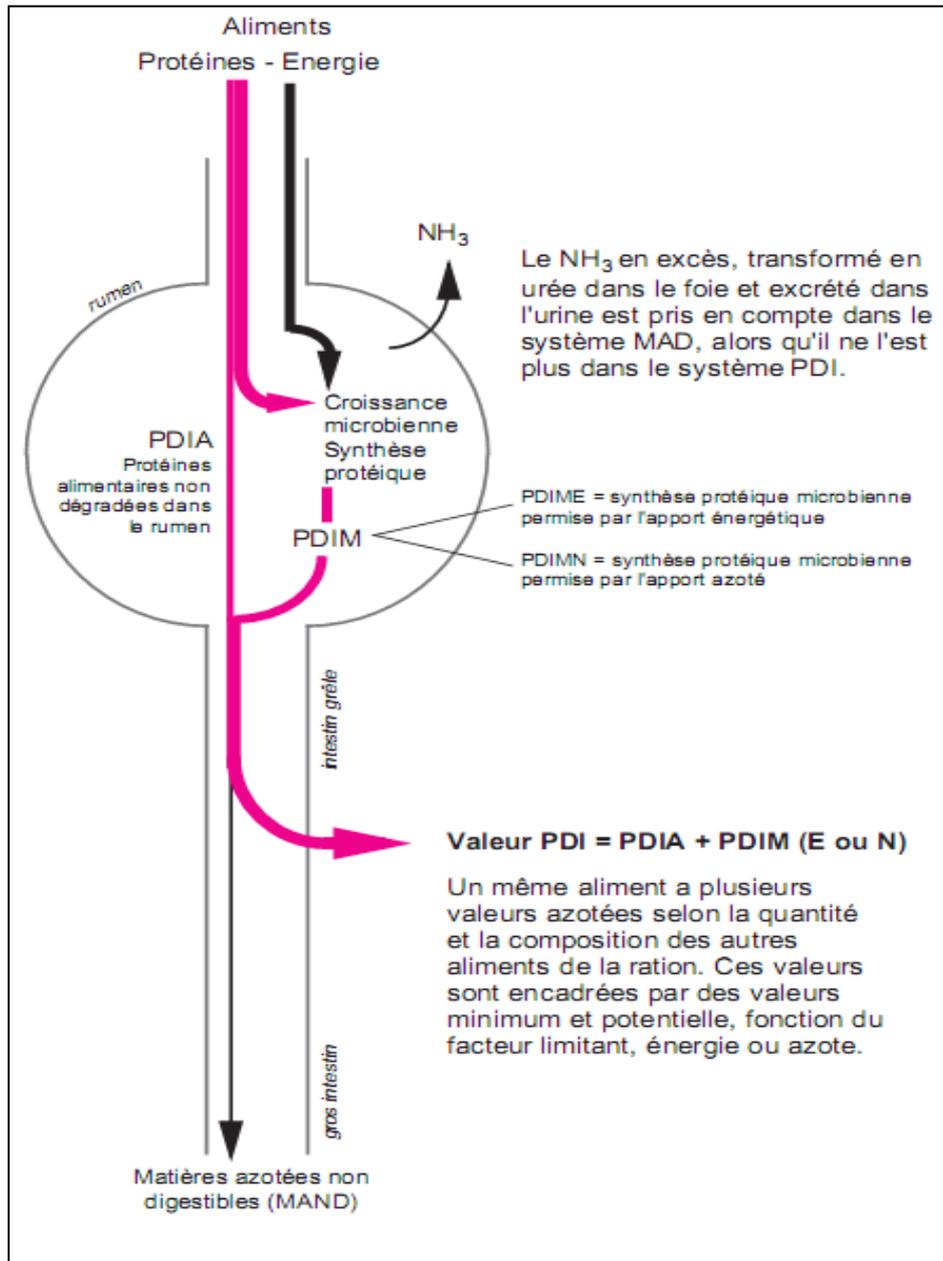


Figure 6 : Systèmes d'évaluation de la nutrition azotée (Adopté par Demarquilly *et al.*, 1996).

II.3. Equilibre PDIN-PDIE

Pour obtenir une synthèse des protéines microbiennes optimale et une digestibilité de la ration satisfaisante, la flore microbienne doit disposer en même temps d'une quantité minimale d'énergie fermentescible et de matière azotées dégradables dans le rumen (Faverdin *et al.*, 2007), c'est-à-dire des rapports PDIN égaux à ceux en PDIE. Ainsi, on limite le risque de production d' NH₃ en excès. Un déficit en azote dégradable (apport PDIN inférieur à PDIE) limite l'efficacité de la digestion microbienne et entraîne une diminution de production laitière par diminution de l'ingestion (Enjalbert., 2003).

L'excès d'azote dégradable entraîne d'une part une sollicitation supplémentaire du foie : outre la néoglucogénèse importante en post-partum et une éventuelle stéatose, l'ammoniac absorbé au niveau ruminal active les processus hépatiques de détoxification.

De même, le rapport PDIE/UFL permet de juger de l'équilibre des nutriments acides aminés et énergie mis à disposition de la vache après digestion lorsque l'équilibre nutritionnel des microbes est satisfaisant (Faverdin *et al.*, 2003).

Tableau 8 : Rappel des principes de calcul de la valeur énergétique et azotée (Baumont *et al.*, 1999).

Valeur énergétique

$$UFL = \frac{ENL}{1700}$$

$$UFV = \frac{ENEV}{1820}$$

Énergie nette pour la lactation ENL = EM x kl

Énergie nette pour l'entretien et la production de viande ENEV = EM x KMF

avec kl = efficacité d'utilisation de l'énergie métabolisable (EM) pour la lactation

kmf = efficacité d'utilisation de l'EM pour l'entretien et la production de viande

Énergie métabolisable EM = EB x dE x $\frac{EM}{ED}$

avec EB = énergie brute de l'aliment

dE = digestibilité de l'énergie : **fonction de la DMO de l'aliment**

EM/ED = rend compte des pertes d'énergie sous formes de gaz et dans les urines, fonction de la composition chimique de l'aliment et du niveau de l'alimentation.

Valeur azotée

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

avec PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

PDIM = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (PDIMN), par l'énergie fermentescible (PDIME)

$$PDIA = 1.11 \times MAT \times (1 - DT) \times dr$$

$$PDIMN = 0,64 \times MAT \times (DT - 0,10)$$

$$PDIME = 0,093 \times MOF$$

avec MAT = matières azotées totales de l'aliment

DT = dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen

dr = digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle

MOF = matière organique fermentescible de l'aliment

II.4. Valeur d'encombrement

La consommation volontaire est appelée aussi capacité d'ingestion (improprement dénommé «appétit») (Wolter., 1997). Elle s'exprime en unité d'encombrement (UE) et traduit l'aptitude et la motivation d'un animal à ingérer des aliments (Faverdin *et al.*, 2007).

Selon Baumont et al (1999), l'estimation des valeurs UE, se fait généralement à partir des équations utilisant la dMO et la teneur en MAT (matière azotée totale) lorsque la dMO est prévue à partir de la digestibilité pepsine cellulase ou de l'âge ou bien à partir des équations utilisant les teneurs en CB (cellulose brute) et en MAT lorsque la dMO est prévue à partir de ces critères.

La valeur d'encombrement des fourrages (UE fourrage) est constante alors que celle des concentrés (UE concentré) dépend du taux de substitution (Sg) entre les fourrages et les concentrés et de l'ensemble des caractéristiques de la ration et de l'animal.

Les quantités de matières sèches ingérées sont très variables selon l'animal et l'aliment (Meyer et Denis., 1999) :

II.4.1.Facteurs liés à l'animal

II.4.1.1. Appétit et besoins physiologiques

La consommation volontaire d'aliments suit les besoins énergétiques de l'animal mais avec des décalages et des anomalies à certaines périodes, notamment, pendant la période sèche et le début de lactation (Sérieys., 1997). Soltner (1999), suggère que la capacité d'ingestion d'une vache en début de lactation augmente régulièrement pour atteindre son maximum vers le 2^{ème} mois, se stabilise puis diminue en fin de lactation. Au fur et à mesure que la gestation avance.

Donc, l'appétit de la vache varie au sens contraire des besoins qui augmentent d'une manière exponentielle en fin de gestation d'une part avec le développement rapide du fœtus (Sérieys., 1997) et d'autre part au début de lactation d'où la nécessité d'une matière sèche dont la valeur nutritive soit la plus élevée (Craplet., 1973).

II.4.1.2. Poids de la vache

L'augmentation de la consommation après le vêlage est plus réduite et moins rapide chez les vaches grasses que chez les vaches maigres (Sérieys., 1997), ainsi la capacité d'ingestion diminue lorsque la note d'état corporel augmente (Faverdin *et al.*, 2007). Toutefois, une augmentation de 100 Kg de poids vif (format de l'animal) d'une vache permet une absorption supplémentaire de 2,5 Kg de matière sèche selon Craplet (1973). Alors que pour Wheeler, (1996) la quantité de MS supplémentaire est de 1 Kg.

II.4.1.3. Âge

La capacité d'ingestion est modulée par l'âge de la vache (Faverdin *et al.*, 2007). Avec un même poids vif et un même niveau de production les primipares consommeraient moins que les vaches adultes avec une différence de 0,5 Kg de MS (ITEB-Algérie., 1989), ceci est d'autant plus important que l'âge au premier vêlage est précoce (Faverdin *et al.*, 2007).

II.4.1.4. Potentiel de production

La capacité d'ingestion s'accroît avec la production du lait potentiel qui correspond à la quantité du lait synthétisée par la mamelle lorsque la disponibilité en nutriments n'est pas limitée et pour une lactation sans problème sanitaire (Faverdin *et al.*, 2007). Peyraud et Delaby (2005) considèrent que les vaches à haut niveau de production ont des besoins en nutriments plus élevés, et qui se traduisent au pâturage par un accroissement des quantités d'herbe ingérées. En outre, il a noté que la quantité de MS ingérée augmente de 200 (au moins) à 400 g par Kg de lait à 4% de MG selon la composition de la ration (rapport fourrage/concentré), la qualité du fourrage offert à volonté et le niveau d'apport azoté principalement en début de lactation (Essalhi., 2002).

II.4.2. Facteurs liés à l'aliment

II.4.2.1. Composition de la ration

La composition botanique de la prairie peut contribuer à accroître la disponibilité et la qualité de l'herbe pâturée (Peyraud et Delaby., 2005) ce qui explique le comportement des animaux à l'herbage où ils cherchent des plantes en croissance active et très feuillus, succulentes et riches en minéraux et constituants solubles (Craplet., 1973). Concernant les fourrages, leur ingestibilité se trouve modifiée par l'addition d'aliments concentrés (Soltner., 1999).

Selon Rico-Gomez et Faverdin (2001), l'amélioration de la nutrition protéique (+14 g PDIE/UFL en moyenne) des vaches laitières entraîne une augmentation significative des quantités ingérées (en moyenne 1 kg MS/jour). En effet, l'alimentation azotée est un élément-clé du rationnement des vaches laitières car elle module à la fois les performances et l'impact environnemental de l'élevage. Mais elle affecte également l'appétit des vaches laitières et donc l'ensemble des apports nutritionnels, modifiant ainsi les bases du calcul des rations (Faverdin *et al.*, 2003).

L'équilibre des acides aminés a souvent été proposé chez les monogastriques comme un élément-clé de cette régulation et peut également intervenir chez les ruminants. Cependant, la demande importante d'énergie nécessaire pour réaliser les synthèses protéiques constitue une hypothèse peut-être plus vraisemblable pour les vaches laitières (Faverdin *et al.*, 2003).

La réponse de l'ingestion à des suppléments protéiques ne dépend pas que de la nutrition protéique de la vache. Elle dépend aussi dans une large mesure des autres caractéristiques de la ration. Le fait d'offrir à volonté le fourrage et les aliments concentrés mélangés (Rico-Gomez et Faverdin., 2001) permettraient aux vaches d'accroître plus facilement leur ingestion qu'avec le fourrage seul à volonté et la réponse pourrait augmenter en relation avec la proportion d'aliments concentrés dans la ration. Plusieurs mécanismes peuvent être envisagés pour expliquer l'effet des protéines sur l'ingestion (figure7).

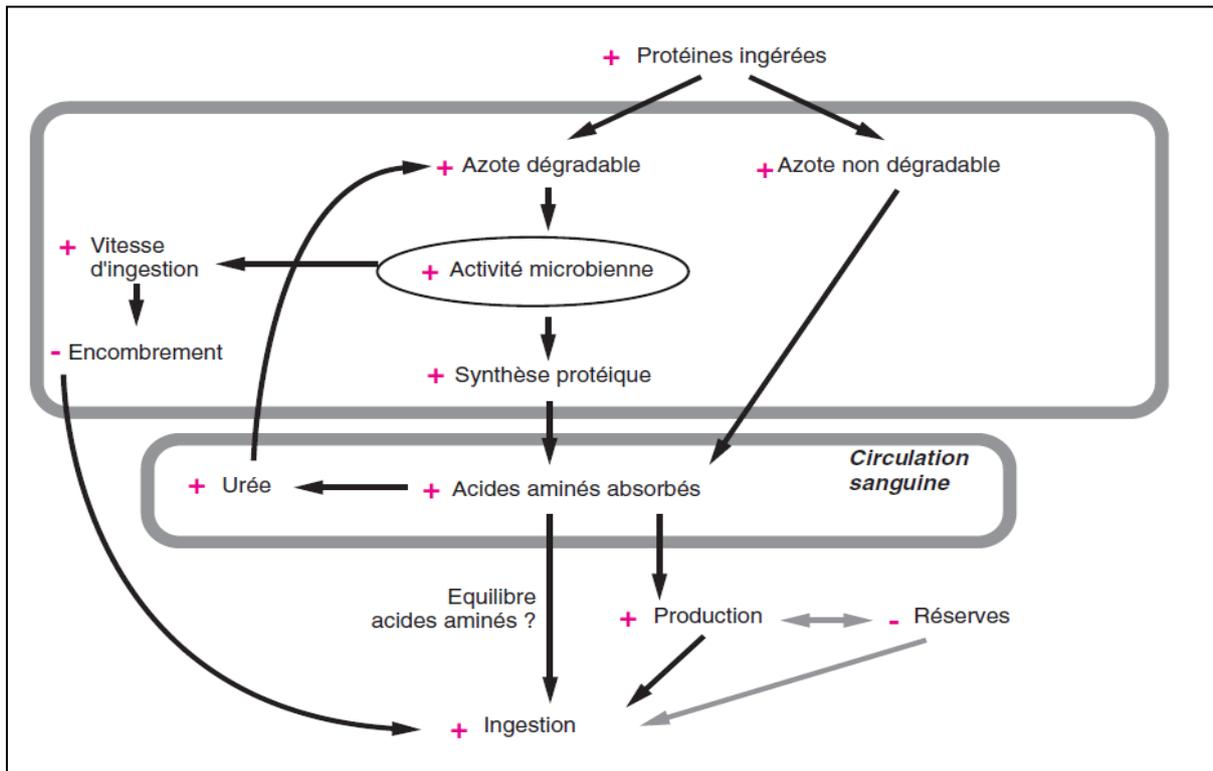


Figure 7 : Mécanismes d'action des protéines dans la régulation de l'ingestion (Faverdin *et al.*, 2003).

II.4.2.2. Variété de la ration

Selon Craplet (1973), un animal consommant toujours la même ration de foin se fatiguera à la longue et si on lui distribue des betteraves il les mangera avec gourmandise, ce qui lui permet de couvrir ces besoins et assurer une production élevée. D'après Munyan (2001), cité par Tahri (2007), la consommation volontaire de MS se trouve augmentée par la distribution de plusieurs petits repas de concentré, cela permet de réduire les troubles métaboliques et d'améliorer la reproduction et la vie productive.

III. Besoins nutritifs de la vache laitière

Les besoins alimentaires des vaches laitières sont ceux de tout être vivant chez lequel existe une activité continue dans toutes les cellules : de l'énergie, des matières azotées, des minéraux, des vitamines et de l'eau (Meyer et Denis, 1999). Ils sont fonction de l'ensemble de ses dépenses d'entretien, de production (lait) et de gestation (Faverdin *et al.*, 2007).

III.1. Besoins en énergie

L'énergie utilisée par la vache est celle des nutriments absorbés par l'animal et celle provenant de l'utilisation des réserves. Ces besoins sont exprimés en unités fourragères lait, UFL (Meyer et Denis., 1999).

Les besoins énergétiques des femelles laitières en gestation ou en lactation ont été calculés par la méthode factorielle en ajoutant les besoins correspondant à l'entretien, à la lactation, à la gestation et au gain de poids (constitution des réserves corporelles) (Demarquilly *et al.*, 1996).

Pour une vache en stabulation entravée, le besoin d'entretien varie avec le poids métabolique à raison de $0.041\text{UFL/kg (PV}^{0.75})$, soit une augmentation marginale d'environ 0.006 UFL/kg PV . Ce besoin doit être augmenté de 10% en stabulation libre avec aire d'exercice et de 20% au pâturage (Faverdin *et al.*, 2007).

Les besoins énergétique liés à la production de lait observée sont fonction des quantités d'énergie exportées dans le lait (Meyer et Denis., 1999). En effet, pour déterminer les besoins de lactation d'une femelle, on doit calculer l'énergie du lait selon sa composition (Jarrige., 1988). Ces besoins sont souvent reportés à une composition standard du lait à 4% de matières grasses. Ils sont alors de $0.44\text{ UFL/kg du lait}$ (Meyer et Denis., 1999).

En ce qui concerne les besoins de gestation, ils peuvent être calculés à partir de la semaine de gestation et du poids prévisible du veau à la naissance. Ces besoins sont surtout importants au cours des 3 derniers mois de gestation (Faverdin *et al.*, 2007).

III.2. Besoins en matières azotées

L'animal renouvelle en permanence ces protéines corporelles et les processus de digestion provoquent les pertes cellulaires, donc de protéines. Ces fonctions sont minimales à l'entretien. Elles sont augmentées avec la production de lait.

Exprimés en PDI, les besoins protéiques chez les bovins sont établis à partir d'une méthode factorielle faisant la somme des besoins d'entretien et des besoins de production (synthèse nouvelle de tissus et exportations) (Micol *et al.*, 2003).

Pour l'entretien, les besoins varient avec le poids métabolique à raison de 3.25 g PDI/kg PV^{0.75} (Vérité *et al.*, 1987). Le rendement de conversion des protéines métabolisable en protéines sécrétées dans le lait est estimé à 64%. Ainsi, le besoins en protéines lié à la production d'un kg lait est fixé à 50 g de PDI (48 g chez les vaches laitières pour un lait standard) (Micol *et al.*, 2003).

Les besoins de gestation sont faibles mais augmentent rapidement au cours des trois derniers mois, passant en moyenne de 45 à 230 g PDI/jour. La vache ne produisant alors que peu de lait ou étant tarie, les besoins protéiques de fin de gestation sont généralement très facilement couverts par la ration. (Faverdin *et al.*, 2007).

III.3. Besoins en minéraux et vitamines

Dans les rations classiques, les apports en minéraux, oligo-éléments et vitamines constituent souvent une quantité fixe par vache et par jour (Enjalbert., 2005). Avec une ration sèche, le complément minéral et vitaminé est incorporé dans le concentré. Les quantités apportées, de la même façon qu'avec une ration complète, sont donc fonction du niveau d'ingestion, provoquant des différences pouvant aller du simple au double. Ces différences permettent une couverture cohérente des besoins qui sont fonction du niveau de production et souvent exprimés en pourcentage des quantités ingérées (pour les oligo-éléments en mg par kg de MSI et pour les vitamines en UI par kg de MSI) (Meschy., 2007).

Pour éviter les carences et leurs conséquences, il est indispensable de réaliser le bilan minéral de la ration afin de déterminer les déficits éventuels qu'il conviendra de corriger par la distribution d'un aliment minéral adapté (Agabriel *et al.*, 2007).

Les besoins d'entretien sont fonction du poids vif de la vache et surtout des quantités totales ingérées. Le **tableau N° 9** présente les besoins physiologiques en phosphore et calcium absorbés pour une vache en lactation ou tarie.

Tableau 9 : Besoins physiologiques en phosphore et en calcium absorbés (Meschy., 2007).

	Besoin d'entretien (g / jour)	Besoin de gestation (derniers tiers) (g / jour)	Besoin de lactation (g / kg lait à 4%)
Phosphore	$(0,83 \times \text{MSI}) + (0,002 \times \text{PV})$	(1) $7,38 / 1 + e^{(19,1-5,46 \times \text{Log}(\text{SemG}))}$	0,90
Calcium	0,015 x PV* ou (0,663 x MSI) + (0,008 x PV) **	(2) $23,5 / 1 + e^{(18,8-5,03 \times \text{Log}(\text{SemG}))}$	1,25

PV = poids vif vache en kg
MSI = matière sèche totale ingérée en kg de MS par VL et par jour
SemG = semaine de gestation
(1) de 2 g fin 7ème mois à 4,5 g fin gestation pour le phosphore
(2) de 3 g fin 7ème mois à 7,5 g fin gestation pour le calcium
*besoin d'entretien de tarissement
**besoin d'entretien de lactation

Il est admis que, chez les ruminants, les besoins en vitamines hydrosolubles (vitamines de groupe B et vitamine C) et en vitamine K sont couverts grâce à leur synthèse par la flore du rumen. Les apports concernent donc les vitamines A, D et E (Meschy., 2007).

Les apports recommandés des vitamines sont différenciés suivant la proportion des concentrés dans la ration (**tableau 10**) pour les vitamines A et E.

Tableau 10: Apports recommandés en vitamines en UI par kg de MS totale de la ration selon la proportion de concentrés (Meschy., 2007).

	Part de concentré		Limite de toxicité
	Moins de 40%	Plus de 40%	
Vitamine A			
Lactation	4 200	6 600	66 000
Gestation	6 000	9 000	
Vitamine D	1 000	1 000	10 000
Vitamine E			
Lactation	15	40	2 000
Gestation	25	-	

III.4. Besoins hydriques (Abreuvement)

L'eau est utilisée comme véhicule des nutriments vers les tissus, support de la digestion, véhicule de l'excrétion, moyen de rafraîchissement, source de minéraux et comme constituant de base du lait (Chesworth., 1996). Il semble selon Wolter (1994) que tout sous-abreuvement entraîne une diminution de la consommation alimentaire et de la production laitière.

Les besoins en eau varient en fonction du poids vif de la vache, la production laitière, la teneur des aliments en eau, en protides absorbés et en sels diurétiques comme l'ion potassium et en fonction de la température ambiante et le degré d'humidité atmosphérique (Craplet., 1973). Cauty et Perreau (2003), ont rapporté qu'une vache doit boire quatre litre d'eau par kilo de matière sèche ingérée et un litre par kilo de lait produit.

IV. Conduite de rationnement

Une ration équilibrée est un régime prévu pour une période de 24 heures qui procure à l'animal les quantités et proportions d'éléments nutritifs qu'il lui faut pour un niveau de production particulier. Selon Jarrige (1978) et Drogoul et al (2004), la couverture des dépenses notamment des femelles traitées ne doit pas être conçue uniquement au jour le jour, mais aussi à l'échelle du cycle annuel d'exploitation et du cycle de reproduction. Ceci est d'autant plus vrai que durant certaines périodes de son cycle de production (cas des vaches laitières durant le début de lactation), l'animal se trouve dans l'obligation de faire appel à ses réserves corporelles pour couvrir ses besoins nutritifs; réserves qu'il aura donc constitué dans les périodes d'ingestion excédentaires par rapport à ses dépenses.

Selon Meyer et Denis (1999), Drogoul et al (2004), la démarche de rationnement suit plusieurs étapes:

- Le rationnement se fait en général à partir d'une ration de base, constituée de fourrage ou d'un aliment de lest souvent distribué à volonté, qui couvre les besoins d'entretien et, chez la vache laitière, un minimum de production de lait. Cette production varie d'une vingtaine de kg de lait avec un excellent fourrage (herbe feuillue apportant environ 0.9 UFL et 100 g de PDI par kilo de matière sèche) à 5 kg avec une ration de faible valeur alimentaire.
- La ration de base doit être complétée par un concentré simple ou composé pour équilibrer l'ensemble de la ration par rapport aux besoins de l'animal.

IV.1. Période de tarissement

Cette période est obligatoire pour une relance hormonale et régénération des tissus mammaires et non pas pour une remise en état qui doit intervenir antérieurement, en seconde partie de la lactation (figure 8) (Wolter., 1997 ; Annen *et al.*, 2004). Cette période se distingue par des besoins quantitatifs relativement faibles, mais par des exigences qualitatives particulières liées à la gestation (Wolter., 1997). La vache ne devrait ni s'engraisser, ni maigrir si elle était en bon état de chair avant le tarissement. Cependant la capacité d'ingestion dépasse 10 à 12Kg de MS, ce qui implique d'apporter un régime fibreux comportant plus de 30% de ligno-cellulose tel qu'un pâturage moyen, du foin à volonté, du foin en complément d'ensilage d'herbe (rationné à 5 Kg de MS) ou d'ensilage de maïs (rationné à 3 Kg de MS), pour couvrir ainsi les besoins d'entretien et de gestation (Sérieys., 1997) et favoriser une forte rumination (Vespar., 1986). Ce type de régime d'après Wolter.,

(1997) évite le sur-engraissement et permet le développement de la panse. Concernant les vaches maigres, Sérieys (1997) recommande l'utilisation de manière plus libérale des fourrages plus énergétiques comme l'ensilage de maïs.

La période qui se situe autour du vêlage correspond à deux moments physiologiques différents : la fin de la période de tarissement, caractérisée par des besoins alimentaires modérés, et le début de la lactation, caractérisé par des besoins qui deviennent rapidement importants (Enjalbert., 2003) et une capacité d'ingestion qui reste faible et évolue moins vite que les besoins (Araba., 2006).

Comme toutes les transitions, elle doit s'effectuer de façon très progressive et permettre à la microflore de s'adapter. En effet, c'est à ce moment que surviennent la plupart des maladies métaboliques (acidose, cétose, hypocalcémie puerpérale), dues en grande partie à des erreurs de rationnement (Enjalbert., 2003).

Selon Vespar (1986), la phase d'adaptation au régime alimentaire correspond à la préparation de la lactation. Sa durée est de 30 jours pour les génisses et 15 jours pour les vaches. Par contre, Wolter (1997) l'estime à 3 semaines avant le vêlage et préconise à ce que les fourrages comme les concentrés qui sont introduits en cette période soient de même nature avant et après vêlage pour constituer un même « fond de cuve » pour la microflore. Le complément de production doit être incorporé selon ce même auteur progressivement au cours des trois dernières semaines de gestation « **STEAMING-UP** », en moyenne :

- 1 Kg/VL/j : 3 semaines avant vêlage ;
- 2 Kg/VL/j : 2 semaines avant vêlage ;
- 2 à 3 Kg/VL/j : 1 semaine avant vêlage.

Mais ces quantités doivent être modulées en fonction de l'état corporel individuel qui devrait se situer vers une note de 3,5 à 4 au moment du vêlage (Wolter., 1997).

Figure 8 : Les objectifs principaux en fonction du stade de lactation (Wolter., 1997).

	Alimentation	Traite	Reproduction	Santé	
<i>Tarissement</i>	++			++	Équilibre alimentaire + Hygiène
<i>Début lactation</i>	+++	+++	+++	+++	Niveau alimentaire
<i>Milieu lactation</i>	+	++			Reconstitution des réserves
<i>Fin lactation</i>		+			

IV.2. Période de lactation

Dans cette période les fourrages sont souvent distribués à volonté et le rationnement consiste à calculer la quantité nécessaire d'aliments concentrés; il faut ainsi tenir compte des besoins des animaux et de leur capacité d'ingestion mais aussi, des interactions entre les concentrés et les fourrages qui modifient l'ingestion volontaire de fourrage (Drogoul *et al.*, 2004).

D'après Jarrige (1988) et Sérieys (1997) l'appétit augmente brutalement juste après le vêlage de 3 à 4 Kg de MS et représente 60 à 85 % du maximum qui est atteint au cours du 3^{ème} mois. Parallèlement à l'augmentation du niveau de production, le lait du début de lactation est riche en protéines et en matières grasses, ainsi les besoins azotés sont pratiquement maximum dès la première semaine de lactation et ceux en énergie dès la fin de la deuxième (Jarrige., 1988). En effet, la vache doit ingérer une ration théorique très concentrée en éléments nutritifs (Serieys., 1997). Ainsi, la vache mobilise ses réserves corporelles pour couvrir ses besoins en énergie d'autant plus que son niveau de production est plus élevé, par contre, la sous-alimentation azotée en début de lactation doit être limitée en raison des faibles capacités de mobilisation des réserves protéiques (Jarrige, 1988).

Durant la première phase de lactation, les besoins en protéines de la vache laitière dépassent de loin les quantités fournies par les micro-organismes du rumen (PDIM); cet écart est d'autant plus important que l'animal est sous-alimenté en énergie ou son niveau de production est élevé (LeBlanc *et al.*, 2004). Le complément doit être apporté par des matières azotées non dégradées dans le rumen (PDIA) (Wolter., 1997).

Jarrige (1988) recommande de remplacer une partie de l'aliment concentré (1 à 2Kg voire 3 Kg selon le potentiel des vaches) par des aliments riches en matières azotées (> 35%) dont la valeur en PDI est supérieur à 250g/Kg. Il prévoit l'utilisation des tourteaux de soja ou de soja-colza protégés dans le but de satisfaire au mieux les besoins en acides aminés limitants.

“

EFFET DE L'ALIMENTATION SUR LA REPRODUCTION CHEZ LA VACHE LAITIÈRE

”

3



CHAPITRE III

Effet de l'alimentation sur la reproduction chez la vache laitière.

L'influence de la nutrition sur les capacités de reproduction des mammifères domestiques et des bovins en particulier est connue des éleveurs depuis très longtemps (Brisson *et al.*, 2003).

Plus généralement, et comme chez l'Homme, les performances de reproduction des animaux domestiques sont fortement perturbées si les besoins énergétiques et protéiques de l'organisme ne sont pas couverts, soit en cas de sous-nutrition ou de mal-nutrition dans les élevages extensifs, soit en cas de forte augmentation des besoins (lactation, gestations répétées) en élevage intensif. Il est tout à fait admis que la reproduction est une fonction de luxe qui n'est satisfaite que quand les autres fonctions sont satisfaites.

I. Énergie

Les animaux ont besoin d'énergie pour vivre, grandir, travailler et donner du lait. Chez la vache laitière, il faut très peu d'énergie pour l'ovulation d'un follicule, pour la formation du corps jaune et le maintien d'une gestation qui n'en est qu'à ses débuts, à comparer avec les besoins de début de lactation.

I.1. Caractéristique de la vache laitière au début de lactation

La période qui se situe autour du vêlage correspond à deux moments physiologiques différents : la fin de la période sèche, caractérisée par des besoins alimentaires modérés, et le début de la lactation, caractérisé par des besoins qui deviennent rapidement importants (Enjalbert., 2003) d'une part et une progression lente et modérée de la capacité d'ingestion d'autre part (Wolter., 1997). En effet, selon Enjalbert (2003), le déficit énergétique dans cette période est, avec les niveaux génétiques actuels en élevage, systématique et inévitable. Selon Butler (2005), le déficit énergétique commence habituellement quelques jours avant le vêlage pendant que la prise d'aliment diminue, et devient évident pendant le début de lactation comme perte en état corporel. L'appétit se restaurera au fur et à mesure de la lactation, avec un pic d'ingestion de matière sèche survenant 3 à 6 semaines après le pic de lactation. Le bilan énergétique redevient donc positif vers 8 semaines chez les primipares et 12 semaines

maximum chez les multipares (Butler *et al.*, 1989), ce qui autorise la reconstitution des réserves corporelles jusqu'au tarissement (Weaver., 1987).

I.2. Effet de déficit énergétique

Le bilan énergétique est la différence entre l'énergie consommée et l'énergie requise pour l'entretien, croissance, gestation, et lactation (Grummer., 2008). Selon Brisson et al (2003), il y a déficit, donc un bilan énergétique négatif (BEN) lorsque les sorties excèdent les entrées.

Trois conditions pourraient mener à un déficit énergétique :

- Niveau de dépenses élevé (production quotidienne élevée, test de gras élevé, etc.).
- Niveau d'entrées faible attribuable à un problème de consommation (aliments peu appétent, manque d'eau, fièvre, etc.).
- Niveau d'entrées faible attribuable à un mauvais balancement de la ration (pas suffisamment riche en énergie, texture de grain inadéquate, rumination insuffisante, etc.) (Brisson *et al.*, 2003).

Deux grands aspects de l'effet de BEN sur la fertilité : le rapport entre le BEN et le retard de la reprise de la cyclicité ovarienne de postpartum et l'effet de BEN sur la qualité de l'ovocyte et de corps jaune (Beam et Butler., 1998 ; Jorritsma *et al.*, 2003 ; Leroy *et al.*, 2005 ; Leroy *et al.*, 2008b).

Selon Butler (2000) ; Opsomer et al (2000), le BEN est l'un des facteurs de risque le plus important menant à un retard de cyclicité et d'anovulation post-partum. Également, le degré de BEN est une cause déterminante de la reprise de cyclicité (Butler et Smith., 1989; Beam et Butler., 1999 ; Butler., 2003 ; 2005).

Selon Butler (2005), trois organes peuvent jouer un rôle pour que la vache devienne gestante au début de lactation : les ovaires, l'axe hypothalamo-hypophysaire et le foie. Le rétablissement des fonctions de chacune de ces organes est négativement influencé par le BEN qui se produit chez les vaches laitières au début de lactation (Butler., 2003).

La nutrition faible pendant la période sèche et au début de post-partum a comme conséquence d'une diminution des concentrations de glucose, d'insuline, d'IGF-I et la basse fréquence d'impulsions de LH (Butler., 2003 ; Roche., 2006) avec une augmentation concomitante en β -hydroxybutyrate (BHB) (Koller *et al.*, 2003 ; Hammon *et al.*, 2009 ; Miroud *et al.*, 2009), acides gras non estérifiés (AGNE) (Konigsson, *et al.*, 2009 ; Hammon *et al.*, 2009) et triacylglycérole (Butler., 2005 ; Roche., 2006).

