

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المدرسة الوطنية للبيطرة – الحراش الجزائر
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE - EL HARRACH - ALGER

Mémoire

Pour l'obtention du Diplôme de
Magistère en Sciences Vétérinaires
Option : **Zootchnie**

Thème

**Effet d'une supplémentation de l'aliment
en levure *Saccharomyces cerevisiae*
sur les paramètres zootchniques
de la vache laitière en *peripartum***

Présenté Par :

Dr. Ahmed BOUDJENAH

Soutenu le 24 avril 2008

Devant le Jury :

Pr. Rachid KAIDI	Professeur	ISV Blida	Président
Dr. Soraya TEMIM-KESSACI	Maître de Conférences	ENV Alger	Promoteur
Dr. Hacina AINBAZIZ	Maître de Conférences	ENV Alger	Examineur
Dr. Djamel KHELEF	Chargé de cours	ENV Alger	Examineur

Année Universitaire : 2007/ 2008

REMERCIEMENTS

Le travail expérimental présenté dans ce mémoire a été réalisé au sein de la Station Ruminant de l'Institut Technique des Elevages de Baba-Ali , dans le cadre de la préparation du Magistère en Sciences vétérinaires Option Zootechnie de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger.

Je voudrais exprimer mes plus sincères remerciements à :

- Monsieur Rachid KAIDI, Professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires de Blida, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de cette thèse de magistère,*
- Mademoiselle Hacina AINBAZIZ, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger et Monsieur Djamel KHELEF, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger, qui ont accepté d'examiner ce travail.*

Mes plus vifs remerciements s'adressent à ma promotrice, Madame Soraya TEMIM-KESSACI pour son encadrement scientifique, son soutien tout au long de ce travail, sans oublier de saluer son dynamisme et son amitié. Merci de m'avoir conseillé et surtout supporté dans mes moments de doute (très fréquents...). Je lui exprime par ces quelques mots ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier Monsieur BOUYAKOUB Messaoud Directeur Général de l'ITELV, et Monsieur Abdelkader AMEUR, Responsable de la Ferme, de m'avoir accueilli dans leur Institut et de m'avoir permis d'effectuer cet essai.

Je remercie chaleureusement tous les membres de l'équipe technique de la Station Ruminant de l'ITELV, Soraya BOUZARD, Ingénieur Agronome, Med Essaid ATIF, Technicien Supérieur Agronome, Nabila CHERRAGUI, Docteur vétérinaire, Boualem ROUANE Technicien inséminateur et Lyes TARBI, animalier, pour leur collaboration active, leur sympathie, leurs encouragements et leur aide inestimable lors du suivi de l'expérimentation.

Je ne saurais oublier de remercier Mohamed ZADI, Responsable du laboratoire d'analyses de l'ITELV, et Baya DJELLOUT du Laboratoire de Biochimie de l'ENV, pour leur grande disponibilité et l'aide fournie lors de la réalisation des dosages, ainsi que Dr Mohamed KHETTOU, de la société Lallemand Nutrition Animale (France), Dr Djemili et Dr Ahcène ALKEMA, de la société VETAM, pour la fourniture gracieuse de la levure probiotique testée dans notre essai.

Dédicaces

*A la mémoire de mes chers parents
A ma femme pour sa compréhension et son soutien.
A mes enfants chéris Ikram & Messaoud Ihcene
qui n'ont pas toujours compris pourquoi encore papa étudie
A mes sœurs, frères, nièces et neveux
A ma belle famille CHEBOUB
A tous ceux qui comptent pour moi...*

*Je dédie également ce travail à tous mes amis
Taha Moussadek Hamdi et Moussadek Bouziane
Djamel Saïdi, Fouzi Mahdaoui, Khaled Dalil
Lamri Abad, Hicham Cheboub & Farouk Aanad*

*Sans oublier Lakhadr Kessaci et à son épouse Soraya ma promotrice
et non moins grande amie qui m'a « supporté » durant 3 années écoulées
Zui m'a toujours fait confiance et m'a toujours soutenu,
même ce fameux jour où j'ai voulu tout arrêter.
Je te dois tout. Sans toi je ne serais peut être pas là
sur le point d'avoir ce diplôme.
Je te serais toujours reconnaissant....*

ملخص

الهدف من هذه التجربة هو تقييم مفعول إضافة مادة ساكارومييساس سيريفيزي (وهي خميرة نشطة) في تغذية الأنعام و تأثيرها على الوزن الصافي, الحالة البدنية, إنتاج الحليب و كذلك المركبات الدموية للبقرة الحلوب في فترة ما قبل وما بعد الولادة.

خلال تقريبا 14 يوما قبل الولادة إلى غاية 49 يوما بعدها, قمنا بتغذية 16 بقرة حلوب (منها من تلد لأول مرة و أخرى ولود) بنفس الوجبة الغذائية الأساسية : قسم مضاف إليها ساكارومييساس سيريفيزي بنسبة 10 غرام في اليوم (أي 10^{-10} UFC في اليوم) لكل حيوان و قسم بدون.

إضافة الخميرة للوجبة الغذائية بينت ارتفاع معتبر في إنتاج الحليب خلال السبوع أسابيع الأولى للحلب (أي زيادة بمعدل 12 % : 1.6 لتر في اليوم) دون أن تتغير تركيبة الحليب، مع تحسن الحالة البدنية بعد الولادة بنسبة 20% (أي تقليص في الوزن المفقود). زد على ذلك هذا العلاج اظهر تغييرات بيوكيماوية مبينة في ارتفاع نسبة البروتينين، اليوريا و السكر في الدم مع انخفاض ملحوظ في تركيز ثلاثي الغليسريد والكوليسترول من مصل الدم .

تفرض من هذه النتائج أن هذه الخميرة لها مفعول ايجابي على عملية الهضم المعدي غير أنه يبقى تحديد ميكانيزمات عملها و فعليتها على أيض المعدي, أيض الدسوم والبروتينات التي تبقى قيد الدراسات والبحث.

الكلمات المفتاح : خميرة, بريبوتيك, إضافات, علف, بقرة حلوب, فترة ما قبل وما بعد الولادة, إنتاج الحليب, الوزن الصافي, الحالة البدنية, عينات بيوكيماوية.

RESUME

L'objectif de cet essai est d'évaluer l'impact de la supplémentation alimentaire en *Saccharomyces cerevisiae* (levure active) sur le poids vif, l'état corporel, la production laitière et les paramètres sanguins de la vache laitière en *peripartum*.

Durant environ 14 jours *prepartum* et exactement 49 jours *postpartum*, 16 vaches laitières (primipares et multipares) sont nourries avec le même aliment de base supplémenté ou non avec 10 g/j de *S. cerevisiae* (soit 2.10^{10} UFC/j/tête).

L'addition de la levure à la ration a significativement augmenté la production laitière durant les 7 premières semaines de lactation (+12% soit +1,6 litres/jour en moyenne) sans modifier la composition du lait (taux butyreux et protéique inchangés) et a amélioré l'état corporel *postpartum* (+20%) tout en réduisant la perte de poids après le vêlage. De plus, ce traitement a induit des modifications biochimiques caractérisées par une augmentation de la protéinémie, de l'urémie, de la glycémie et une diminution significative de la concentration plasmatique en triglycérides et une légère baisse du cholestérol plasmatique.

Ces résultats suggèrent un effet positif de la levure sur les processus digestifs. Cependant, les mécanismes d'action de *Saccharomyces cerevisiae* sur les activités métaboliques intra-ruminales et sur les métabolismes lipidique et azotés de la vache restent à déterminer.

Mots clés: Levure, Probiotiques, Supplémentation, Aliment, Vache laitière, *peripartum*, Production laitière, Poids vif, Etat corporel, Paramètres biochimiques.

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the impact of dietary *Saccharomyces cerevisiae* live yeast supplementation on body weight, body condition score, milk production and composition and blood parameters of *pre*- and *postpartum* dairy cows.

For approximately 14 d *prepartum* and exactly 49 d *postpartum*, 16 dairy cows (primiparous and multiparous) were fed a same basal diet supplemented or not supplemented with 10 g/d of *S. cerevisiae* (i.e. $2 \cdot 10^{10}$ UFC/d/cow).

Addition of yeast to diet has significantly increased milk production during the first 7 weeks of lactation (by about 12% i.e. 1.6 l/d) with unmodified composition (unchanged milk fat and milk protein content), and improved *postpartum* body condition (+20%) with less lost body weight after calving. Moreover, this treatment has also induced systemic biochemical changes: plasmatic total protein, urea and glucose concentrations were increased whereas triglyceride concentrations were significantly lowered and cholesterol concentrations slightly reduced.

These data suggest a positive effect on digestive processes induced by yeast. However, the mechanisms of *Saccharomyces cerevisiae* actions on ruminal metabolic activities, and on lipid and nitrogen metabolisms of dairy cows require further investigations.

Key Words: Yeast, Probiotics, Supplementation, Diet, Dairy cow, *peripartum*, Milk production, Body weight, Body condition, Biochemical parameters

LISTE DES FIGURES

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

- Figure 1.** Courbe typique de CVMS et de production de lait selon le stade de lactation.....5
- Figure 2.** Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage.....10
- Figure 3.** Modalités et contrôle hormonal de la mobilisation des réserves énergétiques en début de lactation.....14
- Figure 4.** Diagramme de notation d'état corporel pour les vaches Prim'Holstein.....19
- Figure 5.** Evolution de l'état corporel moyen au cours du *postpartum* chez les vaches laitières.....22
- Figure 6.** Perte d'état corporel au cours des 60 premiers jours de lactation chez les vaches maigres, normales et grasses au moment du vêlage23
- Figure 7.** Grille de profil de note d'état corporel et représentation des valeurs idéales pour une vache laitière multipare.....26
- Figure 8.** Cellules de *Saccharomyces cerevisiae* (Microscopie par contraste de phase).....47
- Figure 9.** Bourgeonnement de *Saccharomyces cerevisiae* (ME à balayage).....48
- Figure 10.** Cycle cellulaire de *Saccharomyces cerevisiae*49
- Figure 11.** Matière sèche ingérée (MSI, kg/j) et production laitière (kg/j) durant les premiers 21 jours de lactation de vaches (Jersey) nourries avec un aliment témoin ou supplémenté avec *S. cerevisiae*62
- Figure 12.** Matière sèche ingérée (MSI, kg/j) en *pre* et *postpartum* par des vaches témoins ou supplémentées en levure.....63
- Figure 13.** Production laitière (kg/j) des vaches témoins ou supplémentées en levure63
- Figure 14.** Note d'état corporel (NEC) des vaches témoins ou supplémentées en levure....64
- Figure 15.** Matière sèche ingérée (MSI, kg/j) durant le *peripartum* chez des VL (primipare ou multipare) recevant un aliment témoin ou un aliment supplémenté en levure.....64
- Figure 16.** Production laitière (kg/j) chez des VL (primipare ou multipare) recevant un aliment témoin ou un aliment supplémenté en levure.....65
- Figure 17.** Effet de la supplémentation alimentaire en *S. cerevisiae* (5×10^9 UFC) et en *E. faecium* (5×10^9 UFC) sur la matière sèche ingérée (MSI : kg/j) et la production laitière hebdomadaire (kg/j).....66
- Figure 18.** Effet de *S. cerevisiae* sur l'établissement de la flore cellulolytique. Effets mesurés sur des agneaux témoins ou supplémentés en levure.....71
- Figure 19.** Dégradation de la paille de blé dans le rumen de jeunes agneaux témoins et ceux recevant la souche de levure *S. cerevisiae* (SC I-1077).....73
- Figure 20.** Mode d'action présumé de *Saccharomyces cerevisiae* chez le ruminant77

MATERIELS & METHODES

- Figure 21.** Schéma du protocole expérimental.85
- Figure 22 :** Vue aérienne de l'étable ITELV utilisée pour l'essai.....90

Figure 23 : Vue de l'étable ITELV utilisée pour l'essai.....	90
Figure 24. Mesure du tour de poitrine avec le ruban mètre (RONDO®).....	92
Figure 25. Procédure du California Mastitis Test (CMT).	94
Figure 26. Grille d'interprétation des résultats du test CMT.	95

RESULTATS

Figure 27. Poids vif (kg) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	105
Figure 28. Evolution des poids vifs (kg) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	106
Figure 29. Notes d'état corporel des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	108
Figure 30. Evolution de l'état corporel des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	109
Figure 31. Evolution de la production laitière quotidienne (l/j/vache) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).....	111
Figure 32. Evolution de la production laitière (l/j/vache) moyenne durant chaque semaine des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).....	111
Figure 33. Production laitière journalière moyenne par semaine des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).	112
Figure 34. Taux butyreux (TB, %) du lait des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	114
Figure 35. Evolution du taux butyreux (TB, %) du lait entre le 7 ^{ème} et le 56 ^{ème} jours de lactation des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	114
Figure 36. Taux protéique (TP, %) du lait des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	116
Figure 37. Evolution du taux protéique (TP, %) du lait entre le 7 ^{ème} et le 56 ^{ème} jours de lactation des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	116
Figure 38. Glycémies (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49 pp}).	118

Figure 39. Evolution de la glycémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).	119
Figure 40. Cholestérolémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).....	121
Figure 41. Evolution de la cholestérolémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).	121.
Figure 42. Teneurs plasmatiques en lipides totaux (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp})	123
Figure 43. Evolution de la teneur plasmatique en lipides totaux (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).	124
Figure 44. Teneurs plasmatiques en triglycérides (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).....	126
Figure 45. Evolution de la teneur plasmatique en triglycérides (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).	127
Figure 46. Teneurs plasmatiques en protéines totales (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).....	129
Figure 47. Evolution de la teneur plasmatique en protéines totales (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).....	130
Figure 48. Teneurs plasmatiques de l'urée (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).	132
Figure 49. Evolution de l'urémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> durant la période allant de -14 jours avant le part (J ₀) jusqu'au 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i> (J _{49pp}).	133

DISCUSSION GENERALE

Figure 50. Diagramme schématique des interactions entre les probiotiques et la flore du rumen.....	142
---	------------

LISTE DES TABLEAUX

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Tableau 1. Besoins en énergie, matières azotées de la vache laitière.....	9
Tableau 2. Besoins nets journaliers des bovins en éléments majeurs.....	9
Tableau 3. Apports recommandés en oligoéléments et seuils de toxicité	9
Tableau 4. Besoins azotés quotidiens d'une vache laitière en fonction de son poids vif et de stade physiologique.....	12
Tableau 5. Principaux critères d'appréciation de l'état corporel des vaches laitières Prim'Holstein.....	18
Tableau 6. Exemples d'intervalles de référence de la glycémie en g/l proposés dans la littérature.....	28
Tableau 7. Exemples d'intervalles de référence du cholestérol sanguin en g/l proposés dans la littérature.....	29
Tableau 8. Exemples d'intervalle de référence des protéines sériques totales en g/l proposés dans la littérature.....	31
Tableau 9. Les principales bactéries du rumen.....	37
Tableau 10. Les micro-organismes considérés comme probiotiques.....	45
Tableau 11. Classification de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	46
Tableau 12. Caractéristiques des différents types de sources de levures.....	55
Tableau 13. Effet de la supplémentation en <i>S. cerevisiae</i> sur les performances des bovins d'engraissement.....	58
Tableau 14. Effets de la supplémentation alimentaire en <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la matière sèche ingérée (MSI), le poids vif (PV) et la production laitière (PL) des vaches laitières.....	60
Tableau 15. Effet de la supplémentation alimentaire en <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur les paramètres sanguins des ruminants.....	67
Tableau 16. Répartition de la population ruminale de protozoaires chez des béliers supplémentés en <i>S. cerevisiae</i>	72

MATERIELS & METHODES

Tableau 17. Production laitière à l'ITELV de Baba-Ali de 2004 à 2007.....	80
Tableau 18. Calendrier fourrager et disponibilité 2006-2007.....	81
Tableau 19. Caractéristiques des vaches laitières réparties dans le lot témoin et le lot supplémenté en levure probiotique.....	83
Tableau 20. Composition et caractéristiques de l'aliment concentré de base (VLB17).....	86
Tableau 21. Besoins d'entretien d'une VL de 500 Kg et Besoins de production d'1Kg de lait à 4% de matières grasses.....	87
Tableau 22. Valeurs énergétiques de la ration distribuée aux vaches tarées et en production	88

RESULTATS

Tableau 23. Caractéristiques du lot témoin et du lot supplémenté en levure probiotique à la répartition initiale après 2 semaines d'homogénéisation (n=10)	103
Tableau 24. Numéro de lactation, âge, poids vif et note d'état corporel moyens des 2 lots expérimentaux au démarrage de l'essai (n=8).	103
Tableau 25. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur le poids vif des vaches laitières en <i>peripartum</i>	105
Tableau 26. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur l'état corporel des vaches laitières en <i>peripartum</i>	108
Tableau 27. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la production laitière mesurée entre la 2 ^{ème} et la 8 ^{ème} semaine de lactation.....	112
Tableau 28. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur le taux butyreux du lait mesuré (en début de chaque semaine) de J ₇ à J ₅₆ <i>postpartum</i>	113
Tableau 29. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur le taux protéique du lait mesuré (en début de chaque semaine) de J ₇ à J ₅₆ <i>postpartum</i>	115
Tableau 30. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la glycémie des vaches laitières en <i>peripartum</i>	118
Tableau 31. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la cholestérolémie des vaches laitières en <i>peripartum</i>	120
Tableau 32. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la teneur plasmatique en lipides totaux des vaches laitières en <i>peripartum</i>	123
Tableau 33. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la teneur plasmatique en triglycérides des vaches laitières en <i>peripartum</i>	126
Tableau 34. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur la teneur plasmatiques en protéines totales des vaches laitières en <i>peripartum</i>	129
Tableau 35. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique <i>Saccharomyces cerevisiae</i> sur l'urémie des vaches laitières en <i>peripartum</i>	132

DISCUSSION GENERALE

Tableau 36. Valeurs usuelles de quelques paramètres biochimiques de la vache laitière	144
--	------------

LISTE DES ABREVIATIONS

AA : Acides Aminés	PDI : Protéines Digestibles dans l'Intestin
AGL : Acides Gras Libres	PDIA : Protéines Digestibles dans l'Intestin d'origine Alimentaire (g/kg)
AGNE : Acides Gras Non Estérifiés	PDIE : PDIA auxquelles sont ajoutées les protéines microbiennes digestibles dans l'intestin correspondant à l'énergie de l'aliment dégradé par la flore ruminale
BHB : β -hydroxybutyrate	PDIN : PDIA auxquelles sont ajoutées les protéines microbiennes digestibles dans l'intestin correspondant à l'azote de l'aliment dégradé par la flore ruminale
CI : Capacité d'Ingestion	PL : Production Laitière
CMT : California Mastitis Test	ppm : partie par million
CMV : Complément Minéral et Vitaminique	PTP : Protéines Totales Plasmatiques
CVMS : Consommation Volontaire de Matières Sèches	PV : Poids Vif
g/j : grammes par jour	SD : Déviation Standard
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique (France)	SE : Erreur Standard
ITELV : Institut Technique des Elevages	TB : Taux Butyreux
J₀ : jour initial de l'essai (début de la supplémentation)	TG : Triglycérides
J-14 : 14 jours avant la mise bas correspond au J ₀	TP : Taux Protéique
J_{35pp} : 35 ^{ème} jour <i>postpartum</i>	UE : Unité d'Encombrement
J_{49pp} : 49 ^{ème} jour <i>postpartum</i>	UEL : Unité d'Encombrement Lait
J_{Mb} : Jour de la mise bas	UFC : Unité Formant Colonie
kg : kilogramme	UFL : valeur énergétique nette exprimée en « Unité Fourragère Lait », définie par la quantité d'énergie nette pour la production laitière contenue dans un kilogramme d'orge de référence. 1UFL=1700 kcal.
l/j : litres par jour	VL : Vaches laitières
MAD : Matières Azotées Digestibles	
mg : milligramme	
mg/dl : milligramme par décilitre	
mmole/L : milli mole par litre	
MS : Matières Sèches	
MSI : Matières Sèches Ingérées	
n : effectif ou taille de l'échantillon	
NEC : Note d'Etat Corporel	

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre 1. Contraintes du <i>peripartum</i> de la vache laitière	4
I. La Capacité d'ingestion (Consommation volontaire de matière sèche)	4
I.1. Estimation de la consommation volontaire de matière sèche	5
I.2. Facteurs influençant la consommation volontaire de matière sèche.....	6
I.3. Régulation de la consommation volontaire de la matière sèche.....	7
II. Contraintes nutritionnelles autour du vêlage.....	7
II.1. Evolution de la CVMS autour du part	7
II.2. Evolution des besoins alimentaires de la vache laitière.....	8
II.3. Conséquences nutritionnelles	11
II.4. Couverture des besoins azotés.....	12
II.5. Couverture des besoins énergétiques.....	14
III. Evaluation du statut nutritionnel de la vache laitière autour du vêlage.....	17
III.1. La notation de l'état corporel.....	17
<i>III.1.1. Principe, méthode et intérêt de la notation de l'état corporel.....</i>	<i>17</i>
<i>III.1.2. Profil de l'état corporel autour du part chez la vache laitière.....</i>	<i>21</i>
<i>III.1.3. Facteurs de variation du profil de l'état corporel post-partum</i>	<i>23</i>
<i>III.1.4. Moments de l'évaluation de l'état corporel</i>	<i>24</i>
<i>III.1.5. Bilan : profil idéal de note d'état corporel de la vache laitière.....</i>	<i>25</i>
III.2. Le profil métabolique de la vache laitière.....	27
<i>III.2.1. Le glucose sanguin</i>	<i>27</i>
<i>III.2.2. Le cholestérol sanguin</i>	<i>29</i>
<i>III.2.3. Les triglycérides sanguins</i>	<i>30</i>
<i>III.2.4. Les protéines totales plasmatiques</i>	<i>31</i>
Chapitre 2. La flore du rumen : composition et rôles	33
I. Les protozoaires du rumen	34
II. Les champignons du rumen	35
III. Les bactéries du rumen	36
IV. Variations non pathologiques de la flore ruminale	40
V. Colonisation et Installation de la flore	41

Chapitre 3. Levures probiotiques:nouvelle alternative nutritionnelle du	
<i>peripartum</i> ?	43
I. Généralités sur les probiotiques	43
I.1. Définition	43
I.2. Les micro-organismes probiotiques.....	44
II. Etude de la levure <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	46
II.1. Définition et classification de <i>S. cerevisiae</i>	46
II.2. Structure et métabolisme de <i>S. cerevisiae</i>	47
II.3. Devenir de <i>S. cerevisiae</i> dans le tractus digestif	50
III. Effets et modes d'action de la levure chez les Monogastriques	51
III.1. Effet antidiarrhéique	51
III.2. Effet Immunoprotecteur.....	51
III.3. Modes d'action de <i>S. cerevisiae</i> chez les Monogastriques.....	52
III.3.1. Stimulation des disaccharidases de la bordure en brosse	52
III.3.2. Propriétés anti-adhésives de la levure	52
III.3.3. Stimulation de l'immunité par les levures	53
III.3.4. Inhibition de l'action des toxines	53
III.3.5. Antagonisme contre les micro-organismes pathogènes <i>in vivo</i>	54
IV. Effets et modes d'action de la levure chez les ruminants	55
IV.1. Effet de la supplémentation en levure sur la production des ruminants...55	
IV.1.1. Effet du probiotique chez le veau et le bovin d'engraissement....56	
IV.1.2. Effet du probiotique chez la vache laitière.....59	
IV.2. Effet de la supplémentation en levure sur les paramètres métaboliques..67	
IV.3. Effet de la supplémentation en <i>S. cerevisiae</i> dans le rumen	68
IV.3.1. Effet sur le pH ruminal et la concentration de lactate.....68	
IV.3.2. Effet de la levure sur la flore bactérienne du rumen.....70	
IV.3.3. Effet de la levure sur le nombre de protozoaires du rumen.....71	
IV.3.4. Effet de la levure sur la digestibilité des nutriments	72
IV.3.5. Effet de la levure sur le flux d'azote.....74	
IV.4. Modes d'action de <i>S. cerevisiae</i> dans le rumen	75

MATERIELS & METHODES

I. Objectif de l'étude.....	79
II. Lieu et période du déroulement de l'essai	79
III. Période pré-expérimentale.....	79
III.1. Commémoratifs de l'élevage	79
III.2. Bilan initial.....	82
III.3. Sélection des animaux et constitution des lots.....	82
III.4. Homogénéisation des animaux	84
IV. Période expérimentale	84
IV.1. Schéma expérimental	84
IV.2. Alimentation	86
IV.2.1. <i>Composition et calcul de la ration de base</i>	86
IV.2.2. <i>Modalités de la supplémentation en levure probiotique</i>	88
IV.2.3. <i>Abreuvement</i>	89
IV.3. Bâtiments d'élevage.....	89
V. Mesures réalisées.....	91
V.1. Mesure des performances zootechniques.....	91
V.1.1. <i>L'ingéré alimentaire</i>	91
V.1.2. <i>Notation de l'état corporel</i>	91
V.1.3. <i>Mesure du poids vif</i>	92
V.2. Mesure des paramètres de la production laitière.....	93
V.2.1. <i>Quantité de lait produite</i>	93
V.2.2. <i>Taux butyreux et taux protéique du lait</i>	93
V.2.3. <i>Application du test CMT</i>	94
V.3. Mesure de paramètres métaboliques sanguins	96
V.3.1. <i>Prélèvements de sang</i>	96
V.3.2. <i>Dosage de la teneur en glucose plasmatique</i>	97
V.3.3. <i>Dosage de la teneur en protéines totales plasmatiques</i>	97
V.3.4. <i>Dosage de la teneur en urée plasmatique</i>	98
V.3.5. <i>Dosage de la teneur en cholestérol plasmatique</i>	99
V.3.6. <i>Dosage de la teneur en lipides totaux plasmatiques</i>	99
V.3.7. <i>Dosage de la teneur en triglycérides plasmatiques</i>	100
VI. Méthodes statistiques	101

RESULTATS

I. Caractéristiques des animaux au démarrage de la période expérimentale.....	102
II. Effet du probiotique <i>S. cerevisiae</i> sur les performances zootechniques	104
II.1. Effet sur le poids vif.....	104
II.2. Effet sur l'état corporel.....	107
III. Effet du probiotique <i>S. cerevisiae</i> sur les paramètres de production laitière....	110
III.1. Effet sur la production laitière.....	110
III.2. Effet sur la composition du lait.....	113
III.2.1. Le taux butyreux (TB)	113
III.2.2. Le taux protéique (TP)	115
III.2.3. Résultats du test CMT.....	117
IV. Effet du probiotique <i>S. cerevisiae</i> sur les paramètres métaboliques	117
IV.1. Effet sur la glycémie.....	117
IV.2. Effet sur la teneur plasmatique en cholestérol.....	120
IV.3. Effet sur la teneur plasmatique en lipides totaux.....	122
IV.4. Effet sur la teneur plasmatique en triglycérides.....	125
IV.5. Effet sur la teneur plasmatique en protéines totales.....	128
IV.6. Effet sur la teneur plasmatique en urée.....	131
DISCUSSION GENERALE.....	134
CONCLUSIONS & PERSPECTIVES.....	148
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	149

ANNEXES

Introduction
Générale



Le cycle de production de la vache laitière repose sur le rythme théorique suivant : dix mois de lactation suivis de deux mois de tarissement. Ce cycle de production, correspondant à un cycle de reproduction d'un an, est caractérisé par l'obtention d'un veau par vache et par an. Au cours de ce cycle, les besoins de la vache laitière varient de façon importante et rapide, ces variations étant étroitement liées aux exportations de nutriments par le lait. L'alimentation doit couvrir à la fois les besoins d'entretien et de production afin de permettre au ruminant d'exprimer tout son potentiel génétique (Gadoud et al, 1992).

Une étape cruciale du cycle de production de la vache laitière coïncide avec le *peripartum* : période entourant le part, où s'articulent trois étapes physiologiques fondamentales : le **tarissement** dont l'objectif est de préparer la vache laitière au vêlage et à sa prochaine lactation, le **vêlage**, événement majeur du *peripartum* qui conditionne l'état de santé du veau nouveau né et l'importance de la production laitière suivante, et le **début de la lactation** qui constitue la période de production la plus importante. Durant ces trois phases, la vache laitière est soumise à des changements métaboliques, dus à l'importance même de la quantité de lait qu'elle produit, et à des bouleversements des organes abdominaux, consécutifs au développement d'un fœtus.