Dans des modèles de maturation in vitro dans lesquels, des conditions de l'acétonémie ont été mimées, les concentrations élevées de BHB, AGNE et de l'urée sont apparues nuisibles à

la qualité de l'ovocyte (Leroy *et al.*, 2006) et à l'origine d'une diminution de la sécrétion des œstrogènes par le follicule dominant et de progestérone par le corps jaune (Butler., 2005). Selon Mann et Lamming (2001), des concentrations sub-optimales en progestérone pendant la phase lutéale sont suggérées pour expliquer en partie des taux réduits de gestation. Ainsi, les ovocytes et les embryons sont extrêmement sensibles à de tels changements de leur microenvironnement, menant probablement à une mauvaise maturation ou à un clivage précoce (Leroy *et al.*, 2008b).

I.3. Effet de l'excès énergétique

Selon (Nocek., 1997 ; Owens *et al.*, 1998 ; Martin *et al.*, 2006), une augmentation de la disponibilité des aliments glyco-génique, en particulier les hydrates de carbone aisément fermentescibles dans le rumen, a comme conséquence des incidences accrues d'acidose clinique (pH < 5.0) et sub-clinique (pH < 5.5). Ainsi, l'acidose de la panse et les pathologies associées dont l'impact s'accroît avec les rations plus riches en aliments concentrés qui sont utilisées dans les systèmes de production les plus intensifs (figure 9) (Dormont *et al.*, 2000).

Par ailleurs, l'augmentation de la quantité d'amidon digérée dans le rumen (Michalet-Doreau *et al.*, 1999) ou une ration trop pauvre en fibre (Scahaw., 2001 ; Brisson *et al.*, 2003), sont à l'origine des problèmes de santé de plus en plus fréquents, et en particulier des acidoses subaiguës, dans les exploitations intensives (Michalet-Doreau *et al.*, 1999). L'acidose se complique souvent de cétose ou de déplacement de caillette. A plus ou moins court terme, le taux butyreux du lait chute ; la triade parakératose-ruménite-abcès hépatiques s'installe et provoque des broncho-pneumonies, de la diarrhée, des troubles nerveux et une immunodépression (Vagneur., 1992). Ces affections favorisent les rétentions placentaires suivies de métrites et de mammites (Barnouin et Chacornac., 1992). Dans les travaux publiés par Sayers et al (2000), les auteurs ont rapporté une occurrence de cas d'acidoses et de boiteries associées plus importantes chez les vaches qui recevaient du concentré riche en amidon. Selon Brisson et al (2003), les pathologies podales (fourbure) nuisent à l'expression des chaleurs et par conséquent induisent des problèmes de reproduction.

Ainsi, la consommation de concentré '*ad libitum*' favorise l'apparition de kystes folliculaires (Paragon., 1991). Un apport de concentré trop important (400 à 500 g par kilo de lait vs 200 à 300 g) entraîne une diminution de la fertilité (respectivement de 53 % à 28 %).

De même, Leroy et al (2008c), ont signalé que des effets nuisibles d'un excès énergétique sur le développement embryonnaire précoce peuvent être initiés même avant la fertilisation, pendant l'acquisition de la compétence développementale d'ovocyte dans le follicule.

Les vaches trop grasses au vêlage (note > 4) présentent une baisse de l'appétit post-partum plus marquée, renforçant le déficit énergétique du début de lactation, et perdent davantage de poids, au détriment des performances de reproduction (Holter *et al.*, 1990 ; Enjalbert., 2003). De plus, le sur-engraissement anté-partum est responsable de dystocies par excès de tissus adipeux dans la filière pelvienne et par inertie utérine ; ces dystocies favorisent la survenue de rétentions placentaires (Waltner *et al.*, 1993 ; Berry *et al.*, 2007).

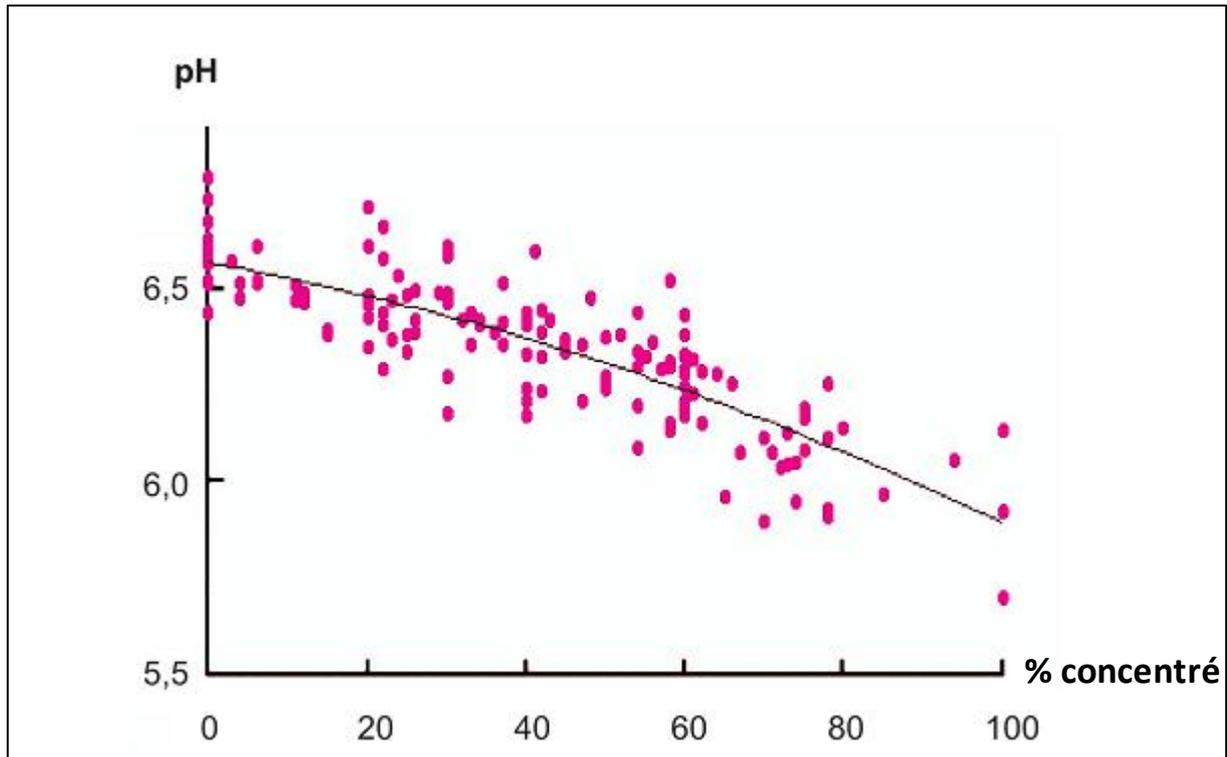


Figure 9 : Effet de l'accroissement de la proportion de concentré dans la ration sur les chutes de pH (adopté par Peyraud et Apper-Bossard., 2006).

I.4. Note d'état de chair, outil de gestion de l'énergie

Selon Brisson et al (2003), le bilan énergétique est une donnée relativement facile à générer pour une ferme de recherche. Ce n'est pas si simple pour une ferme commerciale.

Mashek et Beede (2001) ont rapporté que le statut énergétique est employé comme alternatif au bilan énergétique parce que le bilan énergétique, qu'il soit positif ou négatif, se traduit par un changement au niveau des réserves de graisses (Brisson *et al.*, 2003). En effet, la notation de l'état corporel permet d'apprécier indirectement le bilan énergétique d'un animal, par l'évaluation de son état d'engraissement superficiel (Ferguson., 2002). Une corrélation positive a également été démontrée entre la note d'état corporel chez la vache et la lipomobilisation (Domecq *et al.*, 1997a), mais aussi avec la balance énergétique négative cumulée (Domecq *et al.*, 1997b).

L'évaluation de l'état corporel (NEC) est une méthode subjective (Grubić *et al.*, 2009) universellement acceptée (Alapati *et al.*, 2010) pour déterminer la quantité de graisse sous-cutanée. Le premier système d'évaluation de l'état corporel a initialement été développé par Jefferis en 1961, pour les brebis (Edmonson., 1989). Ce système a été adapté pour la notation des vaches à viande par Lowman et al en 1976 (échelle de 4 points). Puis pour la vache laitière par Mulvany avec une échelle de 6 points en 1977 (Roche *et al.*, 2009).

La notation de l'état corporel (NEC) des bovins laitiers est devenue un outil stratégique, pour la conduite d'élevage comme pour la recherche (Roche *et al.*, 2004). La notation d'état corporel est donc un outil de choix pour les scientifiques et les éleveurs : outre son faible coût et sa facilité de mise en œuvre, cette technique bien maîtrisée permet une estimation fiable de l'état d'engraissement (Broster et Broster., 1998 ; Roche *et al.*, 2009 ; Alapati *et al.*, 2010).

I.4.1. Échelles de notation

Aujourd'hui, il existe plusieurs échelles se répandent dans le monde, les États-Unis et l'Irlande utilisent une échelle de cinq points. Une échelle à huit points et à dix points pour l'Australie et la Nouvelle Zélande respectivement (Roche *et al.*, 2004 ; Roche *et al.*, 2009). En France, une échelle de six points proposée en 1984 pour la race Holstein (Bazin., 1984) et en 1989 pour la race Montbéliarde (Bazin., 1989) par l'ITEB (Institut Technique d'Élevage des Bovins, France). Également, Enjalbert (1995) a proposé une échelle simplifiée de quatre points pour la race Holstein.

Cette variété d'échelles proposées selon les pays ou selon les auteurs, rendant difficiles de partager les données et de comparer les résultats (Roche *et al.*, 2004). Des efforts substantiels pour compiler et standardiser les différentes échelles ont été faits par une conversion de systèmes de 4 points, 6 points, 8 points, et 10 points à un système de 5 point (López-Gatius *et al.*, 2003 ; Garnsworthy., 2006).

I.4.2. Principe

La méthode est basée sur une évaluation visuelle et tactile de réserve grasseuse des régions arrière et pelvienne du corps (Pryce *et al.*, 2001). Même la méthode d'évaluation varie d'un pays à l'autre, les USA et l'Australie évaluent la NEC visuellement, alors que l'Irlande et la Nouvelle Zélande emploient la palpation en combinaison avec l'évaluation visuelle (Jones *et al.*, 1982).

Il existe des consensus sur les régions les plus révélatrices de l'état d'engraissement (Gerloff., 1987; Edmonson *et al.*, 1989 ; Ruegg, 1991). Dans la plupart des études, se retrouve l'importance de l'approche par l'arrière et par le côté. On retrouve d'ailleurs dans ces mêmes études les mêmes repères anatomiques : processus épineux des vertèbres thoraciques et lombaires, processus transverses des lombaires, attache de la queue et contour des côtes.

I.4.3. Profil de NEC

Hady et al (1994) ont montré qu'une évaluation de l'état corporel se faisant tous les trente jours garantit des informations intéressantes. Ils mettent, ainsi, en valeur les avantages et les intérêts d'un tel outil dans le cadre d'un suivi d'élevage. De même, les changements de la NEC, fournissent des informations utiles au sujet de la prise nutritive courante de la vache relativement à ses besoins, et laissent alimenter des décisions à faire plus efficacement.

D'autres auteurs soutiennent aussi la notation mensuelle mais la préfèrent évaluée toujours par la même personne (Opsomer *et al.*, 1999; Drame *et al.*, 1999). Selon Pryce et Harris (2006) Roche *et al.*, (2006a, 2007a, 2009) le profil de la NEC entre deux vêlages successifs est semblable à une courbe inversée de lactation chez la vache laitière avec une réduction à un nadir entre 40 et 100 jours après le vêlage (Roche *et al.*, 2009) (figure 10). La perte d'état observée pendant cette période est le signe d'une mobilisation intense, parfois très rapide, des réserves corporelles. Elle se traduit histologiquement par une diminution de l'épaisseur de la graisse sous-cutanée et du diamètre des adipocytes liées à la lyse des triglycérides (Chilliard

et al., 1987 ; Roche *et al.*, 2009). Selon Ruegg (1991), la perte d'état corporel en début de lactation est significativement proportionnelle à l'état d'engraissement au vêlage.

Au cours de la seconde partie de lactation, le retour à un bilan énergétique positif s'accompagnera d'une reprise d'état, traduisant la reconstitution des réserves corporelles (Drame *et al.*, 1999).

Plusieurs expériences récentes ont exploré l'effet de la nutrition sur le profil du changement de la NEC (Roche *et al.*, 2009). McCarthy *et al.* (2007) ont rapporté que l'aliment concentré au début de lactation n'a pas affecté le taux de perte de la NEC dans cette période, mais ont réduit la durée de la perte de la NEC. Ce manque d'effet de la nutrition sur la perte de la NEC au début de lactation est conforté par d'autres auteurs (Roche, 2007; Pedernera *et al.*, 2008; Delaby *et al.*, 2009). Roche *et al.* (2007a) ont rapporté une plus grande perte de la NEC au début de lactation avec l'augmentation de la NEC au vêlage.

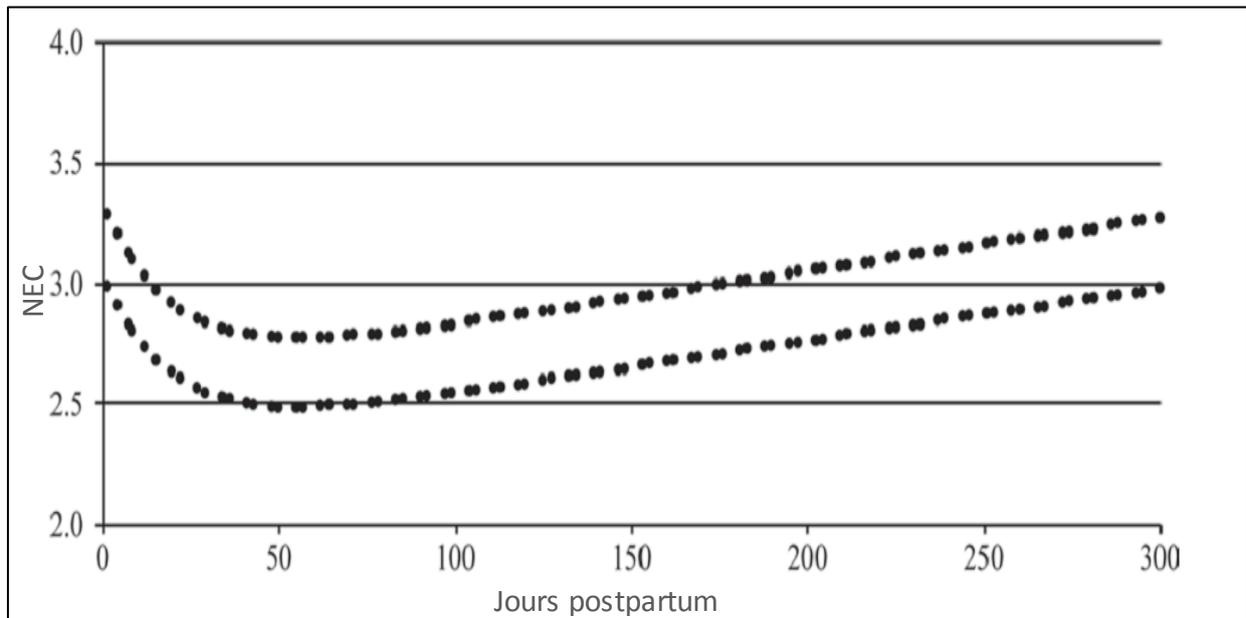


Figure 10 : Profil de l'état corporel acceptable à l'échelle individuelle ou de troupeau (Adapté par Chagas *et al.*, 2007).

I.4.4. NEC et la reproduction

La NEC a une héritabilité environ de 0.2 à 0.3 (Jones *et al.*, 1999) et de 0,23 à 0,32 (Pryce *et al.*, 2006). Si la corrélation génétique entre la NEC et fertilité est assez grande, alors la NEC pourrait être utile, en l'employant en tant que un critère indirect de sélection pour la fertilité (Pryce *et al.*, 2001).

Durant ces dernières années, la NEC au moment de la mise à la reproduction et la perte de NEC entre le vêlage et la mise à la reproduction ont gagné une attention considérable en raison de leur association négative avec les performances de la reproduction (Beam et Butler, 1999 ; Buckley *et al.*, 2003 ; Roche *et al.*, 2007a).

Plusieurs auteurs ont noté que les vaches avec une NEC faible dans le début de lactation ou une perte significative en NEC pendant la lactation tendent à altérer les performances de reproduction, y compris une reprise de l'activité ovarienne tardive (figure 11), taux faible de gestation, et intervalle vêlage-vêlage prolongé (Pryce *et al.*, 2000; Royal *et al.*, 2002).

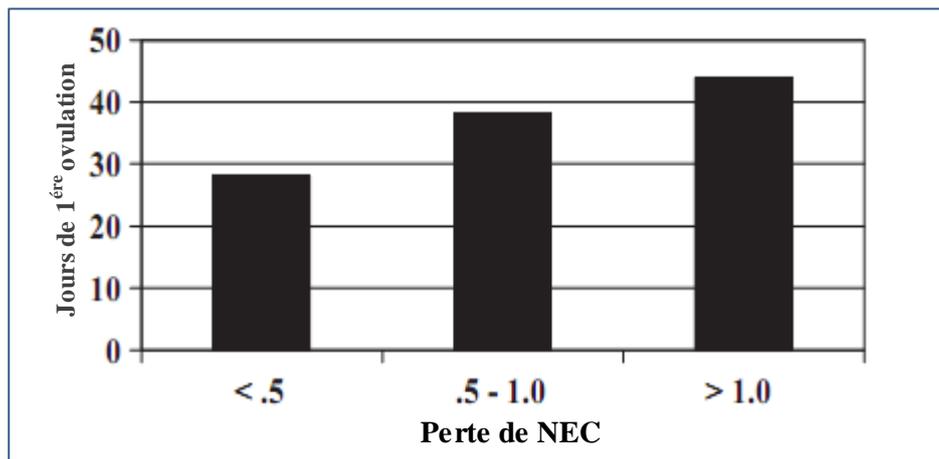


Figure 11 : Perte d'état de corps pendant les 30 premiers jours de la lactation et intervalle postpartum première ovulation (Butler, 2005).

Selon Weigel (2006), des intervalles vêlage-1^{ère}IA, vêlage-IAF prolongés et un taux faible de conception à la première insémination ont été liés à une NEC faible ($NEC < 2.5$) et/ou perte élevée de NEC après le vêlage (perte $>$ de 0,75 à 1 unité de NEC). Les vaches qui perdent plus d'un point de NEC pendant le premier mois de post-partum ont un plus long intervalle vêlage-1^{ère} ovulation en comparaison des vaches qui perdent $<$ 1 point (Beam and Butler., 1998). Des diverses études ont montré des corrélations positives (Roche *et al.*, 2007a), négatives (Heuer *et al.*, 1999), ou inexistantes (Gillund *et al.*, 2001 ; Freret *et al.*, 2005) entre la NEC au vêlage et à la probabilité de la conception à la première IA.

De même, une faible NEC au post-partum a été génétiquement corrélée avec un plus long intervalle de la reprise de l'activité ovarienne (Bamber *et al.*, 2009), intervalle vêlage-vêlage (Pryce *et al.*, 2000), et intervalle vêlage- 1^{ère}IA et vêlage- IAF (Dechow *et al.*, 2004 ; Van straten *et al.*, 2009). Ainsi, une perte sévère d'état corporel (au-delà d'un point) en début de lactation semble reliée à une augmentation significative de l'IV-IF (+ 10,6 jours), ce qui n'est pas le cas lors de variations faibles (de 0 à 0,5 point gagné ou perdu) ou modérées (\pm 0,6 à 1 point) de la note d'état durant cette même période (Lopez-Gatius *et al.*, 2003).

II. Protéine

La protéine, comme tous les autres nutriments, est très importante, et encore davantage pour la vache laitière. Nous savons aujourd'hui que l'équilibre de la ration en protéine peut avoir un impact très significatif sur les performances de reproduction. Beaucoup d'études ont montré un effet négatif du déséquilibre alimentaire protéique sur le taux de conception (Ferguson and Chalupa., 1989 ; Butler., 2000 ; Mayne *et al.*, 2002).

II.1. Effet de déficit protéique

En cas d'un déficit protéique l'animal fait appel à ses réserves corporelles qui sont essentiellement situées au niveau des muscles squelettiques (Bell *et al.*, 2000). Botts et al (1979) ont rapporté que les réserves mobilisables de protéine peuvent s'étendre de 25 à 27% de protéine totale de corps, ce qui est plus de 20 kg de protéine chez une vache à 600 kg. De même, Phillips et al (2003) ont estimé une perte de 8 kg pendant les 60 premiers jours de lactation chez des vaches produisant plus de 40 kg /jour du lait.

Dunn et Moss (1992) ont constaté qu'une insuffisance de protéines brute cause une diminution de taux de conception au premier-service (71 vs 25%) et un intervalle vêlage-1^{er} œstrus élevé (75 vs 86 jours). D'un autre côté, Robinson (1996) a montré qu'une insuffisance de protéine brute est à l'origine d'une diminution de la durée d'œstrus. Cependant, Law et al (2009), n'ont trouvé aucun effet sur le comportement œstral.

Selon Marie et al (1996), les animaux en bilan azoté négatif (de 0 à -360 g PDIN/j) présentent des premières chaleurs plus tardive (42,7 vs 30,4 j) que ceux dont le bilan azoté est supérieur à 250 g PDIN/j. Tillard et al (2007), ont également rapporté qu'une urémie faible (<4,5 m mol/l) et une hypo-albuminémie avant le vêlage sont associées à un allongement de l'intervalle V-IA1.

Dunn et Moss, (1992) et Beaver, (2006) ont également signalé que les vaches ne réduisent la prise volontaire de l'alimentation que quand des régimes pauvres en protéine ont été fournis et, par conséquent, n'ont consommé ni énergie proportionnée ni la protéine. De même, un déficit en PDIN limite la prolifération de la flore du rumen, ce qui peut induire une sous-alimentation secondaire en énergie (Sérieys., 1997).

2.1.Effet d'un excès protéique

En règle générale, les rations avec des niveaux élevés de protéine diminuent l'efficacité de la reproduction. C'est ce que nous révèle l'expérience faite par Howard et al (1987) (tableau11), sur 146 vaches laitières de 2^{ème} parité et plus où l'effet deux niveaux de protéine brute de la ration sur certains paramètres liés à la reproduction ont été étudiés.

Tableau 11: Effet du niveau de protéine brute (P.B.) de la ration sur certains paramètres liés à la production et à la reproduction (Howard *et al.*, 1987).

Paramètre	Niveau de protéine	
	Modéré (14,5 % P.B.)	Élevé (19,4 % P.B.)
Consommation (kg ms. /jour)	21,6	21,8
Intervalle vêlage-1 ^{re} chaleur	40,5	38,2
Jours ouverts	80,4	79,9

Ainsi, un excès de protéines dégradables dans le rumen provoquera une accumulation d'NH₃, qui sera absorbé et transformé dans le foie en urée et qui sera excrété via les reins (Demarquilly *et al.*, 1996 ; Wolter., 1997 ; Zhu *et al.*, 2000 ; Sauvart *et al.*, 2001).

De nombreuses études ont démontré la valeur de la mesure de la concentration d'urée dans le sang ou le lait comme indicateur de l'efficacité d'utilisation de l'azote alimentaire (Hof *et al.*, 1997 ; Godden *et al.*, 2001). Dans la majorité des études, un apport excessif de protéine se traduisant par un taux d'urée élevé, dans ce cas le taux de conception est réduit de façon significative (Butler *et al.*, 1996 ; Katri *et al.*, 2003 ; Diskin *et al.*, 2006).

De plus, un effet similaire est obtenu lorsque la concentration d'urée est causée soit par un excès de protéine brute, un excès de protéine dégradée au rumen ou de protéine échappant à la dégradation ruminale (Brisson *et al.*, 2003). Cependant, Law et al (2009) n'ont trouvé aucun effet de la concentration de l'urée du plasma sur aucune des variables de reproduction.

En conclusion, les concentrations élevées en ammoniacque et en urée dans le fluide folliculaire, en raison d'un catabolisme non équilibré de protéine restent toxiques pour l'ovocyte (De Wit *et al.*, 2001 ; Jorritsma., 2003 ; Leroy *et al.*, 2004 ; Leroy *et al.*, 2008c). Ces effets sont dus aux changements dans l'environnement utérin en ce qui concerne le pH et concentrations en ion, comme suggérés par Butler et al (2000).

III. Minéraux et vitamines

Les minéraux et les vitamines sont requis en petite quantité. Mais ils sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des différents systèmes chez les bovins laitiers. Chaque élément minéral et vitaminique a un rôle précis à jouer dans l'organisme et très souvent, en synergie avec d'autres minéraux et vitamines ou avec d'autres nutriments.

Les performances de reproduction ont été considérablement améliorées par un supplément minéral (Rekhis *et al.*, 1999).

Le **tableau N° 12** résume l'effet des déséquilibres minéraux et vitaminiques sur la reproduction :

Tableau 12 : Troubles de la reproduction de la vache laitière en fonction des déséquilibres minéraux et vitaminiques (Meschy., 1994).

FONCTIONS PERTURBÉES	CARENCES	EXCES
Développement des organes sexuels	Cu, Mn, Co	
Survenue de la puberté	P, Cu, Mn, Co, I	
Cycles irréguliers- Anœstrus	P, Cu, Zn, Mn, Co, I, vitA, vitD, (vitC), β-carotène	K,
Kystes ovariens	Ca, P, I, Cu, Zn, Mn, vitE+Sé, vitA, (Na), β-carotène	K, Mn
Fécondation- Implantation	P, Cu, Zn, Mn, Co, I, Sé+vitE, vitA, β-carotène	
Mortalité embryonnaire	Cu, Sé, vitA, β-carotène	
Anomalies du développement fœtal	Ca, P, Sé, Mn, I, vitA, vitE, vitD	
Avortement	Cu, Mn, Co, I, Sé, vitA	I
Dystocie- Involution utérine retardée	Ca, Mg, Cu, Zn, Co, I, vitA, vitD, (Na)	
Rétention placentaire - Métrites	Ca, Mg, P, Cu, Zn, I, vitA, vitE+Sé	K
Spermatogénèse	Cu, Zn, vitA, VitE+Sé	

Partie  **expérimentale**

Matériels



Méthode

Un des enjeux de l'alimentation des ruminants laitiers est la définition de stratégies alimentaires optimales pendant le cycle de lactation (Martin et sauvant., 1999). On estime que l'influence de l'alimentation sur la fertilité d'un troupeau de vaches laitières est de 25 à 50% (Schori., 2005). L'objectif de cette étude est d'explorer les relations entre la conduite alimentaire des élevages laitiers dans la région de Tizi-Ouzou telle qu'elle est pratiquée et les performances de reproduction et de production. Nous allons particulièrement nous intéresser à l'influence de cette conduite sur les paramètres :

- Intervalle Naissance- Premier Vêlage ;
- Intervalle vêlage – première insémination (IV-II) ;
- Intervalle première insémination- insémination fécondante (II-IF) ;
- Intervalle vêlage – vêlage (IV-V) ;
- Taux de réussite à la première insémination.

I. Animaux

Les données présentées dans cette étude ont été collectées de janvier à juin 2010 sur 297 vaches laitières réparties dans 4 exploitations de la Wilaya, de Tizi-Ouzou dont une appartenant à l'état. La majorité des vaches suivies sont de race Montbéliarde, Holstein et Flékveih (figure 13), de tous rangs de vêlage avec 152 primipares. 23% des vaches sont nées et inséminées dans les pays d'origine (France, Pays-Bas, et Autriche) et 67% sont nées et élevées en Algérie, elles appartiennent aux 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} générations.

Le choix des élevages est basé sur :

- la coopération de l'éleveur avec notamment l'acceptation des contraintes du suivi ;
- la condition que l'élevage soit agréé et son lait soit collecté ;
- la localisation géographique pour une facilité d'accès ;
- la taille du troupeau avec un minimum de vaches (30) ;
- le système d'affouragement ;
- les pratiques d'élevage (conduite alimentaire et conduite de la reproduction) ;
- l'enregistrement des données d'élevage (surtout les événements de reproduction).

Les exploitations ont été sélectionnées de façon à obtenir la plus grande hétérogénéité pour chacun des critères mentionnés, le but étant de constituer un échantillon globalement représentatif de l'élevage bovin laitier dans la Région. Sur la figure N° 12, nous avons représenté la localisation des 4 fermes concernées par le présent travail.

La figure 12 présente la répartition des 4 élevages suivis :

Exploitation 1 : DRA BEN KHEDDA (157 vaches),

Exploitation 2 : BENI DOUALA (27 vaches),

Exploitation 3 : SIDI NAAMANE (56 vaches),

Exploitation 4 : FREHA (56 vaches).

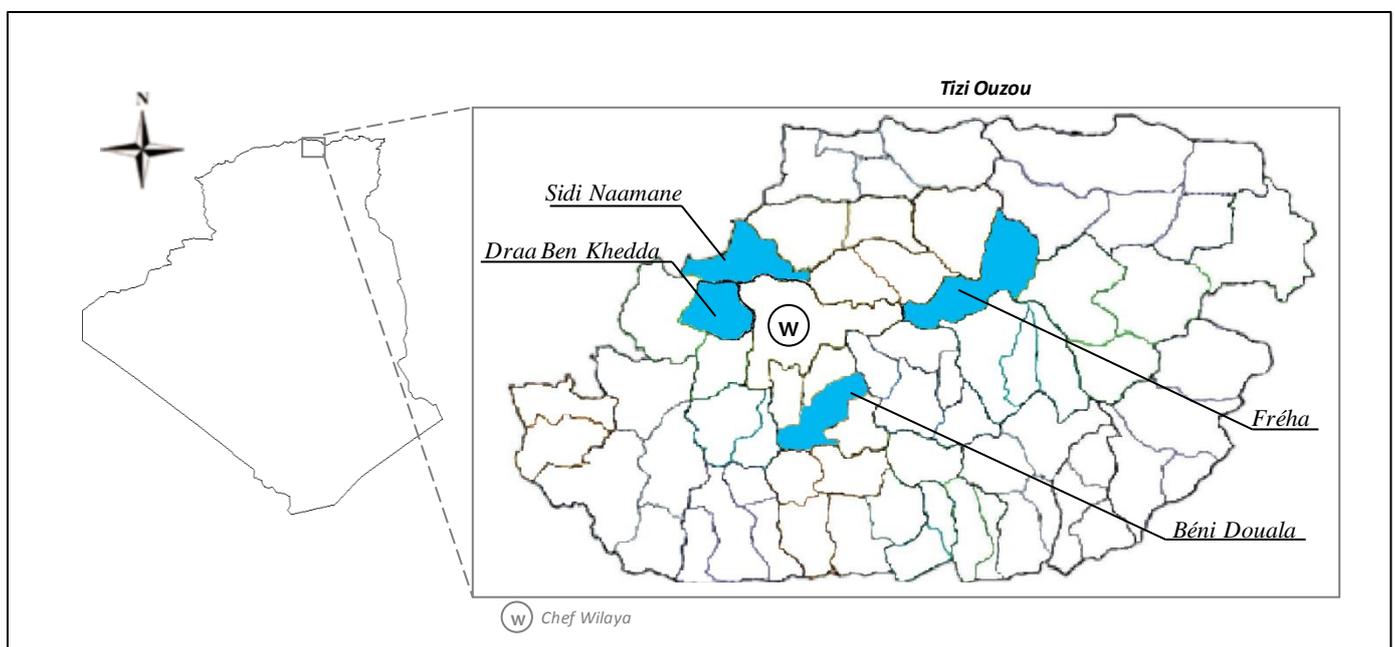


Figure 12 : Répartition des localités des fermes concernées par l'étude.

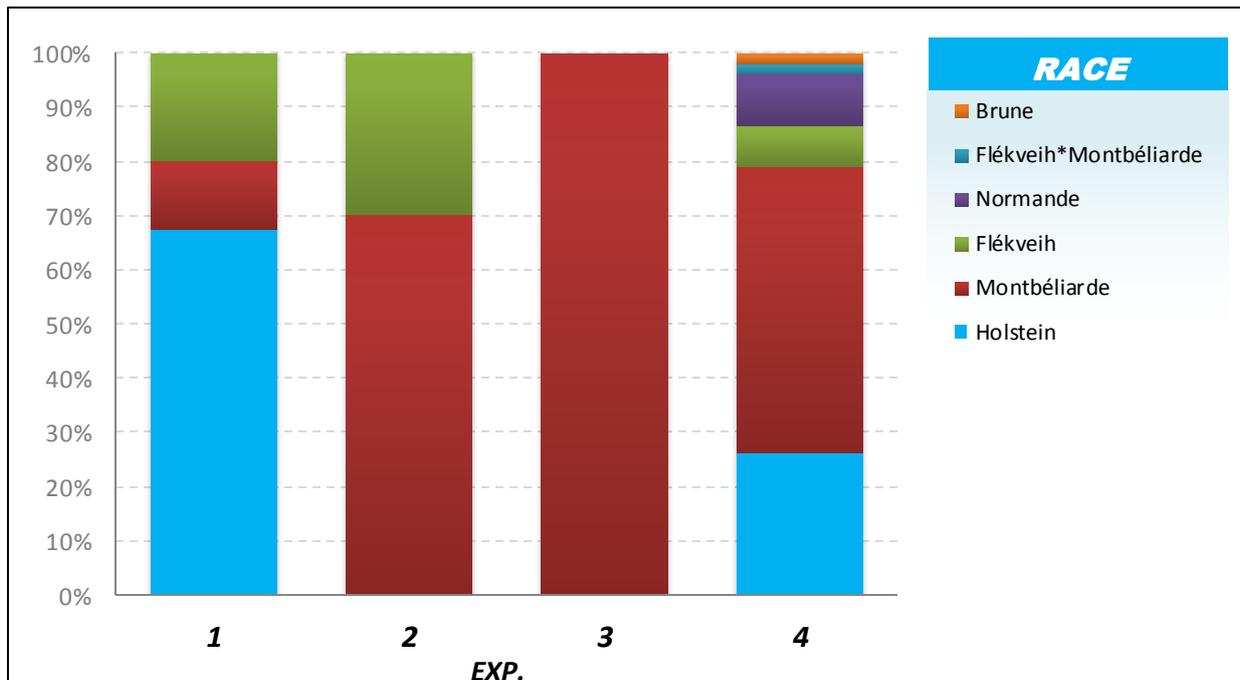


Figure 13 : Histogramme empilé représentant le pourcentage des différentes races présentes au niveau de chaque exploitation.