Pour atteindre l'objectif de production visé (un veau par vache et par an), il est primordial de limiter tout risque de problème aussi bien sanitaire que nutritionnel dans l'élevage. Or, l'alimentation de la vache autour du *peripartum* est au centre des problèmes sanitaires et zootechniques (Bareille et al, 2003). En effet, à cette période, les deux stades critiques du cycle de production de la vache se succèdent : le tarissement et le début de la lactation (Wolter, 1997).

Le bon déroulement du tarissement conditionne le bon démarrage de la lactation. Il permet, en outre, d'éviter le développement de nombreuses affections du *peripartum* (Wolter, 1997). Lors du tarissement, les besoins alimentaires sont quantitativement bas mais qualitativement hauts du fait de l'arrêt de la lactation et de la poursuite d'une gestation.

En début de lactation, les besoins alimentaires de la vache laitière augmentent fortement et rapidement (ils triplent en l'espace de deux semaines) alors que l'appétit



de l'animal ne croît que lentement et régulièrement pour atteindre son maximum seulement deux à quatre mois après le vêlage (Gadoud et al, 1992 ; Wolter, 1997 ; Enjalbert, 2003).

Par conséquent, un déficit énergétique est inévitable et le plus souvent aggravé s'il y a un déséquilibre de la ration pendant la période du tarissement (Gadoud et al, 1992). Un déficit énergétique trop important a des conséquences néfastes sur la production laitière des cent premiers jours (période durant laquelle la moitié de la production laitière totale se joue). En effet, les vaches mobilisent leurs réserves pour soutenir la production laitière ce qui leur fait perdre du poids. Cet amaigrissement est le plus souvent à l'origine de problèmes de fertilité et de désordres métaboliques ou infectieux du *postpartum* (Wolter, 1997).

La réduction maximale de cette perte de poids est l'objectif premier du rationnement en tenant compte de la capacité d'ingestion de la vache pendant la période du tarissement et le début de lactation.

La gestion alimentaire du *peripartum* de la vache laitière fait l'objet d'une recherche scientifique active, face à l'enjeu économique actuel : optimiser la production laitière de chaque animal.

Classiquement, la conduite alimentaire recommandée autour du vêlage repose sur la préparation de la vache en fin de gestation à la prochaine lactation. Cette période doit permettre une transition préparant les animaux au régime de début de lactation, afin d'éviter toute perturbation digestive ultérieure. Les fourrages sont distribués à volonté ; la quantité de concentré est augmentée pour accroître la densité énergétique de la ration (Gadoud et al, 1992).

Une nouvelle proposition qui émerge de la littérature consiste à incorporer des probiotiques dans la ration alimentaire de la phase de transition (Wallace, 1994). Les probiotiques sont des préparations microbiennes vivantes (bactéries, levures) utilisées comme additifs alimentaires ayant une action bénéfique sur l'animal hôte en améliorant l'équilibre de la flore digestive. Leur finalité serait de renforcer les performances zootechniques: appétit, vitesse de croissance, indice de consommation, et d'assurer une prévention des troubles digestifs (telles que les diarrhées) (Auclair, 2001). Chez les ruminants, particulièrement dans le cas des vaches laitières à haute



production en début de lactation, les levures vivantes activeraient l'ensemble de la digestion ruminale en interagissant avec la flore du rumen avec des répercussions positives sur l'appétit, l'efficacité alimentaire et la production laitière (Wallace, 1994).

En Algérie, la gestion alimentaire du *peripartum* n'est pas maîtrisée, soit par méconnaissance des principes de rationnement, soit par l'indisponibilité des ressources fourragères qui entraînent une sur-utilisation de l'aliment concentré engendrant un déséquilibre de la ration. L'emploi de probiotique pourrait être intéressant, dans ces conditions, pour pallier au déséquilibre de la ration et optimiser son utilisation.

L'objet de notre étude vise à préciser, dans nos conditions locales, l'impact des apports en levure probiotique, *Saccharomyces cerevisiae*, sur la productivité de la vache laitière en *peripartum*.

Une revue bibliographique détaillera, dans un premier temps, les contraintes nutritionnelles et métaboliques auxquelles sont soumises les vaches laitières en *peripartum*. Par la suite, nous présenterons brièvement, la composition et les rôles des hôtes du rumen (site d'action des probiotiques). Enfin, nous aborderons l'étude des levures *Saccharomyces cerevisiae* dont la complémentation alimentaire (objet de notre travail expérimental) constitue l'une des dernières propositions scientifiques en matière de nutrition des vaches laitières durant le *peripartum*.

Une seconde partie, nous permettra d'argumenter l'intérêt de la mise en place d'une complémentation alimentaire en levure probiotique chez la vache laitière en *peripartum* à partir d'une expérimentation menée dans un élevage laitier local. Nous y étudierons l'effet de la supplémentation en *S. cerevisiae* sur les paramètres zootechniques, la production laitière et le profil métabolique. Les méthodologies et les protocoles utilisés dans notre travail expérimental seront d'abord, globalement décrits puis les résultats seront présentés et discutés. Dans la conclusion générale, nous ferons le point des idées acquises au cours de cette étude et présenterons les perspectives qui en découlent.

*Etude
Bibliographique*



CHAPITRE 1.

Contraintes Du *Peripartum* De La Vache Laitière

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 qui induit des besoins importants. La disparité existant entre les besoins de ces deux moments crée des contraintes nutritionnelles auxquelles la vache laitière tente de faire face. Ces contraintes sont à la fois liées à l'évolution de la capacité d'ingestion (consommation volontaire de matière sèche) et aux conséquences de l'évolution des besoins alimentaires autour du vêlage.

I. La Capacité d'ingestion (Consommation Volontaire de Matière Sèche)

La consommation volontaire de matière sèche (CVMS), appelée aussi l'ingestibilité ou capacité d'ingestion, est la base de tout programme d'alimentation. Une production laitière élevée nécessite une plus grande consommation de nutriments (énergie, protéines, minéraux et vitamines). Il est donc essentiel de fournir la quantité nécessaire de nutriments pour la production laitière dans d'aliments que la vache pourra consommer chaque jour. En moyenne, une vache consomme 2,5 kg de matière sèche (MS) par 100 kg de PV soit 15 kg de MS pour un animal de 600 kg (Crapelet et Thibier, 1973).

La capacité d'ingestion de la vache et l'ingestibilité d'un fourrage sont exprimés en unité d'encombrement (UE) (Demarquelly et al, 1996)



I.1. Estimation de la consommation volontaire de matière sèche

La consommation volontaire de matière sèche est le facteur le plus important pour la production laitière, mais aussi le plus difficile à estimer. La complexité de son contrôle et sa nature extrêmement variable ont rendu difficile l'élaboration d'équations d'estimation. Quelques équations ont été publiées, mais très peu sont précises dans nos conditions, et ce, particulièrement en début de lactation. A cette période où les besoins sont les plus grands, la consommation peut être réduite jusqu'à 30 %. Dans les semaines qui suivent, la vache atteint son pic de lactation avant le pic de consommation (Figure 1). Dans l'intervalle, la vache utilise ses réserves corporelles pour combler l'écart entre les apports et les besoins. Il est donc essentiel d'estimer le plus correctement possible la CVMS pendant cette période afin de minimiser la perte d'état de corporel et de maximiser la production laitière.

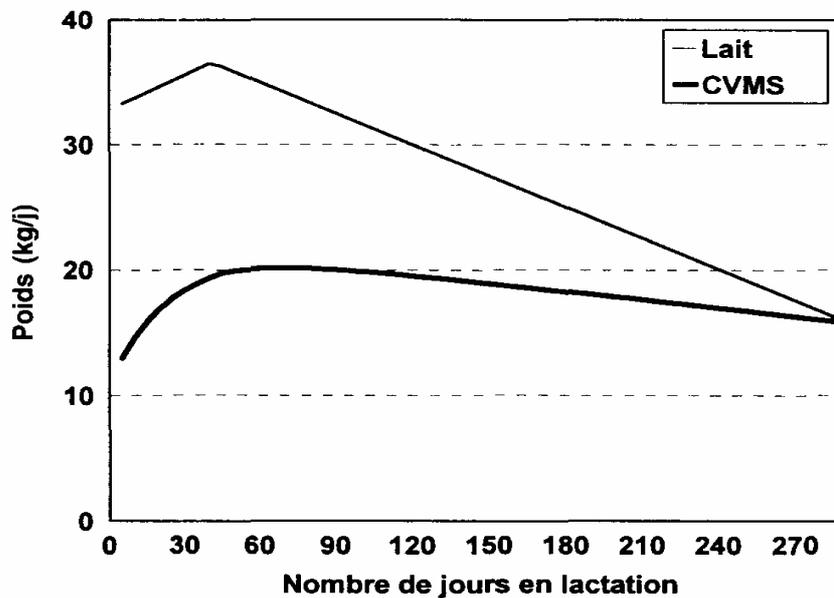


Figure 1. Courbe typique de CVMS et de production de lait selon le stade de lactation. Le pic de consommation n'est atteint que quelques semaines après le pic de lactation (Enjalbert, 2003).



I.2. Facteurs influençant la consommation volontaire de matière sèche

Les trois facteurs influençant le plus la consommation volontaire de matière sèche (CVMS) sont le poids vif de la vache, l'énergie utilisée pour la production laitière et la digestibilité de la ration.

Pour stimuler la CVMS, il suffit souvent de contrôler les facteurs qui normalement tendent à diminuer la consommation, tels que :

- **L'encombrement.** Chez les ruminants, la consommation volontaire est d'abord limitée par l'encombrement du rumen en rapport avec la vitesse de vidange des pré-estomacs qui dépend de la rapidité de réduction en petites particules ($\leq 0,45\text{mm}$) (Wolter, 1997).
- **La digestibilité des fourrages.** Les fourrages plus matures dont le contenu en fibre non digestible est plus élevé sont moins digestibles et seront consommés en moins grande quantité. Le stade physiologique optimal de l'herbe pour une consommation maximale d'éléments nutritifs se situe au stade montaison pour les graminées exploitées en pâturage et au stade de boutons floraux pour les légumineuses (Wolter, 1997). Il faudra donc s'assurer de réserver les meilleurs fourrages pour les vaches en début de lactation.
- **La fréquence de l'alimentation.** L'augmentation de la fréquence d'alimentation devrait créer un environnement ruminal plus stable et augmenter la CVMS, surtout lorsque les rations contiennent plus de 45 % de concentrés. En servant plusieurs repas par jour de moindre quantité, les vaches ont accès plus souvent à des aliments frais.
- **L'humidité de la ration totale.** Les rations acides et humides (au delà de 40 % d'humidité) peuvent diminuer la CVMS. Certains chercheurs croient cependant que c'est le type de fermentation plutôt que l'eau des aliments qui contribue à une diminution de la matière sèche. L'incorporation d'un peu de foin sec dans une ration totale mélangée très humide peut augmenter la CVMS.
- **La disponibilité de l'eau.** La production de lait demande une grande consommation d'eau. Des études ont montré qu'une restriction d'eau d'environ 50 % diminue la CVMS de 16 à 24% (Roseler et al, 1993).



- **Les changements de ration.** Tout changement brusque dans la ration, comme un changement de type de fourrages ou de concentrés très différents diminuera la CVMS. Ces effets peuvent être minimisés en faisant les changements de ration de façon plus graduelle, c'est-à-dire, échelonnés sur une à deux semaines.

I.3. Régulation de la consommation volontaire de la matière sèche

La consommation volontaire de la vache subit une double régulation d'abord volumétrique puis biochimique.

- **La régulation volumétrique** met en cause l'encombrement des pré-estomacs qui est directement lié à la densité énergétique des aliments fibreux et à leur lente dissolution ruminale quelque peu en relation inverse avec leur digestibilité (Wolter, 1997).
- **La régulation biochimique** intervient pour égaliser la prise énergétique aux besoins. En d'autres termes, c'est l'adaptation de l'ingestion aux besoins énergétiques (Serieys, 1997). Cet ajustement de la consommation volontaire en fonction des besoins énergétiques est commandé par le niveau de résorption des acides gras volatiles (Wolter, 1997).

II. Contraintes nutritionnelles autour du vêlage

II.1. Evolution de la CVMS autour du part

La consommation volontaire d'aliment évolue avec les besoins énergétiques de l'animal mais avec des décalages pendant la période sèche et le début de lactation. (Serieys, 1997)

Au tarissement, la CVMS a tendance à diminuer en raison de la réduction du volume du rumen suite au développement du fœtus et devient plus importante durant les toutes dernières semaines de gestation (Hoden et al, 1988). La CVMS varie donc dans un sens opposé à celui des besoins qui eux augmentent de façon exponentielle en fin de gestation avec le développement fœtal rapide. Les quantités ingérées par jour sont comprises entre 10 et 15 kg de MS (Serieys, 1997).



Au début de la lactation, la capacité d'ingestion augmente rapidement après le vêlage jusqu'à la 6^e semaine de lactation (95% du maximum) pour atteindre un plateau au cours du troisième - quatrième mois. Elle diminue ensuite régulièrement mais modérément (de l'ordre de 0,5 kg de MS/mois pour les primipares et de 1 kg pour les multipares) jusqu'au tarissement, pour représenter alors 80 à 85% du maximum (Gadoud et al, 1992). Cette augmentation de la capacité d'ingestion après le vêlage est insuffisante et ne peut pas faire face aux besoins de début de lactation. (Grimard, 2000).

Le retard de l'augmentation de la capacité d'ingestion par rapport à l'augmentation des besoins après le vêlage a deux origines principales : d'une part, le rumen et les autres compartiments digestifs mettent un certain temps à occuper la place rendue disponible par le fœtus et les annexes. D'autre part, la population microbienne doit s'adapter à une ration plus importante et plus riche en concentrés. Enfin, la capacité d'ingestion varie selon : le niveau de production ; le poids vif et le numéro de lactation (Enjalbert, 2003).

II.2. Evolution des besoins alimentaires de la vache laitière

Les besoins de la vache laitière sont d'ordre **énergétique** (exprimés en UFL: unité fourragère lait), **azotés** (exprimés MAD ou PDI: matières azotées digestibles ou protéines digestibles dans l'intestin), **minéraux majeurs**, **oligo-éléments** et **vitamines**.

Pour les besoins énergétiques et azotés, la vache laitière doit faire face à différentes dépenses qui s'expriment en besoins d'entretien, de croissance, de lactation, de gestation et aussi des besoins pour la reconstitution des ses réserves corporelles (Tableau 1).

Pour les minéraux (macro et oligoéléments) et vitamines, l'estimation des besoins est donnée successivement par les tableaux 2, et 3. La complémentation des vitamines et souvent associée a celle des minéraux, les vitamines D3 et E sont associée en complexe avec la vitamine A.



Tableau 1. Besoins en énergie, matières azotées de la vache laitière (INRA, 1988).

Vache de 600Kg	UFL	PDI (g)
Entretien	5,0	395*
Production Par kg de lait standard (à 40 g MG par litre)	0,44	48**
Gestation (par jour)		
7 ^{ème} mois	0,9	75
8 ^{ème} mois	1,6	135
9 ^{ème} mois	2,6	205

*Valeur arrondie à 400 dans la pratique ; ** Valeur arrondie à 50 dans la pratique

Tableau 2. Besoins nets journaliers des bovins en éléments majeurs (INRA, 1988).

Besoins	Ca	P	Mg	K	Na	Cl
Entretien (en g/100Kg PV)	2,5	1,8	0,3	5	1	3,5
Croissance (g/Kg de gain de poids)						
50-160Kg	15	8	0,4			
150-600Kg	13	7	0,4			
Plus de 600Kg	10	5	0,3			
Production laitière (g/Kg lait)	1,25	0,95	0,12	1,5	0,5	1,1
Gestation pendant les derniers mois (en g/l)	4-7	2-4	-	-	-	-

Tableau 3. Apports recommandés en oligoéléments et seuils de toxicité (mg/kg de MS de la ration) (INRA, 1988)

Eléments	Limite de carence	Apport recommandé	Limite de toxicité
Cuivre	7	10	30
Cobalt	0,7	0,1	10
Iode	0,15	0,2-0,8	8
Manganèse	45	50	1000
Zinc	45	50	250
Sélénium	0,1	0,1	0,5
Molybdène	-	-	3



Comme vu précédemment, au cours des derniers jours de gestation, l'appétit des vaches tend à diminuer : la quantité de matière sèche ingérée chute de 12-14 kg à des valeurs comprises entre 8 et 12 kg (Enjalbert, 2003). A l'inverse, les besoins liés à la gestation ainsi qu'à la préparation de la mamelle deviennent importants, ces derniers étant compris entre 1,5 et 2 UFL/jour (Figure 2).

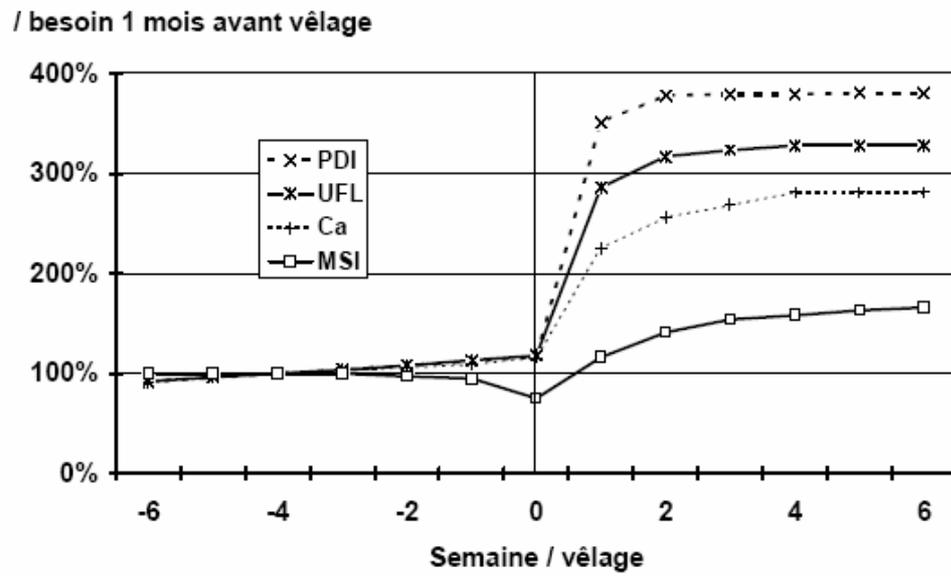


Figure 2. Evolution comparée de l'appétit et des besoins alimentaires autour du vêlage (Enjalbert, 2003)

Après le vêlage (comme présenté plus haut), l'appétit augmente mais beaucoup plus lentement que les besoins, les apports recommandés en énergie et en protéines triplant voire quadruplant dès la 2^{ème} semaine de lactation, soit bien avant le pic de lactation, tandis que l'appétit n'atteint son maximum que deux à quatre mois après le vêlage (Enjalbert, 2003).

La production laitière croît quotidiennement du vêlage au pic de lactation, vers 6 à 8 semaines *postpartum*. La vache présente un bilan énergétique négatif, s'accroissant de jour en jour, atteignant un maximum en valeur absolue vers 7 à 15 jours *postpartum*. Plus le déficit sera intense, plus il faudra de temps pour le combler (Enjalbert, 2003).



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 (Bareille et Bareille, 1995 ; Butler et Smith, 1989), ce qui autorise la reconstitution des réserves corporelles jusqu'au tarissement (Weaver, 1987).

II.3. Conséquences nutritionnelles

La balance énergétique peut être définie comme la différence entre l'énergie nette consommée et l'énergie nette requise pour l'entretien et la production. Elle est négative chez les vaches en début de lactation.

La couverture des besoins énergétiques chez les vaches laitières, particulièrement celles à fort potentiel, s'avère impossible en début de lactation, malgré l'utilisation de fourrages de qualité (impliquant l'obligation d'une transition progressive sur 2 à 3 semaines) et l'accroissement du pourcentage de concentrés, progressif également. En effet, les très bons fourrages dépassent rarement 0,9 UFL/kg MS et les concentrés énergétiques courants, comme les céréales, avoisinent 1,2 UFL/kg MS (Enjalbert, 2003).

La couverture des besoins protéiques et minéraux reste accessible et nécessaire, notamment par l'utilisation d'aliments riches en protéines, dépassant les 300 g de PDI/kg MS, et d'aliments minéraux à forte teneur en calcium et phosphore (Gadoud et al, 1992).

En lactation, un fourrage plus riche que celui utilisé pendant la période sèche, insuffisamment énergétique, doit être distribué (herbe jeune, ensilage de maïs, bon ensilage d'herbe, foin récolté précocement) (Enjalbert, 2003).

Pratiquement, la nécessité d'une transition alimentaire sur 2 à 3 semaines n'est guère réalisable étant donné l'étalement des vêlages sur plusieurs semaines, ce qui supposerait une distribution individuelle de la ration ou la mise en place de lots de vaches devant vêler dans les 3 semaines (Enjalbert, 2003).



Afin d'obtenir des densités énergétiques élevées, la quantité de concentrés doit être augmentée. Cette modification du substrat fermentaire entraîne au niveau ruminal une modification du profil de la flore bactérienne (flore amylolytique favorisée) ainsi que l'abaissement du pH ruminal par la production plus rapide d'acides gras et la diminution de la vitesse d'absorption, liée à une surface plus faible des papilles ruminales (Dirksen et al, 1985).

Le déséquilibre entre les différents types de flore doit donc être limité par une augmentation modérée de la quantité de concentrés, n'excédant pas 1 kg par semaine *antepartum* et 2 kg par semaine *postpartum* (Gadoud et al, 1992 ; Enjalbert, 2003)

II.4. Couverture des besoins azotés

L'apport recommandé en PDI lors du tarissement avoisine 50 g/kg MS, ce qui est facilement permis par la majorité des fourrages. Cet apport peut toutefois s'avérer insuffisant pour la couverture des besoins en azote dégradables de la flore du rumen, justifiant l'utilisation préférable d'apports plus élevés (75 à 85 g de PDI ou 120 g de MAT (Matières Azotées Totales) par kg MS) (Tableau 4).

Tableau 4. Besoins azotés quotidiens d'une vache laitière en fonction de son poids vif et de stade physiologique (INRA, 1988).

Entretien
$\text{PDI (g)} = 95 + (50 \times \text{XPV} / 100)$ <p>(PV: poids vif en Kg)</p>
Tarissement
7 ^{ème} mois de gestation : +75 gPDI 8 ^{ème} mois de gestation : +135 gPDI 9 ^{ème} mois de gestation : +205 gPDI
Production
Pour produire 1 Kg de lait : PDI (g) = 48



En début de lactation, contrairement aux réserves énergétiques, les réserves protéiques sont peu abondantes et dépendent peu du niveau de production laitière. Le muscle utérin fournit l'essentiel de ces réserves au cours de l'involution. La mobilisation des protéines musculaires squelettiques reste tolérable, sans toutefois dépasser un déficit PDI cumulé supérieur à 10 kg au cours du premier mois de lactation, ceci correspondant à environ 200 kg de lait. La faiblesse relative de cette valeur comparée au déficit énergétique toléré chez des vaches à haut potentiel est concevable.

Les apports recommandés sur les rations complètes proposent une teneur en PDI de 120 g/kg MS en début de lactation, contre 110 g/kg MS chez des vaches en milieu de lactation (Chenais et al, 1990). Lorsque le déficit azoté concerne l'apport en PDI, c'est-à-dire un manque d'acides aminés absorbés, en début de lactation, une diminution de la production laitière est observée et est expliquée par une moindre utilisation des réserves énergétiques. Ce déficit est rare durant le tarissement (Enjalbert, 2003).

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. Rare en début de lactation, ce déficit s'observe davantage pour des rations de tarissement où les fourrages sont très déficitaires en azote dégradable. La flore ruminale tolérant alors moins facilement un changement rapide de transition, la moindre capacité d'ingestion en début de lactation entraîne alors une moindre production laitière (Chew et al, 1984 ; Greenfield et al, 2000).

L'utilisation de rations trop riches en azote constitue un autre écueil. Le plus fréquemment, un excès d'azote dégradable (apport PDIN supérieur à l'apport PDIE) est observé, notamment par l'apport de tourteaux, riches en PDI et contenant davantage de PDIN que de PDIE. L'excès d'azote dégradable entraîne d'une part une sollicitation supplémentaire du foie : outre la néoglucogenèse importante en *postpartum* et une éventuelle stéatose, l'ammoniac absorbé au niveau ruminal active les processus hépatiques de détoxification. D'autre part, la transformation de l'ammoniac en urée est coûteuse en énergie, ce qui n'est pas souhaitable en période de déficit énergétique.



Une alternative, permettant d'accroître le niveau azoté de la ration en limitant un excès d'azote dégradable, passe par l'utilisation de protéines protégées sous forme de tourteaux tannés. Ce type de ration présente également l'intérêt d'optimiser le pic de lactation, mais peut avoir des conséquences secondairement sur le déficit énergétique, et donc sur le risque d'apparition de cétose, la stimulation de la production n'étant pas compensée par une augmentation de l'appétit (Enjalbert, 2003).

II.5. Couverture des besoins énergétiques

Les déficits sont compensés par une mobilisation de réserves contenues dans le tissu adipeux, sous le contrôle de l'hormone de croissance, responsable de l'homéorhèse en faveur du tissu mammaire, priorité donnée à la mamelle pour l'obtention de nutriments disponibles. L'insuline, hormone de l'homéostasie, s'oppose à cette lipomobilisation (Figure 3).

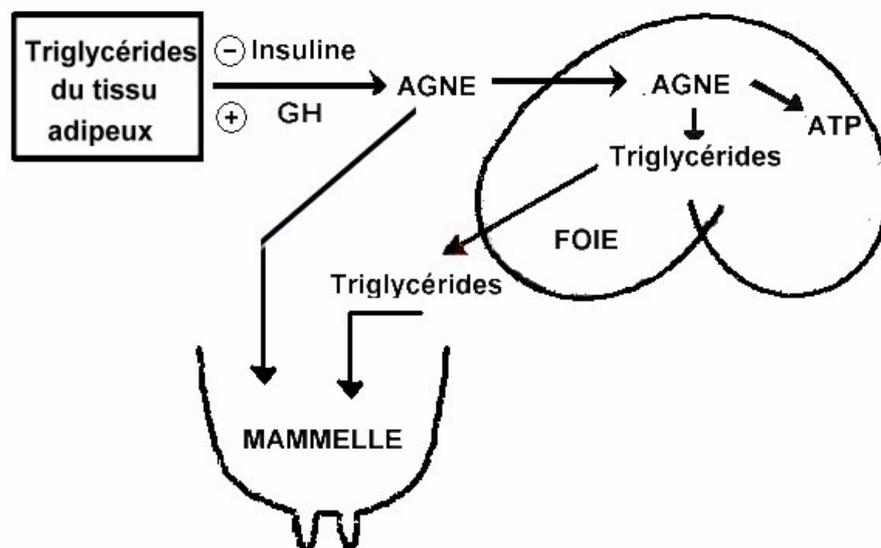


Figure 3. Modalités et contrôle hormonal de la mobilisation des réserves énergétiques en début de lactation (Enjalbert, 2003)

En début de lactation, les vaches hautes productrices se caractérisent par un rapport plasmatique GH/insuline très élevé. Les triglycérides produits par le foie à partir des AGNE fournissent des acides gras au tissu mammaire, ceci expliquant les



taux butyreux élevés observés chez des vaches en cours d'amaigrissement. Une vache à haut potentiel et possédant des réserves peut, dans des conditions normales, perdre plus de 40 à 50 kg de réserves adipeuses, correspondant à la production de 400 à 500 kg de lait (Chilliard et al, 1987). Cet amaigrissement cesse normalement vers 6 à 8 semaines de lactation environ.

L'appétit un peu supérieur des vaches maigres, comparativement aux vaches grasses, ne compense pas le déficit d'énergie dû aux réserves insuffisantes. La production laitière au cours des premiers mois de lactation, aussi bien chez les primipares que chez les multipares, se trouve affectée par la note d'état corporel au vêlage, diminuant sensiblement lorsque la note d'état corporel est inférieure à 3, sur une échelle de 0 à 5 (Waltner et al, 1993).