II. Collecte de données

La collecte de données s'est faite à partir de divers supports utilisés pour la gestion du troupeau par l'éleveur ou par le vétérinaire (registre, fiches individuelles, plannings linéaires ou rotatifs, agendas), nous nous sommes particulièrement intéressés aux informations ci-dessous :

- date de naissance, race, provenance ;
- tous les événements observés sur les animaux : chaleurs, diagnostics de gestation, mise-bas, sexe du nouveau-né, pathologie survenues au péri-partum ;
- toutes les interventions : inséminations ou saillies naturelles, traitements de maîtrise des cycles, interventions chirurgicales, traitements médicaux ;
- tous les résultats et traitements gynécologiques ont été enregistrés dans les registres des vétérinaires au niveau des exploitations 1, 2 et 3. Pour l'exploitation 4, les résultats ou les traitements sont collectés par l'éleveur lui-même ou par vétérinaire traitant ;
- tous les mouvements d'animaux au sein du troupeau (entrées et sorties) ;
- les quantités du lait produites.

Suite à cette première étape de collecte de données rétrospectives, des visites régulières sont réalisées pour le suivi des animaux et pour une collecte de données prospectives pour actualisation.

La saisie informatique autorise un contrôle de cohérence minimal immédiat et automatisé et permet l'édition d'une fiche de visite :

- la date du dernier vêlage ;
- la date de la dernière insémination ou saillie ;
- l'intervalle entre le dernier vêlage et la dernière insémination ;
- l'intervalle entre chacun de ces événements et la date du jour de visite ;
- la liste des événements survenus depuis le dernier vêlage ;
- les résultats des diagnostics de gestation successifs ;
- l'évaluation de l'état corporel au moment de l'insémination et de la mise bas.

Grâce aux intervalles calculés, les animaux présentant des troubles de reproduction (avortement, anœstrus post-partum : IV-Jour de la visite > 60 jours) et ceux devant faire l'objet d'un diagnostic de gestation sont repérés (figure 14). La fiche de visite indique également les interventions à effectuer le jour de la visite : notations d'état corporel, prélèvements d'aliment (figure 3, Annexe II).

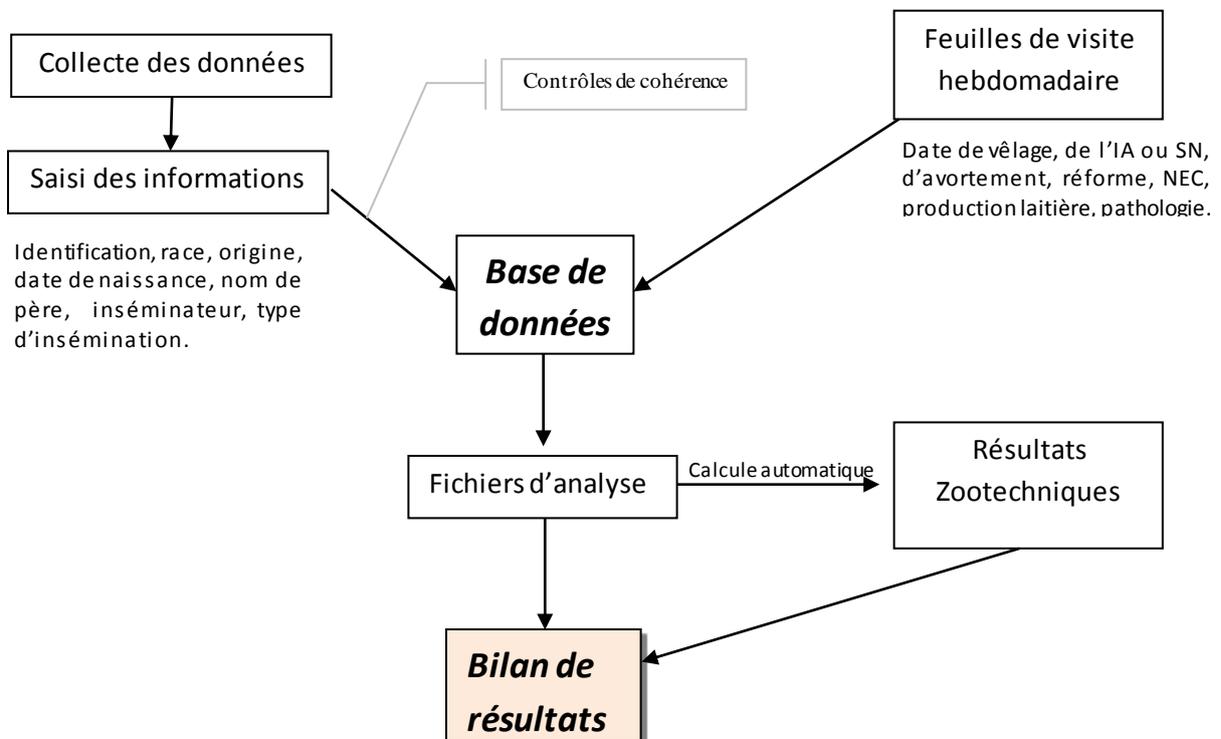


Figure 14 : Méthodologie de fonctionnement informatisé (adoptée dans un fichier d'Excel, voir annexe II, figures 1 et 2) du suivi d'élevage appliquée au niveau des troupeaux bovins laitiers étudiés (selon Tillard *et al.*, 1997).

III. Notations de l'état corporel

Selon une grille de notation établie par Edmonson et al (1989), l'évaluation de la NEC se fait sur vache debout, visuellement et sur une échelle de scores allant de 1 à 5 (1 = émacie ; 5 = obèse) avec une précision de $\frac{1}{2}$ point. L'évaluation a été faite par la même personne toutes les 3 à 6 semaines et au moment de l'insémination artificielle.

Trois grandes régions du corps (le dos, la hanche et la queue) sont divisées en huit champs sur le corps de la vache (le dos à quatre champs ; la hanche à trois champs et la base de queue à un champ). Chaque champ de corps est marqué individuellement et employé comme paramètre d'état corporel (voir figures 4, 5 et 6, annexe II).

IV. Production laitière

Un contrôle laitier a été effectué au niveau des quatre fermes concernées par l'étude et cela par le recours à trois méthodes en fonction de l'exploitation :

- **Des pots gradués** : à l'aide d'une échelle marquée sur les pots de machine à traire (figure 15a), le calcul de la quantité de lait produite se fait à partir du volume (V), avec $V = \pi r^2 * h$ ($\pi = 3.14$, r : rayon de pot et h : hauteur de niveau du lait produit).

Le volume calculé est transformé en litre (multiplication par 10^{-3}), puis en kg par multiplication par la densité du lait qui est égale à 1.030 (Bouzebda *et al.*, 2003).

- **Bouteille de réception** : au cours de la traite, on note la quantité de lait de chaque vache passée à la salle de traite à l'aide de bouteilles de réception graduées en kg (figure 15b).
- **Une balance électronique** : directement après la traite de chaque vache, le lait est pesé à l'aide d'une balance électronique (figure 15c).

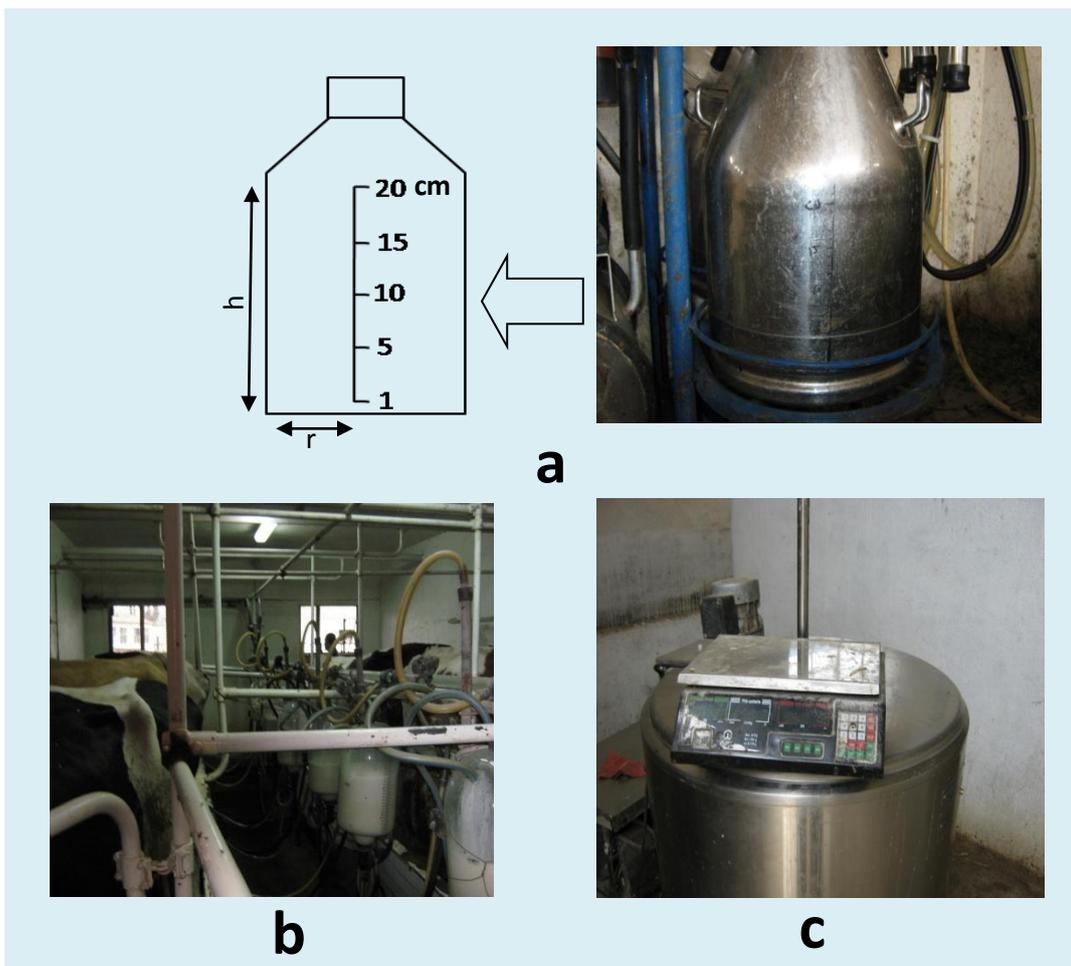


Figure 15 : Différentes méthodes de contrôle laitier effectuées au cours du suivi, a : des pots gradués, b : bouteilles de réception dans la salle de traite, c : une balance électronique (Photos personnelles).

Pour la production laitière annuelle, on l'a estimé à partir du lait commercialisé (fiches mensuelles de quantité de lait commercialisé), le lait à destination familiale ou le lait destiné aux veaux, a été estimé par l'éleveur lui-même.

La quantité de lait obtenue pour chaque mois est divisée sur le nombre de vaches en lactation et une production annuelle est calculée sur 12 mois. Le résultat de cette division représente la moyenne technique du lait de l'exploitation (Tableau 13). Cette moyenne sera multipliée par le nombre moyen de durée de lactation dans chaque exploitation.

Tableau 13 : Formules utilisées pour l'estimation de la production laitière dans les exploitations suivies.

$$MT = \frac{QM_{LE1}}{VL1} + \frac{QM_{LE2}}{VL2} + \dots + \frac{QM_{LE12}}{VL12} / 12$$
$$\text{Rendement laitier} = MT * DML$$

QM_{LE1} : quantité du lait moyenne estimée dans le premier mois.

VLA : vaches en lactation dans le premier mois.

MT : moyenne technique.

DML : durée moyenne estimée de lactation.

V. Conduite alimentaire

Une fois par mois, des enquêtes sont menées dans chaque troupeau pour reconstituer le calendrier de la distribution des fourrages et des concentrés.

Le suivi des rations distribuées est basé sur les pesées des aliments concentrés et l'évaluation de la biomasse fourragère fauchée dans les parcelles, les troupeaux étant tous conduits en « zéro-pâturage » (dans l'exploitation 2, les vaches ont été mises à la prairie mais pendant seulement deux semaines).

Les apports nutritifs des rations ont été déterminés à partir des teneurs en UFL et PDI des aliments utilisés, recueillies dans les tables de l'INRA (2007). Pour le foin d'avoine et l'herbe de la prairie, nous avons utilisé des données des travaux antérieurs (Kadi *et al.*, 2007a, Arbouche *et al.*, 2009).

Au niveau de l'exploitation 1, durant l'étude, c'est la luzerne et l'ensilage d'orge qui sont distribués. Dans les autres exploitations, les fourrages distribués sont la vesce-avoine, le trèfle violet et l'herbe naturelle (*plantago-sp*, *Sinapis-Arvensis*, *Clilotus-sp*, *Geraniaceae*) pour les exploitations 2, 3 et 4 respectivement. L'exploitation 3 utilise la paille de blé. Dans les autres exploitations, le foin distribué aux vaches laitières est de la vesce-avoine. Dans l'exploitation 2 et 4, la distribution du vert n'est pas étalée sur toute l'année (elle se fait de février au mois de mai), le reste de l'année, la ration est composée de repas sec (concentré et foin).

La valeur alimentaire des fourrages et concentrés distribués au niveau de chacune des exploitations suivies est représentée dans le N° tableau 14 :

Tableau 14 : Valeur nutritive des fourrages et concentrés utilisés au niveau des exploitations suivies.

Exp	Fourrages			Concentré			Totale		
	UFL	PDIN	PDIE	UFL	PDIN	PDIE	UFL	PDIN	PDIE
Exp. 1	4,1	331,96	371,4	6,3	854	700	10,4	1185,96	1071,4
Exp. 2	6,27	400,32	616,8	8,16	1048,24	842,08	14,43	1448,56	1458,88
Exp. 3	3,21	143	291	6,4	744	600	9,61	887	891
Exp. 4	3,61	300,4	362	8,01	699,75	717,75	11,62	1000,15	1079,75

VI. Calcul des bilans énergétique et protéique

Les bilans énergétique et protéique ont été estimés en tant que différence entre la prise d'énergie et protéine (estimées) et la somme de besoins en énergie et en protéine pour l'entretien et la production laitière, en utilisant le système français (Jarigge., 1988).

VI.1. Le poids des vaches

Il a été estimé par des mesures corporelles. La méthode utilisée est la mesure du périmètre thoracique étant la plus facile à prendre, la plus corrélée au poids vif et approuvée par l'ICAR (Jonker *et al.*, 2002). Le poids vif est ensuite déduit par la formule de Crevât (Marmet., 1983) :

$$PV = (TP)^3 \times 80$$

PV= Poids Vif (kg) ; TP= Tour de Poitrine (m).

VI.2. Bilan énergétique (BE)^{1,2,3}

Le bilan énergétique est calculé en utilisant la formule ci-dessous

$$BE = [(Q_f * VE_f) + (Q_c * VE_c)] - [(1.4 + 0.6 * PV/100) + (0.44 * PL)]$$

BE: bilan énergétique (UFL);

Q_f: quantité (matière brute) de fourrage distribué ;

Q_c: quantité (matière brute) de concentré distribué ;

VE_f: valeur énergétique de fourrage distribué ;

VE_c: valeur énergétique de concentré distribué ;

PV: Poids Vif (kg) ;

PL: quantité du lait produite.

¹ Pour les Primipares (Voir tableau 2 dans l'annexe II). Pour les vaches tarées, on a ajouté 0.9, 1.6 et 2.6 UFL pour les vaches gestantes dans le 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} mois respectivement (INRA, 1988).

² Pour l'exploitation 1 on a ajouté 10% de besoin d'entretien aux besoins totaux.

³ Lait à 4% MG.

VI.3. Bilan protéique (BP)⁴

Le bilan protéique est calculé en utilisant la formule ci-dessous :

$$BP = [Q_f * VP_f] + (Q_c * VP_c) - [(3.25 * PV^{0.75}) + (48 * PL)]$$

BP : bilan protéique (g) ;

VP_f : valeur protéique de fourrage (g) ;

VP_c : valeur protéique de concentré (g).

VII. Analyse statistique

Toutes les données et analyses statistiques ont été exécutées par le logiciel d'analyse statistique, StatView[®], version 5.0 (SAS Institute Inc., 1998). L'analyse des principaux facteurs de variation des paramètres relatifs à la reproduction (nombre de services par gestation, intervalle vêlage-vêlage projeté : IVV (jours ouverts + durée de gestation de 285 jours) (Knapp *et al.*, 2008); intervalle vêlage-1^{ère} insémination : IV1I, intervalle vêlage insémination fécondante : IVIF et taux de réussite à la première insémination : TR1I et relatifs à la note d'état corporel (NEC) ont été réalisées moyennant une analyse de variances (ANOVA). Les relations entre variables qualitatives ont été testées à l'aide du Chi².

⁴ Pour les Primipares (Voir tableau 2 dans l'annexe II). Pour les vaches tarées, on a ajouté 75, 135 et 205 g de PDI pour les vaches gestantes durant le 7^{ème}, 8^{ème} et 9^{ème} mois de gestation respectivement (INRA, 1988).

Résultats



Discussion

Dans cette partie nous allons exposer les résultats obtenus au cours de notre travail, nous allons dans un premier temps exposer les résultats concernant l'alimentation des animaux dans les exploitations étudiées, puis de la production laitière et de l'état corporel pour finir avec les performances de reproduction et leur relation avec aussi bien l'alimentation et les performances de production.

I. Alimentation

I.1. Caractérisation de la ration et de la conduite alimentaire

La surface agricole utile (SAU) moyenne des quatre exploitations étudiées est de 67,5 ha, variant de 9 à 221 ha (Tableau 15). Au niveau national, la moyenne est de 8,3 ha de SAU/exploitation. Dans l'ensemble des 4 exploitations, la SAU est réservée presque en totalité (70 %) aux cultures fourragères, le reste des terres étant occupé par les céréales, l'oléiculture et l'agrumiculture. Cependant, la production fourragère reste très insuffisante du fait notamment de la faiblesse de cette SAU.

Tableau 15 : Caractéristiques structurelles et performances de production des élevages suivis.

	<i>Exp. 1</i>	<i>Exp. 2</i>	<i>Exp. 3</i>	<i>Exp. 4</i>
Surface agricole utile (ha)	221	9	12	15
Surface fourragère principale (ha)	125	9	7	10
% de la surface fourragère	56	100	58	66
UFLc/vache/an	1890	2865	2336	2924
UFLc /UFLt (%)	60.5	56.5	66.6	68.9
PDIc/PDI_t (%)	65.3	72.3	83.8	69.6
complémentation minérale et vitaminées	Oui	Oui	Non	Oui
Alimentation concentrée au tarissement	Pas de concentré	Variable	Constante	Constante
Conduite de distribution de concentré*	Apport en lot	Apport individualisé	Apport constant	Apport constant
Production laitière (moyenne technique)	11	19.27	13	14.36
Rendement laitier (kg/vache/an)	3367,44	4967,46	3543,56	3998,80

UFLc: Unité Fourragère Lait des concentrés. UFLc /UFLt : Unité Fourragère Lait des concentrés/; Unité Fourragère Lait totaux. PDIc : protéines digestibles dans les intestins de concentré, PDI_t : protéines totaux digestibles dans les intestins.

**habitude de distribution de concentré à toutes les vaches (en production ou en tarissement) :*

Apport en lot : les vaches reçoivent leur concentré par rapport à leur stade physiologique (lactation, tarissement) ;

Apport individualisé : les vaches reçoivent leur concentré selon leur stade de lactation (début, milieu, fin) et leur production laitière ;

Apport constant : quantité de concentré fixe quel que soit le stade physiologique de l'animal.

En ce qui concerne la fréquence de distribution des repas, les exploitations **2, 3 et 4** le font 2 fois par jour, tandis que l'exploitation **1** le fait en 3 repas quotidiens. L'alimentation n'est pas '*ad libitum*' et les vaches ne mangent pas à leur faim. Les éleveurs justifient cela par la cherté et l'indisponibilité des aliments (fourrages et concentrés).

Les concentrés sont représentés principalement par un aliment composé spécial pour les vaches laitières (à base de Maïs, son de blé, et de tourteau de Soja) à l'exception de l'exploitation **3** qui ne donne que le son de blé. Kadi et al (2007a) ont rapporté que les principales sources de concentré sont le son de blé (52.50 % des exploitations) et l'aliment composé du commerce (46.25 %).

Toutes les vaches reçoivent la même ration, indépendamment de leur niveau de production, de leur stade de lactation et parfois même durant la période de tarissement dans les exploitations **3 et 4**, à l'exception de l'exploitation **2** dans laquelle la distribution de concentré est pratiquement rationnée selon la production de la vache. Au niveau de l'exploitation **1**, le concentré est distribué pratiquement par lot (génisses, vaches en production, vaches tarées). Au tarissement, la quantité de concentré est généralement fixe aux niveaux des exploitations **3 et 4**, inexistant au niveau de l'exploitation **1** et avec une diminution de la quantité de concentré pour arriver à 2 kg au tarissement puis une augmentation de cette quantité à raison d'un kg par semaine à partir de 3^{ème} semaine avant le vêlage au niveau de l'exploitation **2**.

Selon Enjalbert (2003) ; Friggens et al (2004), le tarissement représente une période délicate en termes d'alimentation de la vache laitière ; c'est la période durant laquelle a lieu la préparation de la vache à la lactation suivante. Kadi et al (2007a) ont rapporté que dans la majorité des exploitations de la région de Tizi-Ouzou, cette période n'est pas maîtrisée et les éleveurs ne semblent pas mesurer son importance. Dans un quart des élevages, les vaches sont nourries de la même manière avant et après le tarissement.

Dans notre cas, les apports en concentré représentent en moyenne l'équivalent de 2502 UFL/vache/an. (Tableau 15). Cette valeur moyenne est supérieure à celle obtenue par Ouakli et Yakhlef (2003) dans une étude menée à la Mitidja qui est de 1840.9 UFL/vache/an mais avec un extrême de 2803 UFL/vache/an.

La part du concentré dans l'apport énergétique total pour les vaches laitières est en moyenne de 63.12 %. Cette valeur est supérieure de celles rapportées par Ouakli et Yakhlef (2003) qui est de 56% et par El khattar (1994) (cité par Sraïri et Kessab., 1998) dans les élevages périurbains de Rabat-Salé avec un taux de 51%.

Le rendement UFLc/Kg de lait (déterminé comme étant l'ensemble des consommations de concentrés alimentaires par les vaches d'une exploitation au cours d'une année, exprimé en UFL, rapporté à la quantité totale de lait produite) est en moyenne de 0.63. Ce chiffre nous montre clairement que les concentrés de la ration couvrent les besoins de production du lait mais aussi une large part des besoins d'entretien.

L'exploitation 4 a enregistré le taux maximal sur la part du concentré dans l'apport énergétique total avec un taux de 68.9% contre 56.5 % dans l'exploitation 2.

La part moyenne du PDI du concentré est de 70% par rapport à la ration totale, avec des extrêmes allant de 65 à 83 %. Ce résultat nous montre donc les PDI fournis proviennent majoritairement du concentré et de manière encore plus importante comparativement aux UFL (Figure 16).

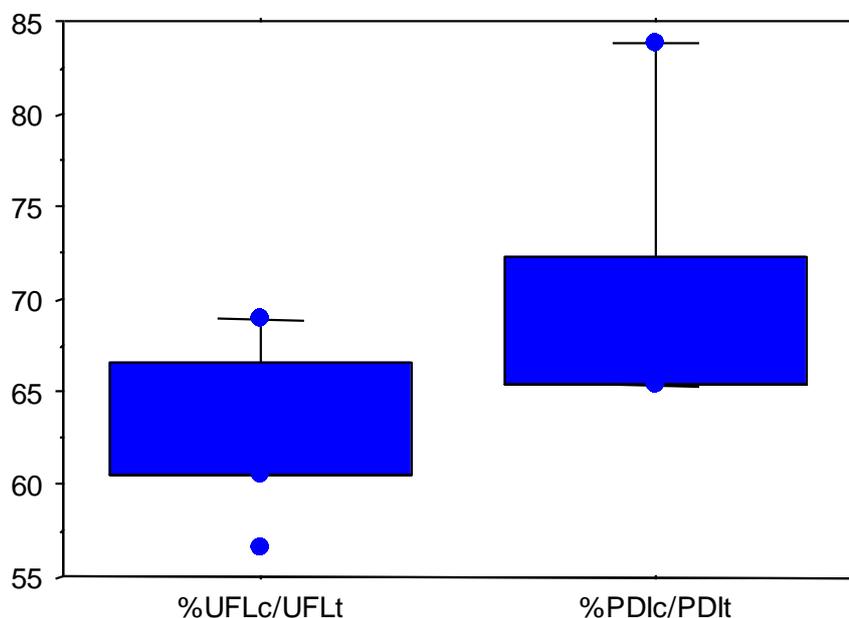


Figure 16 : Graphe en boîte représentant le pourcentage des UFL et PDI apportés par le concentré par rapport à la ration totale.

I.2. Les bilans énergétique et protéique

Les bilans énergétique et protéique sont calculés par rapport à la ration distribuée dans une période bien limitée, on peut considérer que ces bilans reflètent la situation de l'alimentation durant toute l'année, puisque majoritairement nos éleveurs gardent la même pratique alimentaire durant les douze mois de l'année. Le but de ces calculs est de caractériser la ration alimentaire distribuée dans les exploitations étudiées.

Le bilan énergétique (BE) est le résultat de la différence entre la consommation alimentaire et l'utilisation des nutriments par les vaches laitières pour ses besoins d'entretien et de production (Villa-Godoy *et al.*, 1988).

Le bilan énergétique théorique des exploitations étudiées est de 1.72 ± 2.95 UFL. Une moyenne maximale de 4.33 UFL a été enregistrée au niveau de l'exploitation 2, et une minimale (1.11) enregistrée au niveau de l'exploitation 1 (figure 17). Cette variation inter-exploitations est généralement expliquée par la variabilité de densité énergétique de la ration, la quantité servie aux animaux et les performances de production des vaches (Brisson., 2003).

Dans les exploitations 1, 3 et 4 on a enregistré des bilans énergétiques négatifs qui peuvent atteindre -7,7 UFL et qui représente dans la plupart des cas des vaches en début de lactation. Dans l'exploitation 2, toutes les vaches ont un bilan énergétique positif malgré que 14% d'entre elles sont en tarissement. Dans cette exploitation la variation des bilans entre les vaches est inférieure par rapport aux autres exploitations (un écart-type de 1.49 UFL et 174.7 PDI pour le bilan énergétique et protéique respectivement). Alors que les exploitations 3 et 4 ont enregistré une variation intra-exploitation importante en termes de bilan énergétique (un écart-type de 3.38 et 3.22 UFL respectivement). Ces résultats peuvent être expliqués par le mode de distribution du concentré, l'exploitation qui pratique une distribution individualisée a une faible hétérogénéité (exploitation 2) par rapport aux autres qui pratiquent une distribution en quantité fixe et par conséquent ont un écart-type de 3.3 (figure 19). Ce résultat est dû à une hétérogénéité de troupeau laitier et le non rationnement selon les niveaux de production des vaches en relation avec le niveau génétique et d'autre part en relation avec le stade physiologique, ceci est d'ailleurs confirmé par Mauries et Allard (1998). Selon Faverdin *et al* (2007), un ajustement de l'apport d'aliment concentré aux besoins individuels de la vache laitière permet globalement d'assurer une bonne valorisation du concentré et satisfaire les besoins de chaque vache. L'exploitation 1 a enregistré un écart-type de 2.67. Cette dernière pratique un rationnement en lot du concentré.

Selon Kadi et al (2007a), la conduite alimentaire des élevages laitiers se caractérise par une mauvaise utilisation des fourrages, cette non maîtrise de la conduite alimentaire des vaches se traduit par une complémentation inadaptée à la physiologie des animaux.

Pour le bilan protéique, on a enregistré une moyenne de 189 ± 317 PDI. Dans toutes les exploitations on a enregistré des cas de bilan protéique théorique négatif mais aussi positif. Dans l'exploitation 1, nous pouvons constater qu'il y'a moins de vache en bilan protéique négatif qu'en bilan énergétique (figure 18). Pour l'exploitation 2, nous pouvons voir que

quasiment toutes les vaches présentent un bilan protéique positif, alors que les vaches des exploitations 3 et 4 présentent à part égale des déficits et des excès en PDI.

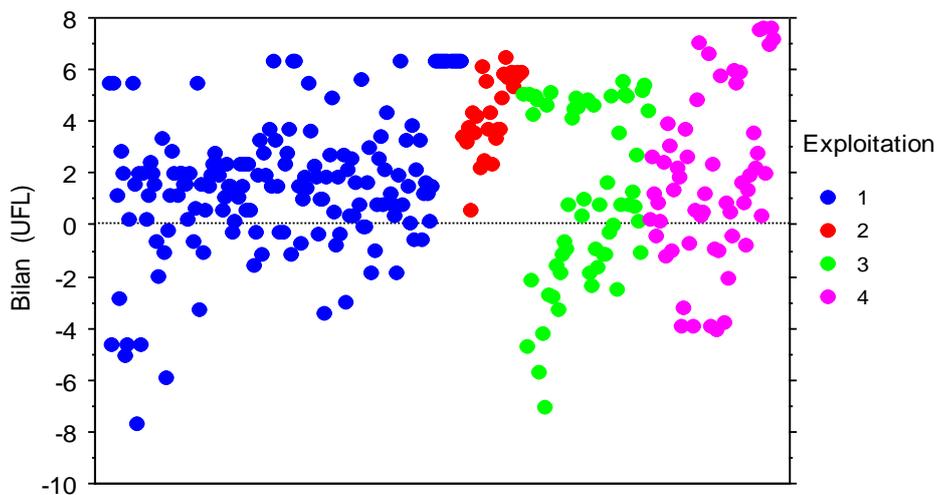


Figure 17 : Nuage de points représentant le bilan théorique d'UFL des vaches dans les exploitations suivies.

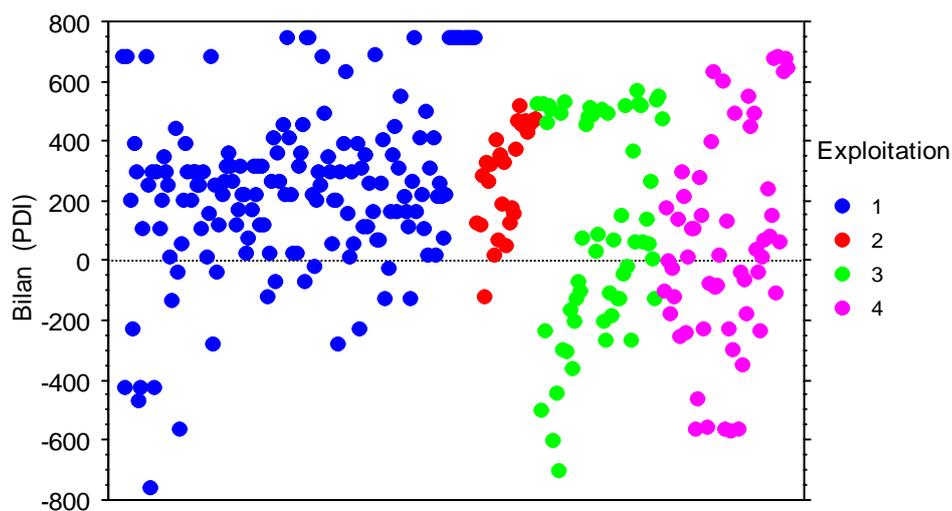


Figure 18 : Nuage de points représentant le bilan théorique de PDI des vaches dans les exploitations suivies.

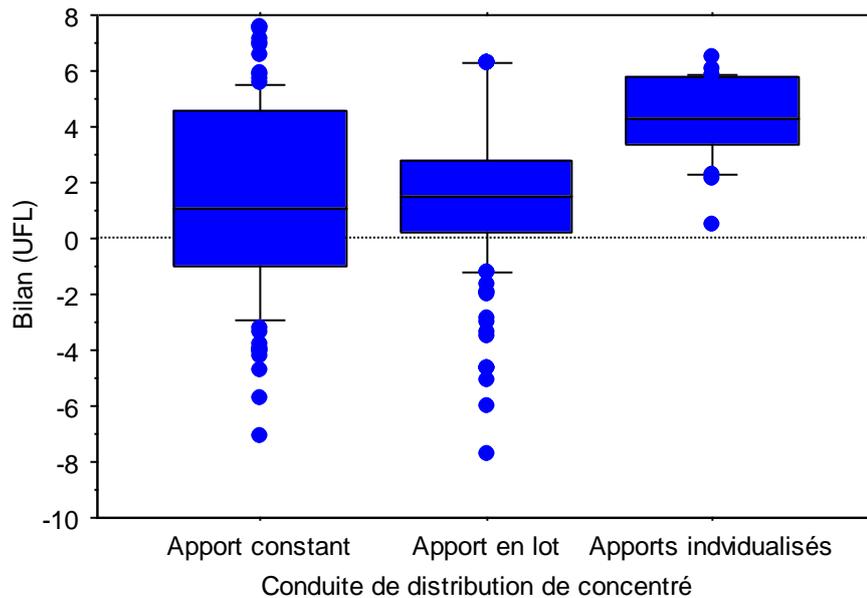


Figure 19 : Graphe en boîte représentant le bilan théorique d'UFL en fonction du mode de distribution du concentré.

II. Production laitière

Le numéro moyen de lactation est de 1.97 ± 1.44 , ce qui met en évidence un cheptel assez jeune dans l'ensemble. En général, la production laitière s'intensifie d'une lactation à l'autre jusqu'à la troisième ou quatrième lactation, et même au-delà, pour diminuer un peu à partir de la sixième ou septième lactation (Crapelet., 1973).

Le rendement laitier est en moyenne de 3969 litres/vache/an, il est légèrement supérieur à la moyenne nationale qui est de l'ordre de 3806 kg/vache/an (Ferrah., 2007). Cependant ce chiffre est très loin des potentialités de production des deux principales races retrouvées dans les exploitations suivies (Montbéliarde et Holstein).

Le meilleur rendement est réalisé par l'exploitation 2 avec 4967,46 litres/vache/an (Tableau 15). Quant à l'exploitation 1, elle réalise le rendement le moins bon avec 3367,44 litres/vache/an. Kadi et al (2007a) ont rapporté un rendement de 4101 litre/vache/an. Dans les conditions de production marocaines, Sraïri et Lyoubi (2003) rapportent un rendement minimum de 2472 kg /vache/an et un maximum de 4024 kg /vache/an. Dans une autre étude, Sraïri et al (2005) rapportent une moyenne de 4338 kg/vache/an avec un minimum de 2813 et un maximum de 6592 kg/vache/an.

La moyenne technique (production laitière par vache traite) est de 12.78 ± 3.67 litres/vache/an (tableau 15). Pour la même région d'étude et concernant la campagne agricole 2000/2001, Adem (2003) signale 13.52 litres/vache/jour. Pour la région de la Mitidja, Ouakli et Yakhlef (2003) signalent une moyenne technique de 11.48 litres, la production au niveau des exploitations suivies avoisine les 3900 litres ce qui est légèrement supérieur aux productions signalées par Sraïri et Baqasse (2000) au Maroc (3560 litres/an/vache).

II.1. Production laitière permise par la ration

La production laitière permise par les UFL des rations distribuées est de 13.9 kg ce qui est légèrement supérieur à la production permise par les PDI qui est de 12.9 kg (figure 20). La production laitière réelle est de 12.5 kg, cette quantité est proche de la quantité théorique permise par la ration. Ce qui nous montre que la production laitière est limitée par la ration distribuée.

Les effets associatifs de l'énergie et de l'azote sur la synthèse du lait paraissent importants chez la vache laitière et plus spécialement en début de lactation. Boudon et al (2007) ont rapporté que la production laitière dépend de la disponibilité des nutriments nécessaires au niveau de la mamelle pour la synthèse du lait. Ces éléments peuvent être apportés par l'alimentation sous forme d'acides gras volatiles transformés en glucose dans le foie (Rulquin., 1982 ; Boudon *et al.*, 2007) ou par une mobilisation des réserves corporelles (Koller *et al.*, 2003).

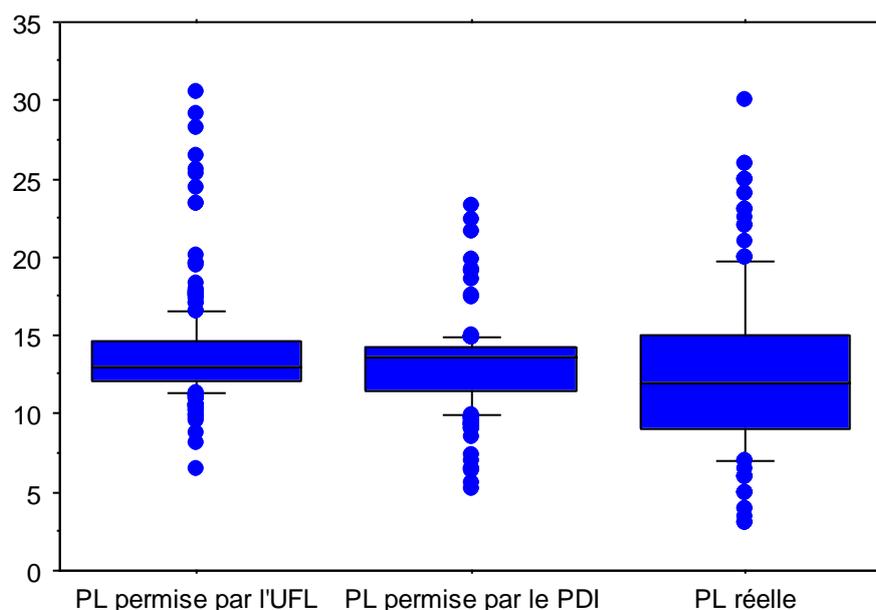


Figure 20 : Graphe en boîte représentant la production laitière permise par la ration distribuée et la production laitière réelle au niveau des exploitations suivies.

Selon Sérieys (1997), pour produire 45 kg de lait standard (sans les besoins d'entretien), il faut 19.8 UFL et 2160 PDI. Tandis que la meilleure ration distribuée aux vaches dans les exploitations suivies ne dépasse pas 15 UFL et 1500 PDI (Tableau 14, partie de matériels et méthodes). La mobilisation des réserves corporelles a des limites et la vache ne peut pas maintenir une production à haut niveau et aussi, la mobilisation excessive au début de lactation peut provoquer une acétonémie chez la vache laitière (Koller *et al.*, 2003 ; De feu *et al.*, 2009).

Ainsi, Selon Rulquin (1982), la quantité de lait synthétisée et le rendement de cette synthèse dépendent non seulement des quantités des différents nutriments provenant de la digestion des aliments, mais aussi de leurs proportions relatives.

II.2. Saison de vêlage et production laitière

La figure N° 21 nous montre qu'il n'y a pas une grande différence de rendement laitier en fonction de saisons de vêlage, les productions d'automne, d'hiver, et de printemps sont relativement proches (3735, 3714 et 3703 litres/an/ vache respectivement). Cependant, seul l'été semble présenter une baisse de rendement laitier (3470 litres/an/vache) ($P < 0.05$). Ces résultats sont expliqués par le degré de la part de concentré dans la ration (63% de la part énergétique). Ce concentré est disponible durant toute l'année, distribué de la

même manière. En effet, la production laitière ne dépend pas majoritairement de la disponibilité des fourrages. Kadi *et al.* (2007a) ont signalé que la production laitière dépend en grande partie du concentré ce qui est classiquement observé dans le Sud méditerranéen (Susmel *et al.*, 1989). La baisse de production laitière en été peut être expliquée par l'effet du stress thermique (von Keyserlingk *et al.*, 2009).

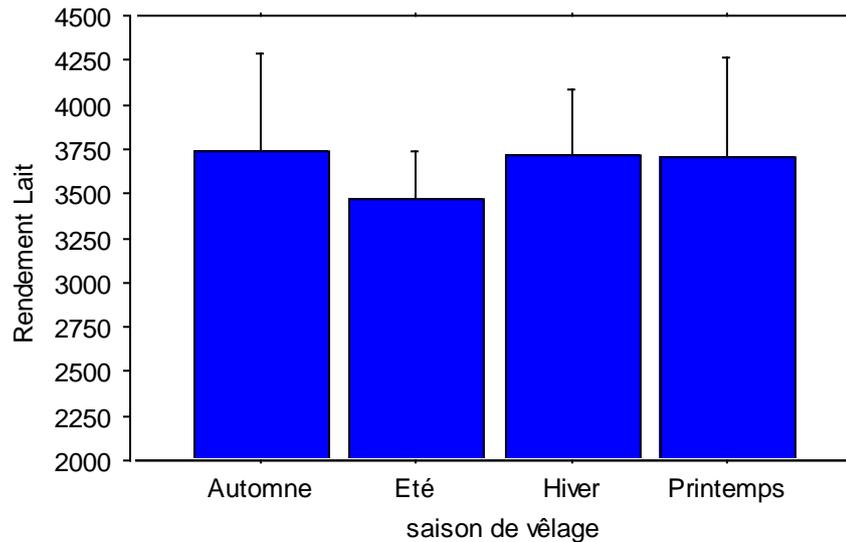


Figure 21: Histogramme représentant le rendement laitier (litre/vache/an) en fonction de la saison de vêlage.

II.3. Conduite de distribution du concentré et production laitière

D'après la **figure N° 22**, le rendement laitier est plus élevé chez les vaches qui reçoivent un apport individualisé de concentré (4967 litres/an) par rapport à celles qui reçoivent un apport constant et en lot (3367 et 3771 litres/an respectivement). Ces résultats nous montrent que la valorisation des aliments au cours des différents stades de lactation par l'individualisation de l'apport du concentré a un effet positif sur la production laitière. Il apparaît donc, qu'il est possible aujourd'hui en Algérie d'optimiser l'alimentation de la vache laitière par le recours au rationnement.

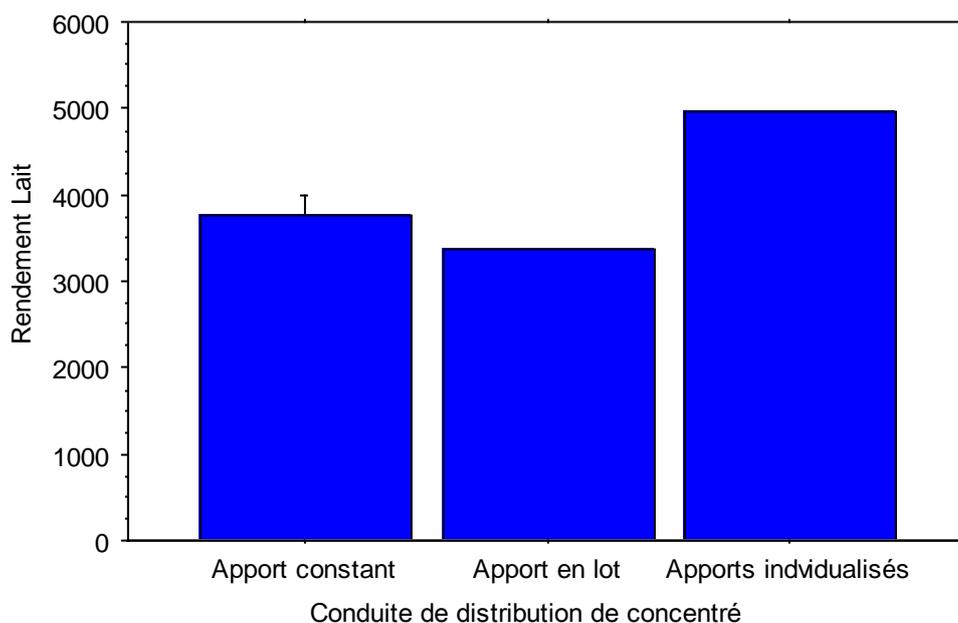


Figure 22 : Histogramme représentant le rendement laitier en fonction du système de distribution du concentré.

La distribution du concentré par lot constitue une méthode facile à gérer surtout pour les grands troupeaux (Faverdin *et al.*, 2007). Dans notre étude les vaches qui reçoivent un apport de concentré par lot ont un rendement moins élevé même par rapport aux vaches qui reçoivent un apport constant de concentré (3367 vs 3771 litre/an). La réussite de cette méthode exige une homogénéité des performances et des stades de lactation au sein du lot. Condition qui n'est pas totalement respectée au niveau de cette exploitation.

II.4. Quantité de concentré et production laitière

Un des aspects auquel nous nous sommes intéressés est d'étudier l'effet de la quantité des UFL apportées par le concentré (UFLc). Sur la **figure N° 23**, nous pouvons voir que le rendement laitier est élevé chez les vaches qui consomment 2865 UFLc/an et qui ont atteints presque 5000 litres/an, cette production est plus importante que celles des vaches recevant 1890 et 2336 UFLc/an. Cependant nous pouvons constater que les vaches qui consomment 2924 UFLc/an produisent moins de lait par rapport à celle qui consomment 2867 UFLc/an (4967.46 vs 3998.80).

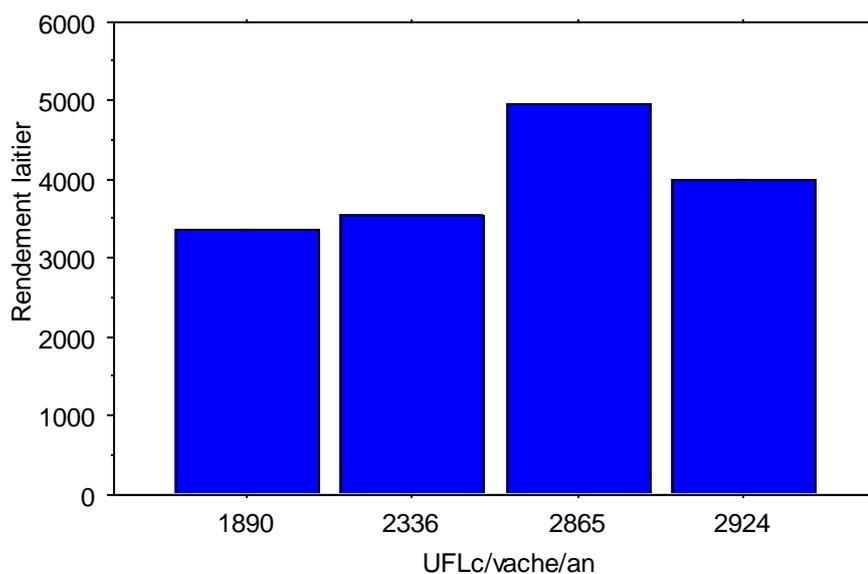


Figure 23 : Histogramme représentant le rendement laitier en fonction de quantité d'UFL du concentré.

Dans des études de Horan et al (2005) ; Kennedy et al (2007) la production laitière a été augmentée par une supplémentation en concentré à l'ordre de 1 et 1.1 kg de lait/kg de MS offert respectivement chez des vaches au pâturage. Enjalbert et Compan (2006) (cité par Collas, 2008) ont rapporté que l'accroissement de la part de concentrés, par l'augmentation à la fois de la densité en éléments nutritifs de la ration et du niveau d'ingestion par un encombrement moindre, permet d'envisager une augmentation des performances de production laitière. D'ailleurs, dans notre cas, nous avons une corrélation positive ($r^2=0.67$) entre la quantité d'UFL du concentré et le rendement laitier dans les exploitations suivies. L'accroissement du niveau énergétique permet une meilleure utilisation de l'azote pour la synthèse du lait (Rulquin., 1982). Cependant, Les bovins nécessitent une alimentation adaptée en termes de quantité de fibres fournies et/ou une augmentation du concentré (plus de 50%) (Peyraud et Apper-Bossard., 2006), car sans cela, l'anatomie et la physiologie de leur rumen se détériorent, entraînant un risque accru de développement d'une acidose ruminale et d'autres troubles accompagnateurs (efsa., 2009). De même, l'acidose ruminale (aiguë et subaiguë), ainsi que la fièvre vitulaire (fièvre de lait) peuvent entraîner une très nette détérioration des performances de production de la vache laitière.

II.5. STEAMING-UP et production laitière

La **figure N° 24** nous montre l'effet du steaming up sur la production laitière, nous pouvons constater que les vaches qui ont un supplément énergétique trois semaines avant le vêlage ont une performance de production plus élevée par rapport à celles qui ne l'ont pas ou qui ont un apport de concentré constant durant la période de tarissement (4967 vs 3536 litre/an).

La période de transition est certainement l'étape la plus intéressante du cycle de lactation (Drackley., 1999), elle est située entre la fin de la période sèche, caractérisée par des besoins alimentaires modérés, et le début de la lactation, caractérisé par des besoins qui deviennent rapidement importants (Enjalbert., 2003).

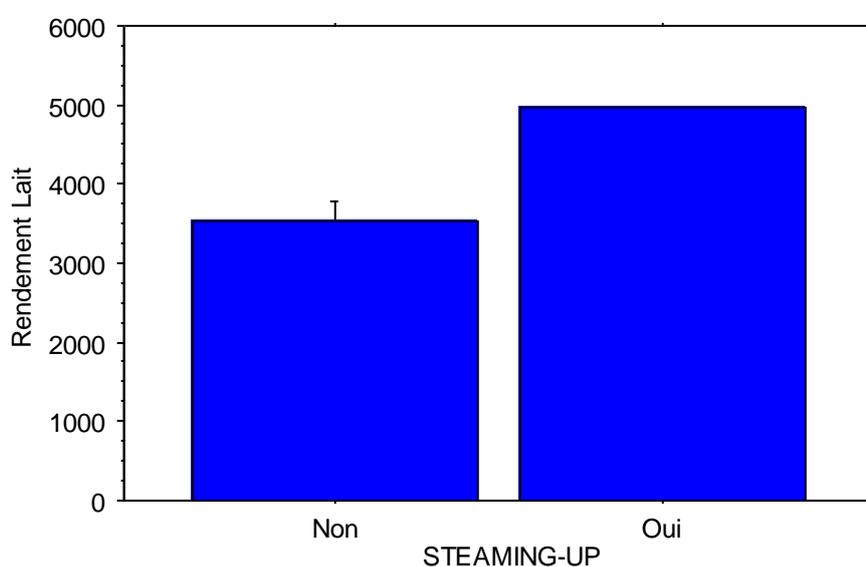


Figure 24 : Histogramme représentant le rendement laitier en fonction du STEAMING-UP.

Drackley (1999) a rapporté que les limitations alimentaires ou une mauvaise gestion pendant ce temps peuvent empêcher la capacité de la vache d'atteindre la production laitière maximale. De Feu et al (2009) ont constaté que les vaches qui reçoivent un repas de haute densité énergétique quatre semaines avant le vêlage ont une production laitière des 12 premières semaines post-partum plus élevée de 4.8 kg. Cependant, Ingvarsen et al (2001) n'a trouvé aucun effet sur le rendement de lait quand des vaches ont été alimentées avec un régime restreint d'énergie quelque semaine avant le vêlage. Une mauvaise nutrition avant le vêlage ayant pour résultat une surcharge graisseuse du foie qui peut accentuer le bilan énergétique négatif par l'intermédiaire d'une réduction de la prise de matière sèche au post-partum avec comme conséquence une réduction de performances de production.

III. Etat corporel

L'appréciation visuelle et tactile de la NEC de l'animale fournit une bonne estimation de la réserve grasseuse du corps et permet de réduire au minimum les erreurs d'estimation basées sur le poids de l'animal (Roche *et al.*, 2009 ; Alapati *et al.*, 2010).

La **figure N° 25** représente le profil global de la note d'état corporel moyenne (NECM) des quatre exploitations, nous pouvons remarquer deux phases. Une phase de chute entre le vêlage et 60^{ème} jour, et une phase ascendante après le 60^{ème} jour. Ce profil est semblable à une courbe inversée de lactation chez la vache laitière et une réduction à un nadir entre 40 et 100 jours après le vêlage (Pryce et Harris, 2006; Roche *et al.*, 2007a, b, 2009).

III.1. profil global

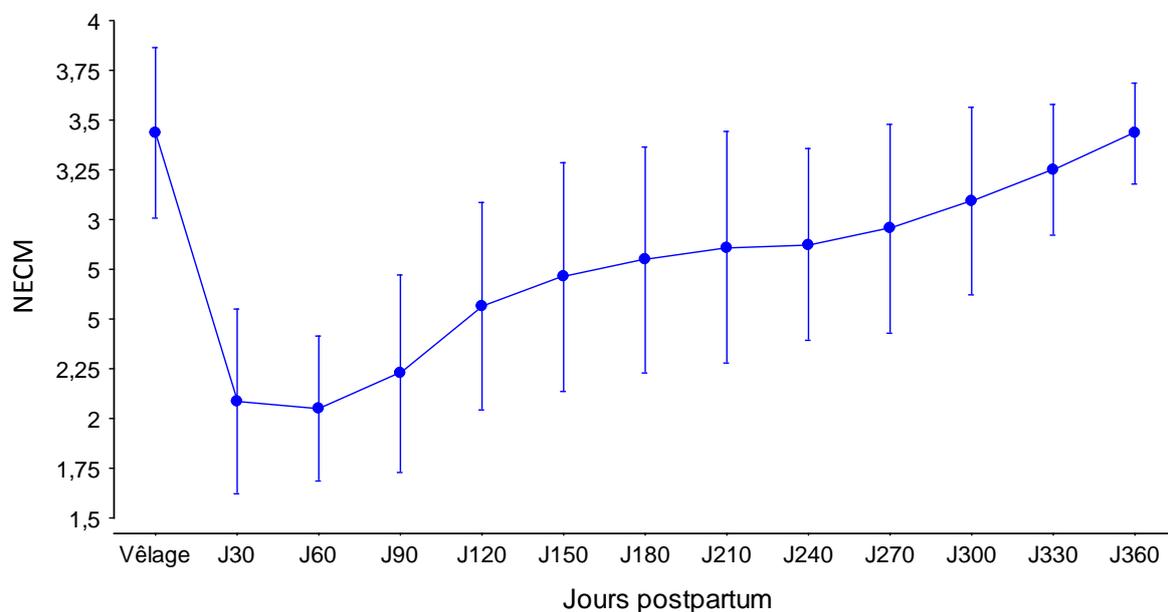


Figure 25 : Courbe représentant l'évolution de l'état corporel moyenne (NECM) des quatre exploitations.

Au cours de la première phase, une diminution significative ($P < 0,0001$) de l'état corporel est observée avec une valeur moyenne diminuant de 1,473 points durant les 60 premiers jours de lactation contre 0,62 indiqué dans une étude réalisée aux USA (Domecq *et al.*, 1997a) et 0,55 dans une autre étude (Broster et Broster., 1998). Une perte de 0,5 au 40^{ème} jours a été notée chez des vaches de race Holstein (Samarütel *et al.*, 2008). Cette perte d'état est une manifestation de l'utilisation intense des réserves corporelles survenant après le part.

Une mobilisation de 20 à 70 kg de lipides a été rapportée au cours des 60 jours suivant le vêlage (Otto *et al.*, 1991).

La moyenne de la NEC au vêlage dans notre cas a été de $3,436 \pm 0,431$. Blum *et al.* (1999) ont trouvé une moyenne de 3.0 ± 0.2 chez des vaches de race Holstein, Flékveih et Brune des Alpes, tandis qu'une valeur de 3.75 est signalée chez des vaches de race Holstein (Samarütel *et al.*, 2008). La note de NEC recommandée au vêlage est de 3.2 à 3.5 (Laumonnier., 2006).

La seconde phase observée sur la courbe d'état corporel se situe au-delà du 60^{ème} jour postpartum, avec une augmentation significative ($P < 0.05$) de 2.047 à 3.443 point au 360^{ème} jour. Au cours de cette partie de lactation, le retour à un bilan énergétique positif s'accompagnera d'une reprise d'état, traduisant la reconstitution des réserves corporelles (Drame *et al.*, 1999). A la fin de la lactation, la note d'état corporel redevient égale à celle du vêlage (Waltner *et al.*, 1993).

III.2. UFL du concentré et NEC à la première insémination

Sur la **figure N° 26**, nous pouvons remarquer que la NEC au moment de la première insémination est conditionnée par la quantité d'UFL du concentré distribuée aux vaches sur une année. Ainsi, les vaches qui consomment 1890 et 2336 UFLc/an ont la même moyenne de la NEC au moment de la 1^{ère} insémination avec une valeur de 2.5. Tandis que, les vaches qui consomment 2865 et 2924 ont une moyenne de 2.9 et 2.8 respectivement.

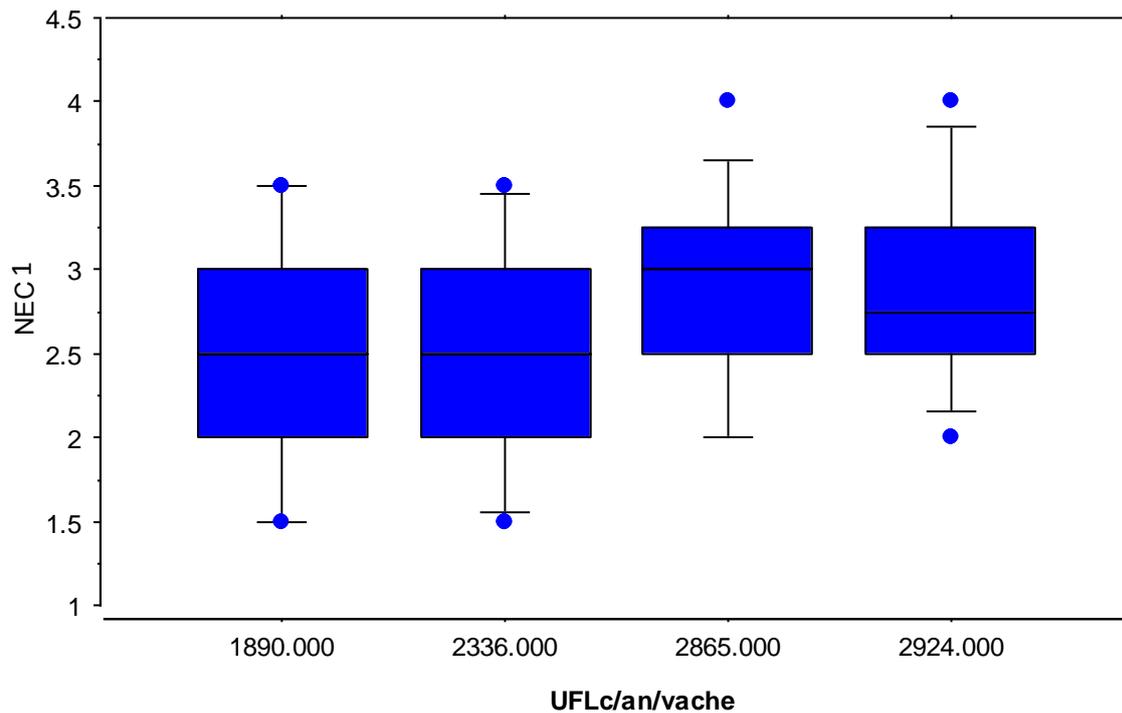


Figure 26 : Graphe en boîte représentant la note d'état corporel à la 1^{ère} insémination (NEC1) en fonction de la quantité UFL de concentré (UFLc) apportée aux vaches suivies.

Le changement de la NEC peut être étroitement lié à un changement de bilan énergétique (Pryce *et al.*, 2001) due à une augmentation d'apport énergétique de la ration ; mais surtout par la gestion alimentaire et la qualité de l'aliment offert (Alapati *et al.*, 2010) et le mode de rationnement pour la couverture des besoins énergétiques au cours de différents stades de lactation. Cette relation est matérialisée sur la **figure N° 27**, où on observe que les vaches qui reçoivent un apport de concentré à titre individuel ont une NEC élevée au moment de la 1^{ère} insémination (plus de 50% des vaches ont une NEC supérieur à 3) comparées à celles qui reçoivent un apport en lot ou constant. Ainsi, un bon rationnement peut minimiser la mobilisation de l'état corporel par la bonne couverture des besoins surtout au début de lactation.

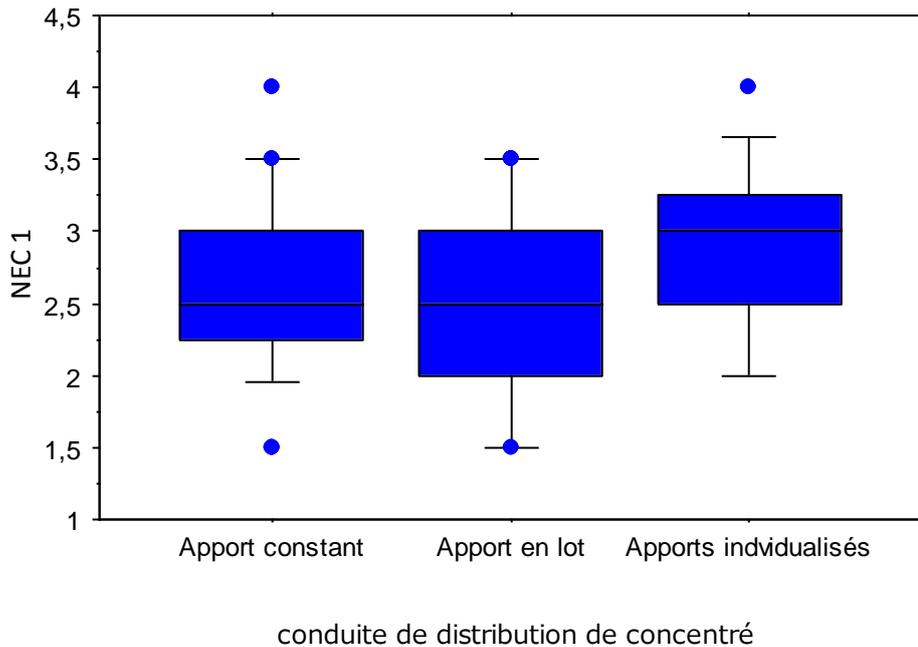


Figure 27 : Graphe en boîte représentant la note d'état corporel à la 1^{ère} insémination (NEC1) en fonction du mode de la distribution du concentré.

IV. Performances de reproduction et alimentation

IV. 1 Performances de reproduction

La relation entre alimentation, sous ses différents aspects qu'ils soient d'ordre qualitatifs ou quantitatifs, et les performances de reproduction sont des faits établis dans plusieurs publications. Et c'est justement un des objectifs du présent travail. Ci-dessous nous allons exposer les résultats des performances de reproduction des exploitations étudiées et leur relation aussi bien avec l'alimentation qu'avec les performances de production.

Le diagnostic de gestation dans toutes les exploitations s'est fait par une palpation rectale à 3 mois après l'IA ou la saillie. Seule, l'exploitation 3, où un protocole de synchronisation par les implants de progestérone (CRESTAR[®]) est pratiqué pour toutes les vaches à partir de 60^{ème} jour de postpartum. Pour le type d'insémination, l'exploitation 1, 2, 3 la mise à la reproduction se fait par l'insémination artificielle. Tandis que, au niveau de l'exploitation 4, elle se fait par la saillie naturelle. Le **tableau N° 16** représente les différents paramètres de reproduction mesurés dans les exploitations suivies.

Tableau 16 : Effet exploitation sur l'intervalle vêlage-1^{ère} insémination, vêlage - insémination fécondante (IVIF), l'intervalle 1^{ère} insémination-insémination fécondante (II^{ère}-IF), taux de réussite de 1^{ère} insémination (TR1^{ère} I), et nombres de services par conception.

Exp.	1	2	3	4	Totale
Type de reproduction	IA	IA	IA	SN	-
IV-1 ^{ère} I (jours)	107.02±87.82 ^a	89.45±26.62 ^b	205.71±98.99 ^a	59.86±37.69 ^b	108.04±88.34
IV-IF (jours)	140.16±70.91 ^a	105.90±31.66 ^b	277.57±129.77 ^c	89.30±55.23 ^{ab}	154.03±108.89
II ^{ère} -IF (jours)	53.61±67.04 ^a	20.44±33.24 ^b	116.07±97.88 ^a	28.34±47.59 ^b	51.79±70.91
TR 1 ^{ère} I (%)	25.71	58.33	35.29	53.84	37.66

Intervalle V-1^{ère}I : intervalle vêlage-1^{ère} insémination, Intervalle 1^{ère}I-IF : intervalle 1^{ère} insémination-insémination fécondante, intervalle V-IF : intervalle vêlage-insémination fécondante, TR 1^{ère} I : taux de réussite de la première insémination.

^{abc} : des lettres différentes sur la même ligne indiquent une différence significative ($P < 0.05$).

Les paramètres de reproduction sont représentés par des intervalles entre 2 événements liés à la reproduction ou par des taux de succès ou d'échec de l'insémination, qui sont calculés à partir des enregistrements des inséminations et de vêlages (Abe *et al.*, 2009).

Les résultats consignés dans le **tableau N° 14** nous montrent que la mise à la reproduction est tardive (108.04±88.34 jours) puisqu'elle dépasse les normes recommandées. Le délai de mise à la reproduction des vaches laitières résulte d'une séquence d'évènements, notamment : la reprise de la cyclicité ovarienne après le vêlage, l'expression des chaleurs, la détection des chaleurs et la décision de mise à la reproduction (Philipot *et al.*, 2001). Selon plusieurs auteurs (Chevalier et Humblot., 1998, Schori., 2005 ; Disenhaus *et al.*, 2005), la mise à la reproduction devrait commencer à partir de 50 jours et les vaches devraient être fécondées dans un délai de 90 jours. Or, IV-IF de notre étude est de 154.03±108.89 jours. Cet intervalle est assez proche de celui enregistré par Ghazlane et al (2003) dans la même région que la notre (159.50 jours). Cependant, il est supérieur à celui trouvé par Madani et Mouffok (2008) dans la région semi-aride Algérienne (125 jours). En ce qui concerne la variabilité inter-exploitations, les exploitations **2**, **4** ont des intervalles V-1^{ère} I et 1^{ère} I -IF plus courts ($P < 0.05$), alors que l'exploitation **3** a un intervalle V-IF plus long ($P < 0.05$).

Le taux de réussite à la 1^{ère} insémination moyen (TR1I) n'est que de 37.66 %, valeur inférieure à celle avancée par Ghazlane et al (2003) et qui est de l'ordre de 50.20 %. Le TR1I le plus élevé est celui enregistré au niveau de l'exploitation **3** (58.33%). Quatre facteurs généraux déterminent la réussite de l'insémination dans un troupeau de vaches laitières incluent :1) fertilité de vache ;2) fertilité de taureau ;3) détection des chaleurs ; et 4) efficacité de AI.

IV.1.1. Intervalle naissance-vêlage

La moyenne d'intervalle naissance –vêlage pour les génisses importées est de 823 ± 85 jours alors qu'il est de 1121 ± 181 jours pour les génisses nées dans les fermes algériennes. Ce résultat est proche de celui trouvé par Madani et Mouffok., 2008 qui est de 1026 jours pour des génisses de 1^{ère} à la 4^{ème} génération.

Seul 12.5% des génisses importées ont un intervalle naissance-vêlage supérieur à 950 jours alors que seul 12.5% des génisses locales ont un intervalle naissance-vêlage inférieur à 900 jours (figure 29). Cette différence généralement due à une mise à la reproduction précoce pour les génisses importées par rapport les génisses locales, du moment qu'elle est conditionnée par un poids minimum ($2/3$ du poids adulte) qui est tardivement atteint dans nos exploitations. Selon De Behr et al (2001), les génisses dont la croissance est rapide sont les plus jeunes à la fécondation, au 1^{er} et au 2^{ème} vêlage.