D'autre part, les réserves peuvent être exagérément mobilisées lors de déficit énergétique marqué favorisé par une forte production laitière et un état d'engraissement excessif (Chilliard et al, 1987), lesquels étant liés. Cet excès de mobilisation énergétique prédispose à des pathologies métaboliques (cétose et stéatose). La cétose, même subclinique, entraîne un écrêtement du pic de production laitière, sans rattrapage complet ultérieur (Gustaffson et al, 1993). Une affection intercurrente (métrite, mammite, fièvre vitulaire) favorise également la baisse de l'appétit *postpartum*. Un déficit énergétique trop élevé peut également être lié à la nature de la ration, à un niveau de consommation insuffisant ou à une mauvaise utilisation des aliments par les animaux (Enjalbert, 2003).

Dans les troupeaux laitiers, la distribution de quantités élevées de suppléments de protéines protégées (sous forme de tourteaux tannés en général) stimule la mobilisation des réserves corporelles, et la production laitière mais induit un accroissement du déficit énergétique (Enjalbert, 2003).

Une mauvaise consommation de la ration peut être liée à son mode de distribution. Il est impératif que les vaches puissent consommer à volonté les fourrages ou le mélange fourrages/concentrés en ration complète ou semi complète. Les compétitions entre animaux lorsque les auges sont trop courtes alors que la quantité de fourrage distribuée est limitée, ou lors de consommation en libre service



au silo, peuvent être préjudiciables à certains animaux, en particulier aux primipares. En dehors des problèmes liés au mode de distribution des aliments, les vaches grasses ont un appétit moindre que les vaches en état corporel moyen.

L'efficacité de la digestion d'une ration peut enfin être affectée par le mauvais équilibre des rations. Deux cas fréquents peuvent être mis en avant :

- le déficit d'azote dégradable pour la flore du rumen, qui peut s'apprécier par le rapport (PDIE -PDIN) / UFL de la ration (qui ne doit pas dépasser 4 sur des vaches en lactation), ou par une faible teneur en urée du sang ou du lait. Il y a alors une carence en azote pour la flore du rumen. La digestion des fourrages se fait moins vite (d'où une moindre consommation), et moins complètement (d'où une faible valorisation de l'énergie de la ration) (Enjalbert, 2003).
- l'acidose chronique, le plus souvent due à un défaut de transition alimentaire en début de lactation. Le passage brutal de la ration de tarissement à la ration de lactation se traduit par une modification rapide du rapport fourrages / concentrés, et souvent par une modification de la nature des fourrages. Ici encore, la flore est très sensible à cette anomalie, avec sur l'efficacité de la ration les mêmes conséquences qu'un déficit d'azote dégradable (Enjalbert, 2003).

Il est donc habituellement recherché, pour les vaches en début de lactation, une densité énergétique voisine de 0,95 UFL/kg MS. Les rations riches en énergie distribuées à volonté sont à éviter pendant le tarissement, sauf si l'état corporel en fin de lactation précédente laisse à désirer, ceci afin de limiter une prise de poids excessive prédisposant ultérieurement à un fort amaigrissement (Enjalbert, 2003).

Le contrôle du déficit énergétique *postpartum* doit commencer avant le vêlage, par l'utilisation de fourrages riches et/ou par l'introduction de concentrés dans la ration. Il s'agit de trouver un compromis entre une évolution trop rapide de la ration (prédisposant à l'acidose) et une insuffisance d'apports pouvant conduire à l'apparition d'une cétose primaire. La connaissance du statut nutritionnel des animaux permet d'appréhender l'importance du déficit à *posteriori*.



III. Evaluation du statut nutritionnel de la vache laitière autour du vêlage

Pour apprécier le statut nutritionnel de la vache laitière, il est nécessaire de connaître :

- la **valeur de la ration**, estimée à partir de tables ou par analyse chimique,
- les **quantités d'aliments distribués**, fourrages et concentrés,
- les **quantités d'aliments effectivement ingérées** par l'animal, variables notamment suivant son stade physiologique et sa place dans la hiérarchie du troupeau,
- la **digestibilité de la ration**, fonction de son état de conservation, de sa fibrosité et des éventuels traitements nécessaires à sa fabrication.

III.1. La notation de l'état corporel

La notation de l'état corporel permet d'apprécier indirectement le statut énergétique d'un animal, par l'évaluation de son état d'engraissement superficiel. Cette méthode, couramment employée, à l'avantage d'être peu coûteuse en investissement et en temps. Sa fiabilité reste supérieure à celle de la pesée de l'animal, sujette à des variations suivant le poids des réservoirs digestifs et de l'utérus, mais aussi la production laitière (Ferguson, 2002).

Ainsi, la notation de l'état corporel apparaît comme un moyen intéressant pour l'estimation de la quantité d'énergie métabolisable, stockée dans la graisse et les muscles, et de la mobilisation des réserves tissulaires (Edmonson et al, 1989). Elle est de plus en plus utilisée dans les exploitations bovines pour contrôler l'adéquation entre les apports et les besoins nutritionnels.

III.1.1. Principe, méthode et intérêt de la notation de l'état corporel

La note d'état corporel est attribuée à l'animal sur la base de l'apparence des tissus recouvrant des proéminences osseuses des régions lombaire et caudale. Plus précisément, les zones anatomiques évaluées comprennent les processus transverses et épineux des vertèbres lombaires, les tubérosités iliaques (pointe de la hanche) et ischiatiques (pointe de la fesse), le détroit caudal, la base de la queue et la ligne du dos. La couverture tissulaire peut être estimée par la palpation et/ou



l'inspection visuelle (Ferguson et al, 1994). Selon une grille de notation établie par l'Institut Technique de l'Elevage Bovin (Bazin, 1984), chaque critère anatomique se voit attribuer par un observateur une note de 0 à 5, la note globale correspondant à la moyenne de 6 notes (avec une précision de 0,5 point), de 0 pour vache cachectique à 5 pour vache très grasse (Tableau 5).

Tableau 5. Principaux critères d'appréciation de l'état corporel des vaches laitières Prim'Holstein (d'après BAZIN, 1984).

Note	Note arrière				Note de flanc	
	Pointe des fesses	Ligament sacro-tubéral	Détroit caudal	Epine dorsale	Pointe de la hanche	Apophyses vertébrales
5	Invisible	Invisible	Comblé	Invisible (dos plat)		
4	Peu visible	Peu visible	Presque comblé	A peine visible		Epineuses repérables
3	Couverte	Bien visible	Limites planes	Visible, couverte		Epineuses visibles
2	Non couverte	Légèrement couvert	Légèrement creusé	Ligne marquée	Crête invisible	Transverses à angle vif
1		En lame	Profond	Ligne irrégulière	Crête visible	Transverses séparées
0		Très saillant	Très creusé	Corps vertébral apparent		

D'autres échelles de score existent. Ainsi, outre-atlantique, le système de notation le plus communément utilisé s'étale de 1 à 5 points : 1 pour vache cachectique, 2 pour maigre, 3 pour moyenne, 4 pour grasse et 5 pour très grasse, avec une précision de 0,25 unité (**Figure 4**). Des formules permettant la conversion d'une échelle à l'autre ont été établies (Ferguson et al, 1994).



	SCORE	Processus épineux 1	Région entre les 2 types de processus 2	Processus transverses 3	Creux du flanc 4	Pointes des hanches et des fesses 5	Entre les 2 tubérosités 6	Entre les pointes des hanches 7	Entre la base de la queue et les fesses 8
Défaut de condition sévère	1,00	processus distincts (en dents de scie)			profond	très saillantes	dépression sévère	profonde cavité en "V" sous la queue	
	1,25			très proéminents, >1/2 longueur visible					
	1,50								
Ossature bien visible	1,75								
	2,00	processus bien individualisés	dépression évidente	entre 1/3 et 1/2 de la longueur visible	marqué	proéminentes	très creux	cavité en "U" sous la queue	
	2,25						dépression marquée		
Ossature et dépôts équilibrés	2,50	ligne du dos acérée, proéminente		1/3 à 1/4 de la longueur visible			mince couverture adipeuse		
	2,75		légèrement concave	1/4 visible				discrette cavité sous la queue	
	3,00								
Ossature moins apparente que les dépôts	3,25		en pente douce	Processus non individualisables					
	3,50	ligne aplatie, processus épineux peu évidents	quasi-plat	Bord lisse		arrondies	en pente	proéminences osseuses entourées de graisse	
	3,75								
Embonpoint sévère	4,00	plate, processus indiscernables				enfouies sous la graisse	plat	os enfouis sous la graisse	
	4,25								
	4,50		arrondi (convexe)		saillant				
	4,75								
	5,00								

Figure 4. Diagramme de notation d'état corporel pour les vaches Prim'Holstein (adaptée de Edmonson et al, 1989).



D'une manière générale, l'évaluation de l'état corporel est basée sur l'examen visuel et/ou par palpation : de la région caudale d'une part (base de la queue et ischiurns) ; et de la région lombaire d'autre part (apophyses épineuses et transverses des vertèbres lombaires et iliums). La longueur et l'aspect du poil pouvant être différents selon les individus, la palpation manuelle des deux régions, avec la même main, permet habituellement de réaliser une meilleure estimation que la simple inspection visuelle (Hansen, 2000). La quantité de « couverture » adipeuse permet d'attribuer une note qui, en général, varie de 1 à 5. La vache extrêmement maigre reçoit une note de 1, et la vache extrêmement grasse (obèse) reçoit une note de 5 (Edmonson et al, 1989).

L'intérêt initial de la notation de l'état corporel est l'estimation du statut énergétique de l'animal. Bien que subjective, cette méthode peut toutefois être corrélée à d'autres mesures, objectives celles-ci, comme le poids vif ou la composition des tissus corporels. La note d'état corporel reflète l'épaisseur de la graisse sous-cutanée (Edmonson et al, 1989). Une corrélation positive a également été démontrée entre la note d'état corporel chez la vache et la lipomobilisation (Domecq et al, 1997b), mais aussi avec la balance énergétique négative cumulée (Domecq et al, 1997a). Une variation d'un point de la note d'état corporel représente environ 56 kg de variation de poids corporel et 400 Mcal d'énergie nette, sur une échelle de score de 1 à 5 (Ferguson, 2001).

Par ailleurs, la notation de l'état corporel apparaît comme une méthode répétable mais également reproductible : une corrélation de 82 % entre les notes attribuées à un animal par le même observateur, et une corrélation de 79 % entre les notes accordées par les observateurs lors d'un même test ont été rapportées (Agabriel et al, 1986). Environ 90 % des notations entre 2 observateurs ne diffèrent que de 0,25 point (Ferguson et al, 1994). D'autre part, il semble que l'utilisation de grilles sous forme de diagramme permet à un observateur débutant d'évaluer la note d'état corporel avec la même précision qu'un initié (Edmonson et al, 1989).

En lactation comme en période de tarissement, la notation de l'état corporel à des intervalles réguliers de 30 jours constitue une bonne méthode pour appréhender et détecter les changements de la condition corporelle au cours de ces 2 périodes, de



façon significative et précise (Hady et al, 1994), ce qui illustre l'intérêt pratique d'une telle méthode.

La notation de l'état corporel constitue également un outil diagnostique intéressant dans l'évaluation de l'adéquation entre les apports et les besoins d'énergie. D'une part, l'observation et le suivi de l'état corporel d'un troupeau au cours de la lactation permettent, une meilleure gestion de la conduite alimentaire, notamment par une correction de la ration si nécessaire. D'autre part, la note d'état elle-même ou ses variations sont associées à des troubles sanitaires nombreux comme des boiteries, des troubles métaboliques (cétose, fièvre de lait) et de nombreux troubles de la reproduction : métrites, kystes ovariens, dystocies, rétentions placentaires et baisse de fertilité (Ferguson, 2002).

Finalement, la notation de l'état corporel constitue un outil de terrain efficace, fiable, rapide et peu coûteux, permettant à l'éleveur, au technicien ou au vétérinaire d'évaluer les réserves lipidiques de l'animal, reflet de son statut énergétique à un moment donné, mais aussi, par l'obtention de profils d'état corporel, une approche dynamique des variations de la balance énergétique.

III.1.2. Profil de l'état corporel autour du part chez la vache laitière

Au cours du *postpartum*, l'état corporel de la vache laitière suit une évolution caractérisée par 2 grandes phases : l'une comprise entre le vêlage et le 60^{ème} jour de lactation, l'autre au-delà du 60^{ème} jour de lactation (Figure 5).

➤ **Au cours de la première phase**, une diminution significative de l'état corporel est observée avec une valeur moyenne diminuant de 2,8 à 2,5 points durant les 60 premiers jours de lactation (Drame et al, 1999 ; Edmonson et al, 1989 ; Ferguson et al, 1994). 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). Elle se traduit par la réduction de l'épaisseur de la graisse sous-cutanée et du diamètre des adipocytes liée à la lyse des triglycérides. Elle s'accompagne d'une augmentation de la teneur plasmatique en acides gras qui atteint son pic vers le 15^{ème} jour du



postpartum. Cette augmentation reflète la lipolyse et la mobilisation des réserves adipeuses pour assurer les dépenses énergétiques de l'animal. Les raisons de la mobilisation des réserves graisseuses et donc de la diminution de l'état corporel observée en début de lactation sont liées à la balance énergétique négative. La production laitière moyenne augmente après le vêlage pour atteindre un pic dans les 4 à 8 premières semaines de lactation, tandis que la consommation alimentaire est maximale entre la 12^{ème} et la 15^{ème} semaine : la prise d'énergie reste plus faible que la quantité d'énergie nécessaire à la production laitière. En compensation de ce déficit, la vache utilise ses réserves de graisse.

➤ **La seconde phase** observée sur la courbe d'état corporel se situe au-delà du 60^{ème} jour *postpartum*, avec une augmentation significative de 2,5 à 3,4 points (Drame et al, 1999 ; Waltner et al, 1993). Celle-ci traduit la reconstitution des réserves énergétiques de l'animal, liée au rétablissement de sa capacité d'ingestion de matière sèche ainsi qu'à l'activation de la lipogenèse au détriment de la lipolyse qui diminue. Les excédents de nutriments absorbés seront ainsi stockés dans les tissus de réserve, à l'origine d'une augmentation de la note d'état corporel. A la fin de la lactation, la note d'état corporel redevient égale à celle du vêlage (Waltner et al, 1993).

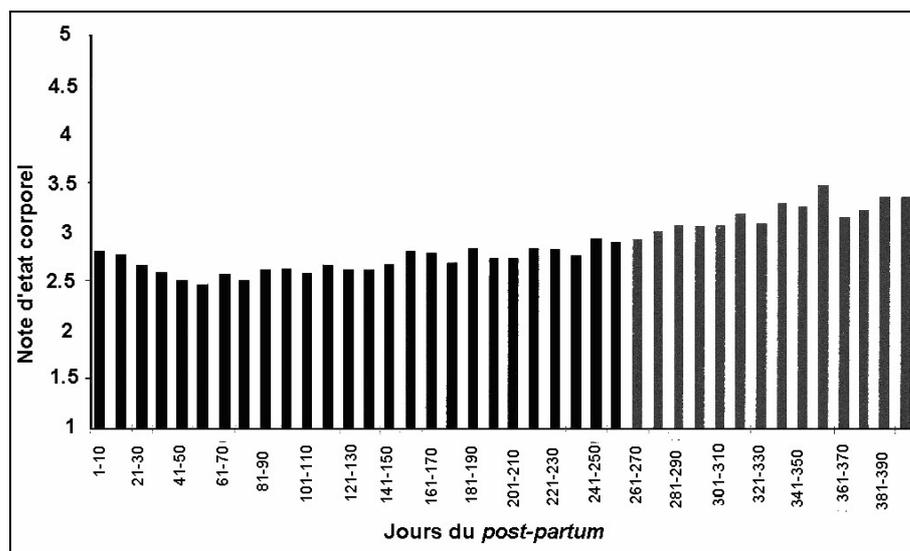


Figure 5. Evolution de l'état corporel moyen au cours du *post-partum* chez les vaches laitières (Drame et al, 1999).



III.1.3. Facteurs de variation du profil de l'état corporel post-partum

➤ **Influence de l'état d'engraissement.** Le degré d'utilisation des réserves est significativement corrélé au niveau d'engraissement de l'animal au moment de son vêlage. Ainsi, les vaches vêlant avec un état gras présentent une perte d'état corporel excessive, supérieure à un point (1,36 selon Drame et al, 1999), tandis que celle-ci se limite à 0,56 et 0,06 respectivement chez les vaches normales et maigres (Figure 6).

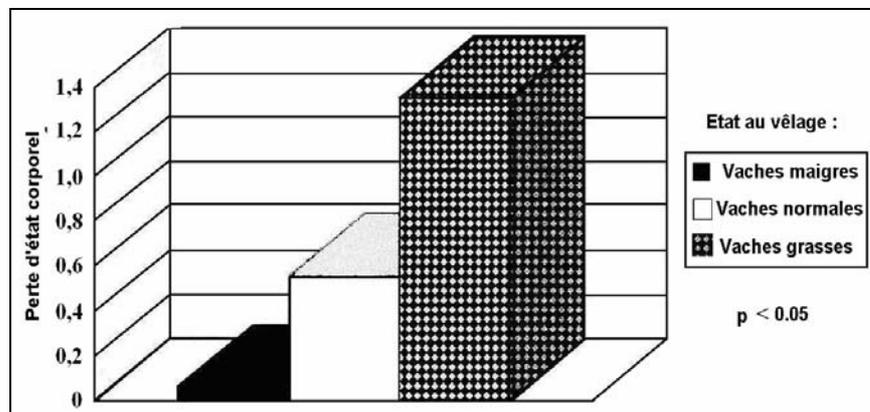


Figure 6. Perte d'état corporel au cours des 60 premiers jours de lactation chez les vaches maigres, normales et grasses au moment du vêlage (Drame et al, 1999)

➤ **Influence de la parité.** Les vaches primipares et celles en deuxième lactation atteignent leur niveau d'état corporel le plus bas au 2^{ème} mois suivant le vêlage. La note d'état la plus basse est atteinte au 4^{ème} mois *postpartum* chez les vaches en 3^{ème} et 4^{ème} lactation (Waltner et al, 1993). La perte d'état *postpartum* augmente avec la parité, passant de 0,3 point en moyenne chez les primipares à 0,9 point pour les vaches à 4 lactations ou plus (Waltner et al, 1993). D'autres travaux n'ont toutefois pas pu conclure à l'existence de différence significative portant sur la parité (Drame et al, 1999).



➤ **Influence de la saison du vêlage.** Un effet significatif de la saison du vêlage a été observé sur le profil de l'état corporel au cours du *postpartum* (Drame et al, 1999). Les vaches vêlant en période de pâturage présentent un état corporel moyen significativement plus élevé que les vaches vêlant en stabulation. Le rôle des conditions de stabulation et d'une diminution qualitative et quantitative des fourrages distribués en hiver est évoqué. D'autres auteurs n'ont toutefois pas montré de variation significative de l'état corporel liée aux saisons (Jones et al, 1982).

➤ **Influence du niveau de la production laitière.** Il est souvent admis que, pour les vaches laitières à fort potentiel de production, la quantité des graisses corporelles disponibles au vêlage est positivement corrélée au niveau de la production laitière en début de lactation. Waltner et al (1993) déterminent qu'une augmentation de la note d'état au vêlage de 2 à 3 points correspond à 322 kg supplémentaires de lait produit au cours des 90 premiers jours de lactation. Cette croissance est moins forte (+33 kg) lorsque l'on passe de 3 à 4 points. Au delà, un point de note d'état correspond à une diminution de production de 223 kg. Ainsi, les réserves adipeuses de la femelle au vêlage peuvent être un facteur limitant de la capacité à exprimer le potentiel laitier chez des vaches aptes à produire plus de 9000 kg de lait standard en 305 jours de lactation. Pour les mêmes auteurs, le niveau de la production laitière est davantage lié à l'utilisation des réserves de graisse corporelles en début de lactation qu'à leur niveau au vêlage. Ainsi, une perte de note d'état corporel n'excédant pas 1,5 point à 120 jours de lactation est associée à une augmentation de la production laitière. Au delà de 1,5 point de perte, une diminution de la production comparativement au potentiel laitier est constatée (Waltner et al, 1993).

III.1.4. Moments de l'évaluation de l'état corporel

Compte tenu des variations que subissent les réserves corporelles de la vache laitière au cours du cycle de lactation, l'état corporel doit idéalement être évalué à cinq reprises (Hansen, 2000). :



1/ Au moment du vêlage. L'obtention d'un état corporel optimal au moment du vêlage doit constituer un objectif prioritaire pour l'éleveur de vache laitière. Des valeurs comprises entre 2,5 et 3,5 et entre 3,0 et 4,0 ont été recommandées respectivement pour les primipares et les pluripares.

2/ Au début de la lactation. C'est-à-dire lors du contrôle d'involution utérine (J20 – J40 PP) voire lors de la première insémination (J45 – J60). Des valeurs comprises entre 2,0 et 2,5 chez les primipares et entre 2,0 et 3,0 chez les pluripares ont été recommandées. Au cours de cette période, la vache laitière perd 0,5 à 1kg de poids corporel par jour. Ses réserves devraient lui permettre d'assurer 33% de la production du premier mois de la lactation. Il en résulte une diminution de 1,0 à 1,5 unités de la valeur de l'état corporel, perte qui doit être considérée comme maximale.

3/ Au milieu de la lactation. Le moment de cette évaluation correspond habituellement à celui de la confirmation de la gestation 120 à 150 jours après le vêlage. L'état corporel doit être compris entre 2,5 et 3,0.

4/ A la fin de la lactation, 100 à 60 jours avant le tarissement, l'état corporel doit être compris entre 3,0 et 3,5. L'évaluation des animaux à cette période est importante car elle permet à l'éleveur d'ajuster préventivement l'état corporel des animaux en vue du tarissement.

5/ Au moment du tarissement. L'état d'embonpoint doit être compris entre 3,0 et 4,0 c'est-à-dire comparable aux valeurs observées au moment du vêlage. Il faut éviter qu'au cours de cette période, les vaches tarées ne perdent ou ne gagnent du poids de manière excessive.

III.1.5. Bilan : profil idéal de note d'état corporel de la vache laitière

Le profil idéal de note d'état corporel s'inscrit entre deux courbes limites (Figure 7). Sa description sur un cycle de production permet de mettre en exergue cinq étapes importantes :



1. Au vêlage, la note d'état optimale devrait avoisiner les 3,5-4,0 pour les multipares (enlever 1 point environ pour une vache primipare) ;
2. En début de lactation, la perte d'état doit être inférieure à 1 point ;
3. La valeur minimale de la note d'état doit être acquise entre le 2^{ème} et le 4^{ème} mois *postpartum* ;
4. La reprise d'état progressive en milieu puis en fin de lactation doit permettre d'aboutir à une note comprise entre 3,5 et 4,0 ;
5. La période du tarissement correspond à une période de stabilisation de la note d'état, éventuellement à une reprise d'état pour les vaches encore trop maigres.

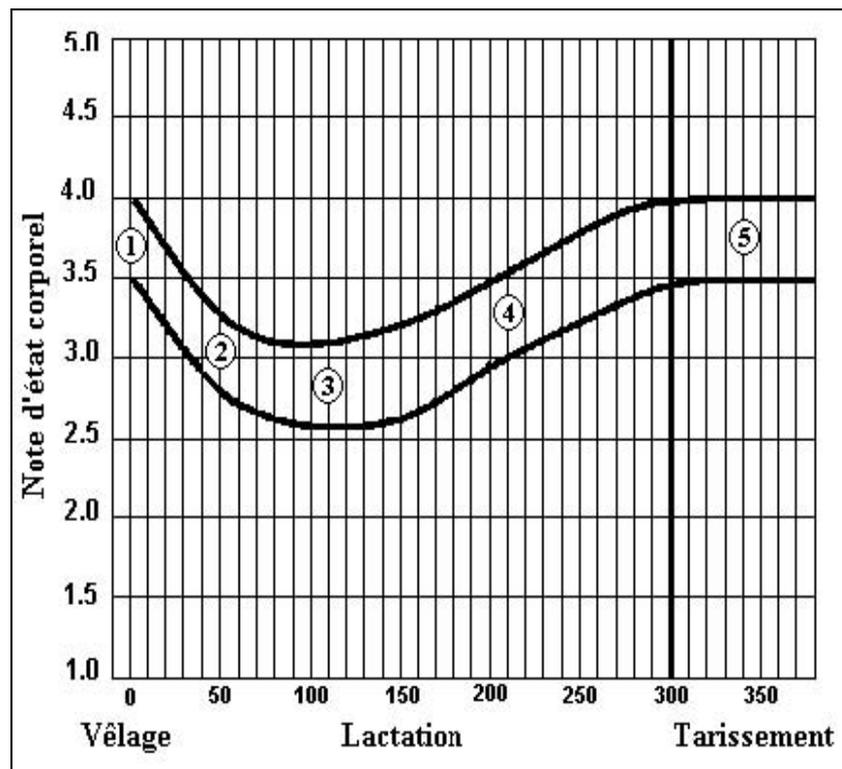


Figure 7. Grille de profil de note d'état corporel et représentation des valeurs idéales pour une vache laitière multipare (d'après Rodenburg, 1992)



III.2. Le profil métabolique de la vache laitière

L'exploration des paramètres biochimique de l'animal permet de situer son état nutritionnel (Whitaker; 2004). Ainsi, le test de profil métabolique fournit des informations utiles montrant la présence d'une balance énergétique pauvre avant le vêlage (Whitaker, 2004).

Le profil métabolique peut être utilisé en parallèle avec d'autres méthodes traditionnelles pour contrôler le statut nutritionnel des vaches laitières, telles que l'estimation diététique, l'analyse fourragère, la notation d'état corporel et l'examen de la qualité de lait. Il présente l'avantage d'être plus rapide que les autres méthodes (Macrae et al, 2005). Toutefois, il faudra considérer avec précaution les variations liées à l'origine du troupeau, à la production laitière, au stade de lactation, à la saison de l'année et à l'ingestion des nutriments. La détermination du profil métabolique de la vache en début de lactation est cruciale car les changements survenants pendant les premières semaines *postpartum* auront une grande influence sur sa productivité ultérieure (Whitaker, 2004).

Plusieurs études ont porté sur l'évaluation de l'état nutritionnel en période transitoire en utilisant le profil métabolique. Les paramètres évalués sont le plus souvent: le glucose (Lebeda, 1983 ; Reist et al, 2002), le cholestérol, le BHB (β -hydroxybutyrate) (Westwood et al, 2002), l'urée, les protéines (Mohebfani et al, 2005), les AGNE (acides gras non estérifié) (Adewuyi et al, 2005), et les triglycérides (Vandehaar et al, 1999).

III.2.1. Le glucose sanguin

Chez les bovins, 93 % du glucose utilisé par l'organisme est obtenu par néoglucogenèse dont 85 % à partir du foie (Brugere-Picoux, 1995). Le glucose sanguin est produit par le foie à partir du propionate, le lactate et certains acides aminés. Cependant, en cas d'excès de concentrés riches en amidon dans la ration alimentaire, une partie de ce dernier peut atteindre l'intestin et le glucose formé à partir de la digestion intestinale de l'amidon est absorbé et transporté au foie (Wattiaux et Armontano, 2003).



Le glucose plasmatique dépend du métabolisme des hydrates de carbone (Kerr, 2002). Sa concentration est régulée par des hormones telles que l'insuline, le glucagon, le cortisol et l'adrénaline. Le foie et les tissus adipeux sont responsables du processus d'ajustement métabolique de la glycémie. A l'état physiologique, la glycémie chez les bovins est relativement basse. Elle semble également plus variable que chez les Monogastriques (Tableau 6). De nombreux facteurs interviennent sur la concentration en glucose sanguin, tels que le stress, le jeûne, le stade de lactation et l'état d'engraissement. Ainsi un animal stressé libérera davantage de glucocorticoïdes ce qui aura pour effet d'augmenter sa glycémie. Les effets d'un jeûne de 48 heures chez des vaches laitières montrent qu'il est associé avec une baisse de la glycémie (Chelikani et al, 2004). Si l'on prélève une vache laitière dans les 20 premiers jours de la lactation, sa glycémie aura tendance à être inférieure par rapport à ses congénères de stade de lactation plus avancée (Blum et al, 1983). Les seuils pour la glycémie concordant avec ces diverses études pourraient être : hypoglycémie en dessous du seuil de 0,30 g/l et hyperglycémie à partir de 0,65 g/l (Plet, 2007).