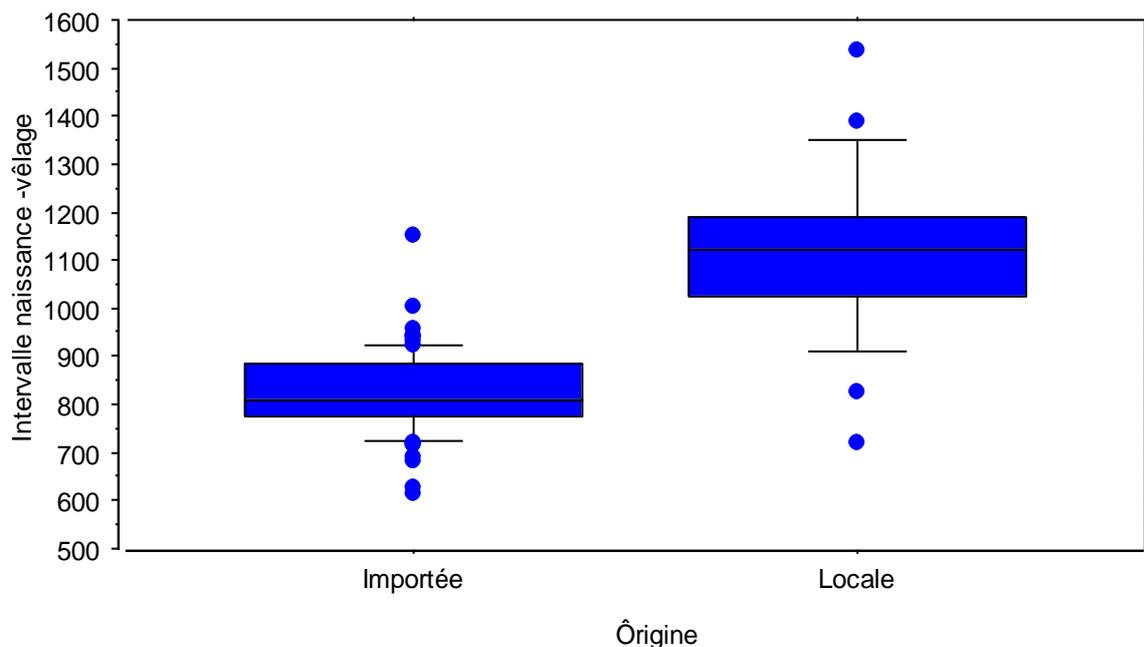


Figure 28 : Graphe en boîte représentant l'intervalle naissance-vêlage en fonction de l'origine de la génisse.

IV.1.2. Intervalle vêlage-vêlage

L'IV-V moyen calculé dans notre travail est de 442 ± 110 jours (figure 28). Cet intervalle est loin de l'objectif d'un veau/an/ vache. Bouzebda et al (2003) ont trouvé un intervalle qui varie entre 434,66 et 461,00 jours pour des fermes dans les régions d'Annaba et El-Tarf respectivement. Dans une étude plus récente, cet intervalle varie entre 375 et 438 jours pour des fermes en région semi-aride algérienne (Madani et Mouffok., 2008). En comparaison avec d'autres résultats dans des pays limitrophes, Darej et al (2010) rapportent des valeurs de l'IVV allant jusqu'à 435 jours dans le nord de la Tunisie. Dans une étude menée par Lucy (2001) sur l'évolution des performances de reproduction aux états unis l'IVV moyen rapporté est de 416 jours en l'an 2000.

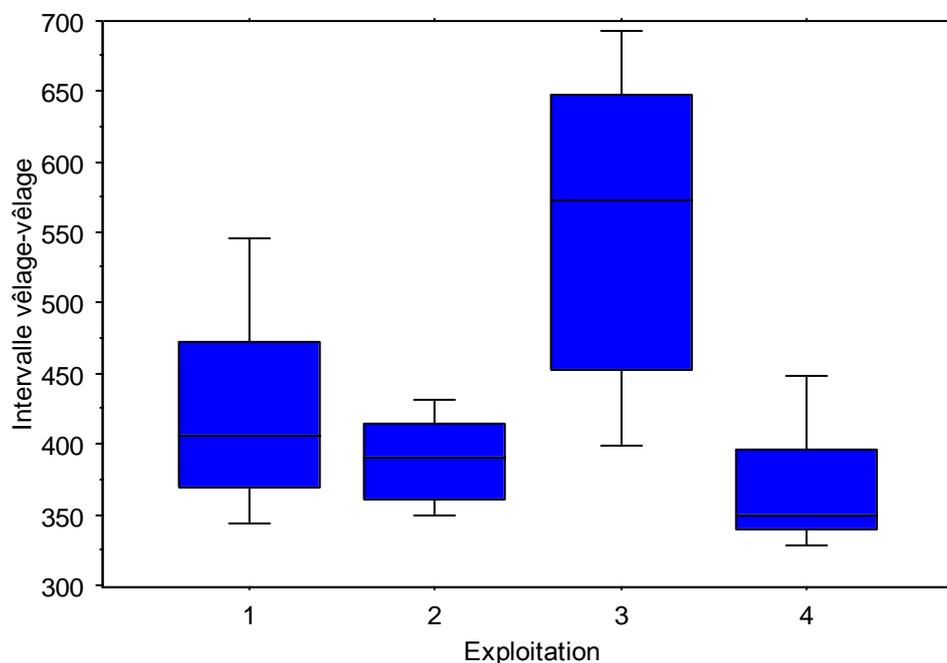


Figure 29 : Graphe en boîte représentant l'intervalle vêlage-vêlage des exploitations suivies.

Au niveau de l'exploitation **3**, plus de 50% des vaches ont un intervalle supérieur à 562 jours et seulement 25% des vaches ont un intervalle inférieur à 450 jours. Au niveau de l'exploitation **4**, seulement 25% des vaches ont un intervalle supérieur à 400 jours alors que 50% ont un intervalle inférieur à 349 jours. Par ailleurs, au niveau des exploitations **1** et **2**, 50% des vaches ont un intervalle inférieur à 406 et 390 jours respectivement. De même, 25% de vaches de l'exploitation **1** ont plus 480 jours d'intervalle. L'exploitation **2** ne présente pas une grande variation. En effet, L'IV-V varie entre 346 et 447 jours. Par contre, au niveau de l'exploitation **3**, une grande variabilité est enregistrée avec un intervalle allant de 379 à 691 jours. Ceci est probablement en relation avec l'échec de l'insémination artificielle (moyenne

de nombre de l'insémination est de 2.045 ± 1.04 par vache), et aussi aux mortalités embryonnaires précoces et tardives (Gábor *et al.*, 2008).

IV. 2. Alimentation facteur de réussite de la reproduction

IV.2.1. Alimentation et diagnostic de gestation

La **figure N° 30**, représente le résultat de diagnostic de gestion en relation avec la quantité d'UFL du concentré disponible par vache et par an. Nous pouvons remarquer que les vaches diagnostiquées pleines après 3 mois de la dernière insémination consomment au moyenne 2427 ± 455 UFLc/an contre 1938 ± 218 UFLc/an pour les vaches diagnostiquées vides ($P < 0.005$). D'après ces résultats on constate que les vaches qui ont plus énergie dans leur ration auront plus de chance pour concevoir. Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de bilan énergétique sur la fertilité et parmi eux ceux qui ont particulièrement étudié l'effet du bilan énergétique sur le maintien de gestation (McEvoy *et al.*, 2001; Lozano *et al.*, 2003 ; Vasconcelos *et al.*, 2003).

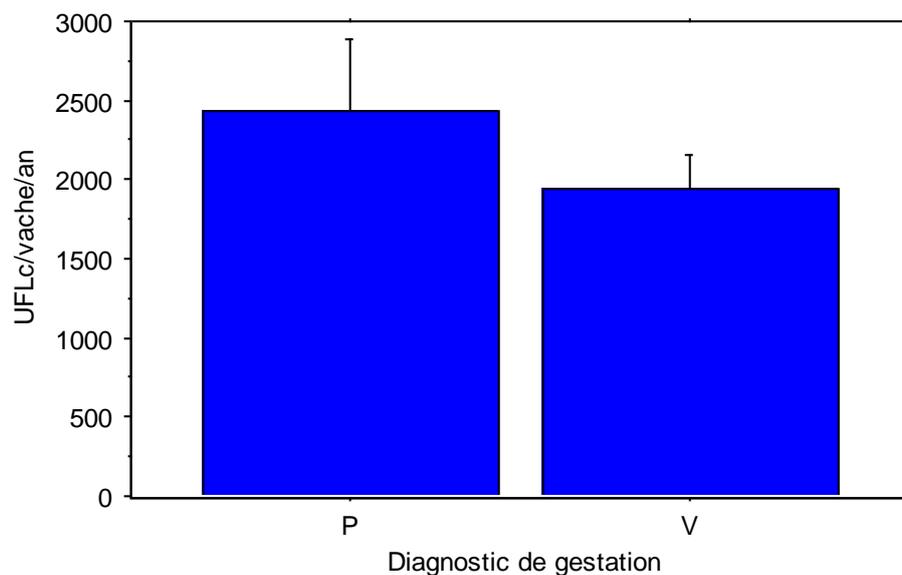


Figure 30 : Graphe en boîte représentant la quantité d'UFL concentré (UFLc) en fonction du résultat de diagnostic de gestation (P : pleine ; V : vide).

Une faible concentration de progestérone au post-partum peut réduire la fertilité (Larson *et al.*, 1997), et un niveau faible du bilan énergétique peut avoir comme conséquence une diminution de la sécrétion de cette progestérone par le corps jaune (Armstrong *et al.*, 2001). D'ailleurs, il a été rapporté que des concentrations de la progestérone et de l'interféron-tau embryonnaire sont fortement corrélées (Mackey *et al.*, 1999).

Ainsi, les moindres modifications dans des concentrations maternelles en progestérone au cours de la période initiale du développement embryonnaire peuvent changer la sécrétion de cet agent anti-lutéolytique et peuvent être critiques à la survie d'embryon.

Cependant, l'augmentation de l'apport énergétique sous forme de concentré peut être à l'origine des incidences accrues d'acidose clinique, sub-clinique (Nocek., 1997 ; Owens *et al.*, 1998 ; Martin *et al.*, 2006), des pathologies sanitaires au péri-partum (Michalet-Doreau *et al.*, 1999 ; Scahaw., 2001 ; Brisson *et al.*, 2003) et une diminution de la fertilité (Philipot *et al.*, 2001).

IV.2.2. Alimentation et intervalles de reproduction

Nous avons considéré trois intervalles en relation avec les performances de reproduction et qui sont repris sur la **figure N° 31**. Nous pouvons constater sur cette figure que les exploitations qui distribuent plus d'énergie à leurs vaches (2865 et 2924 UFLc/vache/an pour les exploitations **2** et **4** respectivement) ont des intervalles vêlage-1^{ère} insémination, 1^{ère} insémination-insémination fécondante et vêlage-vêlage plus courts. 25% des vaches ont des valeurs supérieures à 75, 40 et 400 jours pour l'intervalle vêlage-1^{ère} insémination, 1^{ère} insémination-insémination fécondante et vêlage-vêlage respectivement dans l'exploitation qui donne 2924 UFLc/vache/an (exploitation **4**). Pour celle qui distribue 2336 UFLc, 25% ont des valeurs de 125, 26 et 450 jours pour l'intervalle vêlage-1^{ère} insémination, 1^{ère} insémination-insémination fécondante et vêlage-vêlage respectivement. Chez la vache, les principaux facteurs de la reprise de l'activité ovarienne incluent la NEC et la prise d'énergie (rendement et ingestion de matière sèche) (Crowe., 2008). Ainsi, les régimes glucogéniques sont décrits comme bénéfiques pour la fertilité en stimulant la reprise de la cinétique endocrinienne et mener ainsi à une reprise de l'activité ovarienne (Van Kneysel *et al.*, 2005).

De même, un bilan énergétique négatif prolongé pendant les premières semaines de la lactation est associé à un intervalle prolongé à la première ovulation (Beam et Butler., 1998) et la 1^{ère} insémination et aussi en finalité à l'intervalle vêlage-vêlage (Yániz *et al.*, 2008).

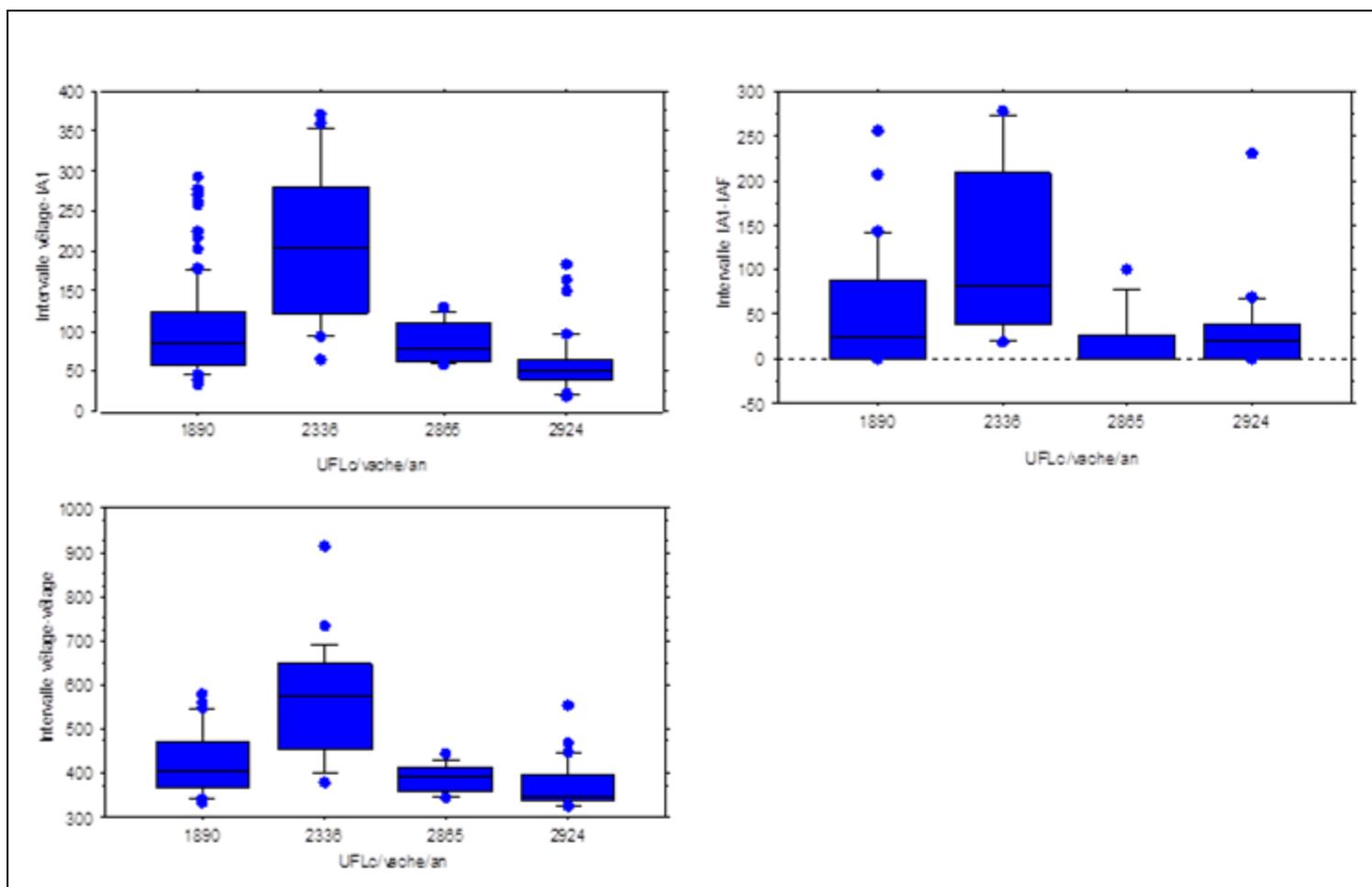


Figure 31 : Graphes en boîte représentant l'intervalle vêlage-1^{ère} insémination, 1^{ère} insémination-insémination fécondante (IA1-IAF) et l'intervalle vêlage-vêlage en fonction de la quantité d'UFL de concentré.

Cependant, pour l'exploitation qui distribue 1890 UFLc/vache/an elle a enregistré des paramètres inférieurs à celle de l'exploitation qui donne 2336 UFLc/vache/an. Ces résultats peuvent être expliqués par d'autres facteurs comme la non complémentation minérale et vitaminique, la qualité d'aliment et la gestion de reproduction, et ce sont en réalité ce que nous avons constaté au niveau de cette exploitation. Rekhis et al (1999) ; Baldi (2005) ont rapporté que les performances de reproduction peuvent être considérablement améliorées par la supplémentation minérale et vitaminique.

Un des intervalles qui caractérise la réussite de la reproduction est l'intervalle vêlage –vêlage, nous l'avons représenté sur la **figure N° 32** en relation avec la conduite de distribution du concentré. Cette dernière nous montre que 25% des vaches qui reçoivent un apport constant de concentré ont un intervalle vêlage-vêlage supérieur à 550 jours. Ce chiffre diminue à 450 pour les vaches qui ont un apport par lot et seulement 410 jours pour les vaches qui consomment un apport du concentré à titre individuel. Une différence significative ($P < 0.05$) a été enregistrée entre les trois systèmes d'alimentation. Le non rationnement de l'alimentation de la vache est généralement accompagné de déséquilibres entre les besoins et les apports surtout au début de lactation. Selon Diskin et al (2003), le bilan énergétique négatif, a un effet majeur sur l'allongement de l'ancestrus post-partum, la mortalité embryonnaire et sur la réussite de l'insémination (Van Straten *et al.*, 2009). Par ailleurs, les facteurs qui affectent l'IVV sont volontaires ou involontaires. Dans notre cas, on écarte le premier, car dans les quatre exploitations la décision de la mise à la reproduction ne dépasse pas 60 jours. Cet état dans notre cas est donc le résultat de l'effet de l'alimentation sur l'allongement d'IV-V involontaire comme montré dans la littérature (Diskin *et al.*, 2003).

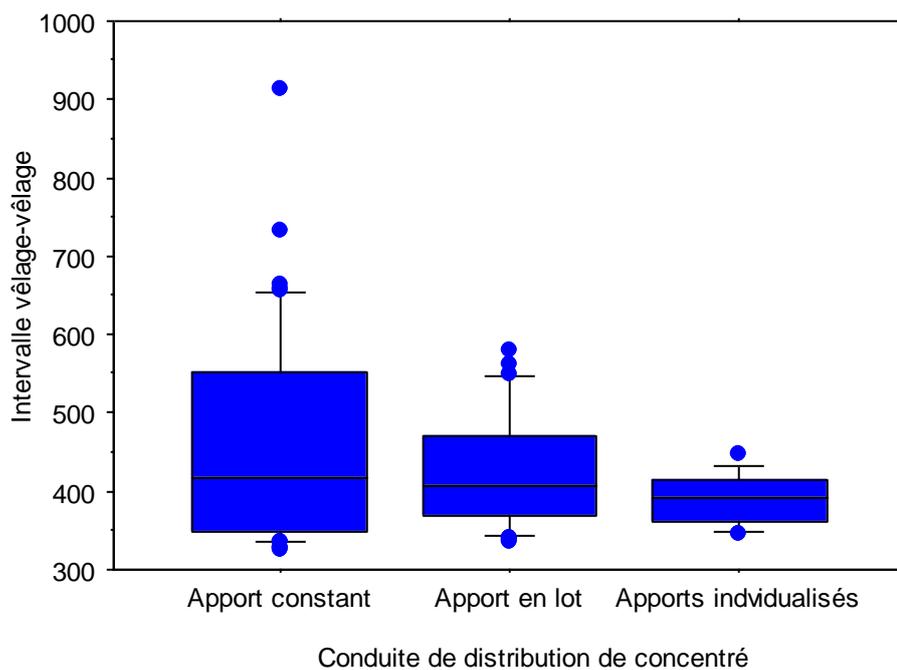


Figure 32 : Graphe en boîte représentant l'intervalle vêlage-vêlage en fonction du mode de distribution de concentré.

IV.2.3. Production laitière et réussite de la 1^{ère} insémination

Un des objectifs que nous nous sommes fixés est de comprendre la relation qui pourrait exister entre production laitière et performances de reproduction. Sur la **figure N° 33**, nous pouvons constater que les vaches qui présentent la réussite à la 1^{ère} insémination produisent en moyenne 4000 litres/an alors que les vaches qui présentent des échecs à la 1^{ère} insémination produisent 3650 litres/an. Ce résultat n'est pas en accord avec ceux de Lucy (2001) et de Yañiz et al (2008) qui ont tous montré une association entre l'augmentation de production laitière et la diminution de fertilité.

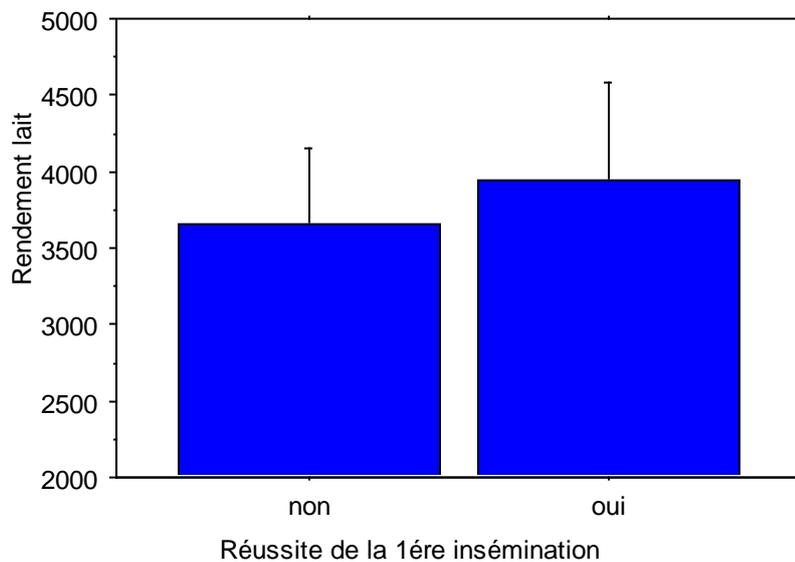


Figure 33 : Histogramme représentant le rendement laitier en fonction de la réussite de la 1^{ère} insémination.

De même, selon Butler et Smith (1989), quand la production laitière est importante, le déclin global dans le taux moyen de conception est expliqué par la relation inverse du taux de conception au rendement de lait. Or, la production laitière dans nos quatre exploitations ne dépasse pas 19.27 litres (moyenne technique) ; dans ce cas on peut expliquer ce résultat par l'effet de l'alimentation, les vaches qui consomment plus d'énergie ont plus de chance d'être fécondées à la 1^{ère} insémination (**figure 34**) et par la même produisent plus de lait (**figure 23**), mais cette production n'atteint pas des niveaux qui puissent compromettre la reproduction. De même, certaines études ont montré que les vaches à faible production laitière ont un plus grand risque d'infertilité que des vaches à grande production, quand ce faible rendement de lait est associé à une pauvre prise de matière sèche et donc à une grande mobilisation de réserves corporelles au post-partum (Staples *et al.*, 1990 ; Lucy *et al.*, 1992).

IV.2.4. Alimentation et réussite de la 1^{ère} insémination

LA réussite d'une insémination artificielle impose la réunion d'un ensemble de conditions indispensable dont une alimentation quantitativement et qualitativement adaptée. Pour ce qui concerne notre travail, nous pouvons remarquer sur la **figure N° 34** que les vaches qui conçoivent à la 1^{ère} insémination ont un apport d'UFL supérieur par rapport à celle qui présentent des échecs (2467 vs 2223 UFLc/vache/an).

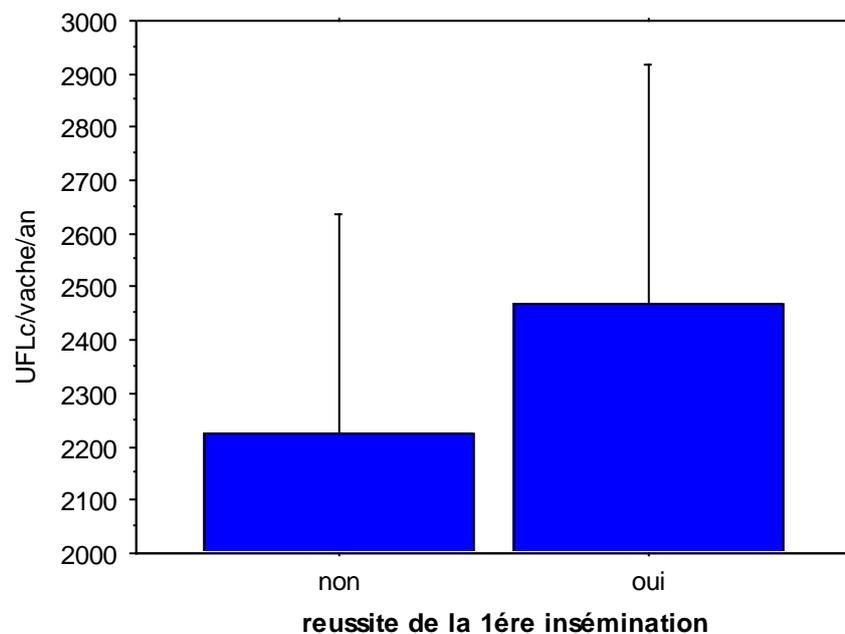


Figure 34 : Histogramme représentant la quantité d'UFL de concentré (UFLc) en fonction de la réussite à la 1^{ère} insémination.

Selon Roche et al (2007b), la faible densité énergétique au pâturage aurait comme conséquence des prises réduites d'énergie se traduisant par une accentuation du bilan énergétique négatif au début de lactation. Butler (2003) a rapporté qu'un bilan énergétique négatif est traduit par une perte de l'état corporel qui coïncide avec une réduction du taux de conception de 10%. Les perturbations physiologiques accompagnant le bilan énergétique pendant le début de la lactation, telle que l'hypoglycémie, acétonémie, urémie, l'augmentation des niveaux d'acides gras non-estérifiés (AGNE) et l'accumulation de lipide dans le foie, peuvent atteindre des niveaux pathologiques et devenir néfastes pour la fertilité de la vache (Leroy *et al.*, 2004).

IV.2.5. NEC et la réussite de la 1^{ère} insémination

Aujourd'hui, la note d'état corporel à la mise à la reproduction a gagné une attention considérable en raison de leur association avec les performances de reproduction (Beam et Butler., 1998 ; Buckley *et al.*, 2003; Roche *et al.*, 2007a).

Dans les exploitations suivies dans notre travail (figure 35), plus de 50% des vaches qui ont une NEC supérieur à 3 ont été gestantes à la 1^{ère} insémination, et dans ce groupe des gestantes seules 25% ont une note inférieure à 2.5, tandis que les vaches qui ne conçoivent pas à la 1^{ère} insémination, présentent dans 50% des cas des notes d'état corporel inférieures à 2.5, et seules 25% d'entre elles présentent une NEC supérieur à 3.

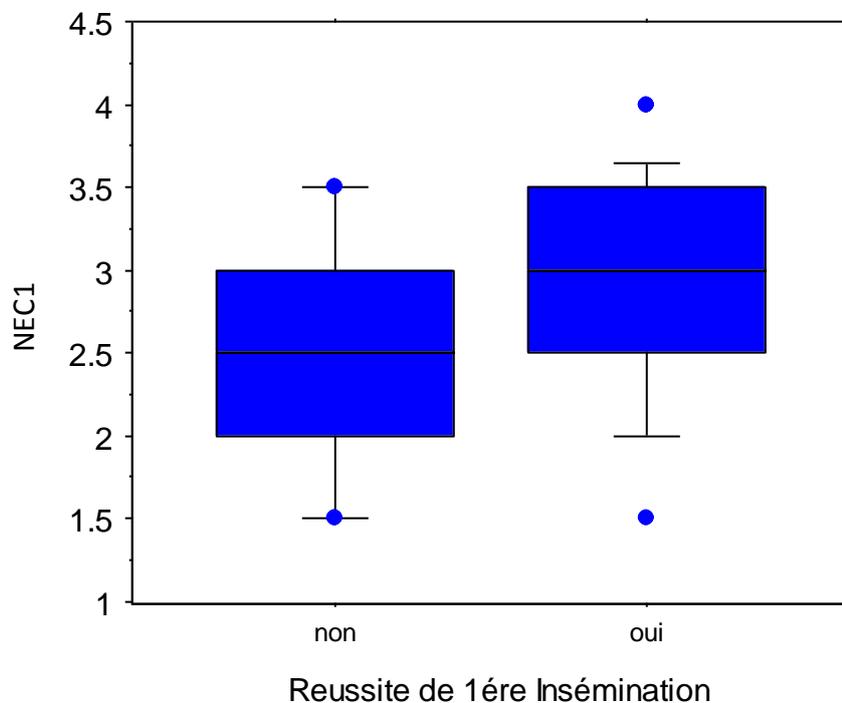


Figure 35 : Boîte en graphe représentant la note d'état à la 1^{ère} insémination(NEC1) en fonction de la réussite de l'insémination.

En analysant ce taux de réussite à la première insémination au niveau des exploitations individuellement, nous pouvons observer sur la figure N° 36, que le taux le plus élevé (58.33%) a été enregistré au niveau de l'exploitation 2. Dans cette même exploitation, il a été remarqué que les vaches inséminées ont une NEC élevée (66.66% des vaches ont une NEC supérieur à 2.75). Cependant, au niveau des exploitations 1 et 3, des taux de réussite faibles ont été enregistrés (25.71 et 35.29 % respectivement) et qui correspondent à des NEC moindres ; seules 42 et 43.75 % des vaches ont une NEC supérieurs à 2.75 respectivement.

Pour l'exploitation 4, le taux de réussite est de 53.84 % qui est quasiment égale au taux des vaches ayant une NEC supérieure à 2.75. Sur la figure N° 36, nous pouvons donc voir que les secteurs des NEC sont quasiment superposables à ceux de réussite de l'insémination.

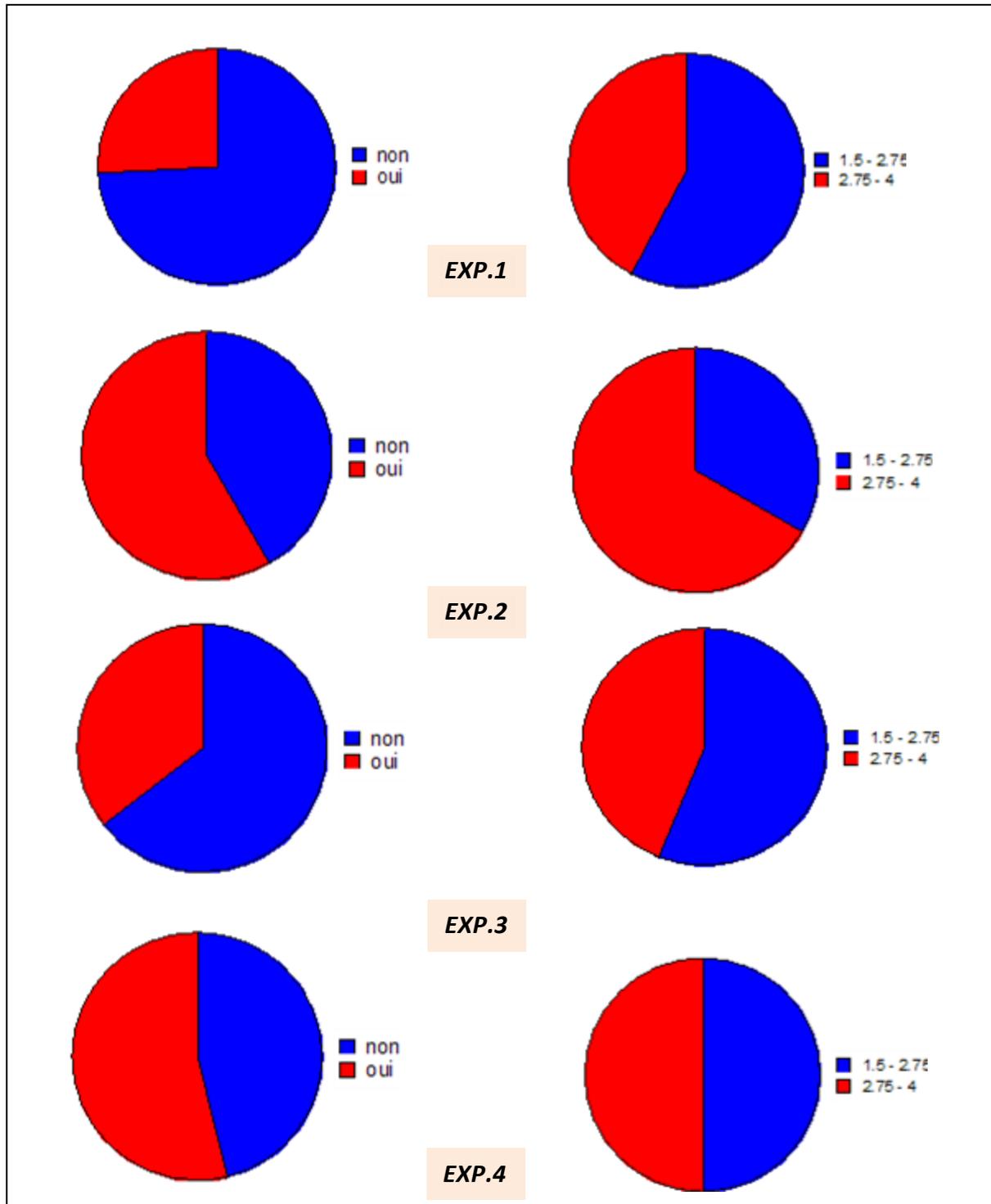


Figure 36 : diagrammes en secteur représentant le taux de la réussite de la 1^{ère} insémination (à gauche) et le pourcentage de NEC à la 1^{ère} insémination (à droite).

Plusieurs auteurs ont rapporté que les vaches ayant des NEC réduites dans les 45 jours post-partum et à la première IA ont une faible chance pour concevoir (Buckley *et al.*, 2003 ; Patton *et al.*, 2007 ; Roche *et al.*, 2007a, Van Straten *et al.*, 2009). Selon Lopez-Gatius *et al.* (2003), les femelles dont la note d'état est supérieure à 3,5 au vêlage ou à la première insémination présentent un IV-IF significativement réduit par rapport aux autres animaux au même stade.

Ainsi, Loeffler *et al.* (1999), ont confirmé que l'état corporel au premier service a été sensiblement lié au taux de conception, mais ceci n'est pas tout à fait confirmé par d'autres auteurs (O'Callaghan *et al.*, 2000 ; Tillard *et al.*, 2008). De même, Grimard *et al.*, (2005) ont observé plus de mortalité embryonnaire tardive chez les animaux en bon état corporel à l'IA. Selon Grubić *et al.* (2008), les vaches en 31 à 100 jours de lactation devraient avoir NEC de 2.50 à 3.25 avec un objectif de NEC de 2.75. D'ailleurs, dans notre étude, cette valeur de 2.75 est le seuil ($p < 0.05$) qui nous permet de voir l'impact de la NEC sur la réussite de l'insémination.