Tableau 6. Exemples d'intervalles de référence de la glycémie en g/l proposés dans la littérature (E = établi ; R = rapporté ; Bv = Bovin ; VL = Vache Laitière)

Glycémie (g/l)	Intervalles des Valeurs usuelles	Auteurs
E, Bv	0,35 – 0,55	Hoffmann (1981)
R, Bv	0,45 – 0,75	Kaneko (1997)
R, VL	0,50 – 0,70	Gauthier (1974)
E, VL	0,40 – 0,70	Duffield et al (2003)
R, VL	0,50 – 0,75	Plet (2007)

L'analyse de la bibliographie révèle que le glucose plasmatique est une mesure sensitive de la balance énergétique chez la vache laitière (Lebeda, 1983 ; Whitaker, 2004). Il est positivement corrélé avec cette dernière (Reist et al, 2002). En début de lactation, la vache présente fréquemment une hypoglycémie (bilan énergétique négatif) qui peut induire des modifications métaboliques comme la cétose clinique ou subclinique. Un état d'hyperglycémie (bilan énergétique positif)



affecte le métabolisme de la glande mammaire qui se traduit par la diminution du pourcentage de matière grasse du lait.

III.2.2. Le cholestérol sanguin

Le cholestérol sanguin a une double origine : **alimentaire**, absorbé dans l'intestin, et **endogène**, synthétisé au niveau du foie, de l'intestin, des surrénales, des ovaires, de la peau et dans le système nerveux (Allaoua, 2003). Le cholestérol sanguin est le principal précurseur des hormones stéroïdes.

Les valeurs usuelles de la cholestérolémie varient selon les publications (Tableau 7). La teneur du sérum en cholestérol total est sensible à de nombreux facteurs de variation comme le stade de lactation, l'alimentation et l'intervalle vêlage-vêlage (Rosenberger, 1977 ; Blum et al, 1983). Une différence significative entre les valeurs de cholestérol chez les vaches tarées et chez les vaches en lactation est notée (Tasker et al, 1978). Ainsi la cholestérolémie des vaches tarées est statistiquement plus faible que les vaches en lactation ($P < 0,001$) mais les intervalles de référence sont larges et se recouvrent (Tasker et al, 1978).

Tableau 7. Exemples d'intervalles de référence du cholestérol sanguin en g/l proposés dans la littérature (E = établi ; R = rapporté ; VL = vaches laitières ; VLHP = vaches laitières hautes productrices).

Cholestérolémie (g/l)	Intervalles des Valeurs usuelles	Auteurs
E, VLHP	0,81 – 2,64 (toute vache) 1,05 – 2,75 (VL en lactation) 0,58 – 1,90 (VL tarie)	Tasker et al (1978)
E, VL ¹	0,78 – 2,40	Lumsden et al (1980)
E, VL ²	1,12 – 3,10	Duffield et al (2003)
R, VL	0,80 – 2,5	Allaoua (2003)
R, VL ³	0,80 – 2,00	Plet (2007)

¹ 43 VL sélectionnées au hasard dans 6 exploitations (âge et numéro de lactation variables)

² 99 VL (dont des primipares) entre 30 & 150 jours *postpartum*

³ VL en début de lactation (synthèse de plusieurs auteurs)



Un taux élevé de cholestérol peut être dû à une forte quantité de corps gras dans la ration. Une atteinte hépato-cellulaire se traduit par une diminution de lipoprotéines (transport de lipides du sang) et du taux du cholestérol sérique.

Chez la vache laitière, les concentrations du cholestérol plasmatique sont positivement corrélées avec le bilan énergétique (Lean et al, 1992). La concentration plasmatique du cholestérol augmente au cours de la période allant de la mise bas à la sixième semaine post-partum (Carroll, 1990 ; Spicer et al, 1993 ; Francisco et al, 2002).

En début de lactation, les valeurs du cholestérol sanguin sont positivement corrélées avec la balance énergétique (Reist et al, 2002) et inversement corrélées avec la perte d'état corporel (Ruegg et al, 1992).

III.2. 3. Les triglycérides sanguins

Les triglycérides (TG) résultent de l'estérification des fonctions alcool du glycérol par des molécules d'acides gras, constituant la principale réserve énergétique de l'organisme. L'origine des triglycérides plasmatiques est intestinale et hépatique. Les triglycérides sanguins comme le cholestérol subissent des variations importantes lors de certaines maladies métaboliques. Leur valeurs sériques varient en fonction de plusieurs facteurs : l'apport en énergie alimentaire, l'importance de la lipomobilisation des graisses de réserves et la synthèse de lipoprotéines par le foie (Transporteurs de TGL). La concentration plasmatique en TG est comprise entre 80 et 230 mg/l, selon les auteurs et le stade physiologique de l'animal (Cuvelier et al, 2005). Elle est approximativement deux fois plus élevée chez la vache tarie en gestation que chez la vache en lactation : 226 vs 114 mg/l et 232 vs 135 mg/l selon Van Dijk et Wensing (1989) et Takahashi et al (2003), respectivement (cités par Cuvelier et al, 2005). Pendant la période de sous-alimentation de la lactation, la vache obtient de l'énergie grâce à la mobilisation des tissus adipeux. Les triglycérides de réserve sont dégradés en acides gras qui sont libérés dans le sang. Ces AG peuvent aussi être convertis en corps cétoniques qui sont libérés dans le sang et utilisés comme combustible énergétique par de nombreux tissus (Wattiaux et Grummer, 2003).



III.2.4. Les protéines totales plasmatiques

Les protéines totales sanguines sont représentées par le fibrinogène, l'albumine, les globulines et autres protéines librement classées sous ce nom. La plupart sont synthétisées dans le foie (Kerr, 2002). Les valeurs normales de protéinémie varient de 65 à 80 g/l (Varriale, 1999 ; Plet, 2007). Néanmoins, la teneur sérique en protéines totales est sensible à de nombreux facteurs de variation comme le stade de lactation et l'alimentation (Tableau 8).

Mohebbi-Fani et al. (2005) ont observé une augmentation de la protéinémie entre les 35^{ème} et 45^{ème} jours *postpartum* chez les animaux traités par le Monensin (antibiotique ionophore). Le Monensin a été administré chez les vaches laitières pour améliorer le statut énergétique en fin de gestation et en début de lactation.

L'augmentation des concentrations de protéines peut refléter l'altération de certaines fonctions de l'organisme (inflammation chronique, déficience d'eau). L'hypoprotéinémie est observée lors de sous-nutrition, en cas de maladies parasitaires qui entraînent une perte excessive en protéines, lors d'alimentation insuffisante par mauvaise absorption intestinale et en cas d'affection hépatique ou rénale (Tasker et al, 1978).

Tableau 8. Exemples d'intervalle de référence des protéines sériques totales en g/L proposés dans la littérature (E = établi ; R = rapporté).

Protéines Sériques totales (g/l)	Intervalles des valeurs usuelles	Auteurs
E, VLHP ¹	60 – 89 (toute vache) 63 – 89 (VL en lactation) 57 – 82 (VL tarie)	Tasker et al (1978)
E, VL ²	59 – 81	Lumsden (1979)
E, VL ³	70 – 94	Duffield et al (2000)
R, VL ⁴	65 – 80	Plet (2007)

¹ 146 VLHP de 11 troupeaux différents dont taries (n= 69) vs en lactation (n= 74) p<0,01

² 43 VL sélectionnées au hasard dans 6 exploitations (âge et numéro de lactation variables)

³ 99 VL dont % de primipares entre 30-150 jours PP de 10 exploitations en Ontario

⁴ VL en début de lactation (synthèse de plusieurs auteurs)



En conclusion de cette première partie bibliographique,

Il apparaît que le *peripartum* est une période cruciale dont dépend la réussite d'un élevage. C'est également une période à risques du point de vue alimentaire. La disparité qui existe entre les besoins lors du tarissement et ceux du début de lactation nous permet de comprendre aisément que l'alimentation de la vache laitière varie énormément d'une période à l'autre. Ces changements doivent être réfléchis (aussi bien au niveau quantitatif que qualitatif) et réalisés progressivement (phase de transition).

Une des dernières avancées en matière de nutrition des animaux de rente en *peripartum* concerne la supplémentation des rations en probiotiques. En effet, un grand nombre d'études scientifiques ont été lancées ces dernières années pour étudier l'impact que pourrait avoir sur la santé et la production des vaches laitières, l'ajout de certains additifs alimentaires dans les rations à savoir les levures probiotiques. Il semblerait que celles-ci permettent une optimisation du fonctionnement du rumen par la valorisation des composés alimentaires et l'amélioration des performances de production tout en garantissant un confort digestif et la santé de l'animal. Ces supplémentations seraient donc d'autant plus importantes en période de *peripartum*.

Comme le mode d'action des probiotiques semble impliquer une action sur le rumen et sa microflore, la composition et les rôles de celle-ci seront d'abord abordés dans le chapitre suivant (chapitre 2). Ensuite, dans le chapitre 3, nous ferons une présentation générale des probiotiques et nous étudierons en particulier la levure *Saccharomyces cerevisiae*, objet de notre étude expérimentale.



CHAPITRE 2

La flore du rumen : composition et rôles

Le rumen peut être considéré comme un vaste écosystème, au sein duquel des modifications des conditions de milieu sont à l'origine de variation de la composition de la flore bactérienne et l'apparition d'affections, ainsi que les troubles associés à ces modifications.

En effet, la fonction digestive des ruminants est caractérisée par l'existence d'une micropopulation, résidant dans les pré-estomacs, notamment dans le rumen. Cette micropopulation se caractérise par son extrême diversité : on y retrouve ainsi un important nombre de protozoaires, de champignons et de bactéries, cette dernière population constituant la flore du rumen, caractéristique des ruminants.

Le rumen est un milieu favorable aux fermentations microbiennes en raison des conditions qui y règnent, à savoir :

- une forte teneur en eau (85-90 %)
- une température constante de 39-40°C
- un potentiel d'oxydoréduction tel que le milieu est fortement anaérobie
- un pH de 6-7 tamponné par l'apport régulier de bicarbonate de phosphate contenu dans la salive
- un brassage permanent assuré par la rumination et par les contractions périodiques de la paroi
- un apport régulier d'aliments fournis par l'ingestion des aliments et par la rumination ainsi qu'une élimination continue des produits du métabolisme, soit par absorption à travers la muqueuse du rumen, soit par passage dans les parties postérieures du tube digestif, soit par éructation (méthane et gaz carbonique).

Dans le rumen cohabitent environ 10^{10} bactéries et 10^5 à 10^6 protozoaires ciliés par millilitre ainsi qu'un petit nombre de moisissures anaérobies.



I. Les protozoaires du rumen

La majorité des protozoaires retrouvés dans le rumen appartiennent à l'embranchement des ciliés, et sont représentés par deux groupes, tous les deux de la sous-classe des *Trichostomatia*. Les « holotriches » appartiennent à l'ordre des *Vestibuliferida*, et les « entodiniomorphes » à l'ordre des *Entodiniomorphidés*, sous ordre des *Entodiniomorphinés*, et famille des *Ophryoscolecidés* (Williams, 1993).

Au sein des *Entodiniomorphidés*, un nombre important de genres est retrouvé : les genres *Entodinium* (un genre difficile à classifier sur la base de l'aspect morphologique), *Eodinium* (dont l'espèce type est *Eodinium lobatum*), *Diplodinium*, *Eremoplastron*, *Eudiplodinium*, *Ostracodinium*, *Polyplastron*, *Diploplastron*, *Metadinium*, *Epidinium*, *Enoploplastron*, *Ophryoscolex*, *Epiplastron*, *Elytroplastron*.

Concernant les Holotriches, les genres rencontrés dans le rumen sont majoritairement *Isotricha* et *Dasytricha*, ainsi que, en moindre nombre, les genres *Oligoisotricha*, *Microcoetus*, *Buetschliidae*, *Parabundleia*, *Polymorphella*, *Blepharoconus* et *Paraisotricidae*. (Williams, 1993).

Les protozoaires jouent un rôle important dans l'hydrolyse de l'amidon, en ingérant les granules d'amidon et les sucres solubles, les protozoaires peuvent dégrader également l'hémicellulose, en diminuant de ce fait l'accessibilité de ses substrats aux bactéries amylolytiques.

Les interactions avec d'autres microorganismes sont nombreuses : les protozoaires ingèrent les bactéries endogènes ou exogènes comme source de protéines pour leur synthèse cellulaire. La prédation augmente la concentration en ammoniac et de phosphate et augmente la croissance bactérienne et son efficacité car il y a plus de nutriments utilisables. La défaunation induit une augmentation du nombre de bactéries anaérobies utilisant les glucides. Les protozoaires ingèrent aussi des champignons et d'autres protozoaires pour se fournir en azote et en stéroïdes (Williams, 1993).

La quantité de protozoaires varie rapidement avec le repas. Ils sont très sensibles à la non nutrition et peuvent disparaître en 2 à 3 jours de diète. La



nourriture influence la quantité et la composition en protozoaires. Des ingestions fréquentes favorisent le développement des protozoaires. Si l'alimentation est riche en glucides, les protozoaires croissent rapidement, puis stockent l'amylopectine assurant une fermentation graduelle qui évite la formation d'acide lactique.

Le changement alimentaire doit être progressif au risque d'entraîner la mort des ciliés, sensibles au pH acide.

La nécessité des protozoaires est controversée : ils améliorent la digestibilité, uniformisent la fermentation entre les repas, et seront surtout important pour les faibles rations.

II. Les champignons du rumen

Quelques espèces de levures et de champignons ont été isolées du rumen mais leur fonction dans l'écosystème digestif est peu connue et n'a fait l'objet que de peu d'études. Les champignons trouvés dans le rumen sont anaérobies stricts, ce qui est tout à fait exceptionnel dans le groupe des champignons, ne possèdent pas de mitochondries, pas de cytochromes et assurant uniquement la fermentation de tissus cellulosiques. Il semblerait que la plupart de ces micro-organismes soit simplement en transit dans le rumen apportés par les aliments (Tiret, 2001).

Cependant trois espèces de champignons ont pu être isolées du rumen et identifiées. Il s'agit de *Neocallimastix frontalis*, *Piromonas communis* et *Sphaeromonas communis*. Ces zoospores s'attachent sur les particules de plantes déjà abîmées, le rhizoïde, pénétrant dans les tissus par protéolyse. Ils colonisent les tissus lignifiés qui restent dans le rumen, diminuent la taille des particules, cassent les structures, et dégradent des tissus mêmes très lignifiés. Les enzymes nécessaires sont extra-cellulaires.

L'activité protéolytique est assurée par des métalloprotéases, ils hydrolysent l'extensine des parois. Ils contiennent beaucoup d'acides aminés (lysine, isoleucine, phénylalanine), dont le contenu en adénine et thymine est important, et à ce titre, les protéines des champignons sont très digestibles(Tiret, 2001).



L'activité des champignons est diminuée par les bactéries cellulolytiques. L'élimination des champignons diminue la digestibilité et augmente la proportion de propionate (Tiret, 2001). Les champignons ne sont pas indispensables, parfois absents, et prennent toute leur importance avec les fourrages de mauvaise qualité.

III. Les bactéries du rumen

La population bactérienne du rumen constitue environ 50 % de la biomasse microbienne et représente la catégorie de micro-organismes la plus importante et la plus complexe (Thivend et al, 1985). Les bactéries du rumen sont classifiées en quatre groupes, en fonction de leur environnement : (Czerkawski et al, 1988).

- les bactéries vivant libres, associées à la phase liquide ruminale.
- les bactéries associées avec les particules alimentaires.
- les bactéries associées à l'épithélium ruminal.
- les bactéries attachées à la surface des protozoaires.

Le tableau 9 présente la classification générale des bactéries du rumen en fonction de la nature des substrats qu'elles sont capables de fermenter ou de dégrader.

Les espèces bactériennes les plus importantes appartiennent au groupe des bactéries cellulolytiques. Ce sont principalement *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* et *Butyrivibrio fibrisolvens*. La plupart de ces bactéries cellulolytiques sont capables de dégrader également les hémicelluloses en compagnie de souches plus spécifiquement adaptées : par exemple *Lachnospira multiparus* pour la pectine et certaines souches de *Prevotella ruminicola* pour la gomme arabique.

Une dizaine d'espèces isolées du rumen sont connues pour leur activité amylolytique mais *Ruminobacter amylophilus* et *Succinomonas amylolytica* sont les plus actives. Les bactéries isolées du rumen ont également des activités protéolytiques importantes. Ainsi, les désaminations sont assurées par des *Prevotella ruminicola* et *Megasphera elsdeni*.



Tableau 9. Les principales bactéries du rumen
(d'après Guillot et Ruckebusch , 1994)

<i>Bactéries cellulolytiques</i>	<i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Butyrovibrio fibrisolvens</i> <i>Cillobacterium cellulosolvens</i> <i>Clostridium lochheadii</i> <i>Ruminococcus albus</i> <i>Ruminococcus flavefaciens</i>
<i>Bactéries protéolytiques</i>	<i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Bacteroides succinogenes</i> <i>Butyrovibrio</i> <i>Corynebacterium</i> <i>Methanobrevibacter ruminantium</i> <i>Micrococcus</i> <i>Proteus</i>
<i>Bactéries amylolytiques</i>	<i>Bacteroides amylophilus</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Enterococcus bovis</i> <i>Seimonas ruminantium</i> <i>Clostridium lochheadii</i>
<i>Bactéries méthanogènes</i>	<i>Methanobrevibacter ruminantium</i>
<i>Bactéries lactiques</i>	<i>Bifidobacterium bifidus</i> <i>Eubacterium ruminantium</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus brevis</i> <i>Lactobacillus buchneri</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Lactobacillus cellobiosus</i> <i>Lactobacillus ferinentum</i> <i>Lactobacillus delbrueckii ssp. lactis</i> <i>Lactobacillus plantarum</i>
<i>Bactéries fermentant le lactate</i>	<i>Butyribacterium limosum</i> <i>Peptostreptococcus elsdenii</i> <i>Veillonella alcalescens</i>



Plusieurs espèces bactériennes du rumen possèdent des uréases puissantes permettant la dégradation de l'urée en ammoniac.

Certaines espèces bactériennes du rumen ont une fonction très spécialisée et n'occupent que des niches écologiques très étroites :

- *Anaerovibrio lipolytica* n'hydrolyse que les lipides et ne fermente que le glycérol,
- *Veillonella* utilise essentiellement le lactate comme substrat,
- *Wolinella succinogenes* tire son énergie seulement par la réduction du fumarate en succinate
- *Methanobrevibacter ruminantium*, principale espèce bactérienne méthanogène piège les hydrogènes accumulés lors de l'oxydation biologique des sucres simples et les fixe sur du gaz carbonique pour donner du méthane.

Les bactéries lactiques sont également présentes dans le rumen (Stewart, 1992). Chez les adultes ces bactéries font partie de la flore mineure du rumen. Ce sont essentiellement les *Lactobacillus*, les *Streptococcus* et les *Bifidobacterium*.

Les espèces de *Lactobacillus* appartenant à la microflore normale du rumen sont *Lactobacillus. ruminis*, *Lactobacillus. vitulinus* et quelques souches de *Lactobacillus. lactis*.

La majorité des *Enterococcus* présents dans le rumen appartiennent au groupe sérologique D. L'espèce la plus abondante est *Streptococcus bovis* mais existent également *Ec. faecium*, *Ec. faecalis*, *Ec. durans*, *Ec. faecalis* variété *liquefaciens*.

De nombreuses espèces de *Bifidobacterium* ont été isolées du rumen : *Bf globosum*, *Bf longum*, *Bf adolescentis*, *Bf thermophilum*, *Bf boum* , *Bf ruminale* (Trovatelli, Matteuzi, 1976 ; Scardovi et al, 1996) et *Bf ruminantium*.

Ces bactéries colonisent l'ensemble du tractus digestif : abomasum, duodénum, caecum et colon. Leur nombre est variable et dépend de l'âge et de l'alimentation des animaux.



Selon le régime alimentaire, les bactéries lactiques peuvent avoir une action néfaste sur la santé de l'animal. Elles sont responsables, en particulier, de l'acidose. Lorsque les animaux sont nourris avec une alimentation riche en céréales ou en substrats facilement fermentescibles, les micro-organismes du rumen se multiplient rapidement; le pH du rumen devient donc acide (Stewartc, 1992).

Dans ces conditions de pH bas les bactéries lactiques se développent préférentiellement et deviennent alors dominantes. L'augmentation de la concentration en bactéries lactiques accroît l'acidité du rumen et inhibe le développement des autres micro-organismes.

L'accumulation d'acide lactique, dans le rumen, se traduit chez les animaux par une diminution voire même une perte totale de l'appétit et dans les cas extrêmes par la mort des animaux.

Les bactéries du rumen peuvent soit être libres dans le liquide du rumen, soit attachées à la paroi du rumen ou aux particules alimentaires, soit fixées à la surface des protozoaires (Tiret, 2001).

Les bactéries libres sont entourées d'une structure fibreuse, le glycocalyx. Celui-ci jouerait un rôle protecteur contre les bactériophages ou d'autres agents antibactériens.

Les bactéries fixées à la paroi du rumen font, depuis quelques années, l'objet d'études approfondies. Elles seraient fixées sur l'épithélium squameux par l'intermédiaire d'un glycocalyx présentant des caractéristiques anioniques. Ces bactéries semblent avoir un rôle important : hydrolyser l'urée diffusant à travers la paroi du rumen, dégrader les cellules épithéliales kératinisées issues de la desquamation de la muqueuse, éliminer l'oxygène qui diffuse à travers la paroi du rumen depuis la voie sanguine (Tiret, 2001).

Thivend et al (1985) ont mis en évidence des bactéries vivant attachées à la surface des protozoaires des genres *Eudiplodinium*, *Diplodinium*, *Entodinium* et *Epidinium*. La plupart de ces bactéries ont été identifiées comme étant *Streptococcus bovis*, *Ruminococcus albus* et des bactéries méthanogènes.



IV. Variations non pathologiques de la flore ruminale

L'activité de la flore bactérienne du rumen n'est pas constante, mais varie en fonction des changements de conditions d'environnement. Des variations physiologiques existent chez les ruminants en réponse à un certains nombres de facteurs tels que :

➤ **La composition de la ration**

L'un des principaux facteurs affectant la population microbienne est la composition de la ration. Bryant et Burkey (1953), ainsi que Makir et Foster (1957) ont observé que le nombre des bactéries ruminales demeurait constant avec différents types de rations, à l'exception des rations riches en concentrés. Le passage d'une ration contenant une large proportion de fourrages à une ration plus riche en concentré semble donc s'accompagner d'une augmentation de la concentration bactérienne. Le changement de ration est à l'origine d'une chute du nombre de bactéries cellulolytiques.

➤ **Le jeûne et la sous alimentation.**

La privation de nourriture pendant 4 à 5 jours entraîne une disparition totale des protozoaires et une réduction sévère du nombre de bactéries. La sous-alimentation est à l'origine de la disparition de toute adaptation de la micropopulation à un régime particulier (Doreau et al. 2000).

➤ **L'administration d'antibiotiques**

A côté des antibiotiques utilisés comme facteurs de croissance (désormais interdits d'usage), d'autres antibiotiques présentent des effets potentiellement néfastes sur les fermentations ruminales. Ils inhibent la cellulolyse et la production des acides gras volatils. Les effets sont souvent plus marqués au début de leur administration *per os* et quand l'ingestion des antibiotiques est strictement couplée à celle des aliments. Par ailleurs, les antibiotiques administrés par voie parentérale peuvent via la salive ou la paroi du rumen, aux doses thérapeutiques, déprimer l'activité microbienne (Tiret, 2001).



V. Colonisation et Installation de la flore

Comme chez tous les animaux, le tube digestif du veau est stérile à la naissance. Sa colonisation commence dans les heures qui suivent les premières prises alimentaires et les apports microbiens de l'environnement (Tiret, 2001).

Le rumen des agneaux (Fonty et al, 1987) et des veaux (Anderson et al, 1987) est rapidement colonisé après la naissance par une population bactérienne abondante et complexe. Au second jour de vie, Fonty et al (1987) ont montré que les bactéries, isolées de rumen d'agneaux, sont trouvées à des concentrations proches de celles observées chez les adultes, avec des espèces anaérobies strictes devenant prédominantes. Cependant, les principaux genres bactériens observés chez des agneaux avant l'âge de 10 jours étaient différents de ceux des ruminants adultes (Dehority et al, 1988). Les principaux genres ou espèces trouvées étaient : *Propionibacterium acnes*, *Clostridium ramosum*, *C. chauvei*, *Clostridium* sp., *C. clostridiiforme*, *Bacteroides* sp., *Eubacterium* sp., *Peptostreptococcus productus*, *Bifidobacterium adolescentis* et *Lachnospira multiparus*.

Au cours de la première semaine de vie, la flore est principalement composée de bactéries de type coliformes (principalement *Escherichia coli*) associées à des Streptocoques. Aucun Lactobacille n'a été trouvé à cet âge. Bryant et al (1958) ont montré qu'entre 1 et 3 semaines d'âge, les bactéries prépondérantes sont les bactéries capables de croître sous des conditions aérobies, ainsi que les coliformes. De même, les bactéries fermentant le lactate sont présentes en grande quantité chez les veaux âgés d'une à trois semaines, puis diminuent pour atteindre des valeurs proches de celles chez l'adulte vers l'âge de 9-13 semaines. Ces résultats ont été confirmés par les travaux de Agarwal et al (2002).

La population bactérienne cellulolytique est présente chez le veau dès l'âge de 3 jours et augmente de manière linéaire avec l'âge du veau. A l'âge de 3 semaines, le nombre de bactéries cellulolytiques est semblable au nombre observés chez l'adulte. Les souches cellulolytiques retrouvées chez le jeunes semblent donc être les mêmes que chez l'adulte.



Au final, il apparaît que le rumen est colonisé immédiatement après la naissance par une grande variété de bactéries, incluant des aérobies et des anaérobies facultatifs. Beaucoup d'entre elles survivent, si survie il y a, dans le rumen des adultes en petit nombre. Ces organismes sont supposés modifier l'environnement ruminal en épuisant l'oxygène présent, et en créant ainsi des conditions permettant l'établissement des bactéries anaérobies strictes. Il est probable que la plupart de ces colonisateurs précoces sont opportunistes, mais leur présence illustre la difficulté de définir une « vraie » flore ruminale chez le jeune.

En conclusion de cette deuxième partie bibliographique,

Il apparaît que le faciès microbien varie beaucoup en fonction du type d'alimentation lui-même dépendant du stade physiologique de l'animal. La supplémentation en probiotiques prend toute son importance lorsque l'équilibre de la flore microbienne est perturbé notamment lors des périodes de transitions alimentaires opérées autour du vêlage.



CHAPITRE 3

Les levures probiotiques :

Nouvelle alternative nutritionnelle du *peripartum* ?

I. Généralités sur les probiotiques

I.1. Définition

Le mot « **probiotique** » dérive de deux mots grecs : « pro » et « bios » qui signifient littéralement « pour la vie ». Il s'oppose au terme « antibiotique » qui lui signifie « contre la vie ». En fait, ce terme a bénéficié de plusieurs définitions qui ont évolué dans le temps en fonction des connaissances scientifiques et des avancées technologiques.

La notion de probiotique a été développée principalement grâce aux travaux du chercheur russe Ellie Metchnikoff (prix Nobel de physiologie et de médecine en 1908), qui ont suggéré que l'ingestion de bactéries lactiques vivantes accroît la longévité en réduisant dans le tube digestif la population de bactéries putréfiantes ou productrices de toxines (Metchnikoff, 1907 cité par Gournier-Chateau et al, 1994).

En 1965, Lilly et Stillwell proposent une des premières définitions des probiotiques comme « facteurs promoteurs de croissance produits par des micro-organismes ». Par la suite, Parker (1974) élargit cette définition à des « organismes et substances qui contribuent à l'équilibre de la flore ». Cette définition inclut potentiellement des produits métaboliques microbiens y compris les antibiotiques. Plus tard, Fuller (1989) propose une définition très proche du sens actuel : «supplément alimentaire microbien vivant qui affecte de façon bénéfique l'hôte en améliorant l'équilibre de sa flore intestinale ». Par opposition aux précédentes, la définition suivante introduit la notion de souche bien caractérisée d'un point de vue taxonomique ainsi que la notion de quantité apportée à l'homme.



Enfin, la FAO (Food and Agriculture Organization) et l’OMS (Organisation Mondiale de la Santé ; WHO : World Health Organisation) ont établi récemment des lignes directrices pour l’utilisation du terme « probiotiques » dans les aliments (FAO/OMS, 2002) et formulent la définition suivante : « micro-organismes vivants qui, lorsqu’ils sont consommés en quantités adéquates, produisent un bénéfice pour la santé de l’hôte qui les ingère».

Ainsi, selon la directive 70/524 de la CEE, plusieurs types de micro-organismes sont autorisés en tant que nouveaux additifs alimentaires probiotiques. Ces derniers ont montré des effets positifs chez différentes espèces (le poulet de chair, le veau et la vache laitière, les porcelets, les porcs, les truies et le lapin) se traduisant, notamment, par un accroissement des paramètres de production et une amélioration de l’état sanitaire (Breul, 1998).

I.2. Les micro-organismes probiotiques

Sont considérés comme probiotiques différentes **souches bactériennes** appartenant à différents genres, principalement *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Pediococcus* et *Bacillus*, ainsi que des **champignons microscopiques** incluant les levures du genre *Saccharomyces* (Gournier-Chateau et al, 1994).

Certains micro-organismes probiotiques font partie du tube digestif de l’hôte normal (par exemple les *Lactobacilles*), alors que d’autres n’en sont pas (certaines levures). Le tableau 10 résume les principaux micro-organismes considérés comme probiotiques.

Les levures, et plus particulièrement *Saccharomyces cerevisiae* sont utilisées depuis des siècles par l’homme et représentent le groupe de micro-organismes le plus exploité commercialement. Elles sont utilisées notamment en panification, et pour la fermentation de boissons alcooliques. Depuis de nombreuses années, les levures sont également utilisées comme régulateurs de la flore intestinale chez l’homme. (Gournier-Chateau et al, 1994). Dans cette étude bibliographique, nous nous intéresserons essentiellement à *Saccharomyces cerevisiae*, objet de notre étude expérimentale.



Tableau 10. Les micro-organismes considérés comme probiotiques
(adapté de Hozalpfel et al, 1998).

Levures probiotiques
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> #

Bactéries probiotiques		
Lactobacillus	Bifidobacterium	Autres bactéries lactiques
<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>L. amylovirus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>L. brevis</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconstoc mesenteroides</i>
<i>L. cellobius</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>
<i>L. curvatus</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus thermophilis</i>
<i>L. delbrueckii</i>	<i>B. thermophilum</i>	<i>Streptococcus diacetylactis</i>
<i>L. farciminis</i>		<i>Streptococcus intermedius</i>
<i>L. fermentum</i>		
<i>L. gallinarum</i>		
<i>L. gasseri</i>		
<i>L. johnsonii</i>		
<i>L. paracasei</i>		
<i>L. plantarum</i>		
<i>L. reuteri</i>		
<i>L. rhamnosus</i>		
Autres bactéries		
<i>Bacillus</i> spp		
<i>Escherichia coli</i> strain Nissle		
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>		

il s'agit de plusieurs souches identifiées telles que la souche *S. boulardii* ...



II. Etude de la levure *Saccharomyces cerevisiae*

II.1. Définition et classification de *S. cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae, est une levure utilisée depuis l'aube de l'humanité dans l'élaboration du pain, du vin et de la bière. Ainsi, dans ces domaines, elle est appelée « levure de boulanger » ou « levure de bière ». Elle est également nommée « levure à bourgeon » ou « levure bourgeonnante » (*budding yeast*), en raison de son mode de reproduction. Son nom provient des mots « *Saccharo* » et « *myces* » signifiant successivement « sucre » et « champignon », alors que « *cerevisiae* » fait référence à « cervoise », nom donné autrefois à la bière. Sa classification est donnée dans le Tableau 11.

Tableau 11. Classification de *Saccharomyces cerevisiae*
(adapté de Kurtzman & Fell, 1998).

Règne	Fungi
Division	Ascomycota
Classe	Hemiascomycetes
Ordre	Saccharomycetales
Famille	Saccharomycetaceae
Genre	Saccharomyces

Cette levure est employée depuis des décennies, en tant qu'agent préventif et thérapeutique des diarrhées ou d'autres perturbations gastro-intestinales chez l'homme. Elle est aussi connue pour induire des effets positifs sur la production et l'état sanitaire du ruminant et des monogastriques (Auclair, 2001). En pharmacie et en chimie, quantité de substances (vitamines, enzymes) sont extraites de cet organisme. De plus, grâce au génie génétique, certains médicaments sont désormais produits par des levures modifiées par la sélection.



Outre son intérêt industriel, *Saccharomyces cerevisiae* est un formidable modèle d'étude pour les scientifiques : ce champignon unicellulaire est un organisme eucaryote (son patrimoine génétique est contenu dans un noyau), semblable donc aux cellules des organismes supérieurs. Aussi facilement manipulable qu'une bactérie, la levure constitue un modèle simplifié pour l'étude de la génétique et de la physiologie eucaryote.

II.2. Structure et métabolisme de *S. cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae est un organisme eucaryote qui se présente sous la forme d'une petite cellule sphérique, d'environ 4 microns de diamètre, qui se multiplie par bourgeonnement (Figure 8). C'est un organisme haploïde bien qu'il puisse se développer aussi à l'état diploïde (Kurtzman & Fell, 1998). Son génome est très petit (3.10^{-7} m), à peine trois fois supérieur au génome bactérien. Il est composé de 16 chromosomes correspondant à 13 millions de paires de bases avec 6275 gènes. Cette levure est la première cellule eucaryote dont le génome a été entièrement séquencé en 1996 présentant 23% d'homologie avec le génome humain (Goffeau et al, 1996).

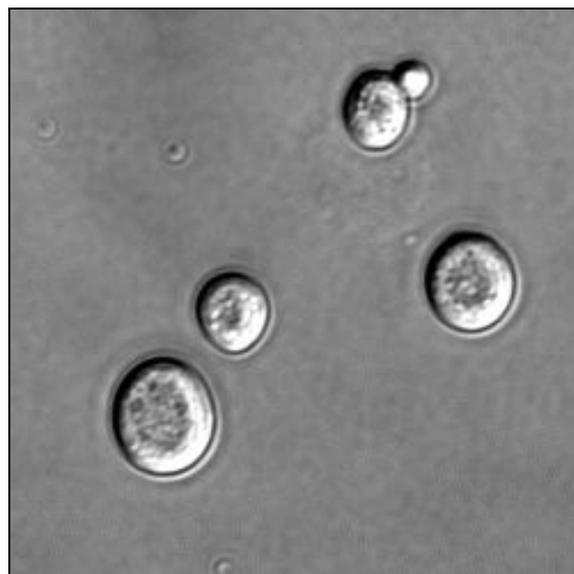


Figure 8. Cellules de *Saccharomyces cerevisiae*
(Microscopie par contraste de phase) (Source Internet 1)



Saccharomyces cerevisiae est une levure osmophile qui peut produire l'énergie nécessaire à sa survie et à sa reproduction de deux manières différentes, en fonction du milieu ambiant. Ces deux modes de production d'énergie sont : la respiration en milieu aérobie (transformation du glucose en gaz carbonique à l'aide de l'oxygène) et la fermentation alcoolique du glucose en milieu anaérobie.

Saccharomyces cerevisiae possède une croissance rapide puisqu'elle est capable de se diviser toutes les 2 heures lorsqu'elle se trouve dans des conditions optimales de température (entre 28 et 30°C) et de pH (entre 4,5 et 6,5). Toutefois, cette levure a la faculté de croître dans un milieu très acide avec un pH voisin de 1,5. Cette croissance nécessite une source de carbone, une source d'azote organique ou non, diverses vitamines et des sels minéraux. Son mode de reproduction végétatif se fait par bourgeonnement multilatéral (Figure 9 et Figure 10) (Gournier-Chateau et al, 1994).

L'innocuité de *Saccharomyces cerevisiae* est reconnue par la FDA Américaine (Food and Drug Administration) lui attribuant ainsi le statut de GRAS (Generally Recognized As Safe : généralement reconnu comme non dangereux) (Auclair, 2001).

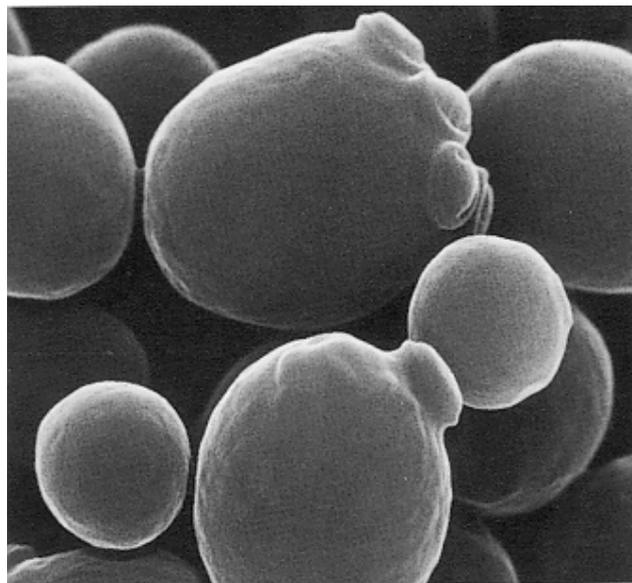


Figure 9. Bourgeonnement de *Saccharomyces cerevisiae* (Microscopie électronique à balayage) (Source Internet 2).

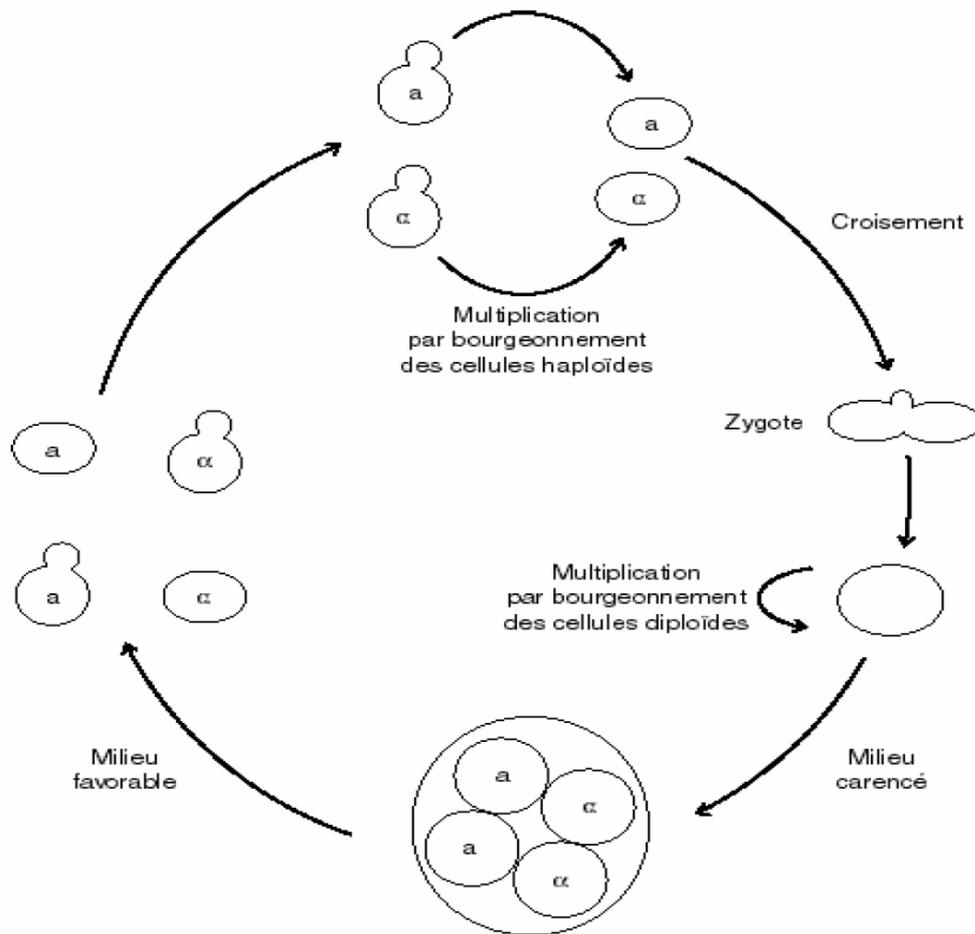


Figure 10. Cycle cellulaire de *Saccharomyces cerevisiae*
(Schacherer, 2005)



II.3. Devenir de *S. cerevisiae* dans le tractus digestif

Il est démontré que *Saccharomyces cerevisiae* est capable de se multiplier dans le tractus digestif des souris axéniques (Ducluzeau et Bensaada, 1982). En revanche, chez les souris normales, la levure est massivement éliminée en raison de l'effet barrière exercé par la flore digestive résidente qui empêche leur installation.

Ainsi, dans les conditions normales, *Saccharomyces cerevisiae* ne peut pas coloniser le tractus digestif et une partie significative des levures ingérées est retrouvée vivantes dans les fèces des animaux. C'est la principale différence avec les probiotiques de type bactéries lactiques où les effets biologiques sont conditionnés par l'attachement de la bactérie probiotique à la muqueuse intestinale (Ouweland et al, 1999).

Une fois la supplémentation alimentaire en *Saccharomyces cerevisiae* arrêtée, la levure disparaît rapidement du tractus digestif. La baisse du nombre de cellules viables de levure est en effet observée 30 h après la fin de la supplémentation chez le mouton (Fiems et al, 1993) et l'agneau (Durand-Chaucheyras et al, 1998). D'après ces deux études, une fraction de 17 à 34% des levures ingérées reste vivante pendant le passage dans le tractus digestif.

L'utilisation d'antibiotiques peut influencer le nombre de *Saccharomyces cerevisiae* retrouvés viables dans les fèces. Celui-ci s'avère plus élevé chez les rats traités par la clindamycine, la néomycine ou l'ampicilline (Boddy et al, 1991). Dans ce cas là, les antibiotiques réduisent la destruction de la levure, probablement dans le côlon et le caecum. La clindamycine, à titre d'exemple, active contre les bactéries anaérobies, multiplie par sept les populations de levures récupérées dans les fèces (Boddy et al, 1991).

La levure n'induit pas de modifications morphologiques de la muqueuse intestinale (Buts et al, 1986) et n'hydrolyse pas les acides biliaires (El Hennawy et al, 1994). De même, la présence de grandes quantités de *Saccharomyces cerevisiae* dans le tractus digestif n'affecte pas la digestibilité des lipides (Auclair, 2001).



D'après les données disponibles dans la littérature, les modes d'action de la levure dans le tractus digestif diffèrent selon l'espèce animale considérée. Chez le ruminant, l'effet bénéfique de la supplémentation en probiotique semble être lié à une interaction positive avec la flore ruminale. Chez les monogastriques, la levure agit plutôt comme un agent protecteur contre certains microorganismes pathogènes.

III. Effets et modes d'action de la levure chez les Monogastriques

III.1. Effet antidiarrhéique

Tous les essais cliniques ayant porté sur la diarrhée ont été menés avec la souche de levure de bière *Saccharomyces cerevisiae* Hansen CBS 5926, appelée *Saccharomyces boulardii* ou levure boulardii dans le commerce. Cette dernière a longtemps été considérée par le passé, comme appartenant à une autre espèce (à laquelle on avait donné le nom de *Saccharomyces boulardii*) mais actuellement, la plupart des experts s'entendent pour dire qu'il s'agit simplement de l'une des souches de *S. cerevisiae* (Czerucka et al, 2007).

L'efficacité de *Saccharomyces boulardii* dans la prévention de la diarrhée a fait l'objet de plusieurs études réalisées chez l'homme et l'animal regroupées dans des revues de synthèse récentes (Marchand et Vandenplas, 2000 ; D'Souza et al, 2002 ; Czerucka et al, 2007 ; de Vrese et Marteau, 2007 ; Johnston et al, 2007 ; Segarra-Newnham, 2007 ; Whelan, 2007).

Il en ressort que l'incidence de la diarrhée de différentes étiologies (dues à l'antibiothérapie, à *Clostridium difficile*, à une infection par le VIH et les diarrhées aiguës de l'adulte et de l'enfant) est réduite de manière significative chez les patients traités avec *Saccharomyces boulardii*, comparés aux sujets témoins recevant un placebo.

III.2. Effet Immunoprotecteur

D'après Buts et al (1990), *Saccharomyces boulardii* induit une stimulation de la réponse immunitaire dans le tractus gastro-intestinal en augmentant la sécrétion intestinale d'immunoglobulines A (IgA). Ainsi, l'administration de deux préparations, contenant des levures vivantes de *S. boulardii* et zymosan (préparation



de paroi de *S. cerevisiae*), active de manière efficace la voie alternative et la voie classique de la synthèse du complément libérant des fractions C2, C3 α et C35 α biologiquement actives (Nicod-Bertin & Panoux-Perrin, 1985).

III.3. Modes d'action de *S. cerevisiae* chez les Monogastriques

Les mécanismes d'action généralement impliqués pour expliquer l'impact bénéfique de la supplémentation en levure chez les espèces monogastriques sont : la stimulation des disaccharidases de la bordure en brosse, un effet inhibiteur de l'adhésion des pathogènes, la stimulation d'une immunité non spécifique, l'inhibition de l'action des toxines et un effet antagoniste vis-à-vis des micro-organismes pathogènes.

III.3.1. Stimulation des disaccharidases de la bordure en brosse

Les travaux de Buts et al (1986), réalisés chez l'homme et la souris, montrent que l'ingestion de *Saccharomyces cerevisiae* induit une augmentation marquée de l'activité spécifique et totale des disaccharidases membranaires de la bordure en brosse telles que la succhrèse, la maltase et la lactase. Cette propriété est utilisée pour restaurer les activités disaccharidases intestinales affectées dans certains types de diarrhées.

III.3.2. Propriétés anti-adhésives de la levure

Il est généralement admis que l'adhésion des bactéries à l'épithélium est l'étape initiale de l'infection des muqueuses digestives. En effet, les bactéries possèdent des molécules de surface de fixation capables d'interagir spécifiquement avec les membranes cellulaires de l'hôte d'une manière analogue à l'interaction antigène anticorps. Il est également établi que certaines souches de *E. coli* et de Salmonelles possèdent des adhésines qui fixent les résidus de mannose se trouvant sur les membranes des cellules épithéliales (Auclair, 2001).

En fait, de telles bactéries sont capables de s'agglutiner aux levures qui contiennent également du mannane sur la couche superficielle de leur membrane cellulaire externe. La fixation des bactéries pathogènes à la membrane cellulaire de la



levure induit ainsi un effet protecteur puisque le complexe *Saccharomyces cerevisiae* / bactéries pathogènes est rapidement éliminé du tractus digestif (Auclair, 2001).

L'adhésion est une étape cruciale pour l'expression de l'effet cytopathogénique. De ce fait, l'effet bénéfique de *Saccharomyces cerevisiae* pourrait s'expliquer par la compétition existant entre la levure et les pathogènes pour la liaison aux cellules intestinales.

Par ailleurs, la fréquence de colonisation par *Salmonella typhimurium* est significativement réduite chez les poulets traités à la levure (Line et al, 1998).

Enfin, l'action inhibitrice de *Saccharomyces cerevisiae* vis-à-vis de l'adhésion de *Entamoeba histolytica* et de *Staphylococcus aureus* aux cellules humaines a été également démontrée (Auclair, 2001).

III.3.3. Stimulation de l'immunité par les levures

L'action de la levure sur le système du complément est connue depuis longtemps. Généralement, ces propriétés sont liées à la présence de glucanes membranaires capables de stimuler certains aspects du système immunitaire chez les mammifères, en particulier une réponse inflammatoire et le système réticulo-endothélial. Les travaux de Seguela et Llanes (1982) montrent que la présence de levures vivantes dans le tractus digestif a un effet protecteur contre *Candida albicans* administré par voie intra péritonéale. D'autres travaux ont démontré que l'administration orale de *Saccharomyces cerevisiae* à des rats en croissance augmente significativement les IgA (Buts et al, 1990).

III.3. 4. Inhibition de l'action des toxines

Rodrigues et al (1996) ont montré l'effet protecteur de *Saccharomyces cerevisiae* contre *Salmonella typhimurium* et *Shigella flexneri* chez la souris. Cet effet protecteur n'est pas lié à une réduction des populations bactériennes des deux germes pathogènes présentes dans l'intestin. Ces auteurs expliquent l'effet protecteur de *Saccharomyces cerevisiae* par une réduction des quantités disponibles des toxines sécrétées par les microbes pathogènes et par une compétition aux sites de



fixations. Généralement les toxines se lient à des récepteurs spécifiques sur les cellules épithéliales intestinales et induisent des modifications ayant pour résultat des pertes d'eau et d'électrolytes.

L'inhibition de la production de toxines ou de leurs effets a été également décrite avec *Clostridium difficile* (Corthier et al, 1986), *Vibrio cholerae* (Vidon et al, 1986), *E. coli* (Massot et al, 1982). D'autres études indiquent que certaines souches de *Saccharomyces cerevisiae* peuvent excréter une sérine protéase capable d'hydrolyser la toxine A produite par *Clostridium difficile* qui est résistante à la trypsine digestive. Ces souches empêchent également la liaison de cette toxine à son récepteur glycoprotéique au niveau de la bordure en brosse (Castagliuolo et al, 1996).

III.3. 5. Antagonisme contre les micro-organismes pathogènes in vivo

Saccharomyces cerevisiae a été largement utilisé chez l'homme en Europe pour prévenir les diarrhées liées aux traitements antibiotiques (notamment les céphalosporines, pénicilline et clindamycine). Ces diarrhées sont principalement dues à la diminution de l'activité de la flore normale du côlon et de la surcroissance des germes les moins sensibles aux antibiotiques, à savoir *Clostridium difficile* et *Candida albicans*.

L'ingestion de *Saccharomyces cerevisiae* diminue de manière significative le nombre de *Candida albicans* dans le tractus digestif des rats témoins ou traités aux antibiotiques (Seguela et al, 1978). Cet effet antagoniste contre *C. albicans* est aussi observé chez les souris (Ducluzeau et Bensaada, 1982).

Saccharomyces cerevisiae a aussi une action antagoniste contre *Candida krusei* et *Candida pseudotropicalis* mais reste inefficace contre *Candida tropicalis*. Cet effet antagoniste disparaît quand des cellules *Saccharomyces cerevisiae* sont tuées (par chauffage)



IV. Effets et modes d'action de la levure chez les Ruminants

IV.1. Effet de la supplémentation en levure sur la production des Ruminants

Un grand nombre d'études scientifiques ont été lancées ces dernières années pour évaluer l'intérêt de l'utilisation de la levure *Saccharomyces cerevisiae* en tant que probiotique chez le ruminant, notamment chez le jeune, le bovin d'engraissement et la vache laitière. L'analyse des données bibliographiques révèle que les réponses des animaux aux levures probiotiques présentent une grande diversité entre les études. La variabilité des résultats pourrait s'expliquer par la variation de la composition de la ration, du niveau d'incorporation de la levure et le type de produit utilisés dans les essais (Williams et al, 1991). Les sources de levures peuvent être soit des levures mortes, des cultures de levures ou bien des levures sèches actives (vivantes) et chacune d'elles possède des propriétés spécifiques (Tableau 12).

D'une manière générale, les souches de *S. cerevisiae* commercialisées diffèrent d'un produit à un autre mais la plupart sont vendues sous forme de levure actives purifiées ou associées à des résidus de milieu de culture. Les quantités de levures administrées aux animaux s'expriment en grammes avec une concentration spécifique exprimée en UFC (Unité Formant Colonies).

Tableau 12. Caractéristiques des différents types de sources de levures (adapté de LAN, 2003)

Paramètre / source de levure	Levure morte	Culture de levure	Levure sèche active
Proportion de cellules vivantes (% par poids)	0	0 à 1%	100%
Nombre de cellules vivantes (UFC/g)	négligeable	10^3 à 10^6	$> 15 \times 10^{10}$
Produits actifs	Nutriments : protéines, vitamine B...	Métabolites de la fermentation (enzymes, vitamines ... ?)	Levure vivante (souche identifiée)



Dans ce qui suit, nous ferons le point des connaissances sur l'impact de la supplémentation en cette levure sur la production des ruminants en insistant particulièrement sur les effets observés chez la vache laitière.

IV.1.1. Effet du probiotique chez le jeune et le bovin d'engraissement

Plusieurs études ont porté sur l'influence de la supplémentation en levure *Saccharomyces cerevisiae* sur la croissance et la santé des pré-ruminants. Les résultats obtenus sont toutefois partiellement contradictoires.

Ainsi, dans certaines études, l'addition de levure de bière (Seymour et al., 1995) ou de levure vivante (Wagner et al., 1990; Quigley et al., 1992) à des doses variant entre 0,001% et 1,00% de l'aliment du veau n'a pas modifié, voire réduit, la matière sèche ingérée et le gain de poids moyen quotidien.

En revanche, de nombreux essais montrent l'effet bénéfique de la levure ingérée sur les performances de croissance, le développement du rumen et sur la santé des jeunes veaux.

Ainsi, la complémentation alimentaire avec une préparation de *Saccharomyces cerevisiae* et de son milieu de culture favorise la prise alimentaire et augmente le gain de poids des animaux (Fallon, 1987 ; Hughes, 1987 ; Gray, 1988). Ces mêmes études montrent en outre une amélioration de la digestibilité des aliments chez les veaux supplémentés en levure.

D'après l'essai de Fallon et Harte (1988), l'addition de culture de levures dans l'alimentation des veaux permet d'améliorer la consommation alimentaire et d'augmenter le gain de poids vif d'environ 10,1 kg sur une période de 84 jours et augmente également la digestibilité de la matière azotée.

Dans des travaux plus récents (Quigley et al. 1992 ; Kumar et al, 1997), l'addition de culture de levure dans la ration du veau a augmenté également l'efficacité alimentaire (+5 à +10% par rapport aux témoins).



De même, l'étude de Cole et al (1992) montre que des veaux nourris avec un aliment complétement en *S. cerevisiae* et infectés (par voie intra-nasale) par le virus IBR (Rhinotrachéite infectieuse bovine) arrivent à maintenir un poids plus élevé et une consommation alimentaire supérieure par rapport aux veaux recevant l'aliment témoin. De plus, la durée des traitements médicamenteux est réduite chez les veaux supplémentés par rapport aux témoins.

Cet effet bénéfique sur la santé des veaux est rapporté dans d'autres essais. Selon Seymour et al (1995), l'addition de 1% de levure de bière à l'aliment solide de veaux réduit l'incidence de la fièvre et le nombre de traitement antibiotiques associés durant la période de pré sevrage et améliore donc la résistance des veaux aux infections néonatales.

Klibs et al (2005) rapportent également une augmentation significative de la consommation, du gain de poids avant sevrage et de la glycémie après addition de 0,5 g par animal et par jour de *Saccharomyces cerevisiae* à l'aliment solide des veaux. Ces auteurs trouvent en outre une réduction significative de la fréquence de diarrhées avec ce traitement.

Enfin, Lesmeister et al (2004) a évalué l'impact de l'addition de 2% de culture de levure à l'aliment démarrage de jeunes veaux (2 ± 1 j d'âge, 38 mâles et 37 femelles) sur les performances zootechniques. Ces auteurs montrent, qu'après 42 jours de supplémentation, l'addition dans l'aliment de 2% de levure augmente significativement la matière sèche ingérée (+10%), le gain de poids moyen quotidien (+16%) et améliore l'indice de conversion de 11% (kg d'aliment / kg de gain de poids) par rapport aux témoins. De même, elle semble améliorer le développement du rumen en augmentant la longueur (+25%) et la largeur (+15%) des papilles ruminales. En revanche, aucune modification significative des paramètres sanguins étudiés (hématocrite, teneurs plasmatiques en protéines totales et en β -hydroxybutyrate) n'est observée dans cette étude.



Chez les bovins d'engraissement, plusieurs essais expérimentaux indiquent que l'addition de *Saccharomyces cerevisiae* induit une amélioration de la vitesse de croissance et de l'efficacité alimentaire (Tableau 13). L'augmentation moyenne du poids vif est d'environ 7,5% selon le type de régime utilisé et l'amélioration de l'indice de consommation oscille entre 3 et 10% selon les études (Auclair, 2001). Cet effet positif de la levure est supérieur avec l'ensilage de maïs par rapport à l'ensilage d'herbe (Wallace et Newbold, 1993). De même, l'amélioration du gain de poids quotidien peut atteindre 13% avec des régimes riches en amidon (Wallace, 1994).