Discussion Générale

La région de Tizi-Ouzou, pourtant montagneuse et à faible sole fourrager (Kadi *et al.*, 2007a), est parmi les wilayas les plus productrices de lait en Algérie avec une production de 82 millions litres de lait en 2009. Selon la direction des services agricoles, le nombre de vaches laitières au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou est passé de 18700 en 1986 à 39 424 en 2009.

Les vaches de race montbéliarde semblent être mieux adaptées aux conditions d'élevages dans la région puisqu'elles réalisent les meilleures performances. Ceci explique la préférence des éleveurs pour cette race (représente 42% des effectifs).

La moyenne annuelle en UFL du concentré utilisé est de 2502 UFL/vache/an avec une part de ce concentré de 63.12 % dans l'apport énergétique total et de 70% dans l'apport protéique. Cette situation est causée notamment par la qualité moyenne des fourrages mais surtout par les faibles quantités consommées due généralement aux surfaces fourragères insuffisantes et à l'utilisation limitée de l'irrigation en particulier. Houmani (1999) a rapporté que, l'alimentation du bétail en Algérie se caractérise notamment par une offre insuffisante en ressources fourragères ce qui se traduit par un déficit fourrager estimé à 34%. Selon Kadi *et al.* (2007b), La production laitière dans la région de Tizi-Ouzou est réalisée à «coup de concentré». Le système le plus productif est celui où le concentré est utilisé d'une manière excessive.

Concernant la production laitière, la moyenne technique est de 12.78 ± 3.67 litres/vache/jour et de rendement moyen de 3969 litres/vache/an. Pour la même région d'étude et concernant la campagne agricole 2000/2001, Adem (2003) signale 13.52 litres. Le même auteur, rapporte dans le cadre du CIZ (centre d'information zootechnique) qui suit 88 exploitations avec 1995 vaches laitières sur l'ensemble du territoire national, une moyenne technique de 13.38 litres.

L'exploitation 2, qui réalise le meilleur rendement est celle où l'apport du concentré est de 2865 UFL/vache/an. L'exploitation 1 qui réalise le moins bon rendement, est celle où les UFL du concentré sont les plus faibles (1890 UFL/vache/an et un UFLc/ UFLt de 60.5%). Il est intéressant de noter que l'exploitation 3, malgré l'utilisation excessive de concentré (2924 UFL/vache/an) elle a enregistré un rendement inférieur à celui trouvé au niveau de l'exploitation 2. Cette dernière a pratiqué l'individualisation de distribution de concentré selon le stade de lactation et le niveau de production ce qui a donné le meilleur rendement en production laitière. Ce résultat nous laisse suggérer que ce n'est pas seulement l'augmentation de la quantité du concentré qui améliore le

rendement laitier mais plutôt la combinaison entre l'augmentation et le rationnement de ce concentré qui l'améliore.

Selon Coulon et Remond (1991), une augmentation du niveau d'alimentation énergétique des vaches laitières, très généralement réalisée par une distribution plus libérale d'aliment concentré, entraîne une augmentation de production laitière, qui suit la loi des rendements décroissants. Il a aussi été montré (Vérité et Peyraud., 1989) que la réponse de la production laitière aux apports alimentaires azotés suit également la loi des rendements décroissants.

La production laitière permise par la ration distribuée dans les exploitations suivies est très loin du potentiel génétique des vaches. Ce potentiel ne peut s'exprimer que dans des conditions optimales. Ainsi, la sélection génétique, si c'est un avantage pour la production, elle est en même temps un défi pour l'alimentation, la santé et la fertilité de la vache laitière (Lucy., 2001).

Une stratégie d'alimentation des vaches laitières doit avoir pour objectif d'optimiser l'efficacité de la répartition des nutriments absorbés (Friggens et Newbold., 2007). L'exploitation 2 a enregistré le meilleur bilan énergétique et protéique avec un moindre écart entre les vaches. Cette situation résulte d'une distribution du concentré selon la production et le stade physiologique de l'animal. Dans les restes des exploitations, la distribution de concentré ne se fait pas selon le niveau de production, ou du stade de lactation et même durant la période de tarissement, les vaches reçoivent la même quantité de concentré que pour les vaches en pleine production (les exploitations 3 et 4). Avec cette pratique, au début de lactation, et vu le niveau nutritif des fourrages distribués, les vaches se trouvent en sous-alimentation. Inversement, au tarissement, avec une distribution d'une quantité constante et élevée de concentré, les vaches se retrouvent en sur-alimentation. Or, ces deux phases représentent des périodes délicates en terme d'alimentation de la vache laitière (Enjalbert., 2003 ; Tillard *et al.*, 2003 ; Friggens *et al.*, 2004 ; Grummer *et al.*, 2004 ; Kuhn *et al.*, 2005).

Selon Enjalbert (2003), c'est à ce moment que surviennent la plupart des maladies métaboliques (acidose, cétose, hypocalcémie puerpérale), dues en grande partie à des erreurs de rationnement.

Dans notre étude, les performances de reproduction sont en deçà des normes. Les vaches sont mises à la reproduction dans un délai postpartum prolongé (108 jours), les performances de fertilité sont insuffisantes en 1^{ère} inséminations et les délais sont prolongés (52 jours) entre deux inséminations ou saillies. L'IVV est surtout influencé par le délai à la mise à la reproduction, qui laisse suggérer une reprise tardive de l'activité ovarienne, due à des déséquilibres en début de lactation, des métrites et des carences minérales exacerbées aussi

par des chaleurs silencieuses et par des insuffisance au niveau de la détection des chaleurs (Randel., 1990 ; Chevalier et Humblot., 1998).

L'âge moyen au premier vêlage est largement supérieur chez les génisses nées et élevées dans la région de Tizi-Ouzou par rapport à celles nées et élevée dans des pays européens. L'explication de ces performances réside probablement dans la faiblesse des apports alimentaires; les génisses n'atteignent les poids vifs appropriés pour la mise à la reproduction qu'à des âges avancés.

Dans notre cas on a constaté que les exploitations qui apportent plus de concentré dans leur ration ont les meilleures performances de reproduction (la réussite de la 1^{ère} insémination, un diagnostic de gestation positif, intervalle vêlage- 1^{ère} insémination, intervalle 1^{ère} insémination-insémination fécondante et intervalle vêlage-vêlage). Ces réussites sont accompagnées par une NEC moyenne à la 1^{ère} insémination supérieure à 2.75.

Le statut d'énergie est généralement considéré comme le facteur alimentaire principal qui influence des processus de reproduction (Boland et Lonergan., 2003).

La réussite de la reproduction dépend de différentes fonctions physiologiques fonctionnant de façon optimale et complémentaire. Une vache doit ovuler un ovocyte de bonne qualité, qui doit alors être fertilisé par un spermatozoïde aussi de bonne qualité (Webb *et al.*, 2004 ; Leroy *et al.*, 2008a, b). L'embryon résultant doit produire l'interferon-tau pour alerter de sa présence et pour éviter l'augmentation de sécrétion des prostaglandines (Rossi *et al.*, 2008), et l'environnement utérin doit être réceptif à l'implantation (Leroy *et al.*, 2008b, Roche., 2006). Tous ces facteurs peuvent être influencés par l'historique du bilan énergétique de la vache grâce à différents intermédiaires métaboliques, hormonaux et facteurs de croissance comme AGNE, BHB, urée, GH, insuline, la leptine, IGF I et IGFBP (Wathes *et al.*, 2007 ; Lucy., 2008).

La transition d'un état gestatif à un état de lactation est un énorme défi au métabolisme des vaches laitières. Une alimentation de transition inadéquate est l'élément présentant les estimations de risque les plus importantes dans l'élevage laitier (efsa., 2009). En effet, la gestion alimentaire optimale au cours de cette période demeure une étape importante pour la production et la reproduction. Dans notre étude, l'exploitation qui pratique un STEAMING-UP, trois semaines avant le vêlage, c'est celle qui a un meilleur rendement laitier et taux élevé de la réussite à la 1^{ère} insémination.

Dans la littérature, la distribution d'un concentré trois semaines avant la mise-bas (close-up of dry period) peut avoir des effets positifs sur la prise puerpérale d'alimentation en augmentant le pouvoir absorbant des AGV (acides gras volatiles) et l'adaptation des micro-organismes du rumen à un changement de l'alimentation autour du vêlage (Friggens *et al.*, 2004).

Sur le plan économique, l'allongement de l'IVV peut être pénalisant quand il n'est pas compensé par une production prolongée. Or, l'allongement des lactations peut être pertinent dans les systèmes dont la productivité laitière est élevée, supérieure à 8000 kg/vache/an (Disenhaus *et al.*, 2005). Cette condition est loin d'être satisfaite dans les fermes étudiées. Ainsi, Espinasse *et al.* (1997) ont cité que l'impact économique d'un allongement de l'intervalle entre vêlages de 12 mois à 14 mois est modéré dans le système laitier français !

Selon Disenhaus *et al.* (2005), les performances de reproduction ne sont jamais idéales mais il est possible de tendre vers les objectifs proposés au travers des pratiques d'éleveurs et d'élevage. L'exploitation **2** a enregistré les meilleures performances de reproduction même lorsqu'on la compare à l'exploitation **4** qui pratique la saillie naturelle. Tóth *et al.* (2006) ; Thatcher *et al.* (2006) ont rapporté que les performances de reproduction sont améliorées par la détection précoce et la synchronisation des chaleurs. Ces performances de reproduction enregistrées à l'exploitation **2** sont accompagnées avec un bon rendement laitier (4967,46 kg de lait/vache/an), ce qui permet en outre suggérer un effet de complémentarité entre différentes actions pratiquées dans l'exploitation. Ces pratiques sont une bonne conduite alimentaire à travers un rationnement, combinée à une gestion de reproduction. En effet, le propriétaire de cette exploitation est un vétérinaire disposant des compétences requises pour une gestion optimale d'une ferme bovine. Comme conséquence, 66.6% des vaches de cette exploitation ont une NEC supérieur à 2.75 au moment de la 1^{ère} insémination. L'association entre la gestion de troupeau, le rendement de lait, et les performances de reproduction d'un troupeau a été discutée dans beaucoup de rapports (Heuer *et al.*, 1999 ; Gröhn *et al.*, 2000 ; Rajala-Schultz *et al.*, 2003 ; Yàñiz *et al.*, 2008).

La note d'état d'une vache laitière permet de juger de son alimentation a posteriori, c'est la quantité de graisse que l'animal possède et qui résulte de ce que l'animal a digéré et utilisé (Bazin, 1984). La capacité d'estimer exactement l'état corporel de l'animal aiderait les éleveurs à augmenter l'efficacité globale de l'alimentation et de la gestion d'élevage (Alapati *et al.*, 2010). Par ailleurs, la NEC des premiers mois postpartum est un indicateur important pour plusieurs paramètres de reproduction (Van Straten *et al.*, 2009). Royal *et al.* (2002) ont évalué l'impact de la NEC sur la fertilité, et il est bien connue que les vaches avec une NEC faible au début de lactation ou celles ayant les plus grands changements de NEC pendant la lactation peuvent avoir des performances de reproduction altérées.

Dans notre étude les vaches qui ont une NEC supérieure à 2.75 sont celles qui ont un taux de réussite élevé ($P < 0.05$) comparées à celles qui ont une NEC inférieure à 2.75. Selon Ben Salem *et al.* (2006), le déficit alimentaire, principalement la carence en énergie due essentiellement à une mauvaise qualité des fourrages, associée à une complémentation insuffisante de la ration, entraîne le plus souvent un état corporel médiocre qui se répercute sur la manifestation des chaleurs et entraîne notamment plus de la moitié des échecs à l'insémination artificielle (Courtois., 2005 ; Roche., 2006).

Conclusion

Cette étude nous a permis de conclure que la conduite alimentaire des élevages laitiers telle qu'elle est pratiquée (l'insuffisance de l'offre fourragère, mauvaise utilisation des fourrages, et non maîtrise de la conduite alimentaire des vaches par une complémentation inadaptée à la physiologie des animaux) se traduit par une faible production laitière et un allongement de l'intervalle vêlage –vêlage.

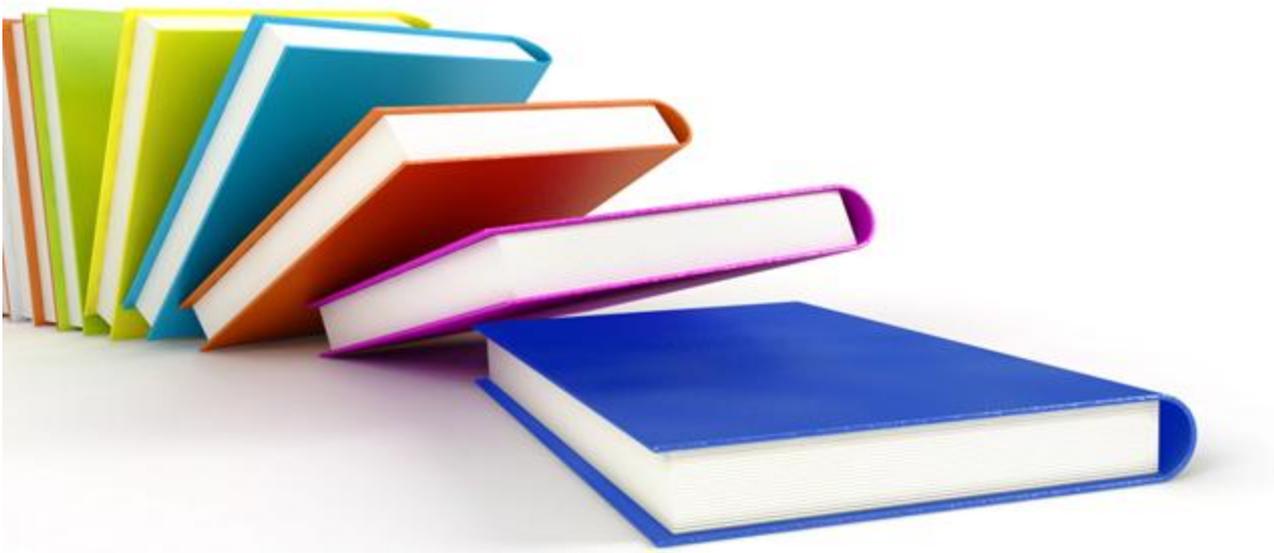
La plupart de l'énergie et des protéines de la ration distribuée dans les exploitations est apportée par le concentré (63.12% et 70% pour UFL et PDI respectivement). L'augmentation du nombre d'UFL de ce dernier lorsqu'elle est accompagnée d'une bonne valorisation par un rationnement améliore le rendement laitier, les performances de reproduction et diminue la perte de l'état corporel au post-partum.

L'effet des systèmes d'alimentation était significatif sur les paramètres de production et de reproduction. Le système qui compense l'insuffisance fourrager par une augmentation valorisée et rationnée de concentré a enregistré un meilleur rendement laitier (4967,46 kg/vache/an), une NEC à la 1^{ère} insémination élevée (2.91) et a amélioré les performances de reproduction (58.33 % et 385 jours pour le taux de réussite de la 1^{ère} IA et IV-V respectivement).

Ainsi, une faible NEC à la première insémination (<2.75) est liée à une proportion plus importante de l'échec de l'insémination, à la prolongation de la période de service et l'allongement de la durée de l'intervalle de vêlage. Une plus longue période de service cause la prolongation de la lactation. Avec les faibles performances de production enregistrées, les conséquences finales sont des pertes économiques.

Les résultats, du présent travail, nous orientent sur la nécessité de mettre en place un bon programme d'alimentation pour vaches laitières. Ce programme doit indiquer les aliments qui sont les plus appropriés, les quantités nécessaires ainsi que la manière et le moment de les servir. Ce qui a pour conséquence, une NEC acceptable au moment de l'insémination avec une meilleure production laitière et une amélioration des performances de reproduction.

Références *bibliographiques*



Références bibliographiques

A

1. Abe H , masuda Y, et Suzuki M, 2009. Relationships between reproductive traits of heifers and cows and yield traits for Holsteins in Japan. *J. Dairy Sci.* 92:4055–4062.
2. Adem, R., 2003. «Les exploitations laitières en Algérie: structure de fonctionnement et analyse des performances technico- économiques : cas des élevages suivis par le C.I.Z.», (2003),
http://www.gredaal.com/ddurable/agriclevage/obselevages/lait_vrouges/lait/tiziouzou2003rac_hid.pdf
3. Agabriel, J., Pomiès, D., Nozières, M.-O., Faverdin, P ., 2007. Principes de rationnement des ruminants. In : INRA, Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. Quae, Paris : 9- 22.
4. Al-Katanani YM, Webb DW, Hansen PJ, 1999. Factors affecting seasonal variation in 90 day non-return rate to first service in lactating Holstein cows in a hot climate.*J Dairy Sci* 1999; 82:2611-5.
5. Alapati A., Kapa S.R., Jeepalyam S., Raiigappa S.M.P., Yemireddy R., 2010. Development of the body condition score system in Murrah buffaloes: validation through ultrasonic assessment of body fat reserves. *J. Vet. Sci.* 11(1):1-8.
6. Armstrong D.G., McEvoy T.G., Baxter G., Robinson J.J., Hogg C.O., Woad K.J., Webb R., Sinclair K.D., 2001. Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production in vitro: associations with the ovarian insulin-like growth factor system, *Biol. Reprod.* 64 : 1624-1632.
7. Annen, E.L., Collier, R.J., McGuire, M.A. et Vicini, J.L., 2004. "Effects of dry period lengthon milk yield and mammary epithelial cells." *J Dairy Sci.* V.87,E suppl: E66-76.
8. Araba, A., 2006. «Conduite alimentaire de la vache laitière» *Transfert de technologie en agriculture*, n° 136, p5.
9. Arbouche F., Arbouche Y., Arbouche R., Arbouche H.S., 2009. Effets du stade phénologique des prairies permanentes forestières du Nord Est Algérien sur leur production et leur valeur nutritive. *Livestock Research for Rural Development* 21 (7) 2009
<http://www.lrrd.org/lrrd21/7/arbo21115.htm>

B

10. Baldi A., 2005. Vitamin E in dairy cows. *Live Produ Sci* (98): 117– 122.
11. Bamber R.L, Shook G.E , Wiltbank M.C , Santos J.E.P, et Fricke P.M., 2009. Genetic parameters for anovulation and pregnancy loss in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 92 :5739–5753.
12. Barbat. A, Druet. T, Bonaiti. B, Guillaume. F, Colleau. J.J, Boichard. D, 2005. Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. *Renc. Rech. Ruminants*, 12: 137-140.
13. Barnes M.A., Pearson R.E., Lukes-Wilson A.J., 1990. Effects of milking frequency and selection for milk yield on productive efficiency of Holstein cows. *J Dairy Sci* 1990;73:1603– 11.
14. Barnouin J., Chacornac J.p., 1992. A nutrit ional risk factor for early metritis in dairy farms in France. *Prev. Vet. Med.*,1992, 13, 27-37.
15. Baumont R., Champciaux P., Agabriel J., Andrieu J., Aufrère J., Michalet-Doreau B. et Demarquilly C, 1999. Une démarche intégrée pour prévoir la valeur des aliments pour les ruminants : PrévAlim pour INRAtion. » *INRA Prod. Anim.*, V.12 :183-194.

16. Bazin S., 1984. Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches pies-noires. ITEBRNED.1984, Paris (France). 31 p.
17. Bazin S., 1989. Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches montbéliardes. ITEBRNED.1989, Paris (France). 27 p.
18. Beam, S.W., W.R. Butler. 1998. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. *J Dairy Sci* 81:121-131.
19. Bech-Sabat. G, Lòpez-Gatius. F, Yàñiz. J.L, Garcìa-Ispíerto. I, Santolaria . P, Serrano. B, Sulon. J, de Sousa. N.M, Beckers. J.F, 2008. Factors affecting plasma progesterone in the early fetal period in high producing dairy cows. *Theriogenology* 69: 426–432.
20. Beever, D. E., 2006. The impact of controlled nutrition during the dry period on dairy cow health, fertility and performance. *Anim. Reprod. Sci.* 96:212–226.
21. Bell, A.W., Burhans, W.S. & Overton, T.R., 2000. Protein nutrition in late pregnancy, maternal protein reserves and lactation performance in dairy cows. *Proc. Nutr. Soc.* 59: 119-126.
22. Ben Salem M, Djemali M, Kayouli C and Majdoub A 2006., A review of environmental and management factors affecting the reproductive performance of Holstein-Friesian dairy herds in Tunisia . *Livestock Research for Rural Development* 18 (4).
<http://www.lrrd.org/lrrd18/4/sale18053.htm>
23. Berglund. B, 2008. Genetic Improvement of Dairy Cow Reproductive Performance. *Reprod Dom Anim* 43 (Suppl. 2): 89–95.
24. Berry, D. P., J. M. Lee, K. A. Macdonald, and J. R. Roche. 2007. Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on post-calving performance. *J. Dairy Sci.* 90:4201–4211.
25. Blum J. W., Bruckmaier R. M., Et Jans F., 1999. Rumen-Protected Methionine Fed to Dairy Cows: Bioavailability and Effects on Plasma Amino Acid Pattern and Plasma Metabolite and Insulin Concentrations. *J Dairy Sci* 82:1991–1998.
26. Boettcher. P, 2005. Breeding for Improvement of Functional Traits in Dairy Cattle, I *Al..J.Anim.Sci.* VOL. 4 (SUPPL.3): 7-16.
27. Boland M.P., Lonergan, P., O'Callaghan, D., 2001. Effect of nutrition on endocrine parameters, ovarian physiology, and oocyte and embryo development. *Theriogenology* 1 (55): 1323–1340.
28. Boland M.P et Lonergan P, 2003. Effects of Nutrition on Fertility in Dairy Cows. *Advances in Dairy Technology* ; Vol 15: 19-32.
29. Botts R.L., Hemken R.W., Bull L.S., 1979. Protein reserves in the lactating dairy cow. *J Dairy Sci* 62: 433–440.
30. Boudon A., Faverdin P., Delagarde R., Lambertson P., et Peyraud J. L., 2007. Effects of Rumen or Duodenal Glucose Infusions on Intake in Dairy Cows Fed Fresh Perennial Ryegrass Indoors. *J. Dairy Sci.* 90:4397–4410.
31. Bousquet D, Bouchard E et Du Tremblay D, 2004. Decreasing Fertility in Dairy Cows: Myth or Reality? Proceedings of the WBC Congress, Québec, Canada, 2004.
32. Bouzebda. Afri .F., Bouzebda. Z., Guellati. M. A., 2003. Etude de la qualité laitière de la population bovine locale dans la région d'El-Tarf (Nord- Est algérien). *Renc. Rech. Ruminants* (10), 238.
33. Britt, J.H., 1991. Impacts of early postpartum metabolism on follicular development and fertility. Page 39 *In: Proc. 24th Annual Convention Amer. Assoc. of Bovine Practitioners, Orlando, FL.*
34. Brisson J., Lefebvre D., Gosselin B., Petit H., Et Evans E., 2003. Nutrition, alimentation et reproduction. Symposium sur les bovins laitiers. CRAAQ – 2003. 66p.
35. Broster WH et Broster VJ, 1998. Body score of dairy cows. *J. Dairy Res.* 65, 155-173.
36. Bryant J, LÓpez-Villalobos N, Holmes C, Pryce J, 2005. Simulation modelling of dairy cattle performance based on knowledge of genotype, environment and genotype by environment interactions: current status (Review). *Agricultural Systems* 86 (2005) 121–143.

37. Buch. L. H. Sørensen. C. Lassen. J. Berg. p. Christensen L. G et Sørensen. M. K, 2009. Factors affecting the exchange of genetic material between nordic and US Holstein populations. *Journal of Dairy Science* Vol. 92 No. 8.
38. Buckley F., Sullivan K.O., Mee J.F., Evans R.D., Dillon P., 2003. Relationships among milk yield, body condition, cow weight and reproduction in spring calved Holstein Friesians. *J Dairy Sci* 2003, 86, 2308-2319.
39. Butler, W.R.,R. et R.D. Smith, 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci* 72:767.
40. Butler, W.R., J.J. Calamanet S.W. Beam, 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 74:858-865.
41. Butler W.R., 1998. Symposium: optimizing protein nutrition for reproduction and lactation. *J Dairy Sci* 81:2533–2539.
42. Butler, W.R., 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Repro Sci* 60-61:449-457.
43. Butler. W.R., 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Prod Sci.* 83., 211–218.
44. Butler. W.R., 2005. Relationships of Negative Energy Balance with Fertility. *Advances in Dairy Technology.*, V (17):35-46.

C

45. Calus. M. P. L, Windig. J. J, and Veerkamp. R. F, 2005. Associations among Descriptors of Herd Management and Phenotypic and Genetic Levels of Health and Fertility. *J. Dairy Sci.* 88:2178–2189.
46. Caraviello, D.Z., 2005. Development and evaluation of models for predicting reproductive performance in large commercial dairy herds. Ph.D. Dissertation, University of Wisconsin, Madison, USA.
47. Cauty I et Perreau J.M., 2003. La conduite de troupeau laitier. Edition France Agricole. Paris. 228p.
48. Cavestany C, C.Viñoles, M.A. Crowe, A. La Manne, A. Mendoza, 2009. Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-based dairy system. *Anim reprod Sci* 114: 1-13.
49. Chagas, L. M., J. J. Bass, D. Blache, C. R. Burke, J. K. Kay, D. R. Lindsay, M. C. Lucy, G. B. Martin, S. Meier, F. M. Rhodes, J. R. Roche, W. W. Thatcher, and R. Webb. 2007. Invited review: New perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90:4022–4032.
50. Chebel R.C, Santos.J.E.P, Cerri R.L.A, Galvao K.N, Juchem S.O, et Overton M, 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in dairy cows. *Anim Reprod. Sci*, 84: 239-255.
51. Chesworth J., 1996. L'alimentation des ruminants. Edition Maison neuve et Larousse. 263p.
52. Chevalier A, Humblot P, 1998. Evolution des taux de non-retour apres inskmination artificielle : effet du contriile du dlai de mise ii 1; reproduction sur les resultats de fertilité *Renc. Rech. Ruminants*, 5: 75 -77.
53. Chilliard Y., Remond B., Agabriel J., Robelin J., Verite R., 1987. Variations du contenu digestif et des réserves corporelles au cours du cycle gestation-lactation. *Bull Tech CRZV Theix INRA*, 1987, 70: p. 117-131.
54. Collas L., 2008. La ration sèche chez la vache laitière : étude de son impact sur la production laitière et la reproduction. Thèse doctorat. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon.120p.

55. Coulon, J. B. et Rémond, B., 1991. Réponse de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. *INRA, Prod. Anim.*, Vol, 4 :49-56.
 56. Courtois V 2005., Etude des facteurs de risque de l'infertilité des élevages bovins laitiers de l'île de la Réunion : élaboration d'un guide. Thèse de Médecine Vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse. http://oatao.univ-toulouse.fr/1150/1/debouch_1150.pdf
 57. Craplet C., Thibier M., Duplan J.M., 1973. La vache laitière. Edition Vigot frère. Paris. 726p.
 58. Crowe M.A., 2008. Resumption of Ovarian Cyclicity in Post-partum Beef and Dairy Cows. *Reprod Dom Anim* 43 (Suppl. 5):20–28.
 59. Cutullic E, Delaby L, Causeur D, Disenhaus C, 2006. Facteurs de variation de la détection des chaleurs chez la vache laitière conduite en vêlages groupés. *Renc. Rech. Ruminants*, 2006, 13 (269-272).
 60. Cutullic E, Delaby L, Causeur D, Michel G, Disenhaus C, 2009. Hierarchy affecting behavioral signs used for estrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal system. *Anim reprodu sci.* 113 (2009) 22-37.
- D**
61. Darej C., Moujahed N et Kayouli C., 2010. Effets des systèmes d'alimentation sur les performances des bovins dans les fermes laitières du secteur organisé dans le nord de la Tunisie: 2. Effets sur la reproduction. *Livestock Research for Rural Development* 22 (5) 2010.
 62. De Behr V., Hornick J –L., Cabaraux J –F., Dufmsne I., Istasse L., 2001. Analyse de facteurs influençant l'âge au premier vêlage et l'intervalle premier-deuxième vêlage de vaches Blanc-Bleu Belge en fermes commerciales. *Renc. Rech. Ruminants*, 2001, 13 (269-272).
 63. De Feu M. A., Evans A. C. O., Lonergan P., et Butler S. T., 2009. the effect of dry period duration and dietary energy density on milk production, bioenergetic status, and postpartum ovarian function in Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92 :6011–6022.
 64. De Vries, M.J., R.F. Veerkamp. 2000. Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variable and fertility. *J Dairy Sci* 83:62-69.
 65. De Vries, A., et C. A. Risco. 2005. Trends and seasonality of reproductive performance in Florida and Georgia dairy herds from 1976 to 2002. *J. Dairy Sci.* 88:3155–3165.
 66. De Vries. A, 2006. Economic value of pregnancy in dairy cattle. *J Dairy Sci* 89, 3876–3885.
 67. De Wit A.A.C., Cesar M.L.F., Krup T.A.M., 2001. Effect of urea during in vitro maturation on nuclear maturation and embryo development of bovine cumulus-oocyte-complexes. *J Dairy Sci* ;84: 1800–1804.
 68. Dechow C. D, Rogers GW, Sander-Nielsen U, Klei L, Lawlor TJ, Clay JS, Freeman AE, Abdel-Azim G, Kuck A, et Schnell S, 2004. Correlations Among Body Condition Scores from Various Sources, Dairy Form, and Cow Health from the United States and Denmark. *J. Dairy Sci.* 87:3526–3533.
 69. Delaby, L., P. Faverdin, G. Michel, C. Disenhaus, and J. L. Peyraud. 2009. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal* 3:891–905.
 70. Demarquilly, P. Faverdin, Y. Geay, R. Vérité, M. Vermorel, 1996. Bases rationnelles de l'alimentation des ruminants. *INRA Prod. Anim.* Hors série 1996, 71-80.
 71. Disenhaus C, 2004. Mise à la reproduction chez la vache laitière : actualités sur la cyclicité post-partum et l'oestrus - 2ème Journée d'Actualités en Reproduction des Ruminants, ENVA, Septembre 2004 : 55-64
 72. Disenhaus C, Grimard B, Trou G, Delaby L, 2005. De la vache au système : s'adapter aux différents objectifs de reproduction en élevage laitier ?. *Renc. Rech. Ruminants*, 2005, 12. 125-136.

73. Diskin, M. G., D. R. Mackey, J. F. Roche, and J. M. Sreenan. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicular development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 78:345–370.
74. Diskin MG, Murphy JJ, Sreenan JM, 2006. Embryo survival in dairy cows managed under pastoral conditions. *Anim Reprod Sci* 96, 297–311.
75. Dobson. H, Smith. R.F, Royal. M.D, Knight. C.H et Sheldon. I.M, 2007. The High producing Dairy Cow and its Reproductive Performance. *Reprod Dom Anim* 42 (Suppl.2), 17–23.
76. Domezq. JJ, Skidmore. AL, Lloyd. JW, Kaneene JB, 1997a. Relationship between body condition scores and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows - *J Dairy Sci*; 80 : 101-112.
77. Domezq. JJ, Skidmore. AL, Lloyd. JW, Kaneene. JB, 1997b. Relationship between body condition scores and conception at first artificial insemination in a large dairy herd of high yielding Holstein cows - *J Dairy Sci* ; 80 : 113-120.
78. Dormont. D, Andre. F, Aumaitre. L-A, Bontoux. J, Bories. G, Bougon. M, Buffereau. J P, Cahagnier. B, Chartier. C, Delort-Laval. J, Dronne.Y, Fischler. C, Fromageot. D, Griess. D, Guillot. J-F, Keck. G, Le Bars. J, Michard. J, Sauvart. D , Savey. M, Soyeux. Y, 2000. Rapport du groupe de travail « alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments » AFSSA, p.181.
79. Drame E.D., Hanzen C., Houtain J.Y., Laurent Y., Fall A., 1999. Profil de l'état corporel au cours du post-partum chez la vache laitière. *Ann. Med. Vét.*, 1999, 143: p. 265-270.
80. Drackley J.K., 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J Dairy Sci* 1999, 82, 2259-2273.
81. Dransfield M.B.G., Nebel R.L., Pearson R.E. Et Warnick L.D., 1998. Timing of Insemination for Dairy Cows Identified in Estrus by Radiotelemetric Estrus Detection System. *J. Dairy Sci.*, 81: 1874-1882.
82. Drogoul, C., Gadoud, R., Joseph, M.M., Jussiau, R., Lisberney, M.j., Mangeol, B. et Montméas L., Tarrit A., 2004. "Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. » Educagri édition . (2004). T1: 270p; T2:313p.
83. Dunn T. G et Moss G. E., 1992. Effects of Nutrient Deficiencies and Excesses on Reproductive Efficiency of Livestock. *J Anim Sci* 70:1580-1593.

E

84. Edmonson A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T., Webster G., 1989. A body condition scoring chart for holstein dairy cows. *J Dairy Sci*, 72: 68-78.
85. Efsa., 2009. Avis scientifique concernant le bien-être des vaches laitières par rapport aux troubles métaboliques et aux troubles de la reproduction basé sur une évaluation du risque avec référence particulière à l'impact des stabulations, de l'alimentation, de la prise en charge et de la sélection génétique Avis du Groupe scientifique sur la santé animale et le bien-être des animaux. Question N° EFSA-Q-2008-339, 3p.
86. Enjalbert F., 1995. Conseil alimentaire et maladies métaboliques en élevage. *Point Vét*, 1995, 27 (N° spécial maladies métaboliques): 33-38.
87. Enjalbert, F. 2003. ALIMENTATION DE LA VACHE LAITIÈRE : Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage. *Point Vét / N° 23* :40-44.
88. Enjalbert, F. 2005. Carences en oligo-éléments ou en vitamines. *Point Vet.*, numero spécial « Reproduction des ruminants, maîtrise des cycles et pathologies » : 106-110.
89. Espinasse R., Le Lan B., Deparcy L., 1997. Conséquences économiques de différents intervalles entre vêlages chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 4: 159.
90. Essalhi M., 2002. Relation entre les systèmes de productions bovines et les caractéristiques du lait. Mémoire d'ingénieur, IA V Hassan II, Rabat. 234p.