Tableau 13. Effet de la supplémentation en *S. cerevisiae* sur les performances des bovins d'engraissement (adapté de LAN, 2003).

Lieu	Nombre	Poids départ	Durée	GMQ en g/jour (%)	IC	Autres observations
Allemagne, Université Technique de Munich 2001	36 bovins simmental	190 kg	126 jours	+ 97 g * (+ 6,7 %)	- 5,2 %	+ 1,2 ingéré
Espagne, essai 1, 1996	258 veaux	55 kg	54 jours	+ 74 g (+ 7,3 %)	- 1,8 %	+ 5,4 % ingéré
Espagne, essai 2 1996	225 veaux	69 kg	92 jours	+110 g (+ 8,4 %)	- 3,3 %	+ 4,8 % ingéré
France, essai 1995	24 bovins	—	3 mois	+ 120 g (+ 9,6 %)	—	+ 6,6 % ingéré
Argentine, INTA, 2000	120 Aberdeen Angus	169 kg	84 jours	+ 20 g (+ 1,8 %)	-10,4 %*	—
UK, Norvite Feed Supplement, 2001	41 bovins simmental	293 kg	7,5 mois	+ 116 g * (+ 7,7 %)	—	+3,6 % poids carcasse
Italie, Université de Milan, 2002	120 bovins charolais	395 kg	5 mois	+ 240 g * (+ 16,2 %)	- 10,2 %	

* P<0,05



IV.1.2. Effet du probiotique chez la vache laitière

L'incorporation des levures *Saccharomyces cerevisiae* (mortes, en culture ou sous forme sèches actives) dans la ration des vaches laitières est utilisée depuis plus de six décennies. Les réponses induites sont encore une fois très variables selon les études (Tableau 14).

Certains essais (Quinonez et al, 1988 ; Arambel et Kent, 1990 ; Erdman et Sharma, 1990) ne trouvent pas de variations significatives des performances de production des vaches laitières recevant la levure probiotique. Plus précisément, il n'y aurait pas d'amélioration significative de la matière sèche ingérée (Piva et al, 1993 ; Robinson, 1997 ; Robinson et Garrett, 1999), ni de la quantité de lait produite (Swartz et al, 1994 ; Robinson, 1997 ; Robinson et Garrett, 1999) ou de la composition du lait (Piva et al, 1993 ; Swartz et al, 1994 ; Robinson, 1997 ; Robinson et Garrett, 1999).

Dans d'autres études, la supplémentation en *Saccharomyces cerevisiae* induit une augmentation significative de la matière sèche ingérée (Malcom et Kiesling, 1986 ; Fallon et Harthe, 1987 ; Williams et al, 1991) associée à un accroissement de la production laitière (entre 3 et 9% selon les études) (Kellems et al, 1990 ; Williams et al, 1991 ; Wholt et al, 1991 ; Piva et al, 1993 ; Kung et al, 1997) et une amélioration de la composition du lait (Williams et al, 1991 ; Wholt et al, 1991). D'après Piva et al (1993), une supplémentation en *S. cerevisiae* durant 4 semaines augmente significativement le taux butyreux (TB) du lait de 15% chez des vaches multipares en milieu de lactation. Putnam et al (1997) rapportent quant à eux une augmentation de 6% du TB chez des vaches primipares supplémentées en levure, durant 4 semaines, en début de lactation.



Tableau 14. Effets de la supplémentation alimentaire en *Saccharomyces cerevisiae* sur la matière sèche ingérée (MSI), le poids vif (PV) et la production laitière (PL) des vaches laitières (synthèse de plusieurs auteurs).

Supplémentation		Vaches laitières Effectif & parité	Amélioration par rapport aux témoins				Auteurs
Durée	Période		MSI	PV	PL	Autres	
28j	Début de lactation	8 primipares (n=4)	+5%	nd ¹	+3%	+6% TB	Putnam et al (1997)
28j	Milieu de lactation	24 multipares (n=12)	NS ²	nd	+3%	+15% TB	Piva et al (1993)
28j	De -14 j à +14 j pp ³	20 multipares (n=10)	NS	NS	+3% NS	↘ perte de poids en postpartum	Robinson (1997)
42j	Milieu de lactation	32 multipares (n=4)	+6%	nd	+9%		Williams et al (1991)
56j	De -28j à +28j pp	36 multipares (n=18)	+3%	NS	+8%		Wohlt et al (1998)
70j	Début & milieu de lactation	20 multipares (n=11)	NS	NS	NS	-	Arambel & Kent (1990)
75j	Début lactation	12 multipares (n=6)	+6%	nd	+6%		Erasmus et al (1992)
84j	De -23 j à +56 j pp	44 (dont 18 primipares) (n=22)	NS	NS	NS	-	Robinson & Garrett (1999)
91j	De -21j à +70 j pp	44 multipares (n=22)	+10%	NS	+6%	↘ perte de poids en postpartum	Nocek & Kautz (2006) ⁴
112j	Début/milieu lactation	60 (primipares et multipares) (n=30)	nd	nd	+4%		Ali-Haimoud-Lekhal & Chevaux, (2003)
119j	De -28 j à +91 j pp	48 (dont 12 primipares) (n=12)	NS	NS	+4%	-	Soder & Holden (1999)
119j	Début de lactation	30 VL	NS	nd	+38kg/120j	↗ caséine, ↗ lactose du lait	Iwanska et al (1999)
154j	De -28j à +126j pp	24 primipares (n=12)	+3%	nd	+5%	Pic de lactation avancé et amélioré	Wohlt et al (1991)
161j	De -21 j à +140 j pp	39 (dont 14 primipares) (n=19-20)	+20%	+4%	+3% NS	↘ perte de poids en postpartum Pic de lactation avancé	Dann et al (2000)

¹ nd : paramètre non déterminé ; ² NS : augmentation non significative ; ³ pp : jours par rapport au part ; ⁴ Supplémentation de *S.cerevisiae* + *Lactobacilles* ;



Des travaux récents (Ali-Haimoud-Lekhal et Cheveaux, 2003), menés chez des vaches multipares et primipares en début et milieu de lactation, indiquent que l'apport de levure vivante à la dose de 0,5g/jour/vache dans la ration se traduit par une augmentation significative ($P < 0,1$) de la production laitière de 1,3 kg/vache/jour en moyenne (29,6 vs 30,9 kg pour les lots Témoin et supplémentés respectivement) sans modification du TB et du TP.

Piva et al (1993) suggèrent que différents facteurs, incluant le type de fourrage administré, le programme alimentaire adopté et le ratio concentré/fourrage utilisé, influencent probablement la réponse des animaux aux levures probiotiques. Williams et al (1991) trouvent des effets supérieurs avec des régimes contenant 60% de concentrés et 40% de fourrages.

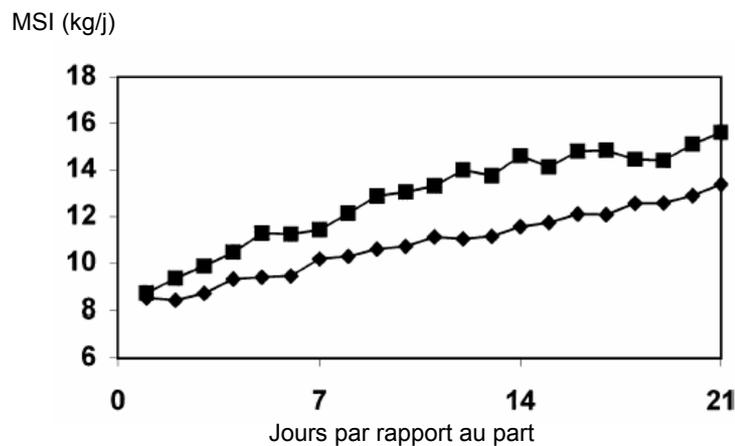
En outre, l'amplitude de l'amélioration de la production laitière dépend du stade de lactation. Elle serait plus marquée en début de lactation (Kellems et al, 1990 ; Ali-Haimoud-Lekhal et al, 1999) qu'en milieu ou fin de lactation (Ali-Haimoud-Lekhal et al, 1999).

En fait, l'addition de levures serait plus bénéfique aux vaches laitières si elle était administrée avant le vêlage, période caractérisée par une baisse de la MSI, à l'approche du part et durant le pic de lactation. Les résultats de quelques essais, ayant évalué l'impact de la supplémentation en levure spécifiquement durant la période de transition (entre la fin du tarissement et le début de la lactation) divergent dans leurs conclusions (Wohlt et al, 1991 ; Robinson, 1997 ; Robinson et Garrett, 1999 ; Soder et Holden, 1999 ; Wohlt et al, 1998).

Chez des vaches de race Holstein, Wohlt et al (1991) observent que les VL primipares supplémentées en *S. cerevisiae* dès 4 semaines avant le part et jusqu'à la 18^{ème} semaine de lactation, consomment plus de matière sèche autour du vêlage (+3%) et produisent plus de lait (+5%) par rapport aux primipares témoins. Dans une étude similaire, menée sur des vaches Holstein multipares, Wohlt et al (1998) trouvent que l'addition de la levure à la ration (durant 1 mois avant et 1 mois après le part) améliore en début de lactation la MSI (+3%) et la production laitière (+8%).



De même, l'étude de Dann et al (2000) menée sur 39 VL (dont 14 primipares) montre que l'addition de *S. cerevisiae* à la ration durant la période allant des 3 dernières semaines précédant la mise bas et les 20 premières semaines de lactation augmente de 20% la MSI, améliore le poids vif (+4%) et réduit la perte de poids en postpartum. Dans cet essai, la production laitière n'est pas significativement augmentée mais le pic de lactation est avancé chez les vaches supplémentées par rapport aux vaches témoins (Figure 11).



Production laitière (kg/j)

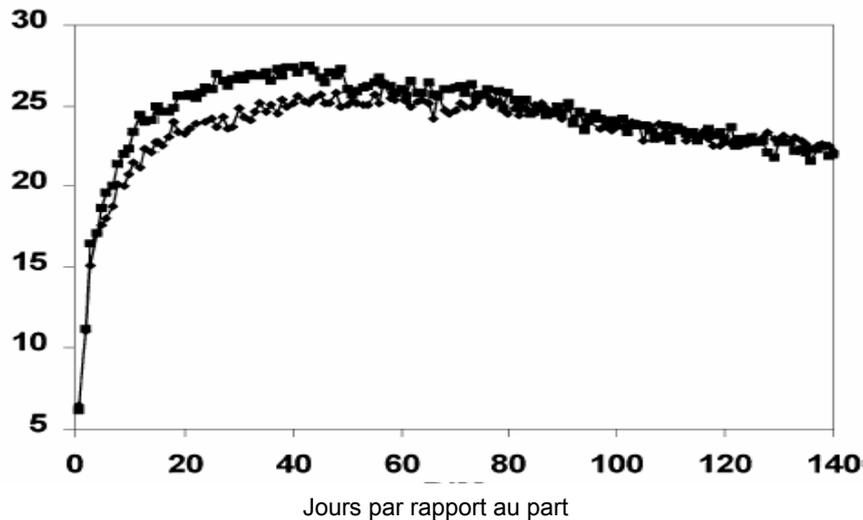


Figure 11. Matière sèche ingérée (MSI, kg/j) et production laitière (kg/j) durant les premiers 21 jours de lactation de vaches (Jersey) nourries avec un aliment témoin (◆) ou supplémenté avec *S. cerevisiae* (■) (Dann et al, 2000).



En revanche, Robinson (1997) ne trouve pas d'accroissement significatif de la MSI (Figure 12) chez des vaches Holstein multipares supplémentées en levure durant les 2 semaines précédant le part et les 2 premières semaines de lactation (soit 28 jours de supplémentation). Néanmoins, la production laitière de ces mêmes vaches tend à être augmentée (+3%, Figure 13) et la perte de poids en postpartum amoindrie (Figure 14).

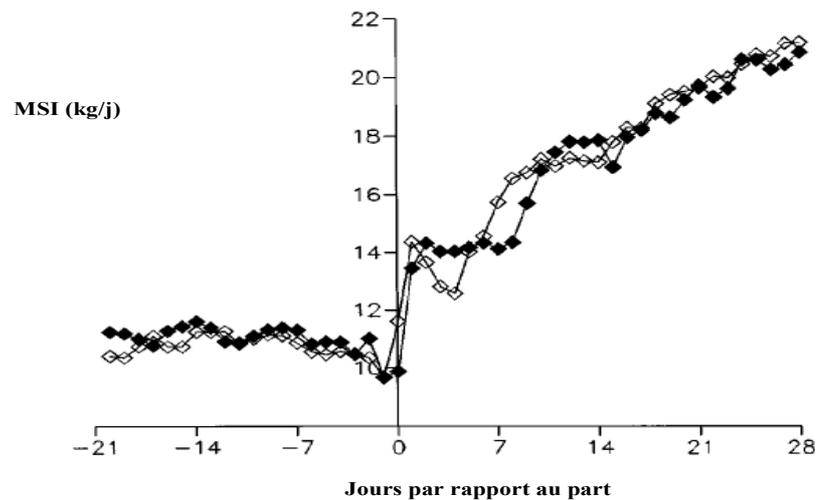


Figure 12. Matière sèche ingérée (MSI, kg/j) en pré et postpartum par des vaches témoins (◆) ou supplémentées en levure (◇). (Erreur Standard Moyenne = 0,23 kg/j) (Robinson, 1997).

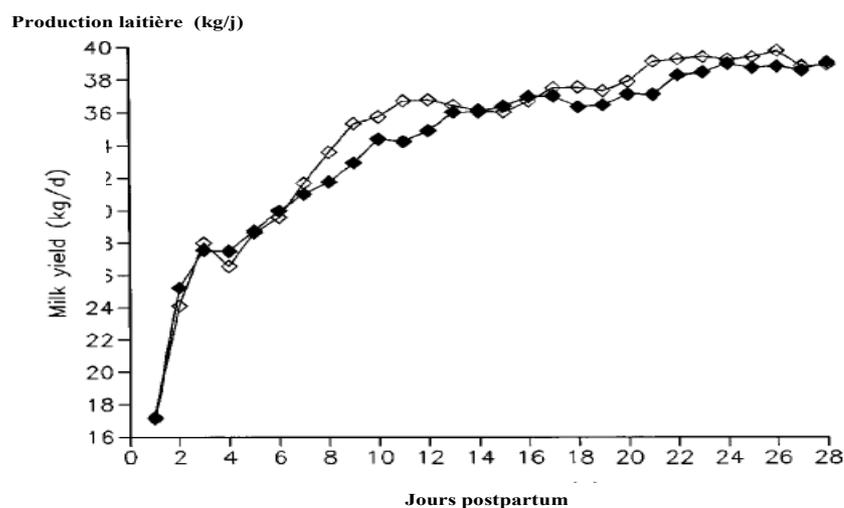


Figure 13. Production laitière (kg/j) des vaches témoins (◆) ou supplémentées en levure (◇) (Erreur Standard Moyenne = 0,43 kg/j) (Robinson, 1997).

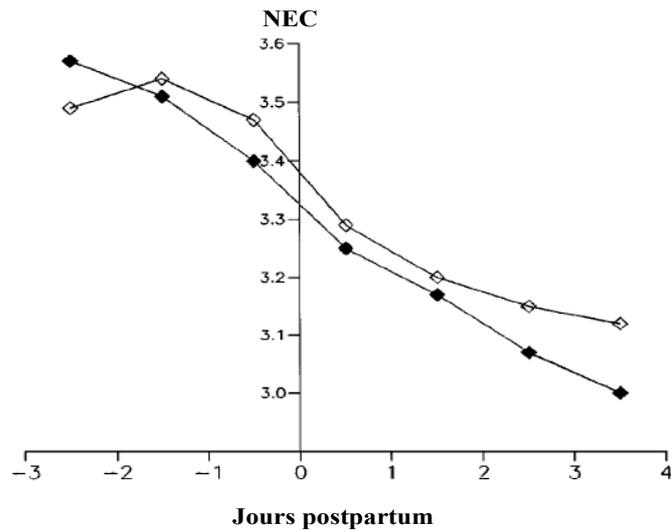


Figure 14. Note d'état corporel (NEC) des vaches témoins (◆) ou supplémentées en levure (◇) (Erreur Standard Moyenne = 0,01 unités) (Robinson, 1997).

Dans une étude ultérieure, Robinson et Garrett (1998), testent une plus longue période de supplémentation en levure (de -23j avant le part à +56 jours postpartum : 84 jours de supplémentation) et trouvent cette fois, des tendances à l'augmentation de la MSI (Figure 15) et de la production de lait (Figure 16).en début de lactation chez les VL supplémentées en levures en période pré et *postpartum*.

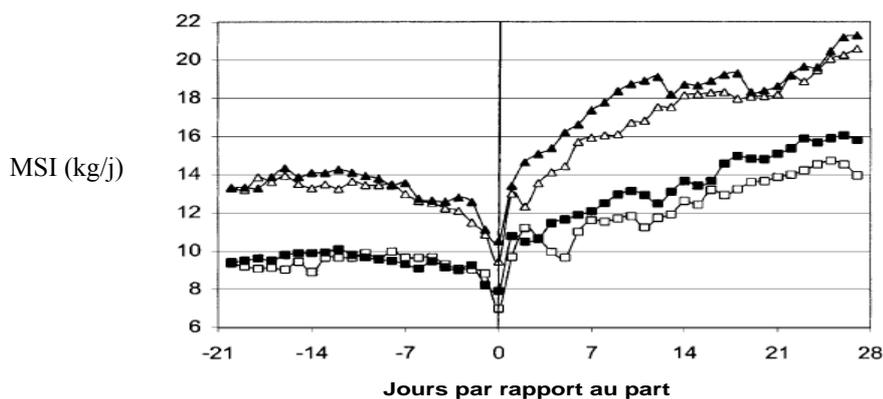


Figure 15. Matière sèche ingérée (MSI, kg/j) durant le *peripartum* chez des VL recevant un aliment témoin (primipares : □ ou multipares : Δ) ou un aliment supplémenté en levure (primipares : ■ ou multipares : ▲) (Robinson et Garrett, 1999).

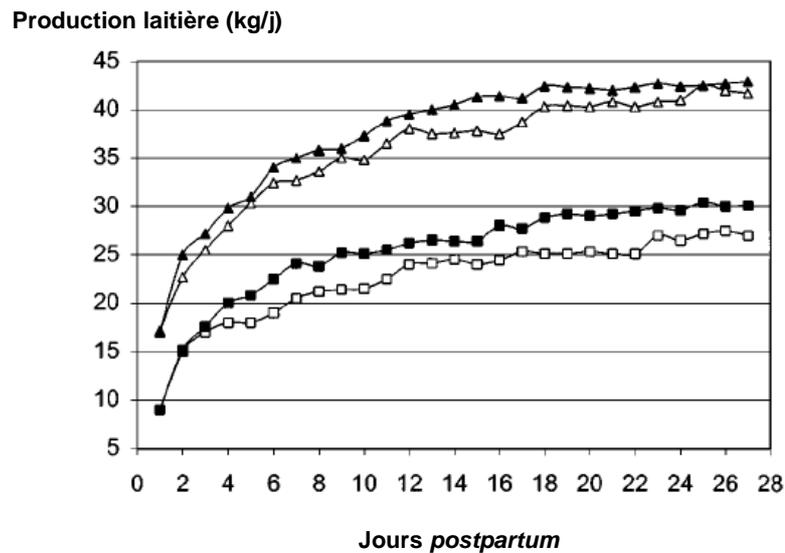


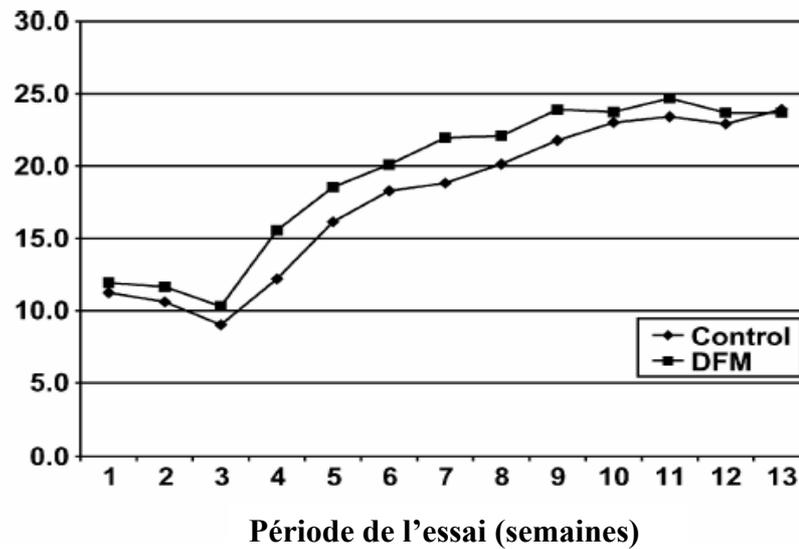
Figure 16. Production laitière (kg/j) chez des VL recevant un aliment témoin (primipares : □ ou multipares : △) ou un aliment supplémenté en levure (primipares : ■ ou multipares : ▲) (Robinson et Garrett, 1999).

Enfin, une étude récente de 2006 réalisée par Nocek et Kautz, a évalué l'impact de la supplémentation en levure associée à une autre bactérie probiotique (préparation contenant 5×10^9 UFC de *S. cerevisiae* et 5×10^9 UFC de *Enterococcus faecium*), spécifiquement durant le *peripartum* sur les performances de production. Cette étude, réalisée pendant la période s'étalant des trois semaines précédant le part aux dix semaines suivant le part, montre que l'incorporation d'additifs microbiens à la ration des vaches laitières durant cette période permet (Nocek et Kautz, 2006) (Figure 17) :

- d'augmenter la prise alimentaire généralisée à toute la période
- de limiter le pic d'acidité ruminale post prandiale après la prise alimentaire
- d'améliorer l'efficacité digestive
- d'augmenter la production laitière sans modification les taux protéiques et butyreux
- et permet enfin d'accroître la glycémie en *postpartum* avec une augmentation de la concentration en lactose du lait produit.



MSI (kg/j)



Production laitière (kg/j)

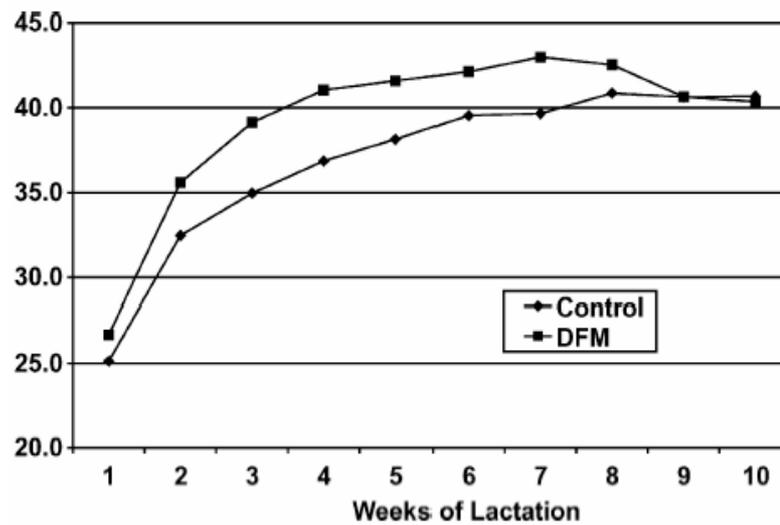


Figure 17. Effet de la supplémentation alimentaire en *S. cerevisiae* (5×10^9 UFC) et en *E. faecium* (5×10^9 UFC) sur la matière sèche ingérée (MSI : kg/j) et la production laitière hebdomadaire (kg/j) (« Control » : lot témoin, « DFM » : lot supplémentés en additifs microbiens) (Nocek et Kautz, 2006).



IV.2. Effet de la supplémentation en levure sur les paramètres métaboliques

A notre connaissance, peu d'études rendent compte de l'impact de la supplémentation alimentaire en levure probiotique sur les paramètres biochimiques sanguins de la vache laitière. Les quelques données bibliographiques disponibles sont résumées ci-dessous (Tableau 15).

Tableau 15. Effet de la supplémentation alimentaire en *Saccharomyces cerevisiae* sur les paramètres sanguins des ruminants.

Animaux	Durée	Variation des paramètres sanguins par rapport au témoin ¹	Auteurs
24 VL (milieu lactation)	28j	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Glycémie (+6%, p=0,18) ↗ PTP (+4% , p=0,15) → Cholestérol → Urémie 	Piva et al (1993)
8 VL (début lactation)	28j	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Glycémie (+3% NS) → Urémie 	Putnam et al (1997)
4 VL fistulées	35j	<ul style="list-style-type: none"> → AGNE → Urée 	Doreau et Jouany (1998)
36 VL (de -28 à 28j pp)	56j	<ul style="list-style-type: none"> ↗ urée (+12%) 	Wohlt et al (1998)
44 VL	91j	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Glycémie +15% * ↗ AGNE (NS) 	Nocek et Kautz (2006)
30 VL (début lactation)	119j	<ul style="list-style-type: none"> → Glycémie ↗ PTP (NS) ↗ Urée (NS) 	Iwanska et al (1999)
Veaux nouveau nés	42j	<ul style="list-style-type: none"> → PTP → BHB 	Lesmeister et al (2004)

¹ ↗ : augmentation, ↘ : diminution, → : pas de variation

NS : non significatif, * : p<0,05, PTP : protéines totales plasmatiques, BHB : β-hydroxybutyrate

Comme déjà relevé pour les réponses zootechniques, il apparaît que l'effet de *S. cerevisiae* sur les paramètres sanguins est très variable entre les études, probablement en raison de la variabilité des doses de levure utilisées ou encore des caractéristiques des rations distribuées, comme déjà suggéré par Galip (2006).



IV.3. Effet de la supplémentation en *S. cerevisiae* dans le rumen

La première étape importante de la digestion chez le ruminant comporte la fermentation dans le rumen. De nombreuses modifications suite à l'utilisation de *Saccharomyces cerevisiae* dans le rumen ont été rapportées. L'addition de levure dans la ration du ruminant semble, dans un certain nombre de cas, être bénéfique pour le métabolisme ruminal (Doreau et Jouany, 1998). Néanmoins, il existe une grande disparité des résultats qui pourrait s'expliquer par la variabilité des souches de levure testées et par les régimes alimentaires et les animaux utilisés dans les différents essais.

D'une manière générale, la littérature indique que l'apport de levures semble : (1) induire la stabilisation du pH ruminal, (2) diminuer le potentiel redox, par augmentation de l'anaérobiose qui stimule l'activité des protozoaires, des bactéries et des champignons anaérobies stricts, (3) améliorer la dégradation de la cellulose, (4) augmenter la digestibilité de la matière organique et (5) accroître l'absorption intestinale d'azote par un apport plus important de protéines microbiennes en provenance du rumen.

En revanche, les résultats collectés à partir de la bibliographie révèlent que *Saccharomyces cerevisiae* n'a pas d'effet évident sur la concentration d'AGV, la production de méthane et la teneur en ammoniac (Durand-Chaucheyras et al, 1997).

Les observations bibliographiques relatives aux variations des différents paramètres ruminiaux sont présentés dans ce qui suit :

IV.3 1. Effet sur le pH ruminal et la concentration de lactate

Selon plusieurs études réalisées *in vitro* et *in vivo*, *Saccharomyces cerevisiae* stabilise le pH ruminal. Mais cet effet semble dépendre fortement du type de régime examiné. D'une manière générale, lorsque le pH ruminal des animaux témoins tend à être en dessous de 6, celui des animaux supplémentés en levures est plus élevé (Auclair, 2001). Selon Fiems et al (1993), l'effet de la levure sur le pH ruminal est plus prononcé chez les moutons nourris avec des régimes à base d'ensilage de maïs



et de céréales (rapport sucres / amidon élevé) qu'avec des régimes foin / pulpes de betterave.

La stabilisation du pH est généralement associée à une diminution des teneurs en acide lactique dans le rumen. Cette diminution de la concentration ruminale en lactate, induite par *Saccharomyces cerevisiae*, ainsi que l'augmentation du pH correspondante serait en rapport avec la stimulation des bactéries utilisatrices de l'acide lactique (Auclair, 2001).

Il a été démontré, *in vitro*, que les bactéries utilisatrices du mannitol, telle que *S. ruminantium* (une des plus importantes bactéries consommatrices de lactate dans le rumen) sont stimulées par l'addition de levure (Newbold et al, 1998).

Saccharomyces cerevisiae est aussi capable d'être en compétition avec *Streptococcus bovis*, principal fournisseur d'acide lactique dans le rumen, pour l'utilisation des sucres solubles (Chaucheyras et al, 1997).

Les levures apparaissent rentables dans certains cas pour limiter *in vivo* l'acidose latente via une stabilisation du pH ruminal. Cependant, cet effet dépend entre autre de la souche (caractéristiques et dose) et du régime alimentaire.

Dans l'étude de Brossard et al (2004), 12 moutons équipés d'une canule ruminale, ont reçu deux fois par jour un régime 100 % foin pendant 3 semaines puis, après une période de transition (une semaine), un régime acidogène (60 % blé + 40 % foin) pendant deux semaines. Les animaux ont été répartis en 3 lots : lot témoin (L0; n = 5); 0,2 g / j de levure active sèche (L1, 4×10^9 UFC/j; n=3), et 2 g / j de levure sèche active (L10, 4×10^{10} UFC / j ; n = 4). Les levures étaient distribuées une fois par jour avant le repas du matin par la canule du rumen. Le pH ruminal a été mesuré en continu *via* l'utilisation de sondes immergées. Comparé au lot témoin, l'apport de *S. cerevisiae* a diminué la sévérité de l'acidose ($P < 0,001$) en augmentant le pH ruminal moyen (5,65 vs 5.83) et diminuant l'aire sous pH 6 (10,5 vs. 6,8 unités pH) ; la dose de levure L1 avait tendance à être plus efficace que la dose L10 ($P < 0,1$).



IV.3.2. Effet de la levure sur la flore bactérienne du rumen

L'augmentation du nombre total de bactéries cultivables dans le rumen semble être l'une des plus importantes réponses induites par la supplémentation en levure (Newbold, 1996 ; Durand-Chaucheyras et al, 1997).

De nombreuses études rapportent une augmentation spécifique des bactéries cellulolytiques ou utilisatrices de lactate induite par *S. cerevisiae*. *In vitro*, des souches de levure vivante sont capables de stimuler la croissance des bactéries cellulolytiques du rumen (Newbold et al, 1996 ; Newbold et al, 1998). *In vivo*, la population cellulolytique du rumen des animaux supplémentés en *S. cerevisiae*, augmente dans la plupart des cas (Durand-Chaucheyras et al, 1997).

Chez le jeune, l'incorporation de la levure dans la ration semble accélérer la colonisation des micro-organismes du rumen (Wallace, 1994).

Chaucheyras-Durand et Fonty (2001) ont étudié l'effet de *Saccharomyces cerevisiae* sur l'implantation des bactéries cellulolytiques et sur le développement des activités fermentaires dans le rumen d'agneaux gnotobiotiques. Les bactéries cellulolytiques inoculées aux agneaux (*F. succinogenes*, *R. albus* et *R. flavefaciens*) se sont implantées plus précocement en présence de cet additif. De plus, leur population s'est maintenue à un niveau plus élevé, même lorsque les conditions physico-chimiques du milieu étaient modifiées (Figure 18). Ces données suggèrent que *Saccharomyces cerevisiae* stimule le développement de la microflore cellulolytique et favorise l'activité microbienne dans le rumen de jeunes ruminants.

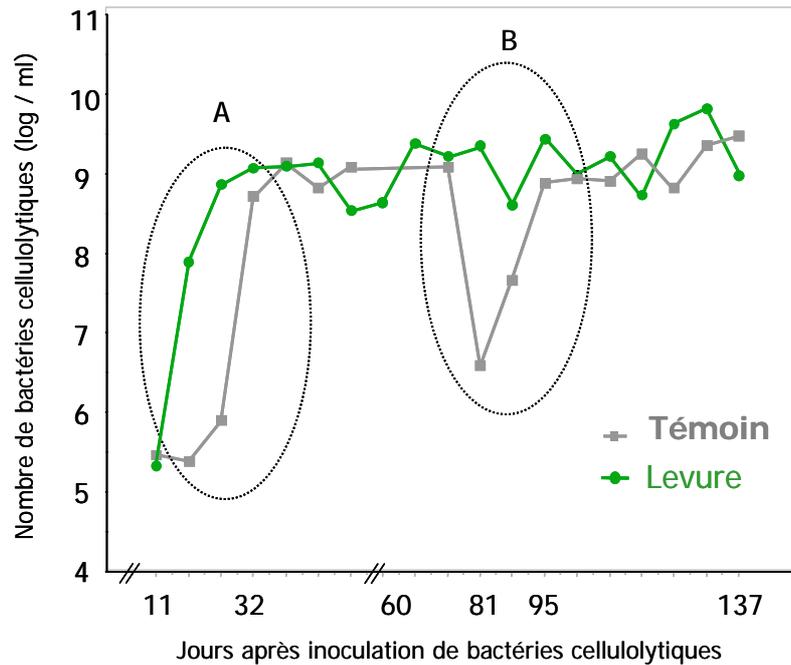


Figure 18. Effet de *S. cerevisiae* sur l'établissement de la flore cellulolytique. Effets mesurés sur des agneaux témoins (■) ou supplémentés en levure (●). Période A : les bactéries cellulolytiques se développent plus vite. Période B : *S. cerevisiae* maintient à haut niveau une population stable après stress (cannulation) (D'après Chaucheyras-Durand et Fonty, 2001).

IV.3.3. Effet de la levure sur le nombre de protozoaires du rumen

Une augmentation des teneurs du rumen en protozoaires suite à l'ingestion de *Saccharomyces cerevisiae* est rapportée par Miranda et al (1996) et Plata et al (1994).

Dans une étude récente, Galip (2006) a évalué l'effet de *Saccharomyces cerevisiae* (sous forme de cultures) sur la population ruminale totale et les pourcentages de chaque type des protozoaires des animaux traités. L'impact de 2 doses de levures a été ainsi évalué chez des béliers canulés : 5 g/jour (soit $25 \cdot 10^9$ CFU) ou 10 g/jour (soit $50 \cdot 10^9$ CFU) de *S. cerevisiae*. L'addition de levure à la ration a significativement modifié les proportions des différents types de protozoaires (Tableau 16).



Tableau 16. Répartition de la population ruminale de protozoaires chez des béliers supplémentés en *S. cerevisiae*. Les prélèvements sont réalisés avant (0 h) ou 3 heures après le repas (n = 3). Les lettres différentes (c, d) indiquent des différences significatives (P<0,05) entre les lots (adapté de Galip, 2006).

Espèce de protozoaire ruminale (%)	Heure de prélèvement	Lot Témoin	Levure 5 g/jour	Levure 10 g/j	SEM
<i>Dasytricha ruminantium</i>	0 h	0.00	3.71	2.54	2.60
	3 h	0.09 ^d	2.25 ^c	2.00 ^{cd}	0.72
<i>Isotricha prostoma</i>	0 h	1.00	2.84	2.81	1.89
	3 h	0.25	4.84	4.42	3.49
<i>Isotricha intestinalis</i>	0 h	0.17	0.75	0.46	0.42
	3 h	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Diplodinium Spp</i>	0 h	0.00 ^d	6.90 ^c	7.25 ^c	1.06
	3 h	0.00 ^d	6.04 ^c	7.70 ^c	1.84
<i>Epidinium Spp</i>	0 h	11.17	4.17	0.84	5.70
	3 h	7.34 ^c	4.17 ^{cd}	0.92 ^d	1.42
<i>Entodinium Spp</i>	0 h	87.67	85.09	86.00	3.57
	3 h	92.34	83.20	84.92	3.84
<i>Ophyroscolex caudatum</i>	0 h	0.00	0.00	0.00	0.00
	3 h	0.00	0.00	0.00	0.00

Par ailleurs, les travaux de Mathieu et al (1996) indiquent que l'augmentation du pH avec la levure est enregistrée uniquement chez les moutons pourvus de protozoaires ruminiaux et non pas chez les moutons défaunés. Ceci suggère que les protozoaires sont importants dans l'effet de *Saccharomyces cerevisiae* sur l'augmentation du pH.

IV.3.4. Effet de la levure sur la digestibilité des nutriments

Les données bibliographiques quant à l'impact de l'addition de *Saccharomyces cerevisiae* sur la digestibilité des nutriments divergent.

Plusieurs essais semblent indiquer un accroissement de la digestibilité de la matière organique lorsque *S. cerevisiae* est incorporée dans la ration, associée à une augmentation de la dégradation des fibres (Wiedmeir et al, 1987 ; Gomez-Alarcon et al, 1990 ; Erasmus et al, 1992 ; Chaucheyras-Durand et Fonty, 2001).



Ainsi, dans l'essai de Wiedmeir et al (1987), la digestibilité de la MS et des PB augmente d'environ 3% chez les vaches (non gestantes, tarées et fistulées au niveau du rumen) supplémentées en levures comparées à celles recevant un aliment témoin. Dans ces mêmes conditions, la digestibilité de l'hémicellulose est améliorée d'environ 5%.

L'étude de Erasmus et al (1992) réalisée également sur des vaches laitières pourvues de canules au niveau du rumen et du duodénum, montre que la digestibilité apparente des PB et de l'ADF augmentent significativement chez les VL supplémentées en *S. cerevisiae* par rapport au témoins (+2,5% en moyenne, $P < 0,05$).

Les résultats obtenus par Chaucheyras-Durand et Fonty (2001), chez des jeunes animaux (agneaux gnotobiotiques) recevant la levure sèche active *S. cerevisiae*, indiquent que les activités spécifiques des enzymes fibrolytiques sont plus élevées, et la dégradation in sacco de la paille de blé augmentée : le pourcentage de perte de MS est supérieur d'environ 9,84% par rapport au témoin après 48 heures d'incubation (Figure 19).

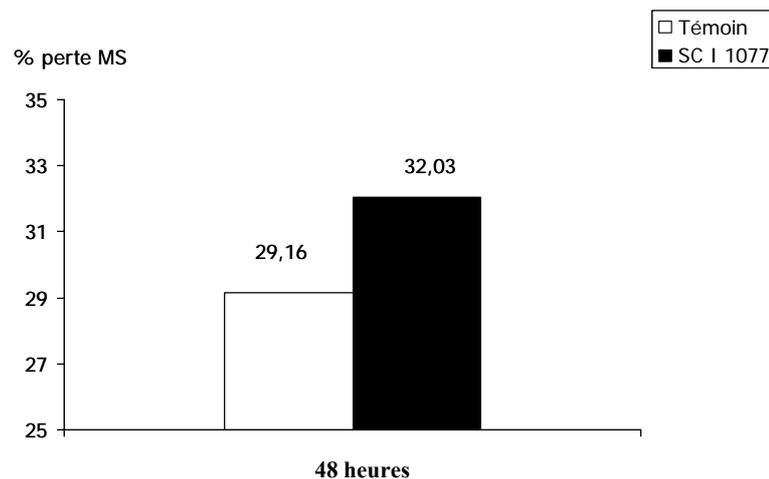


Figure 19. Dégradation de la paille de blé dans le rumen de jeunes agneaux témoins (□) et ceux recevant la souche de levure *S. cerevisiae* (SC I-1077) (■) (Chaucheyras-Durand et Fonty, 2001)



Il faut néanmoins signaler que dans d'autres études, les améliorations de la digestibilité de la MS, de la MO, du NDF ou de l'ADF après addition de levure à la ration ne sont pas significatives (Erasmus et al, 1992 ; Harrison et al, 1988 ; Yoon et Stern, 1996, Doreau & Jouany, 1998).

Les différences relevées entre les études ne peuvent pas être clairement attribuées à l'état physiologique des vaches ou aux conditions alimentaires ou environnementales. Dans tous les cas, les variations relevées de la digestibilité restent faibles.

IV.3.5. Effet de la levure sur le flux d'azote

Certaines études (Carro et al, 1992 ; Doreau et Jouany, 1998) indiquent que la synthèse protéique microbienne n'est pas modifiée par l'apport alimentaire de levure. En revanche, d'autres essais rapportent des augmentations des synthèses microbiennes induites par l'addition de *S. cerevisiae* (Erasmus et al, 1992 ; Newbold et al, 1995).

Selon les travaux de Erasmus et al (1992), la supplémentation en *Saccharomyces cerevisiae* est associée à une élévation du flux de protéines microbiennes quittant le rumen et à une augmentation de l'apport en acides aminés vers l'intestin grêle. Mais cet effet n'est pas observé par Doreau et Jouany (1998) ou Putnam et al (1997).

En fait, l'effet de la complémentation alimentaire en levure sur le flux de protéines microbiennes et d'acides aminés arrivant à l'intestin grêle semble être dépendant du régime alimentaire. Des travaux menés chez la chèvre (Giger-Reverdin et al, 1996), montrent que l'addition de levure à un régime bas protéique permet de restaurer le taux butyreux du lait qui devient équivalent à celui obtenus chez les témoins recevant un régime à teneur adéquate en protéines.



IV.4. Modes d'action de *S. cerevisiae* dans le rumen

Sur la base des observations faites, *in vitro* ou *in vivo*, plusieurs mécanismes ont été proposés dans la littérature pour expliquer l'interaction entre la flore microbienne ruminale et *Saccharomyces cerevisiae* à l'origine de l'impact bénéfique de l'utilisation des levures.

Parmi ces observations, des études réalisées *in vitro* montrent que les extraits aqueux préparés à partir *Saccharomyces cerevisiae* stimulent la croissance de certains micro-organismes du rumen (Auclair, 2001).

Girard (1996) a démontré la présence des facteurs de stimulation thermolabiles (probablement lipidique) et des facteurs de stimulation thermostables (peptides à chaînes courtes) dans différentes fractions de la levure.

Il a été également démontré que *Saccharomyces cerevisiae* fournit des vitamines, en particulier de la thiamine (B1), qui stimulent la croissance des champignons du rumen (Chaucheyras et al, 1997).

Les acides dicarboxyliques, particulièrement l'acide malique, contenus dans la levure semblent être à l'origine de la stimulation de la croissance des micro-organismes ruminants *in vitro*. Toutefois, ces acides n'ont pas le même rôle prépondérant *in vivo* (Newbold, 1996).

La suppression de l'oxygène qui inhiberait la croissance des bactéries strictement anaérobies a été aussi suggérée. Le contenu ruminal est essentiellement anaérobie mais de faibles concentrations d'oxygène dissous peuvent être détectées lors des cycles alimentaires journaliers. L'oxygène pénètre dans le rumen lors de la prise alimentaire. Cette augmentation du potentiel redox observé après le repas chez le mouton est principalement due à un apport d'oxygène dans le rumen durant l'ingestion alimentaire, la mastication et l'abreuvement (Mathieu et al, 1996).

La capacité des différentes souches de *Saccharomyces cerevisiae* à stimuler le nombre de bactéries vivantes dans le rumen semble être liée à leur capacité à capter l'oxygène à partir du liquide ruminal. En effet, les souches mutantes



déficiantes en respiration sont incapables d'induire une augmentation du nombre de bactéries anaérobies (Newbold et al, 1996).

Par ailleurs, l'action de *S. cerevisiae* semble être temps dépendant : l'ajout de cultures de levure diminuerait les variations post prandiales des fermentations ruminales (Wallace, 1994).

Finalement, pour regrouper en un mode d'action logique les différentes observations réalisées, des schémas ont été proposés. La figure 20 présente une séquence proposée par Wallace (1994) permettant d'expliquer le mode d'action de ces levures.

L'augmentation de la prise alimentaire semble être en partie induite par un accroissement (le plus souvent léger) de la vitesse de dégradation des fibres (Wallace, 1994) et en partie liée à une élévation du flux de protéines microbiennes (Williams et al, 1990 ; Erasmus et al, 1992). Il est suggéré que ces deux observations soient liées à la présence d'une population microbienne plus active dans le rumen : l'effet le plus reproductible des additifs microbiens est bien celui d'augmenter le nombre de bactéries anaérobies viables présentes dans le rumen. Des augmentations de 50 à 100% sont communes, mais des augmentations de plus de 10 fois par rapport aux témoins ont été observées (Wallace, 1994).

La population cellulolytique augmente en nombre, et les bactéries utilisatrice des acides sont stimulées par les acides dicarboxyliques présents (Wallace, 1994). Ceci explique en partie l'amélioration de la dégradation des fibres et l'augmentation de la stabilité des fermentations ruminales chez les animaux recevant des levures (Williams et al, 1991). L'augmentation du nombre total de bactéries viables semble être surtout le fait d'une augmentation de la proportion cellules vivantes : cellules mortes. Comme le reflète la faible variation de la concentration en protéine totale dans le fluide ruminal (Wallace, 1994).

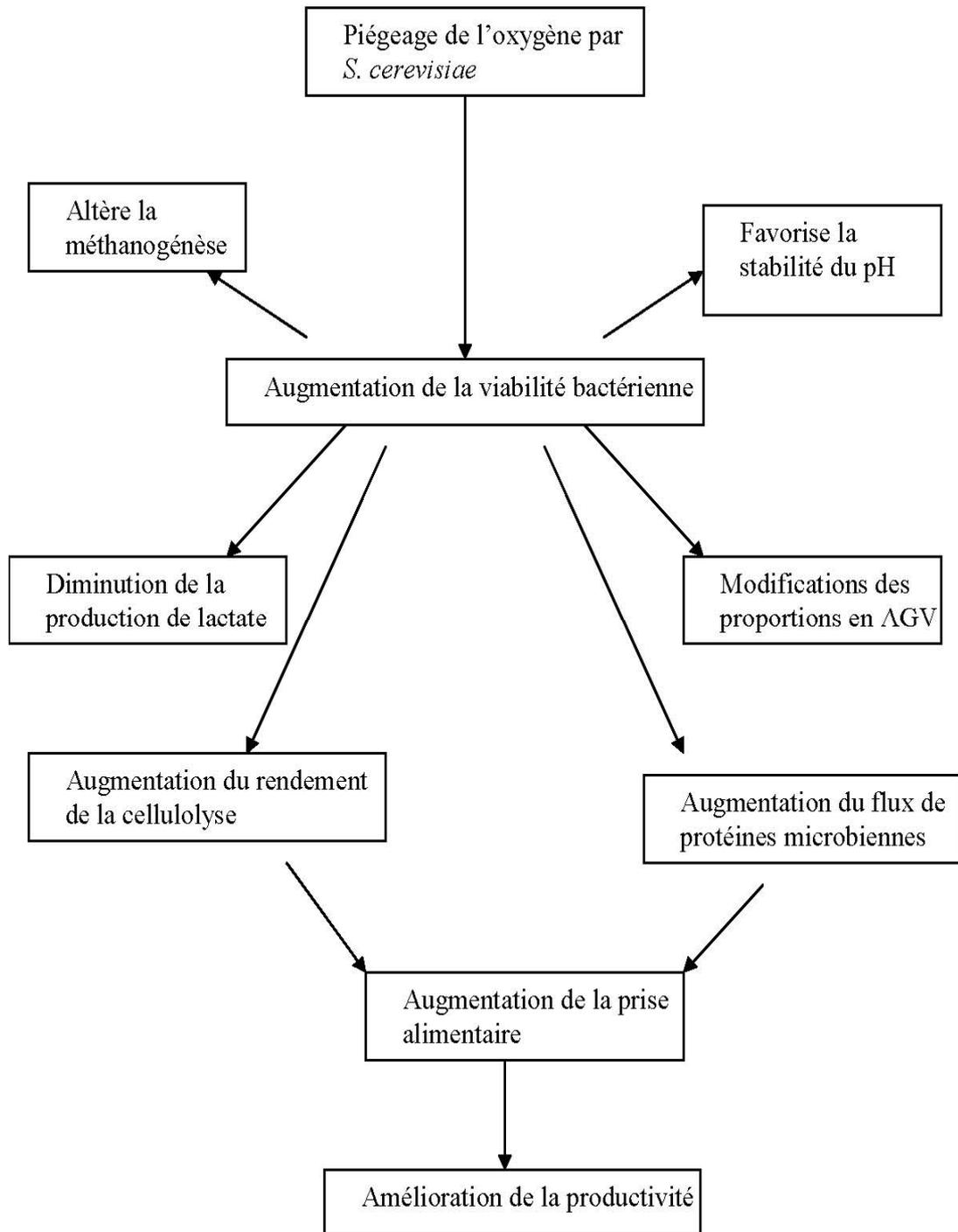


Figure 20. Mode d'action présumé de *Saccharomyces cerevisiae* chez le ruminant (adaptée de Wallace, 1994)



De cette revue, nous pouvons conclure que :

L'effet généralement observé après l'utilisation de *Saccharomyces cerevisiae* en alimentation animale est un accroissement des paramètres de production et de meilleures conditions sanitaires,

Saccharomyces cerevisiae demeure vivante lors de son passage à travers le tractus digestif, mais ne peut pas le coloniser. C'est une des principales différences avec les autres types de probiotiques tels que les bactéries lactiques,

La distribution de *Saccharomyces cerevisiae* doit être quotidienne car le rumen n'est pas un milieu de culture idéal pour cette levure (anaérobie stricte, température élevée, concentration en AGV importante, disponibilité limitée en substrats fermentescibles) et les pertes en levures sont journalières,

Saccharomyces cerevisiae possède une gamme très étendue des mécanismes d'action, qui peuvent expliquer les résultats positifs observés chez les espèces monogastriques et les ruminants,

Chez le ruminant, l'augmentation du nombre microbien dans le rumen semble être l'action centrale de la levure. Néanmoins, les réponses à la levure dans le rumen varient selon différents facteurs parmi lesquels l'aliment consommé semble être le plus important.

Chez la vache en *peripartum*, l'incorporation alimentaire de *S. cerevisiae* durant la période de fin de tarissement et en début de lactation, semble être bénéfique dans la mesure où elle permettrait d'augmenter la consommation de matière sèche, facteur limitant de cette période du cycle de production de la vache.

De plus amples informations sont maintenant nécessaires pour élucider les mécanismes par lesquels la levure stimule la productivité. Ce qui aidera à prévoir des situations alimentaires où de réels avantages pourraient être raisonnablement attendus.

*Matériels
& Méthodes*



I. Objectif de l'étude

Le but de notre travail est d'évaluer, dans nos conditions locales, l'intérêt de la complémentation alimentaire en levure probiotique durant la période du *peripartum* chez la vache laitière. Plus précisément, nous étudions l'effet de l'incorporation de *Saccharomyces cerevisiae* dans l'aliment sur les performances zootechniques, les paramètres métaboliques et la production laitière.

II. Lieu et période du déroulement de l'essai :

Ce travail a été réalisé à la station expérimentale de L'Institut Technique des Elevages de Baba-Ali (ITELV).

La période expérimentale s'étalait du 01 mars 2007 au 07 juin 2007. Elle était précédée d'une période pré expérimentale de 2 mois (du 01 janvier au 28 février 2007) nécessaire à l'homogénéisation des animaux.

La durée de la supplémentation couvrait la période allant des deux dernières semaines précédant la date probable du vêlage (J-14) jusqu'à la 7^{ème} semaine *postpartum* (J49 pp), soit une durée de 9 semaines au total.

III. Période pré expérimentale

III.1. Commémoratifs de l'élevage

La Station expérimentale RUMINANT de l'ITELV de Baba-Ali dispose d'un effectif global de 43 vaches laitières, de race PrimHolstein, Pie noire et Pie rouge. Chaque vache est identifiée par un numéro apposé sur l'oreille et dispose d'une fiche individuelle signalétique mentionnant toutes les informations propres à l'animal (date de naissance, nombre de gestations, silhouette...).

Le troupeau est sous contrôle sanitaire régulier avec un suivi vétérinaire et un dépistage prophylactique permanents (Tuberculose et Brucellose) et des vermifugations systématiques et des vitaminothérapies (AD3E).



L'état sanitaire de ce troupeau est en général satisfaisant. Les principaux troubles pathologiques rencontrés sont pour la plupart d'origine nutritionnelle coïncidant le plus souvent avec des ruptures de stock d'aliment concentrés. Le troupeau est également indemne de mammites cliniques.

Le suivi de la reproduction de ce troupeau est assuré par un technicien qui opère des inséminations artificielles après observation des chaleurs lorsque les vaches sont à l'exercice. Le bilan de la reproduction reste dans la moyenne des élevages avec un taux de réussite à la première insémination correct.

La production laitière du troupeau enregistrée durant les quatre précédentes années est présentée dans les tableaux suivants (Tableau 17). La production laitière mesurée au cours de l'essai est également incluse.

Tableau 17. Production laitière (PL) à l'ITELV de Baba-Ali de 2004 à 2007.

Année	Nombre	PL	PL
2004	VL	Totale	moyenne
Janvier	10	4442,5	14,33
Février	15	5680,5	13,06
Mars	18	9351	16,76
Avril	19	9624,5	16,89
Mai	21	9196,5	14,13
Juin	21	7888,5	12,52
Juillet	18	5516,5	9,89
Août	18	4410,5	7,9
Septembre	17	3719,5	7,29
Octobre	10	1857	5,99
Novembre	10	2085	6,95
Décembre	7	764,5	7,28
TOTAL (litres)		63772	10,48

Année	Nombre	PL	PL
2005	VL	Totale	moyenne
Janvier	16	4218	8,5
Février	20	6672	11,91
Mars	22	10174,5	14,92
Avril	22	9455	14,33
Mai	22	8338	12,23
Juin	24	5937	8,25
Juillet	33	5628,5	5,5
Août	40	6759,5	5,45
Septembre	39	6082	5,2
Octobre	24	3554,5	4,78
Novembre	17	5013,5	9,83
Décembre	12	4776,5	12,84
TOTAL (litres)		76609	9,48



Année	Nombre	PL	PL
2006	VL	Totale	moyenne
Janvier	10	3998,5	12,89
Février	12	4335,5	14,77
Mars	12	5290,5	14,58
Avril	17	6897	14,38
Mai	17	7991	15,16
Juin	16	5310	11,06
Juillet	17	7579,5	14,38
Août	22	8220,5	12,05
Septembre	26	7464,5	9,57
Octobre	28	6557,5	7,55
Novembre	19	3970,5	6,97
Décembre	18	4512	8,08
TOTAL (litres)		72127	11.79

Année	Nombre	PL	PL
2007	VL	Totale	moyenne
Janvier	16	6649	13,41
Février	20	8376	14,96
Mars	20	9969,5	16,08
Avril	34	15337,5	15,04
Mai	37	14176,5	12,36
Juin	37	10986,5	9,89
Juillet	37	10353,5	9,03
Août	34	7919.5	9.29
Septembre	31	7919.5	8.52
Octobre	30	8271.5	8.89
...			
...			

La station pratique la culture des fourrages verts (luzerne, bersim, sorgho, ray-grass, orge). Une partie de ces fourrages est conservée (soit ensilée, soit fanée) en prévision d'une rupture de l'aliment concentré. Le calendrier fourrager est présenté ci-dessous (Tableau 18).

Tableau 18. Calendrier fourrager et disponibilité 2006-2007

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.
Luzerne	X	X				X	X	X	X O	X O	X O	XO
Berssim			X	X	X	X	X					
Sorgho vert										X	X ▲	
Ray grass			X	X	X	X ▲	X ▲	■	■			
Orge			X	X	X	X	X ▲	O	O	O	O	O
Vecse-Avoine				X	X	X	X ▲	O	O	O	O	O

X = Vert, O = Foin, ▲ = Ensilage, ■ = Pâtüre.



III.2. Bilan initial

Au 01 janvier 2007, nous avons commencé par établir un bilan initial du troupeau de l'ITELV pour pouvoir sélectionner par la suite les animaux destinés à notre expérimentation. Pour cela, sur un effectif global de 43 vaches laitières disponibles, nous avons récoltés les informations concernant l'ensemble de ces animaux, à savoir : la date de naissance, le numéro de lactation et la date de la dernière insémination artificielle (consultation des fiches signalétiques).

Par la suite, nous avons opéré à la pesée de l'ensemble des vaches ($n = 43$) et à la notation de leur état corporel (voir méthode plus loin : paragraphe *V.1.2*). Nous avons également vérifié l'état de gravidité des animaux par fouiller rectal. Pour les vaches gravides, le stade de gestation a été confirmé par échographie.