F

91. Faust MA, McDaniel AB, Robinson OW, Britt JH, 1988. Environmental and yield effects on reproduction in primiparous Holsteins. *J Dairy Sci* 1988; 71:3092.
92. Faverdin, P., 1992. « Alimentation des vaches laitières: comparaison des différentes méthodes de prédiction des quantités ingérées. » *INRA Prod. Anim.*, V.5, (1992), 271-282.
93. Faverdin P., M'hamed D., Rico-Gómez M., Vérité R, 2003. La nutrition azotée influence l'ingestion chez la vache laitière. *INRA Prod. Anim.*, 2003, 16 (1): 27-37.
94. Faverdin P., Delagarde R., Delaby R., Meschy F., 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins: besoins des animaux, valeurs des aliments. Edition Quae. Paris. 307p.
95. Ferguson, J. D., et W. Chalupa. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:746.
96. Ferguson, J.D., 2002. Protein and fertility. Proc. Zinpro Corp. Texas Dairy Seminar.23p.
97. Ferrah, A, 2007. « Le programme national de réhabilitation de la production laitière : Objectifs visés, contenu, dispositif de mise en œuvre et impacts obtenus. », (2007), <http://www.gredaal.com/ddurable/agriculture/obselevages/publications/autres/Elevage-Algerie-2005.pdf>
98. Freret S., Charbonnier G., Congnard V., Jeanguyot N., Dubois P., Levert J., et al., 2005. Expression et détection des chaleurs, reprise de la cyclicité et perte d'état corporel après vêlage en élevage laitier. *Renc. Rech. Ruminants*, 2005, 12: p. 149- 152.
99. Fricke P.M., 2002. Measuring reproductive levels, Dairy, 2002 Jan-Feb; 30-33.
100. Fricke P.M., 1999. Management Strategies for Improving Reproductive Efficiency in Lactating Dairy Cows, *Advances in Dairy Technology* 11:107-120.
101. Friggens, N., C., Andersen, J., B., Larsen, T., Aaes, O. and Dewhurst, R., J., 2004. "Priming the dairy cow for lactation: a review of dry cow feeding strategies." *Animal Research* , Vol 53: 453 – 473.
102. Friggens, N. C. et Newbold, J. R., 2007. Towards a biological basis for predicting nutrient partitioning: the dairy cow as an example", *Animal*, 1: 87-97.
103. Friggens N.C, Labouriau R, 2010. Probability of pregnancy as affected by oestrus number and days to first oestrus in dairy cows of three breeds and parities. *Anim Reprod Sci* 118: 155–162.

G

104. Gabor G, Toth F, Ozsvári L , Abonyi-Toth Zs et Sasser RG, 2008. Factors Influencing Pregnancy Rate and Late Embryonic Loss in Dairy Cattle. *Reprod Dom Anim* 43: 53–58.
105. Garcia-Ispuerto. I, F. Lopez-Gatius , P. Santolaria c, J.L. Ya níz c, C. Nogareda , M. Lopez-Bejar, 2007. Factors affecting the fertility of high producing dairy herds in northeastern Spain. *Theriogenology* 67:632–638.
106. Garnsworthy, P. C. 2006. Body condition score in dairy cows: Targets for production and fertility. Pages 61–86 in Recent Advances in Animal Nutrition. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
107. Gerloff B.J., 1987. Body condition scoring in dairy cattle. *Agri-practice*, 1987, 8 (7): p. 31-36.
108. Ghoulane F., Yakhlef H., Yaici S., 2003. Performances de reproduction et de production laitière des bovins laitiers en Algérie. *Annales de l'institut agronomique-El-HARRACH- Vol. 24, N° 1 et 2 : 55- 68.*

109. Giger-Reverdin, S., Aufrère, J., Sauvant, D., Demarquilly, C., Vermorel, M. et Pochet, S., 1990. Prédiction de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants. *INRA, Prod. Anim.*, V.3(3):181-188.
110. Gilbert RO., Shin ST., Guard CL., Erb HN., Frajblat M., 2005. Prevalence of endometritis and its effects on reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*, 64:1879-1888.
111. Gillund, P., O. Reksen, Y. Grohn, and K. Karlberg. 2001. Body condition related to ketosis and reproductive performance in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1390–1396.
112. Godden, S.M., K.D. Lissemore, D.F. Kelton, K.E. Leslie, J.S. Walton, J.H. Lumsden. 2001. Relationships between milk urea concentration and nutritional management, production and economic variables in Ontario dairy herds. *J. Dairy Sci.* 84: 1128-1139.
113. Grimard B. et Disenhaus C., 2005. Les anomalies de reprise de cyclicité après vêlage. *Le Point. Point Vet.* 36 ; 16-21.
114. Grimard B., Freret S., Chevallier A., Pinto A., Ponsart C., Humblot P., 2006. Genetic and environmental factors influencing first service conception rate and late embryonic/foetal mortality in low fertility dairy herds. *Anim Reprod Sci* 91, 31–44.
115. Gröhn, Y.T., Rajala-Schultz, P.J., 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61: 605–614.
116. Grubić G., Novaković Ž., Aleksić S., Sretenović Lj., Pantelić V., Ostojić-Andrić D., 2009. Evaluation of the body condition of high yielding cows. *Biotechnology in Animal Husbandry* 25 (1-2):81-91.
117. Grummer, R.R., Mashek, D.G., Hayirli, A. 2004. Dry matter intake and energy balance in the transition period. – The Veterinary Clinics of North America: *Food Animal Practice*, 20: 447–470.
118. Grummer, R.R., 2008. Nutritional and management strategies for the prevention of fatty liver in dairy cattle. *The Veterinary Journal*; 176 : 10–20.

H

119. Hady P.J., Domecq J.J., Kaneene J.B., 1994. Frequency and precision of body condition scoring. *J Dairy Sci*, 1994, 77: 1543-1547.
120. Hammon H. M., Stürmer G., Schneider F., Tuchscherer A., Blum H., Engelhardt T., Genzel A., Staufenbiel R., et Kanitz W., 2009. Performance and metabolic and endocrine changes with emphasis on glucose metabolism in high-yielding dairy cows with high and low fat content in liver after calving. *J. Dairy Sci.* 92:1554-1566.
121. Hansen, L. B. 2000. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. *J. Dairy Sci.* 83:1145–1150.
122. Hanzen Ch., Houtain J.Y., Laurent Y., Ectors F, 1996. Influence des facteurs individuels et de troupeau sur les performances de reproduction bovine. *Ann.Méd.Vét.*,140 :195-210.
123. Hanzen Ch., 2005. l'infertilité bovine : approche individuelle ou de troupeau ? / Reproduction des ruminants : maîtrise des cycles et pathologie. *Point Vét.* 84: 88.
124. Heerche J.R., Nebel R.L., 1994. Measuring efficiency and accuracy of detection of estrus. *J. Dairy Sci.* 77: 2754-2761.
125. Heuer, C., Y. Schukken, and P. Dobbelaar. 1999. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield and culling in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 82:295–304.
126. Hof G., M.D. Vervoorn P.J. Lenaers S. Tamminga., 1997. Milk Urea Nitrogen as a Tool to Monitor the Protein Nutrition of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 80: 3333-3340.

127. Holter J.B., Slotnick M.J., Hayes H.H., et al, 1990. Effects of pre-partum dietary energy on condition score, post-partum energy, nitrogen partitions, and lactation production responses. *J. Dairy Sci.* 73:3502-3511.
128. Horan B., Dillon P., Berry D.P., O'Connor P., Rathb M., 2005. The effect of strain of Holstein-Friesian, feeding system and parity on lactation curves characteristics of spring-calving dairy cows. *Livestock Produ Sci* 95 :231-241.
129. Houmani, M., 1999. « Situation alimentaire du bétail en Algérie. » *Rcherche Agronomique INRAA*,4 : 35-45.
130. Howard, H.J., E.P. Aalseth, G.D. Adams, L.J. Bush, R.W. McNew et L.J. Dawson, 1987. Influence of dietary protein on reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 70:1563- 1571.
131. Hurley, W.L., R.M. Doane. 1989. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J Dairy Sci.*, 72:784-804.

I

132. Ingvarsten, K.L., Aaes, O., Andersen, J.B., 2001. Effects of pattern of concentrate allocation in the dry period and early lactation on feed intake and lactational performance in dairy cows. *Livestock Produ Sci* 71:207-221.
133. Interbull. 2005. Description of National Genetic Evaluation Systems for dairy cattle traits as applied in different Interbull member countries. http://www.interbull.slu.se/national_ges_info2/framesida-ges.htm. Accessed June 21, 2005.
134. Institut Technique des Elevages Bovins., 1989. Pratique de l'alimentation des bovins. Alger. Edition ITEB. 186p.

J

135. Jarrige R., 1978. «Introduction. » In : R. Jarrige (ed), Alimentation des ruminants, (1978) :11-21. INRA, Paris.
136. Jarrige R., 1988. INRA «Alimentation des bovins, ovins, caprins». éd. INRA, Paris, (1988),476p.
137. Jones GM., Wildman E., Troutt J.R., Hf, et al.,1982. Metabolic profiles in Virginia dairy herds of different milk yield. *J. Dairy Sci.*,65: 683-688.
138. Jones,H. E., I.M.S.White., et S. Brotherstone., 1999. Genetic evaluation of Holstein Friesian sires for daughter condition score changes using a random regression model. *Anim. Sci.* 68:467-476.
139. Jonker, J. S., Kohn, R. A et High J., 2002. Use of milk urea nitrogen to improve dairy cows diets. *J. Dairy Sci.* Vol.85: 939-946.
140. Jorritsma R., Jorritsma H., Schukken Y.H., Wentink G.H., 2000. Relationships between fatty liver and fertility and some periparturient diseases in commercial Dutch dairy herds. *Theriogenology* 54:1065-74.
141. Jorritsma, R., T. Wensing, T. A. M. Kruip, P. L. A. M. Vos, et J. P. T. M. Noordhuizen. 2003. Metabolic changes in early lactation and impaired reproductive performance in dairy cows. *Vet. Res.* 34:11-26.

K

142. Kadi S. A., 2007. Alimentation de la vache laitière : étude dans quelques élevages d'Algérie. Mémoire de magistère. Université de Blida. 129p.
143. Kadi S. A., Djellal F., Berchiche M., 2007a. Caractérisation de la conduite alimentaire des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*. (19), 51.
144. Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M, 2007b. Les systèmes alimentaires des vaches laitières dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Renc. Rech. Ruminants*, 14: 426.
145. Katri Ling, Hanno Jaakson, Jaak Samarütel, Andres Leesmäe, 2003. Metabolic status and body condition score of Estonian Holstein cows and their relation to some fertility parameters. *veterinarija ir zootechnika*. t. 24 (46): 94-100.
146. Kennedy E., O'Donovan M., O'Mara F. P., Murphy J. P., et Delaby L., 2007. The Effect of Early-Lactation Feeding Strategy on the Lactation Performance of Spring-Calving Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90:3060–3070.
147. Kerbrat S., Disenhaus C., 2004. A proposition for an updated behavioural characterisation of the oestrus period in dairy cows. – *Applied Animal Behaviour Science* 87: 223-238.
148. Knapp E., Chapaux P., Istasse L., Dufrasne I., Touati K., 2008. Méthodologie d'analyse, par indicateurs clefs et arbres décisionnels, de problèmes de reproduction liés à des facteurs environnementaux dans les troupeaux bovins en Wallonie. *Renc. Rech. Ruminants*, 15: 379-382.
149. Koller, A., Reist, M., Blum, J.W., et Kqpf, U., 2003. Time empty and ketone body status in the early postpartum period of dairy cows. *Reprod. Domest. Anim.* 38 :41– 49.
150. Konigsson K., Savoini G., Govoni N., Invernizzi G., Prandi A., Kindahl H., Veronesi M.C., 2008. Energy balance, leptin, NEFA and IGF-I plasma concentrations and resumption of postpartum ovarian activity in Swedish red and white breed cows. *Acta Vet Scand* ; 50:1–7.
151. Kruip TAM, Morice H, Robert M, Ouweltjes W, 2002. Robotic milking its effect on fertility and cell counts. *J Dairy Sci* ;85:2576–2581.
152. Kuhn M.T., Hutchison J.L. and Norman H.D, 2005. Minimum days dry to maximize milk yield in subsequent lactation. *Anim. Res.* Vol. 54:351–367.

L

153. Larson, S. F., Butler, W. R., Currie, W. B. 1997. Reduced Fertility Associated With Low Progesterone Postbreeding and Increased Milk Urea Nitrogen in Lactating Cows. *J. Dairy Sci.*, 80, 1288-1295.
154. Laumonier G., 2006. L'alimentation de la vache laitière au tarissement : tarissement, période sèche et préparation au vêlage. *Point Vété* ; N° 267 : 46-51.
155. Law R.A., Young F.J., Patterson D.C., Kilpatrick D.J., Wylie G, et Mayne C.S., 2009. Effect of dietary protein content on the fertility of dairy cows during early and mid-lactation. *J. Dairy Sci.* 92 : 2737–2746.
156. Leblanc SJ, Herdt TH, Seymour WM, Duffield TF, Leslie KE., 2004. Prepartum serum vitamin E, retinol and beta carotene in dairy cattle and their associations with disease. *J. Dairy Sci.*, 87: 609-619.
157. Le Blanc SJ, 2005. Overall Reproductive Performance of Canadian Dairy Cows: Challenges We Are Facing Advances in Dairy Technology 17: 137-148.
158. Le Mezec. P, Barbat. A, Duclos. D, 2005. Fertilité des vaches laitières : la situation dans 4 coopératives d'insémination de l'Ouest., *Renc. Rech. Ruminants*, 2005, 1 (157).

159. Ledoux. D, Touze J.L, Laigre. P, Grimard. B, 2007. Anomalies de reprise de cyclicité post partum chez la vache laitière Prim'Holstein : facteurs de risque et relation avec les structures ovariennes vues par échographie. *Renc. Rech. Ruminants*, 14: 374.
160. Leroy JLMR, Vanholder T, Delange JR, Opsomer G, Van Soom A, Bols PEJ, Dewulf J, de Kruif A, 2004. Metabolic changes in follicular fluid of the dominant follicle in high yielding dairy cows early post-partum. *Theriogenology* 62, 1131–1143.
161. Leroy J.L.M.R., Opsomer G., De Vlieghe S., Vanholder T., Goossens L., Geldhof A., Bols PEJ, De Kruif A, Van Soom A. Comparison of embryo quality in high-yielding dairy cows, in dairy heifers and in beef cows. *Theriogenology*; 64:2022-36.
162. Leroy J.L.M.R., Vanholder T., Opsomer G., Van Soom A & de Kruif A., 2006. The in vitro development of bovine oocytes after maturation in glucose and beta-hydroxybutyrate concentrations associated with negative energy balance in dairy cows. *Reproduction in Domestic Animals* 41: 119–123.
163. Leroy J.L.M.R. Vanholder T, Van Knegsel ATM, Garcia-Ispierito I et Bols V, 2008c. Nutrient Prioritization in Dairy Cows Early Postpartum: Mismatch Between Metabolism and Fertility? *Reprod Dom Anim* 43 (Suppl. 2): 96–103.
164. Leroy, J.L.M.R., Van Soom, A., Opsomer, G., Bols, R.E.J., 2008a. The consequences of metabolic changes in high-yielding dairy cows on oocyte and embryo quality. *Animal* 2: 1120–1127.
165. Leroy J.L.M.R., Van Soom A., Opsomer G., Goovaerts I.G.F et Bols P.E.J., 2008b. Reduced Fertility in High-yielding Dairy Cows: Are the Oocyte and Embryo in Danger? Part II (Mechanisms Linking Nutrition and Reduced Oocyte and Embryo Quality in High-yielding Dairy Cows). *Reprod Dom Anim*; 43: 623–632.
166. Loeffler HS, De Vries MJ, Schukken YH, De Zeeuw AC, Dijkhuizen AA, De Graaf FM, et al, 1999. Use of AI technician scores for body condition, uterine tone and uterine discharge in a model with disease and milk production parameters to predict pregnancy risk at first AI in Holstein dairy cows. *Theriogenology*. 51:1267–84.
167. López-Gatius F, 2003. Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in northeastern Spain. *Theriogenology* ;60:89-99.
168. López-Gatius., F., J. Yániz., et D. Madriles-Helm., 2003. Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: A meta-analysis. *Theriogenology* 59:801–812.
169. López-Gatius, F., Santolaria, P., Mundet, I., Yániz, J.L., 2005. Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology* 63: 1419–1429.
170. Lozano J.M., Lonergan P., Boland M.P., O'Callaghan D., 2003. Influence of nutrition on the effectiveness of superovulation programmes in ewes: effect on oocyte quality and post-fertilization development. *Reproduction* 125: 543–553.
171. Lucy, M.C., W. W. Thatcher, et C. R. Staples, 1992. Postpartum function: nutritional and physiological interactions. Pages 135–145 in Large Dairy Herd Management. H. H. Van Horn and C. J. Wilcox, ed. ADSA, Champaign, IL.
172. Lucy M.C., 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J Dairy Sci* ;84:1277-1293.
173. Lucy M.C., 2007. Fertility in high-producing dairy cows: reasons for decline and corrective strategies for sustainable improvement. *Soc Reprod Fertil Suppl* 64, 237–254.
174. Lucy M.C., 2008. Functional Differences in the Growth Hormone and Insulin-like Growth Factor Axis in Cattle and Pigs: Implications for Post-partum Nutrition and Reproduction. *Reprod Dom Anim* 43 (Suppl. 2): 31–39.



175. Lyimo, Z. C., M. Nielen, W. Ouweltjes, T. A. M. Kruij, and F. J. C. M. Van Eerdenburg. 2000. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology* 53:1783-1795.
176. Mackey, D.R., Sreenan, J.M., Roche, J.F. & Diskin, M.G. 1999. Effect of acute restriction on incidence of anovulation and periovulatory estradiol and gonadotropin concentrations in beef heifers. *Biology of Reproduction* 61: 1601-1607.
177. Madani, T., Mouffok, C. et Yekhlif, H., 2007. "Performance de reproduction et adaptabilité de la race Montbéliarde en région semi-aride de Sétif", 5èmes Journées des Sciences Vétérinaires, ENSV, Alger (21 et 22 avril 2007).
178. Madani T et Mouffok C., 2008. Production laitière et performances de reproduction des vaches Montbéliardes en région semi-aride algérienne. *Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 2008, 61 (2) : 97-107.
179. Mann G.E., Lamming G.E., 2001., Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproduction* 121 :175–180.
180. Marichatou. H, 2004. L'insémination artificielle : conditions pour une bonne réussite. *Fiches Techniques d'Élevage Tropical, Production animale en Afrique de l'ouest, amélioration génétique (EMVT/CIRAD). Fiche n°10 :1-4.*
181. Marie, R., Parrassin, P.R., Trommenschlager, J.M., Bazard, C., Humblot, P. 1996. Répercussions d'une sous-alimentation énergétique des vaches laitières sur la reprise de l'activité sexuelle post-partum et le taux de gestation. In : Institut de l'Élevage, INRA(eds). *Renc. Rech. Rum.*, 3 : 167-170.
182. Marmet. R., 1983. «La connaissance du bétail: Les bovins.» Tome 1. Lavoisier éditions. (1983).187p.
183. Martin O et Sauvart D., 1999. Méta-analyse de l'influence des stratégies d'apports alimentaires sur la persistance de production chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 1999. 6.
184. Martin J. L., Vonnahme K. A., Adams D. C., Lardy G. P. et Funston R. N., 2006. Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. *J Anim Sci* .85:841-847.
185. Mashek, D.G. & Beede, D.K., 2000. Peripartum responses of dairy cows to partial substitution of corn silage with corn grain in diets fed during the late dry period. *J. Dairy Sci.* 83: 2310-2318.
186. Mauries Met Allard G., 1998. Produire du lait biologique : réussir la transition. Groupe France agricole. 192 p.
187. Mayne, C. S., M. A. McCoy, S. D. Lennox, D. R. Mackey, M. Verner, D. C. Catney, J. W. McCaughey, A. R. G. Wylie, B. W. Kennedy, et F. J. Gordon. 2002. An investigation of the fertility performance in dairy herds in Northern Ireland. *Vet. Rec.* 150:707–713.
188. McCarthy S., D. P. Berry, P. Dillon, M. Rath, et B. Horan., 2007. Influence of Holstein-Friesian strain and feed system on bodyweight and body condition score lactation profiles. *J. Dairy Sci.* 90:1859– 1869.
189. McEvoy, T.G., Robinson, J.J., Ashworth, C.J., Rooke, J.A., Sinclair, K.D. 2001.. Feed and forage toxicants affecting embryo survival and fetal development. *Theriogenology* 55:113–129.

190. Mee J., Ross E et Dillon P., 2004. Is Irish dairy herd fertility declining? Proceedings of the 23rd World Buiatrics congress, Quebec, 2004; abstract 3431.
191. Meschy M.F., 1994. Carences minérales et troubles de la reproduction. B.T.I.A., 1994, 74 :18-25.
192. Meschy M.F., 2007. Alimentation minérale et vitaminique des ruminants : actualisation des connaissances. *INRA Prod. Anim.*, 20(2) : 119-128.
193. Meyer., C et Denis., J.P., 1999. « Elevage de la vache laitière en zone tropicale. » édition CIRAD-emvt, (1999). 305 p.
194. Michalet-Doreau B, Philippeau C, Martin C, 1999. Influence de la nature et de la variété de la céréale sur le site de digestion de l'amidon, et conséquences nutritionnelles. *Renc. Rech. Ruminants*, 6 : 99-101.
195. Micol D, Hoch T, Agabriel J, 2003. Besoins protéiques et maîtrise des rejets azotés du bovin producteur de viande. *Fourrages* ;174 : 231-242.
196. Miroud K., Hadeff A et Kaidi R., 2009. La détermination du profil métabolique: indicateur de suivi de la reprise de l'activité ovarienne post-partum de la vache laitière dans l'Est Algérien. *Livestock Resea for Rur Deve* 21 (6) 2009.

N

197. Nocek, J. E., 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80:1005–1028.

O

198. O'Callaghan D, Lozano J.M, Fahey J, Gath V, Snijders S.E.M, Boland M.P. 2000. Relationships between nutrition and fertility in dairy cattle. In: Diskin MG, editor. Fertility in high-producing dairy cow. Galway, Ireland: *British Society of Animal Science*; 2000. p. 147-159.
199. Opsomer G., Grohn Y.T., Hertl J., Coryn M., Deluyker H., De Kruif A., 1999. Risk factors for post-partum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium : a field study. *Theriogenology*, 1999, 53: 841-857.
200. Opsomer, G., Gröhn, Y.T., Hertl, J., Coryn, M., Deluyker, H., de Kruif, A., 2000. Risk factors for postpartum ovarian dysfunction in high producing dairy cows in Belgium: a field study. *Theriogenology* 53: 841–857.
201. Opsomer G., Leroy J.L.M.R., Vanholde, T., Bossaert P., de Kruif A. 2006. *Vlaam. Diergeneesk. Tijdschr.*, 75: 113-119.
202. Otto K.L., Ferguson J.D., Fox D.G., 1991., Relationship between condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in holstien dairy cows. *J Dairy Sci*, 1991, 74: 852-859.
203. Ouakli K.et Yakhlef Y.,2003. « Performances et modalités de production laitière dans la
204. mitidja. » 4^{ème} Jour de Rech sur les Prod Anim, Tizi Ouzou, 7-9 Décembre (2003), 34–42, 161p.
205. Overton, T.R, Waldron, M.R, 2004. Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy Sci.* 87: E105–E119.
206. Owens F.N., Secrist D.S., Hill W.J., Gill D.R., 1998. Acidosis in cattle: a review. *J Anim Sci*, 76:275–286.

P

207. Paragon BM, 1991. Qualité alimentaire et fécondité chez la génisse et la vache adulte : importance des nutriments non énergétiques. *Bull. G.T.V.*, 91: 39-52.
208. Patton, J., D. A. Kenny, S. McNamara, J. F. Mee, F. P. O'Mara, M. G. Diskin, and J. J. Murphy. 2007. Relationships among milk production, energy balance, plasma analytes, and reproduction in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 90:649–658.
209. Pecsok, S. R., M. L. McGillard, and R. L. Nebel. 1994. Conception rates. 1. Derivation and estimates for effects of estrus detection on cow profitability. *J. Dairy Sci.* 77:3008.
210. Pedernera, M., S. C. García, A. Horagadoga, I. Barchia, and W. J. Fulkerson., 2008. Energy balance and reproduction on dairy cows fed to achieve low or high milk production on a pasture-based system. *J. Dairy Sci.* 91:3896–3907.
211. Peter AT, Vos PL, Ambrose DJ, 2009. Postpartum anestrus in dairy catelle (review). *Theriogenology* 2009 (article in press).
212. Petersson. K-J, Strandberg. E, Gustafsson. H., Berglund. B, 2006. Environmental effects on progesterone profile measures of dairy cow fertility. *Anim Reproduc Sci* 91: 201–214.
213. Petersson K-J, Berglund B, Strandberg E, Gustafsson H, Flint APF, Wolliams JA, Royal MD, 2007. Genetic analysis of postpartum measures of luteal activity in dairy cows. *J Dairy Sci* 90 : 427–434.
214. Peyraud J.L., Delaby L., 2005. Combiner la gestion optimale du pâturage et les performances des vaches laitière : enjeux et outils. *INRA Prod. Anim.*, 18 (4):231-240.
215. Peyraud, J.-L., Apper-Bossard, E. 2006. L'acidose latente chez la vache laitière. *INRA Prod. Anim.*, 19(2) : 79-92.
216. Philipot J.m., Pigere M., Bourges A., Trou G., Disenhaus C., 2001. Pratiques d'élevage et délai de mise à la reproduction des vaches laitières en période de stabulation hivernale – *Renc Rech Ruminants* ; 8 : 353-356.
217. Phillips, G.J., T.L. Citron, J.S. Sage, K.A. Cummins, M.J. Cecava, and J.P. McNmara., 2003. Adaptations in body muscle and fat in transition dairy cattle fed differing amounts of protein and methionine hydroxy analog. *J Dairy Sci* 86:3634-3647.
218. Plaizier JC, Lissemore KD, Kelton D, King GJ, 1998. Evaluation of overall reproductive performance of dairy herds. *J Dairy Sci*; 81:1848-54.
219. Pryce, J.E., Coffey, M.P., Brotherstone, S., 2000. The genetic relationship between calving interval, condition score and linear type and management traits in pedigree registered Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83, 2664–2671.
220. Pryce JE et Veerkamp RF, 2001. The incorporation of fertility indices in genetic improvement programmes. BSAS Occasional Publication: Fertility High Producing Dairy Cows 2001;26:237–49
221. Pryce J.E, Coffey M.P et Simm G, 2001. The Relationship between body condition score and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 84:1508–1515.
222. Pryce, J.E., M.D. Royal, P.C. Garnsworthy, I.L. Mao. 2004. Fertility in the highproducing dairy cow. *Liv. Prod. Sci.* 86:125-135.
223. Pryce J.E, et Harris B.L., 2006. Genetics of body condition score in New Zealand dairy cows. *J Dairy Sci*; 89: 4424-4432.
224. Pushpakumara, P.G.A., N.H. Gardner, C.K. Reynolds, D.E. Beever, D.C. Wathes, 2003. Relationships between transition period diet, metabolic parameters and fertility in lactating dairy cattle. *Theriogenology* 60:1165-1185.

R

225. Rajala-Schultz. P.J, Frazer. G.S, 2003. Reproductive performance in Ohio dairy herds in the 1990. *Animal Reproduction Sci* 76:127–142.
226. Randel, R. D. 1990. Nutrition and post-partum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 853–862.
227. Rekhis, J., Kouki, C.K., Khlif, K., 1999. Supplémentation par des blocs de phosphate bicalcique, intérêt chez la vache laitière dans les Élevages fermiers, Colloque à lait, Qualité et santé ANMVT / M.V. com 11 (1999).
228. Rico-Gomez M., Faverdin P., 2001. La nutrition protéique modifie l'ingestion des vaches laitières : analyse bibliographique. *Renc. Rech. Ruminants*, 8 : 285-288.
229. Roelofs J.B , Van Eerdenburg F.J.C.M, Soede N.M, Kemp B., 2005. Various behavioural signs of estrous and their relationship with of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 63 :1366-1377.
230. Robinson, D. L. 1996. Nutrition and reproduction. *Anim. Reprod. Sci.* 42:25-34.
231. Roche J.R., Dillon P.G., Stockdale C.R., Baumgard L.H., Vanbaale M.J., 2004., Relationships among international body condition scoring systems. *J Dairy Sci*, 87: 3076-3079.
232. Roche JF, 2006. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim Reprod Sci*, 96: 282-296.
233. Roche, J. R., Macdonald K. A., Burke C. R., Lee J. M., et Berry D. P., 2007a. Associations among body condition score, body weight, and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 90:376–391.
234. Roche J. R., Berry D. P., Lee J. M., Macdonald K. A., et Boston R. C., 2007b. Describing the Body Condition Score Change Between Successive Calvings: A Novel Strategy Generalizable to Diverse Cohorts. *J. Dairy Sci.* 90:4378–4396.
235. Roche JR , Friggens NC, Kay JK ,Fisher MW , Stafford KJ, et Berry DP, 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* 92 :5769–5801.
236. Rossi F., Righi F., Romanelli S., Quarantelli A., 2008. Reproductive efficiency of dairy cows under negative energy balance conditions. *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma* (Vol. XXVIII, 2008) :173 -180.
237. Roth Z, 2008. Heat Stress, the Follicle, and Its Enclosed Oocyte: Mechanisms and Potential Strategies to Improve Fertility in Dairy Cows. *Reprod Dom Anim* 43 (Suppl. 2), 238–244.
238. Royal MD, Darwash AO, Flint APF, Webb R, Woolliams JA, Lamming, GE, 2000a. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Anim Sci*; 70:487-501.
239. Royal, M.D, G.E. Mann, A.P.F. Flint. 2000b. Strategies for reversing the trend towards sub fertility in dairy cattle. *Vet. J.* 160: 53-60.
240. Royal, M.D., Pryce, J.E., Woolliams, J.A., Flint, A.P., 2002. The genetic relationship between commencement of luteal activity and calving interval, body condition score, production, and linear type traits in Holstein–Friesian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85: 3071-3080.
241. Ruegg P.L., 1991. Body condition scoring in dairy cows : Relationships with production, reproduction, nutrition and health. *The Compendium North America Edition*, 13 (8): 1309-1313.
242. Rulquin H., 1982. Effets sur la digestion et le métabolisme des vaches laitières d'infusions d'acides gras volatils dans le rumen et de caséinate dans le duodénum. I. — Production et digestion. *Repro Nut Dévelop.*, 22 (6) :905-921.
243. Rydhmer L, Berglund B, 2006. Selection for reproduction: developments in several species. In: 8th world congress on genetics applied to livestock production; 2006.

244. Salat.O, 2005. Les troubles du péripartum de la vache laitière : risques associés et moyens de contrôle. *Bull. Acad. Vét. France* — 2005 - Tome 158 - N°2.
245. Samarütel J, Ling K , Waldmann A, Jaakson H , Kaart T et Leesmäe A, 2008. Field Trial on Progesterone Cycles, Metabolic Profiles, Body Condition Score and their Relation to Fertility in Estonian Holstein Dairy Cows. *Reprod Dom Anim* 43, 457–463.
246. Sauvans, D., Aufrère, J., Michalet-Doreau, B., Giger-Sylvie, J. et Favardin, P., 1987. Valeur nutritive des aliments concentrés simples: tables de prévision. *Bull.Tech. CRZV Theix, INRA V.70* : 75-89.
247. Savant. D, Martin. O, Berthelot. V, Mertens. D, 2001. Influence de la digestion dans le rumen sur la composition des produits. *Renc. Rech. Ruminants* (8) : 71-74.
248. Sauvans D, Perz M, et Tran. G, 2002. « Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. » *Edition. INRA- AFZ*, (2002).p256. C.
249. Sayers H.J., Mayne C.S., Bartram C.G., 2000. The effect of level and type of supplement and changes in the chemical composition of herbage as the season progresses on herbage intake and animal performance of high yielding dairy cows. In : A.J. Rook, P.D. Penning (eds), *Grazing Management*, 85-90. BGS Occ. Symp. N° 34, UK.
250. Scahaw (Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare), 2001. The welfare of cattle kept for beef production. Report no. SANCO.C.2/AH/R22/2000, Health and Consumer Protection, Directorate C, Scientific Health Opinions, Unit C2 – Management of scientific committees, European Commission.
251. Schori F., 2005. Alimentation et fertilité de la vache laitière (Fiche technique pour la pratique). *ALP actuel* 2005, n° 17.
252. Schori F., 2007. Alimentation de transition au printemps et en automne. *ALP actuel* 2007, n° 27.
253. Schrick FN, Hockett ME, Saxton AM, Lewis MJ, Dowlen HH, Oliver SP, 2001. Influence of subclinical mastitis during early lactation on reproductive parameters. *J Dairy Sci* 84, 1407–1412.
254. Seegers H., 1999. Journées Nationales des GTV, 539, 57-66.
255. Sériey's F., 1997. Tarissement des vaches laitières (une période-clé pour la santé, la production et la rentabilité du troupeau). *Edition France Agricole*. 223p.
256. Sheldon. I. Martin, Claire Wathes . D, Dobson. Hilary, 2006a. The management of bovine reproduction in elite herds. *The Veterinary Journal* 171: 70–78.
257. Silvia W.J., 2003. Addressing the decline in reproductive performance of lactating dairy cows : a researcher's perspective. *Veterinary Sci tomorrow*. Vol 3:1-5.
258. Smith JW, Ely LO, Graves WM, Gilson WD, 2002. Effect of milking frequency on DHI performance measures. *J Dairy Sci* 85:3526–33.
259. Smith, O.B., Akinbamijo O.O, 2000. Micronutrients and reproduction in farm animals..*Anim Repro Sci* 60-61:549-560.
260. Soltner D., 1999. Alimentation des animaux domestique. 21ème édition. 176p.
261. Sraïri M.T., Kessab B., 1998. Performances et modalités de production laitière dans six étables spécialisées au Maroc. *INRA Prod. Anim.*, 11 (4) : 321-326.
262. Sraïri M.T., et Baqasse M., 2000. « Devenir, performances de production et de reproduction de génisses laitières frisonnes pie noires importées au Maroc. » *Lives Resea for Rural Development*. Vol. 12, Art.123.
263. Sraïri, M.T. et Lyoubi, R, 2003. “Typology of dairy farming systems in rabat suburban region, morocco”, *Arch. Zootec.* 52: (2003).47-58.
264. Sraïri, M.T., Hasni Alaoui, I., Hamama, A. et Faye, B, 2005. « Relations entre pratiques d'élevage et qualité globale du lait de vache en étables suburbaines au Maroc » *Revue Méd. Vét.*, V.3, (156), pp155-162.

265. Staples C.R., Thatcher W.W., Clark J.H, 1990. Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci* 73: 938-947.
266. Stelwagen K, Knight CH, 1997. Effect of unilateral once or twice daily milking of cows on milk yield and udder characteristics in early and late lactation. *J Dairy Res*;64:487-94.
267. Susmel P., Spangero M. et Mills C.,R., 1989. "Intensification of cattle milk production in Mediterranean contries: Low forage systems." *Option méditerranéennes*, vol 6 :97-90.

T

268. TAhri S., 2007. Etude de l'état nutritionnel de la vache laitière en prévention de l'apparition des problèmes de reproduction. Mémoire magistère. Alger. ENSV. 114p.
269. Tillard E., Hassoun P.h., Nabeneza S., 1997. Protocole d'étude des facteurs de risque de l'infertilité dans les élevages laitiers de l'île de la Réunion. Ile de la Réunion (France) : CIRAD-EMVT, 1997. 40 p. http://oatao.univ-toulouse.fr/943/1/debouch_943.pdf
270. Tillard E., Lanot F., Bigot C.E., Nabeneza S., Pelot J., 1999. Les performances de reproduction en élevages laitiers - In : CIRAD-EMVT. 20 ans d'élevage à la Réunion. Ile de la Réunion : Repères, 1999. 99pp.
271. Tillard E., Humblot P., Faye B., 2003. Impact des déséquilibres énergétiques post-partum sur la fécondité des vaches laitières à la Réunion. *Renc. Rech. Ruminants*, 10 : 127-130.
272. Tillard E., Humblot P., Lecomte P., Bocquier F., 2007. Les facteurs nutritionnels antepartum sont associés à l'infertilité / infécondité dans les élevages bovins laitiers : exemple de l'île de la Réunion. *Renc. Rech. Ruminants*, 14 : 363-366.
273. Tillard E., Humblot P., Faye B., Lecomte P., Dohoo I., Bocquier F., 2008. Postcalving factors affecting conception risk in Holstein dairy cows in tropical and sub-tropical conditions. *Theriogenology* 69:443-457.
274. Thatcher.W.W , Bilby. T.R, Bartolome .J.A, Silvestre. F, Staples C.R, Santos J.E.P, 2006. Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. *Theriogenology*; 65: 30-44.
275. Tòth F , Gabor G ,Mezes M,E Varadi ,Ozsvari O , Sasser RG et Abonyi-Toth ZS, 2006. Improving the Reproductive Efficiency by Zoo-Technical Methods at a Dairy Farm. *Reprod Dom Anim* ;41: 184-188.

V

276. Vagneur M, 1992. Biochimie de la vache laitière appliquée à la nutrition. La Dépêche Technique, 1992, 28, 26 p.
277. Van Eerderburg F.J.C.M., Loeffler H.S.H., Van Vliet J.H.,1996. *Vet. Quart.*, 18, 52-54.
278. Van Knegsel, A.T.M., Van den Brand, H., Dijkstra, J., Tamminga, S., Kemp, B. 2005. Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reprod. Nutr. Dev.*, 45 : 665-688.
279. Van Raden, P.M., A.H. Sanders, M.E. Tooker, R.H. Miller, H.D. Norman, M.T. Kuhn, and G.R. Wiggans. 2004. Development of a National Genetic Evaluation of cow fertility. *J. Dairy Sci.* 87: 2285-2292.
280. Van Straten M., Shpigel Y., et Friger M., 2009. Associations among patterns in daily body weight, body condition scoring, and reproductive performance in high-producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92 :4375-4385.
281. Vasconcelos J.L., Sangsritavong S., Tsai S.J., Wiltbank M.C., 2003. Acute reduction in serum progesterone concentrations after feed intake in dairy cows. *Theriogenology*. 60:795-807.
282. Veerkamp. R.F, Beerda. B, 2007. Genetics and genomics to improve fertility in high producing dairy cows . *Theriogenology* 68S: S266-S273.

283. Vérité R., Michalet-Doreau B., Chapoutot P., Peyraud J.L., Poncet C., 1987. "Révision dusystème des Protéines Digestibles dans l'Intestin (PDI)", *Bull. Techn. CRZV Theix*, 70, 19 34.
284. Verité R., Peyraud J.L., 1989. Protein : the PDI systems. In *Ruminant Nutrition : recommended allowances and feed tables*. Ed R. Jarrige, John Libbey Eurotext. Pp 33-48.
285. Vespa R., 1986. Réussite en production laitière. In *Encyclopédie Agricole Pratique*. Agri-nathan. 95p.
286. Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT, et . Fogwell RL, 1988. Association Between Energy Balance and Luteal Function in Lactating Dairy Cows. 1988 *J Dairy Sci* 71:1063-1072.
287. Von Keyserlingk M. A. G., Rushen J., De Passillé A. M., et Weary D. M., 2009. Invited review: the welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *J. Dairy Sci.* 92 :4101–4111.

W

288. Waltner S.S., Mcnamara J.P., Hillers J.K., 1993. Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J Dairy Sci*, 76: p. 3410-3419.
289. Wathes D.C., Fenwick M., Cheng Z., Bourne N., Llewellyn S., Morris D.G., Kenny D., Murphy J., Fitzpatrick R, 2007. "Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow" *Theriogenology* vol. 68s:232-241.
290. Weaver L.D., 1987. Effects of nutrition on reproduction in dairy cows. *Food Anim Pract* 3, 513–531.
291. Webb R., Garnsworthy P.C., Gong J-G, Armstrong D.G., 2004. Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences *J. Anim Sci* 82: E63–E74.
292. Weigel, K.A., 2004. Improving the reproductive efficiency of dairy cattle through genetic selection. *J. Dairy Sci.* 87: (E.Suppl): E86-E92.
293. Weigel, K.A., 2006. Prospects for improving reproductive performance through genetic selection. *Anim Repr Sci* 96 : 323–330.
294. Wheeler B, 1996. «Guide d'alimentation des vaches laitières. Fiche technique. » Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Ontario, Canada (1996). <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/french/livestock/dairy/facts/pub101.htm#guide>
295. Wolter R., 1994. Alimentation de la vache laitière. France Agricole, Paris, 209 p.
296. Wolter, R., 1997. «Alimentation de la vache laitière» Edition France Agricole, Paris, 1997, 251 p.

Y

297. Yàiniz. J, Lòpez-Gatius. F, Bech-Sàbat. G, García-Ispuerto. I, Serrano. B et Santolaria. P, 2008. Relationships between Milk Production, Ovarian Function and Fertility in High producing Dairy Herds in North-eastern Spain. *Reprod Dom Anim* 43 (Suppl. 4): 38–43.

Z

298. Zhu L.H., Armentano L.E., Bremmer D.R., Grummer R.R., Bertics S.J., 2000. Plasma concentration of urea, ammonia, glutamine around calving, and the relation of hepatic triglyceride, to plasma ammonia removal and blood acid-base balance, *J. Dairy Sci.* 83: 734-740.



Annexe I Paramètres de reproduction (Hanzen, 2005)

Encadré 1

Paramètres généraux

Pourcentage de vaches gestantes

Compte tenu du fait que l'intervalle entre vêlages doit être autant que faire se peut le plus proche de 365 jours et que la gestation représente 9 mois de cette période, 60 % des vaches du troupeau doivent idéalement à tout moment être gestantes (18 % de vaches gestantes et tarées et 42 % de vaches gestantes et en lactation) et 40 % doivent être inséminées ou en voie de l'être. Le numérateur comprendra les vaches confirmées gestantes par une méthode précoce ou tardive de gestation et le dénominateur le nombre de vaches présentes dans le troupeau et pour lesquelles une décision de réforme n'a pas été prise.

Jours moyen du postpartum

Ce paramètre représente le nombre de jours moyen écoulé entre le moment de l'évaluation et le dernier vêlage pour l'ensemble des vaches encore présentes (gestantes et non-gestantes en lactation ou non) dans le troupeau. Si les vêlages sont régulièrement répartis toute l'année et que l'intervalle moyen entre vêlages est de 365 jours, **cet index doit être de 180 jours**. Une valeur inférieure ou supérieure à 180 jours peut traduire une saisonnalité des vêlages du troupeau ou la présence de problèmes d'infécondité. Le numérateur comprend la somme des jours depuis le dernier vêlage de chaque vache présente et pour laquelle une décision de réforme n'a pas encore été prise dans le troupeau et le dénominateur le nombre total de vaches présentes. Plus spécifiquement dans les troupeaux laitiers, il est également possible de calculer le nombre moyen de jours en lactation. C'est ce que les auteurs anglo-saxons appellent **Average Days in Milk (ADIM)**. Cette donnée figure sur la feuille de contrôle laitier. A durée de tarissement constante et égale à 60 jours, le nombre moyen de jours en lactation augmente avec l'intervalle entre vêlages. Ce paramètre n'est calculé que pour les vaches en lactation par le rapport entre le nombre de jours total entre la date du bilan et le vêlage précédent divisé par le nombre de vaches en lactation.

Le Herd Reproductive Status(HRS)

Cet indice constitue un moyen simple et rapide d'évaluer après chaque visite mensuelle, le niveau de reproduction du troupeau des vaches ou des génisses gestantes et non gestantes. Il est pour le troupeau des vaches calculé au moyen de la formule suivante :

$$HRS = 100 - (1,75 \times a/b)$$

formule dans laquelle le numérateur a représenté la somme des jours, depuis le dernier vêlage, des vaches qui le jour de l'évaluation ne sont pas confirmées gestantes et se trouvent à plus de 100 jours du post-partum et le dénominateur **b** le nombre de vaches gestantes et non-gestantes non réformées présentes dans le troupeau lors de la visite. La formule de calcul du HRS des génisses est identique à celui des vaches mais la sélection du numérateur et dénominateur s'effectue de la manière suivante: **a** = somme des jours depuis l'âge de 12 mois des génisses non confirmées gestantes âgées de plus de 12 mois et 100 jours et **b** = nombre total de génisses gestantes et non gestantes âgées de plus de 14 mois.

Durée du tarissement

Une période minimale de 40 jours est à respecter. Une période trop courte risque d'entraîner une sous-production laitière. Une période trop longue est souvent révélatrice de problèmes de fécondité. Le calcul de ce paramètre sera évalué sur les vaches pour lesquelles une date de vêlage a été renseignée au cours de la période d'évaluation. On calculera pour chaque vache l'intervalle par rapport à la date de tarissement précédente, celle-ci ayant été ou non observée pendant la période du bilan.

Normalement en cas de vêlages non saisonniers, 12 à 17 % des vaches doivent être en phase de tarissement. Aucune ne doit avoir une durée de tarissement inférieure à 40 jours. 10 % maximum peuvent avoir une durée de tarissement supérieure à 90 jours.

L'**indice de fertilité** (ou indice coïtal) est le nombre d'inséminations naturelles ou artificielles, réalisées à plus de cinq jours d'intervalle, nécessaires à l'obtention d'une gestation. Si le nombre des inséminations comprend celles qui ont été réalisées chez les animaux réformés, l'indice est dit "réel". On distingue deux index de fertilité, un **index apparent** d'une part qui ne prend en compte que les inséminations réalisées sur les animaux gestants et un **index total** qui prend en compte les inséminations réalisées à la fois sur les animaux gestants et réformés (non-gestants). Dans le cas contraire, il s'agit de l'indice apparent. L'indice de fertilité réel doit être inférieur à 2,2 et l'indice de fertilité apparent inférieur à 1,8.

Le **taux de non-retour** est le rapport entre le nombre d'individus qui n'ont pas été réinséminés avant un délai défini (45, 60, 90, voire 120 jours) et le nombre d'animaux inséminés. C'est un critère d'évaluation de la fertilité classiquement utilisé par les centres d'insémination, qui considèrent comme gravides les vaches ou génisses non réinséminées au cours du délai préalablement défini. Ce paramètre surévalue la fertilité du troupeau. Un taux de non-retour normal à 90 jours est compris entre 60 et 65 %.

Le **taux de gestation** est le rapport entre le nombre de vaches considérées comme gravides, par l'une des méthodes qui permettent de constater la gestation, et le nombre de vaches inséminées pour lesquelles un constat de gestation ou de non gestation a été établi. Comme d'autres paramètres de fertilité, il peut se calculer sur les seules inséminations premières, secondes, etc., ou encore, compte tenu de la taille des troupeaux, sur l'ensemble des inséminations. La formule pour le taux de gestation est $21 / (\text{Nombre des jours ouverts} - \text{période d'attente volontaire} + 11)$ (VanRaden et al, 2000). La période d'attente est le temps entre le début de la lactation et la mise à la reproduction de la vache. Le numéro 11 est un constant et il est employé afin de centrer la mesure de conception à l'intérieur de chaque période 21 jours.

Le taux de gestation en première insémination doit être supérieur à 55%.

Le **taux de mise bas (TMB)** est le rapport entre le nombre d'animaux qui ont vêlé et le nombre d'animaux inséminés. Comme d'autres paramètres de reproduction, il peut se calculer sur les seules inséminations premières, secondes, etc. ou encore, compte tenu de la taille des troupeaux, sur l'ensemble des inséminations (TMB global). Il convient de tenir compte du fait que certaines vaches inséminées peuvent avoir été réformées

sans qu'un constat de gestation n'ait pu être réalisé. Le taux de mise bas total doit être supérieur à 85 %. En première insémination, il doit être supérieur à 50 %.

Interprétation graphique de l'évolution chronologique de la fertilité : le Q-Sum

La technique du **Q-Sum** permet de suivre au cours du temps l'évolution d'un paramètre. Il est basé sur la représentation graphique du résultat d'un événement telle qu'une insémination (gestation ou non-gestation). Les inséminations sont organisées chronologiquement par rapport à leur réalisation au cours de la période d'évaluation. La droite passant par la première insémination réalisée au cours de la période d'évaluation correspond arbitrairement à un index de gestation égal à 50 %. Toute insémination non suivie de gestation entraîne un déplacement de la courbe vers la gauche et vers la droite dans le cas contraire.

Le cas des troupeaux utilisant la monte naturelle

Se pose le problème dans ces troupeaux de pouvoir disposer de toutes les dates de saillie naturelle. Habituellement, l'éleveur ne dispose que de la saillie fécondante. Ce fait est de nature à sous-évaluer la fertilité du troupeau et du ou des taureaux. La situation peut se trouver compliquée par le fait que certains troupeaux ont également recours à l'insémination artificielle.

La comparaison des pourcentages de gestation obtenus par saillie naturelle et par insémination artificielle permet si le second est nettement insuffisant par rapport au premier d'évoquer la possibilité d'une insuffisance de la détection des chaleurs ou de la technique d'insémination. Cette comparaison peut également être exprimée sous la forme d'un pourcentage (n de gestations obtenues par SN/ n de gestations obtenues par IA) x 100.

- L'index de fertilité peut être approché par le rapport suivant :

$$IF = \frac{\text{Moyenne des intervalles entre (dates de gestation et date de mise au taureau + 10 jours) des vaches confirmées gestantes}}{21}$$

Le calcul de ce rapport suppose que toutes les vaches soient cyclées lors de leur mise en présence du taureau.

1. Paramètres primaires de fécondité des génisses

Age du premier vêlage ou intervalle naissance - 1^{er} vêlage (NV) Il représente l'intervalle moyen exprimé en mois des intervalles entre le vêlage et la naissance des primipares qui ont accouché au cours de la période concernée par le bilan. Cet intervalle sera calculé pour les primipares ayant accouché au cours de la période du bilan.

Intervalle naissance – insémination fécondante (NIF) Par rapport au précédent, ce paramètre est plus actuel, les événements susceptibles de l'influencer étant plus proches du moment de l'évaluation. Il revêt également une valeur plus prospective. En effet il est calculé sur les génisses ayant eu une insémination fécondante (confirmée par un diagnostic précoce ou tardif) au cours de la période d'évaluation.

2. Paramètres primaires de fécondité des vaches

Intervalle de vêlage (Calving interval)

L'index de vêlage représente l'intervalle moyen entre les vêlages observés au cours de la période du bilan et les vêlages précédents. Une **valeur de 365 jours** est habituellement considérée comme l'objectif à atteindre. Il représente un paramètre classique mais de plus en plus souvent décrié pour évaluer le potentiel de production de lait et/ou de veaux d'un troupeau. La division de 365 par l'index de vêlage donne la valeur de l'index de fécondité c'est-à-dire la production annuelle moyenne de veaux par vache.

Intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante Encore appelé par les auteurs anglo-saxons calving-conception interval ou encore days open (DO) cet intervalle revêt une valeur essentiellement prospective puisqu'il fait référence aux animaux inséminés, confirmés gestants et qui n'ont pas encore accouché. Ce paramètre a une valeur moins historique que l'intervalle de vêlage et pour cette raison il lui est souvent préféré.

Par ailleurs plus complet que l'intervalle de vêlage puisqu'il tient compte des performances des primipares. A l'inverse, il ne tient pas compte des animaux réformés avant ou après une insémination non fécondante.

3. Paramètres secondaires de fécondité

Intervalle entre le vêlage et la première chaleur

L'évaluation de ce paramètre permet de quantifier l'importance de l'anœstrus du postpartum. Elle est importante car la fertilité ultérieure de l'animal dépend en partie d'une reprise précoce de l'activité ovarienne après le vêlage.

Intervalle entre le vêlage et la première insémination

Encore appelée par les auteurs anglo-saxons waiting period (période d'attente), ce paramètre est important car il détermine 27 % de l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante mais seulement 5 % du taux de gestation. Il est exprimé par l'intervalle moyen entre les premières inséminations réalisées au cours de la période du bilan et le vêlage précédent. Des valeurs moyennes comprises entre 60 et 80 jours ont été avancées).

Intervalle entre la première insémination et l'insémination fécondante

La durée de la période de reproduction proprement dite c'est-à-dire de celle comprise entre la première insémination et l'insémination fécondante dépend essentiellement du nombre d'inséminations nécessaires à l'obtention d'une gestation c'est-à-dire de la fertilité. Il importe cependant qu'elle soit optimisée c'est-à-dire que le nombre d'inséminations réalisées même s'il s'avère être trop élevé soit effectué dans le minimum de temps.

Tableau 1: Définitions, valeurs-cibles et valeurs de la pratique des critères d'appréciation de la fertilité (Schori, 2005).

<i>Nom</i>	<i>Définition</i>	<i>Valeurs cibles</i>	<i>Valeurs de la pratique</i>
<i>Index de la 1ère insémination [%]</i>	Pourcentage de vaches portantes après la 1ère insémination	> 60	TR: 60,6 SI: 65,8
<i>Index d'insémination</i>	Nombre d'inséminations par gestation	< 1,6	RB: 1,8 TR: 1,6 H: 2,0 SI: 1,5
<i>Index N3 [%]</i>	Pourcentage de vaches avec trois inséminations et plus	< 15	TR: G = 9,9 / V = 17,6 H: G = 11,3 / V = 24,9 SI: 11,5
<i>NRR75 [%] (Non-Return-Rate)</i>	Pourcentage de vaches qui, dans un délai de 75 jours après la première insémination, n'ont pas été une nouvelle fois inséminées	> 65	TR: G = 75,0 / V = 61,8 H: G = 79,5 / V = 62,6 SI: 69,1
<i>Intervalle entre le vêlage et la 1ère insémination [jours]</i>	Intervalle entre le vêlage et la 1ère insémination	50-70	RB: 77 TR: 75 H: 81 SI: 71
<i>Période de service [jours]</i>	Intervalle entre le vêlage et la 1ère insémination réussie	70-90	RB: 114 TR: 104 H: 127 SI: 93
<i>Intervalle entre les vêlages [jours]</i>	Intervalle entre deux vêlages	365-380	TR: 382 H: 404 SI: 380

RB = Race brune, H = Holstein, TR = Tachetée rouge, V = Vaches,
G = Génisses, SI = Section Simmental.

Annexe II

Collecte des données

BASE DE DONNEES																			
	RACE	date de n	Nom	SV	date de	PATHC	NV DE PI	1 IA	2 IA	3 IA	4 IA	5 IA	contrôle	Diagni	BCS(TAF)	BCS vi	BCS (li)	AI2	
3	04001	M	07012004	4	F	061109		230110	140210									3	
4	04010	M	04032004	3	M	041009	B	230110	130210									2,5	
5	04013	M	25032004	3	M	300608		230110					1	P				4	
6	04021	M	03052004	3	M-F	041009		230110					1	P				3	
7	05003	FV	25032005	3														3,5	
8	05008	M	11052005	3	M	050310									3,0	4			
9	05009	FV	30122005	3	M	060310									3,0	3,5			
10	06001	FV	11052006	2	F	221109		230110	130210				2	V			4	3	3,5
11	06014	FV	31052006	2	F	251109		230110	150210								3	2	3,5
12	06015	FV	27062010	2	F	150909	D	230110					1	P					3,5
13	06016	FV	07062010	2	M	161109	B	230110					1	P					3
14	06018	M	27062006	2	F	081109		230110					1	P					3,5
15	06019	M	07072006	3	F	270210									3,0	3,5			
16	06020	M	15072006	2	M	061009		230110	140210	080310									3
17	06022	M	15072010	2	F	231109		230110					1	P					3
18	06023	M	01082006	1	F	260909		230110					1	P					2,5
19	06024	M	01082006	1	F														
20	07001	M	03022007	1	F	310310	B												
21	07002	M	21052007	0															
22	07003	M	23052007	0															
23	07004	M	23062007	0											4,0				
24	08003	FV	12012008	0											3,5				
25	08005	FV	24022008	0											3,0				
26	02783	M	12112007	1	M	010410									3,0	3			
27	02714	M	12122007	1	M	020410									3,5	3			
28	02731	M	25122007	1	F	260210									3,5	3,5			
29	07032	M	31122007	0											3,0				

Figure 1 : tableau des données utilisé dans chaque exploitation pendant le suivi.

T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
RESULTAS												
IVIA1	IVIA2	IVIA3	IVIA4	IVIA5	IVAJOL	IVIA1	IV2IA	IA3IA4	IA4IA5	IFAV	IVIA	DG
78	100	-40123	-40123	-40123	123	22	-40223	0	0	2	FAUX	VIDE
111	132	-40090	-40090	-40090	156	21	-40222	0	0	2	FAUX	VIDE
572	-39629	-39629	-39629	-39628	617	-40201	0	0	1	1	572	45
111	-40090	-40090	-40090	-40089	156	-40201	0	0	1	1	111	45
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
-40242	-40242	-40242	-40242	-40242	4	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
-40243	-40243	-40243	-40243	-40243	3	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
62	83	-40139	-40139	-40137	107	21	-40222	0	2	2	FAUX	VIDE
59	82	-40142	-40142	-40142	104	23	-40224	0	0	2	FAUX	VIDE
130	-40071	-40071	-40071	-40070	175	-40201	0	0	1	1	130	45
68	-40133	-40133	-40133	-40132	113	-40201	0	0	1	1	68	45
76	-40125	-40125	-40125	-40124	121	-40201	0	0	1	1	76	45
-40236	-40236	-40236	-40236	-40236	10	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
109	131	153	-40092	-40092	154	22	22	-40245	0	3	FAUX	VIDE
61	-40140	-40140	-40140	-40139	106	-40201	0	0	1	1	61	45
119	-40082	-40082	-40082	-40081	164	-40201	0	0	1	1	119	45
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
-40268	-40268	-40268	-40268	-40268	-22				0	0	FAUX	VIDE
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
-40269	-40269	-40269	-40269	-40269	-23	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
-40270	-40270	-40270	-40270	-40270	-24	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
-40235	-40235	-40235	-40235	-40235	11	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE
0	0	0	0	0	40246	0	0	0	0	0	FAUX	VIDE

Figure 2 : tableau de bilan des résultats de la reproduction.

X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
06052	20/01/10	FR	1	3	2													
06093	12/08/03	FR	1															
07027	04/02/2010	FR	2															
06070	23/02/2010	FR	2	3	1	1,5												
04019	06/02/03	FR	2												3	3	3,5	3,5
04036	21/12/08	FR	2	3	1,5	1,5												
04066	23/05/03	FR	2								3	3	3	2,5	3			
04075	28/03/03	FR	2											2	2,5	2	1,5	
04081	24/03/03	FR	2				2	2	2,5	2,5								
05052	02/02/03	FR	2											3	3	3,5	3	
06022	24/06/03	FR	2							2	2,5	2,5	2					
06081	22/01/2010	FR	2	3	2													
05056	03/02/2010	FR	3	3	1,5													
03050	14/03/10	FR	5	3,5	2													
04008	02/05/03	FR	3									2,5	3	3				
04010	17/02/2010	FR	4	3,5	2													
04040	08/11/03	FR	3			2	3	3										
04043	16/12/03	FR	3	3,5	2	3												
04061	11/03/03	FR	3						2	2,5	2,5							
05021	24/01/2010	FR	3	3,5														
05050	14/07/08	FR	3	3	2	2,5												
02046	07/07/03	FR	4							2,5	3							
03003	18/01/2010	FR	4	3,5	2,5	2												
03013	30/03/03	FR	5	3,5	2,5													
03024	23/08/03	FR	4						3	4								
00046	22/01/2010	FR	5	3,5	2	1,5												
02063	01/07/03	FR	5								3	3	3,5					
30072	11/07/08	FR	6															
00014	11/08/07	FR	6															
04036		FR	6	3,0														
00010	03/02/2010	FR	7	3,5	2	1,5												
00039	01/08/03	FR	7						3	3	3	3,5						
06062		FR																
07003		FR																
07071		FR																
06047		FR																
07018		FR																
07037		FR																
07115	03/08/07	FR	1															
07118	30/07/03	FR	1															
07125	31/07/03	FR	1						2,5	3	3							
07126	27/07/03	FR	1							2,5	3	3	3					
07138	12/08/03	FR	1							1,5	2	2						
06056	15/02/2010	FR	2	4	3	2,5												
06078	30/01/2010	FR	2	2,5	1													
03043	25/03/10	FR	4	3,5	2	1,5												
07054		FR																
		FV	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,75	3,2	3,03125	3,125	2,3583333	3	3,1666667	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		MD	3,75	2,1666667	2,75	2,5	2,8333333	2,3166667	3,1	3,125	3,25	3,2142857	3,3125	3,25	3,1666667	3,5	3	3
		HO	3,2354545	2	2	2,1	2,3523412	2,326087	2,4038462	2,4310345	2,4464286	2,5277778	2,6	2,3615285	3,1111111	2,3166667	3,3333333	3

Figure 3 : tableau d'enregistrement des NEC moyen à partir des NEC de chaque mois de lactation.

Tableau 2 : besoins protéiques (BP) et énergétique (BE) de croissance.

		Vêlage avant 28 mois	Vêlage après 28 mois
BE	1 ^{ère} lactation	7	3,5
	2 ^{ème} lactation	3,5	
BP	1 ^{ère} lactation	55	25
	2 ^{ème} lactation	25	

Annexe III Note d'état corporel (NEC)

Figure 4 : Grille de notation de l'état corporel selon Edmonson et al (1989).

	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
Vache émaciée									
Vache maigre									
Equilibrée									
Légèrement grasse									
Vache grasse									
Processus épineux	Bien distinct, aspect de "dent"		Bien individualisés	tranchant, saillant			Peu visible, en partie aplati	Plat, non discernable	Enfoui sous la graisse
Angle entre processus transverses et épineux	Profonde dépression		Dépression marquée		Aplatissement de la concavité		Pratiquement plat		Arrondi (convexe)
Processus Transverses	Très saillants, >1/2 longueur visible		1/2 longueur du processus visible	Entre 1/2 et 1/3 visible	Entre 1/3 et 1/4 visible	<1/4 visible	A peine discernable	Non discernable	Arête arrondie
Creux du flanc (attention au rumen)	Profond		Marqué	Mouéré	Léger		Disparition		Bombé
Pointes de la hanche et des fesses	Extrêmement tranchante		Saillante		Aplatie		Légèrement couverte	Arrondie par la graisse	Enfouie sous la graisse
Entre pointes de la hanche et des fesses	Sévèrement creusé		Très creusé	Légère couverture de graisse	Creusé		Légèrement creusé	Plat	Arrondi (bombé)
Entre les pointes de la hanche	Extrêmement creusé				Dépression modérée		Légère dépression	Plat	Arrondi
Base de la queue	Relief osseux très saillant, cavité en "v" profond sous la queue		Relief osseux saillant, cavité en "U" sous la queue		Première trace de graisse		Relief osseux aplati, cavité peu profonde	Relief osseux arrondi par la graisse et légère dépression sous la queue	Relief osseux enfoui sous la graisse, bourrelet graisseux sous la queue

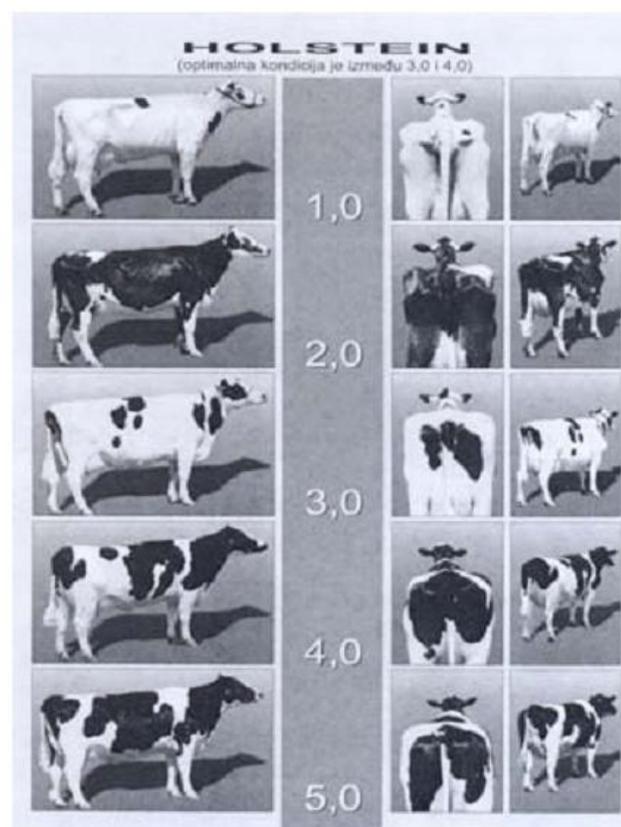
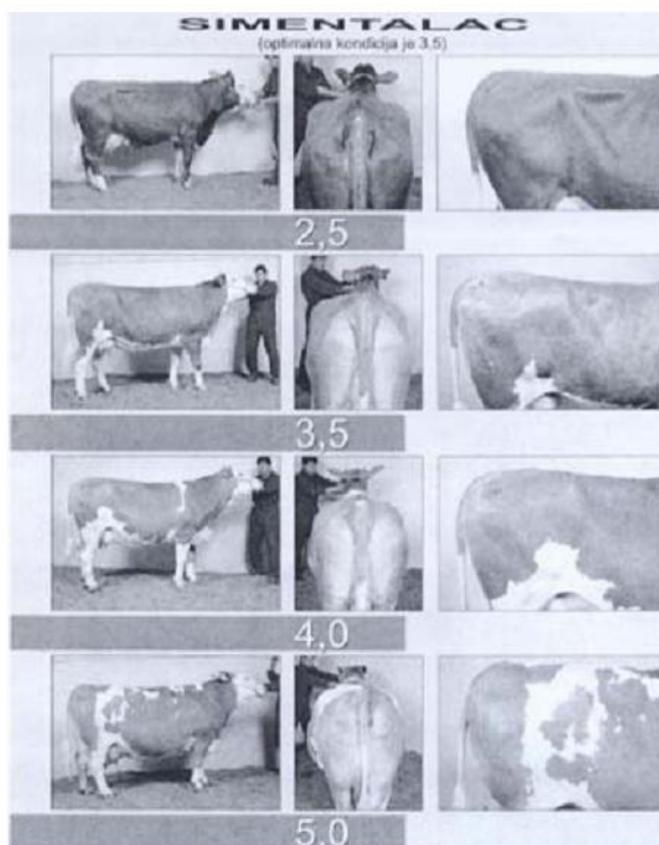


Figure 5: Grille de notation de l'état corporel avec images de la race Holstein et Fléckveih (Grubić et al, 2009).

Résumé

Un suivi des 04 exploitations laitières dans la région de Tizi-Ouzou a été réalisé durant 6 mois. L'analyse de conduite alimentaire de ces exploitations nous a montré que celle-ci est souvent mal maîtrisée et les rations restent déséquilibrées avec des quantités distribuées qui ne répondent pas aux besoins des vaches en lactation. Les conséquences de cet état des lieux affectent non seulement les performances de production mais aussi celles de la reproduction. Ainsi, l'alimentation par ses aspects qualitatifs, notamment en ce qui concerne la pratique du rationnement, que quantitatifs évalués à travers le nombre d'UFL distribué par vache, est intimement liée ($P < 0.05$) aux performances de production et surtout de reproduction. Ainsi, tous les paramètres de reproduction mesurés montrent des évolutions affectées par cette alimentation. Le système qui maîtrise la conduite alimentaire par la valorisation et le rationnement de concentré a permis de bonnes performances de reproduction, avec une augmentation de taux de réussite de la 1^{ère} IA (58.33%) permettant ainsi un faible IVV (385 jours) en comparaison avec les autres systèmes. De même, la note d'état corporel (NEC), considérée comme étant l'indicateur principal de la conduite alimentaire aussi bien dans ses aspects qualitatif que quantitatif, reste intimement liée à la réussite de l'insémination artificielle ($p < 0.05$), première étape de tout processus de procréation.

Mots clés : conduite alimentaire, vache laitière, alimentation, UFL, production, reproduction, NEC.