De ce premier bilan établi, sur les 43 VL examinées, 20 vaches étaient vides et 23 étaient au dernier tiers de gestation. Ces dernières avaient un poids moyen de 531 ± 67 kg et une note d'état corporel de $2,8 \pm 0,5$. L'âge moyen et le numéro de lactation de ces vaches étaient de $5,8 \pm 2,1$ ans et de $1,8 \pm 1,5$, successivement. Parmi ces 23 vaches gestantes, 19 étaient en tarissement et 4 étaient des primipares.

III.3. Sélection des animaux et constitution des lots

Vingt vaches gestantes sont ainsi sélectionnées parmi les 23 disponibles et sont réparties en deux lots homogènes ($n = 10$) en prenant comme critères de tri et par ordre de priorité : le numéro de lactation, l'âge, le poids et l'état corporel ainsi que la date probable de mise bas. Cette dernière est déduite à partir de la date de la dernière insémination.

Concrètement, pour réaliser des lots les plus homogènes possibles, les vaches sont d'abord appariées 2 par 2 en fonction des critères de tri initialement fixés. Ce tri a permis d'obtenir 10 paires d'animaux aux caractéristiques proches. Ensuite, chaque animal d'une paire a été affecté aléatoirement à l'un des 2 lots expérimentaux : lot témoin ou lot supplémenté en levure.



Les caractéristiques des vaches des deux lots expérimentaux sont représentées ci-dessous (Tableau 19).

Tableau 19. Caractéristiques des vaches laitières (VL) réparties dans le lot témoin et le lot supplémenté en levure probiotique.

Lot (n = 10)	n° VL	Age (ans)	n° lactation	NEC ¹	Poids (kg)
Levure	24010	3	0	3,0	434
Levure	24008	3	0	2,5	397
Levure	2954	4	1	3,0	543
Levure	7738	5	1	2,5	577
Levure	7798	5	1	2,5	510
Levure	3164	5	1	3,0	556
Levure	21006	6	2	3,0	590
Levure	1986	5	3	2,5	474
Levure	99008	8	4	2,5	550
Levure	97005	10	5	2,5	545
<i>Moyennes</i>		<i>5,40</i>	<i>1,80</i>	<i>2,70</i>	<i>517,6</i>
<i>SE²</i>		<i>0,69</i>	<i>0,53</i>	<i>0,08</i>	<i>20,05</i>
Témoin	24003	3	0	3,0	484
Témoin	23002	4	0	3,0	540
Témoin	4755	4	1	3,5	589
Témoin	3552	4	1	2,5	620
Témoin	23003	4	1	2,0	416
Témoin	5913	5	1	3,5	650
Témoin	99009	8	3	2,0	520
Témoin	20001	7	3	2,0	428
Témoin	99006	8	4	3,0	540
Témoin	98007	9	4	2,0	523
<i>Moyennes</i>		<i>5,60</i>	<i>1,80</i>	<i>2,65</i>	<i>531,0</i>
<i>SE</i>		<i>0,69</i>	<i>0,49</i>	<i>0,20</i>	<i>24,0</i>

¹ Note d'Etat Corporel sur une échelle de 1 à 5 ; ² Erreur Standard



III.4. Homogénéisation des animaux

Après la constitution des lots, les 20 vaches sélectionnées ont été maintenues en stabulation entravée afin de maîtriser les quantités d'aliments ingérées.

La période pré expérimentale a duré 2 mois et a servi à mettre les animaux en conditions expérimentales et à les adapter au système de contention par des chaînes au cou. Ces vaches ont fait l'objet d'un suivi régulier et périodique de l'état sanitaire (vitaminothérapie et vermifugation) et une surveillance de l'évolution de la gestation. Une ration calculée et équilibrée en fonction des besoins a été distribuée pour l'ensemble des animaux afin d'homogénéiser les 2 lots.

IV. Période expérimentale

IV.1. Schéma expérimental

Pour étudier l'effet de la supplémentation en levure probiotique chez la vache en *peripartum*, nous comparons **2 traitements expérimentaux**:

1. Un **lot « Témoin »** recevant un aliment classique sans additif (ration de base)
2. Un **lot « Levure »** recevant le même aliment que le lot témoin mais supplémenté avec la levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae*.

La durée de la supplémentation est de 9 semaines s'étalant des 2 dernières semaines précédant la date probable du part jusqu'à la 7^{ème} semaine *postpartum*.

L'impact de la complémentation alimentaire en *S. cerevisiae* est évalué sur l'évolution des paramètres de production et des paramètres métaboliques mesurés à J₀ (début de la supplémentation), à la mise bas (J_{mb}), à 35jours *postpartum* (J_{35pp}) et à la fin de la supplémentation (J_{49pp}).

Le dispositif expérimental et les mesures effectuées sont récapitulés dans le schéma suivant (Figure 21).

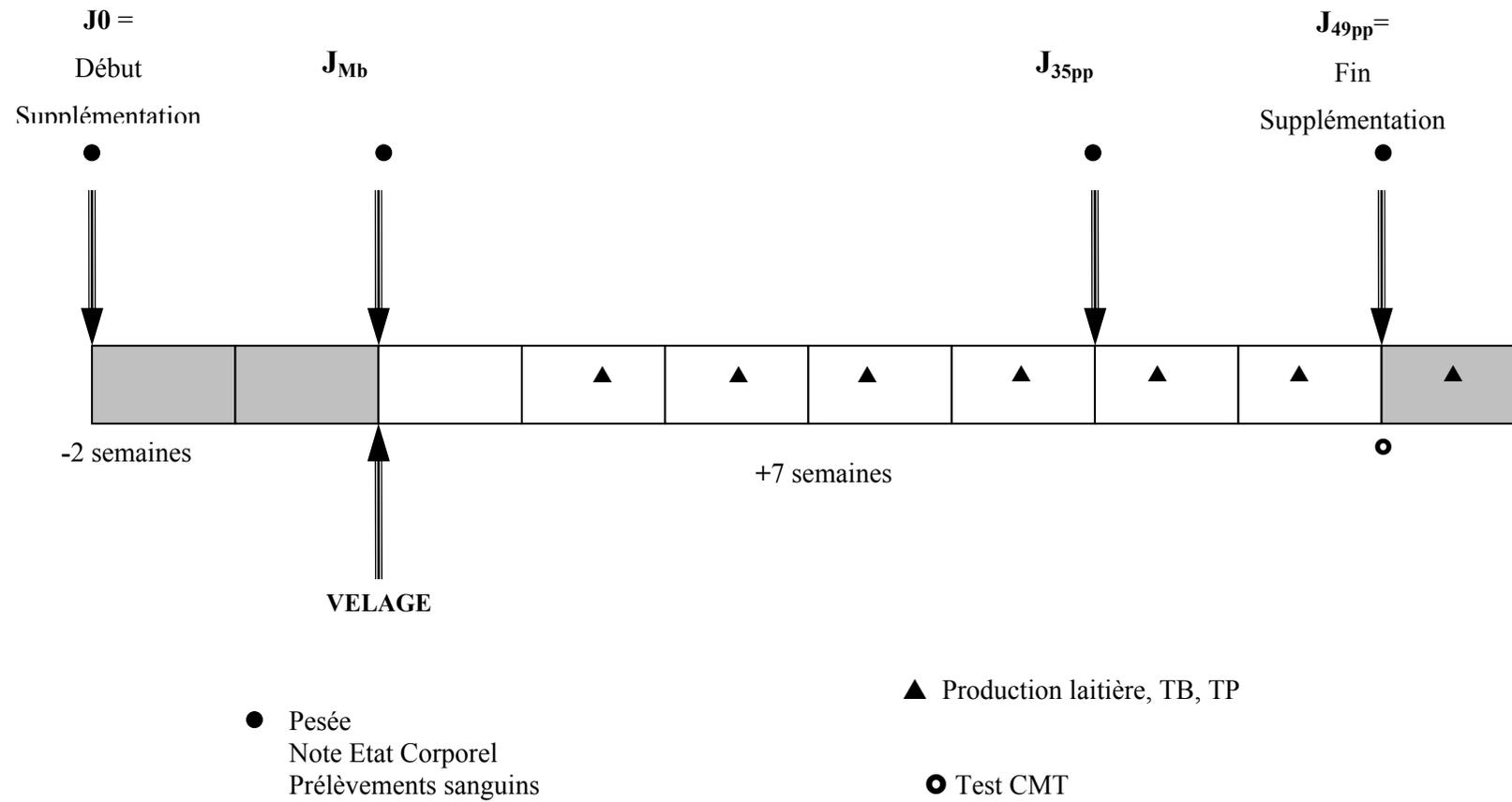


Figure 21. Schéma du protocole expérimental



IV.2. Alimentation

IV.2.1. Composition et calcul de la ration de base

Tous les animaux sont nourris avec le même aliment concentré de base (Aliment VLB17, SARL Ain-Bessem ALIMENT) supplémenté (lot Levure) ou non (lot Témoin) avec la levure probiotique. La composition et les caractéristiques du concentré utilisé sont données dans le tableau ci-dessous (Tableau 20).

Tableau 20. Composition et caractéristiques de l'aliment concentré de base (VLB17)

Matières premières	Taux (%)	UF/kg	MAD (g/kg)
Maïs	58	0,638	37,7
Son	16,5	0,119	18,15
T. de soja	20	0,21	87,4
Calcaire	3		
Phosphate bicalcique	0,5		
Sels	1		
CMV ¹	1		
<i>Total</i>	<i>100</i>	<i>0,967</i>	<i>143,25</i>

¹ Composition par kg du CMV (EURASIA N.V., Belgique):

Fer	5.000 mg	Vitamine A	1.000.000UI
Cuivre	1.000 mg	Vitamine D3	100.000 UI
Manganèse	5.000 mg	Vitamine E	1.500 mg
Cobalt	50 mg	Vitamine B1	800 mg
Zinc	4.000 mg	Vitamine PP	2.500 mg
Iode	50 mg		
Selenium	10 mg		
Calcium	250.000 mg		
Sodium	120.000 mg		
Magnésium	120 mg		
Minéraux	99%		

La quantité de fourrages distribuée (ensilage de foin) est identique pour les deux lots. La distribution quotidienne des aliments aux vaches des deux lots se fait de manière manuelle et toujours à la même heure le matin à 9 heures.



En pratique, l'ensemble des vaches était rationné en tenant compte de leur capacité d'ingestion qui est de 10 à 11 kg pour les vaches gestantes en tarissement et de 14 à 15 kg pour les vaches en lactation.

Après calcul (Tableau 21), la ration distribuée aux vaches tarées au cours de toute la période pré expérimentale était composée de 8 kg de foin, de 5 kg d'ensilage de foin et de 2 kg d'aliment concentré, servi en un seul repas.

Les 2 dernières semaines avant la date présumée de mise bas (correspondant à la fin de la période de tarissement et au début de la période expérimentale), un apport supplémentaire de 0,5 kg à 1 kg d'aliment concentré a été rajouté.

Après le part, la ration calculée et distribuée des vaches en lactation comportait : 5 kg de foin, 20 kg d'ensilage de foin et 6 kg d'aliment concentré. Celui-ci était distribué en 2 repas.

Les valeurs énergétiques (calculées) de la ration distribuée aux vaches tarées et en production sont présentées dans le tableau 22.

Tableau 21. Besoins d'entretien d'une VL de 500 Kg et Besoins de production d'1Kg de lait à 4% de matières grasses.

	Formule	Besoins d'entretien	Besoins de production d'1Kg de lait (TB 4%)
Besoins énergétiques (UFL)	$1,5 + \frac{PV}{200}$	4 UF	0,43 (0,4 + 0,15 (MG)) UF
Besoins azotés (MAD)	$\frac{60(PV)}{100}$	300 MAD	60 MAD

**Tableau 22.** Valeurs énergétiques de la ration distribuée aux vaches tarées et en production (valeurs mesurées).

Pour les vaches tarées							
Disponible	MS (%)	UF	MAD	Brute	MS (kg)	UF	MAD (g)
Foin d'orge	94.7	0.5	43.02	8 Kg	7.576	3.79	325.92
Ensilage d'orge	28.37	0.49	64.2	5 Kg	1.42	0.696	91.164
Concentré	94.5	0.96	143.25	2 Kg	1.89	1.814	270.74
				Total	10.88 (CI=10 à 11Kg)	6.28	687.82
Pour les vaches en production							
Disponible	MS	UF	MAD	Brute	MS (kg)	UF	MAD (g)
Foin d'orge	94.7	0.5	43.02	5Kg	4.735	2.367	203.7
Ensilage d'orge	28.37	0.49	64.2	20Kg	5.674	2.78	364.27
Concentré	94.5	0.96	143.25	6Kg	5.67	5.44	812.28
				Total	15.479 (CI=14 à 15Kg)	10.58	1380.25

MS : matières sèches, UF : unités fourragères, MAD : matières azotées digestibles, CI : Capacité d'ingestion

Cette ration distribuée aux vaches en production permet théoriquement de couvrir en plus des besoins d'entretien une production de 15 litres de lait par jour.

IV.2.2. Modalités de la supplémentation en levure probiotique

Le probiotique utilisé dans cet essai est la souche de levure spécifique ruminant, *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077 (Collection Nationale de Culture de Microorganismes, Institut Pasteur, Paris) commercialisée sous le nom de LEVUCCELL® SC 2 (Lallemand Nutrition Animale, France).



Il s'agit d'un concentré de levure sèche active développé spécifiquement pour la nutrition et la santé des ruminants contenant 2.10^9 UFC/g de levures *Saccharomyces cerevisiae*. La dose préconisée par le fabricant est de 2.10^{10} UFC/tête/jour de *S. cerevisiae*, soit 10 g par jour et par vache.

Pour s'assurer de la prise totale et complète de la dose recommandée par chacune des vaches supplémentées, le probiotique (Levucell SC 2) a été incorporé directement dans l'aliment par « top-feeding ». En pratique, la dose de 10 g de levure (cuillère mesure) est saupoudrée quotidiennement et de manière individuelle, directement sur l'aliment concentré des vaches concernées par la complémentation en probiotique (lot levure). Cette distribution commence 2 semaines avant la date probable du vêlage (calculée à partir de la date de la dernière IA) jusqu'à la 7^{ème} semaine *postpartum*. Elle est toujours réalisée par un opérateur unique, à la même heure de la journée (à 9 heures du matin) et dans le même ordre de distribution des vaches.

IV.2.3. Abreuvement

Pendant toute la période étudiée (pré expérimentale et expérimentale), les vaches étaient en stabulation entravée et n'avaient donc pas accès à l'abreuvoir du bâtiment. Des bassines individuelles remplies fréquemment d'eau étaient mises à leur disposition.

IV.3. Bâtiments d'élevage

L'essai s'est déroulé dans un bâtiment de type semi-ouvert avec une partie couverte servant d'abris de 100x10m et une autre partie découverte pour l'exercice (100x15m). L'ensemble des deux parties offre une superficie totale de 2500 m², répondant aux normes d'aération et d'éclairage (Figure 22 et 23).

Ce bâtiment est pourvu d'un couloir de travail sur toute sa longueur facilitant la distribution de l'aliment et permettant en outre une manipulation des animaux en toute sécurité.



Figure 22 : Vue aérienne de l'étable ITELV utilisée pour l'essai (Source Internet 3)



Figure 23 : Vue de l'étable ITELV utilisée pour l'essai (cliché personnel)



V. Mesures réalisées

V.1. Mesure des performances zootechniques

V.1.1. L'ingéré alimentaire

La consommation des aliments (concentrés et fourrages) est évaluée pour chaque vache quotidiennement par la pesée des refus.

$$\text{Quantité ingéré (kg)} = \text{quantité distribuée (kg)} - \text{refus (kg)}$$

En fait, durant tout l'essai, les vaches ont consommé la totalité de la ration distribuée (absence de refus). L'indisponibilité des matières premières fourragères au sein de la Station ITELV ne nous a pas permis de réajuster au fur et à mesure les quantités fournies aux animaux. Cette égalisation de l'ingéré alimentaire rend impossible l'évaluation de l'impact de la supplémentation en levure sur la MSI.

V.1.2. Notation de l'état corporel

Dans cet essai, l'état corporel est déterminé à 4 moments :

- A J_0 c'est-à-dire au début de la supplémentation en levure probiotique correspondant à J-14 avant la date probable du part
- A la mise bas (J_{Mb})
- A 35 post-partum (J_{35pp}) période correspondant au de pic de lactation
- A 49 post-partum (J_{49pp}) c'est-à-dire à la fin de la supplémentation

L'état corporel a été noté selon la méthode décrite par Rodenburg (1996) avec une grille de notation allant de 1 à 5 : 1 pour vache cachectique, 2 pour maigre, 3 pour moyenne, 4 pour grasse et 5 pour très grasse, avec une précision de 0,25 unité. La notation de l'état corporel est basée sur l'inspection visuelle et la palpation manuelle de la région lombaire et caudale. La note ou le score compris entre 1 (état émacié) et 5 (état gras) a été attribué en fonction du degré de couverture adipeuse et musculaire des endroits anatomiques examinés tout en utilisant des sous unité de 0,25. En pratique, les vaches sont toujours notées par deux mêmes opérateurs puis une note moyenne est calculée entre les 2 notes attribuées.



V.1.3. Mesure du poids vif

Le poids vif des vaches est déterminé en même temps que la notation de l'état corporel, à savoir, au début de la supplémentation (J_0), à la mise bas (J_{mb}) et à 35 et 49 jours post-partum (fin de l'essai).

En début d'essai (J_0), la pesée des animaux a été réalisée à l'aide d'un pèse bétail. Par la suite, la méthode du mètre à ruban a été appliquée pour déterminer le poids des animaux sur pied.

En pratique, le mètre ruban (RONDO® ; Hauptner-Instrument, Switzeland) est appliqué autour de la poitrine, en arrière de l'épaule pour avoir le tour de poitrine (TP) en centimètres (**Figure 24**). Le poids vif (PV) est ensuite calculé selon la formule de CRAVAT :

$$PV \text{ (kg)} = \frac{TP^3}{100} \times 80$$

PV= Poids Vif en Kg, TP = Tour de Poitrine en cm

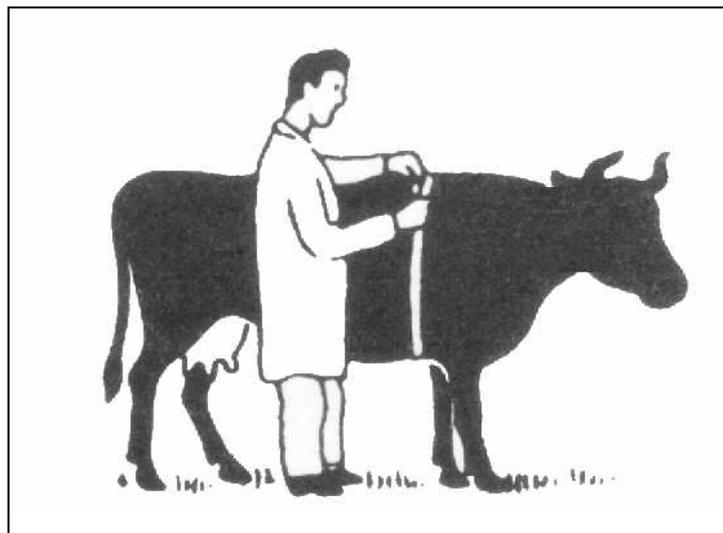


Figure 24. Mesure du tour de poitrine avec le ruban mètre de RONDO®



V.2. Mesure des paramètres de la production laitière

V.2.1. Quantité de lait produite

La production laitière quotidienne est déterminée de manière individuelle sur l'ensemble des vaches de l'essai ($n = 8$) et ce à partir du 7^{ème} jour *postpartum* jusqu'à la fin de l'essai (J49 *postpartum*). La quantité de lait produite par vache et par jour a été également évaluée durant la 1^{ère} semaine suivant l'arrêt de la supplémentation en levure (de J49 à J56 *postpartum*).

V.2.2. Taux butyreux et taux protéique du lait

La qualité du lait des vaches témoins et supplémentées ($n=8$) est analysée périodiquement, en début de chaque semaine de lactation à partir de J7 *postpartum* et jusqu'à J56 *postpartum*. Pour cela, un volume de 100 cc de lait frais est prélevé juste après la traite du matin sur toutes les vaches étudiées pour doser les taux butyreux et protéique (TB et TP). Ces mesures sont réalisées au niveau du laboratoire d'analyses de l'ITELV (appareil EKOMILK).

➤ Le taux butyreux du lait est mesuré par la méthode de GERBER qui consiste à dissoudre la caséine du lait dans de l'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) d'une densité de 1,820 – 1,825. Sous l'influence de la force centrifuge et grâce à l'adjonction d'une quantité d'alcool iso-amylque, la matière grasse est rassemblée dans la tige graduée d'un butyromètre en une couche claire et transparente. La lecture de la matière grasse se fait par une manœuvre du bouchon dans la colonne graduée d'un butyromètre à 9% par différence des 2 niveaux.

➤ Le taux protéique du lait est mesuré par la méthode de KJELDAHL. Dans une 1^{ère} étape, la matière organique subit une minéralisation, l'azote organique présent dans les protéines va se transformer en azote minéral en présence d'acide sulfurique concentré et de catalyseurs. Dans la 2^{ème} étape l'hydroxyde de sodium est rajouté pour libérer le NH_3 du NH_4^+ . Le distillat ($H_2O + NH_3$) est recueilli dans une solution absorbante (acide borique) avec lequel le NH_3 réagit par une réaction de neutralisation pour former un sel. Cette solution est titrée par un acide dont le titre est connu.



V.2.3. Le test CMT (*California Mastitis Test*)

Dans cet essai, le test CMT (UKAL, Instruments & Matériel pour Elevages, France) est appliqué à l'ensemble des vaches expérimentales à J49 *postpartum*.

Il s'agit d'un test simple qui permet d'estimer grossièrement le nombre de cellules dans un échantillon de lait. Il n'a pas la précision du comptage cellulaire, mais permet déjà de se faire une idée du statut infecté ou non des 4 quartiers de la glande mammaire et dépister les mammites subcliniques. Le principe est le suivant : plus il y a de cellules, plus le lait va se gélifier en présence du réactif (teepol à 10%). L'interprétation du test dépend du niveau de réaction observée.

En pratique et comme illustré dans la figure 25 : les premiers jets sont éliminés puis quelques jets de chaque quartier sont recueillis dans le godet correspondant. Ensuite, la palette est inclinée afin de ne conserver que la quantité nécessaire de lait, à savoir environ 2 ml puis une quantité égale de réactif est ajoutée (environ 2 ml). La solution est alors agitée par de petits mouvements circulaires du poignet, en laissant bien la palette à l'horizontale. Le résultat est lu après 30 à 60 secondes et interprété selon la grille ci-dessous (Figure 26). Lors de la lecture, la palette est également inclinée pour visualiser comment le lait s'écoule.

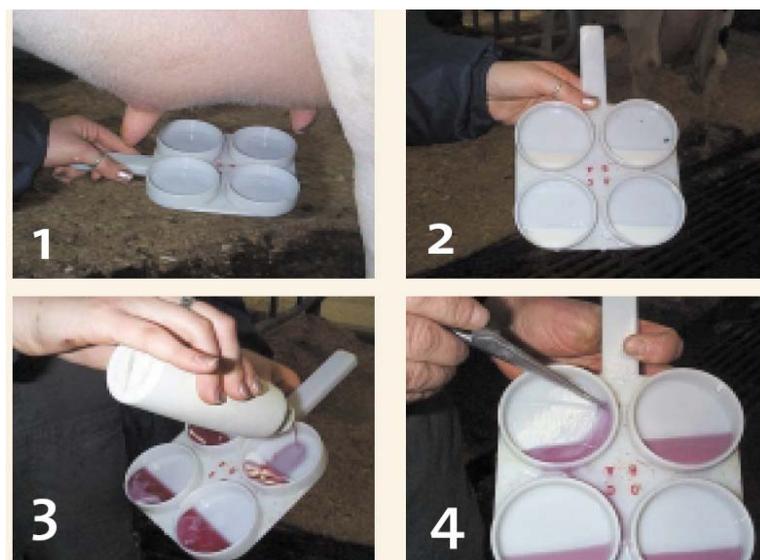


Figure 25. Procédure du California Mastitis Test (CMT) (Source Internet 4)



D ()	Le mélange reste liquide (pas de grumeaux) Evaluation → jusqu'à 200 000 cellules <u>Le lait est réglementaire.</u>
B (-)	Le mélange montre, par inclinaison du plateau une coagulation légère qu'on remarque clairement au trait de la graduation. Evaluation: la quantité de cellules a légèrement augmenté → 200 000 à 500 000 cellules <u>Début d'infection probable.</u>
A (+)	Le mélange montre une forte coagulation (gélatineux) Evaluation: la quantité de cellules a fortement augmenté → 500 000 à 1 000 000 cellules <u>Mammites.</u>
C (++)	Le mélange montre une coagulation exceptionnellement forte et gélatineuse. Peut, de plus, changer de couleur jusqu'au rouge/bleu. Evaluation → 1 000 000 à plusieurs millions de cellules <u>Très forte infection de mamelles</u>

Figure 26. Grille d'interprétation des résultats du test CMT.



V.3. Mesure de paramètres métaboliques sanguins

V.3.1. Prélèvements de sang:

Pour le dosage des paramètres métaboliques sanguins des vaches témoins et supplémentées ($n = 8$), des prélèvements sanguins sont réalisés à 4 moments caractéristiques :

- A J_0 (début de la supplémentation).
- A la mise bas (J_{Mb}).
- A 35 post-partum (J_{35pp} : période de pic de lactation).
- A 149 post-partum (J_{149pp} : fin de la supplémentation).

En pratique, pour toutes les vaches expérimentales, le sang est prélevé, le matin à 8h30 (avant la distribution de la ration), dans des tubes héparines par écoulement libre à la veine caudale. Le volume du prélèvement est d'environ 10 ml.

Le sang veineux collecté est directement centrifugé à 3000 tours/min pendant 15 min. après centrifugation, un volume de 0,3 ml de plasma est recueilli au moyen d'une pipette capillaire et repartis en 3 tubes Ependorff étiquetés (numéro de VL et date de prélèvement) et stocké dans un congélateur à -20°C jusqu'aux dosages ultérieurs.

Dans cet essai, cinq paramètres sanguins sont mesurés :

1. la teneur plasmatique en glucose
2. la teneur plasmatique en protéines totales
3. la teneur plasmatique en urée
4. la teneur plasmatique en cholestérol
5. la teneur plasmatique en lipides totaux
6. la teneur plasmatique en triglycérides

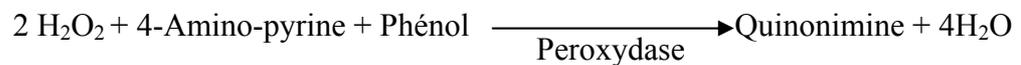
Tous ces dosages sont effectués au niveau du laboratoire de Biochimie de l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger.



V.3.2. Dosage du glucose plasmatique

La glycémie est mesurée à l'aide d'un kit de dosage commercial (Glucose/GOD-PAP, SPINREACT, SA, Espagne) (fiche technique en annexes).

Le principe : le glucose plasmatique est apprécié par la mesure de l'oxygène consommé au cours d'une réaction d'oxydation catalysée par la glucose oxydase (GOD).



Ce dosage est effectué sur 10 µl de plasma. Le résultat (concentration de l'échantillon en glucose) est calculé selon la formule suivante :

$$\frac{A \text{ Echantillon}}{A \text{ Standard}} \times C \text{ Standard} = C \text{ Echantillon (mg/dl)}$$

A : Absorbance à la longueur d'onde de 505 nm

C : Concentration du standard = 100 mg/dl

Facteur de conversion : mg/dl x 0,0555 = mmol/l

V.3.3. Dosage des protéines totales plasmatiques

Le dosage de la teneur plasmatique en protéines totales est réalisé à l'aide d'un kit de dosage commercial (Total protein/Biuret. Colorimetric, SPINREACT, SA, Espagne) (fiche technique en annexes).

Le principe du dosage : la protéine présente dans l'échantillon réagit avec les ions cuivre en milieu alcalin, pour donner un complexe coloré quantifiable par spectrophotométrie.



Ce dosage est effectué sur 25 µl de plasma. Le résultat (concentration de l'échantillon en protéines totales) est calculé selon la formule suivante:

$$\frac{A \text{ Echantillon}}{A \text{ Standard}} \times C \text{ Standard} = C \text{ Echantillon (g/dl)}$$

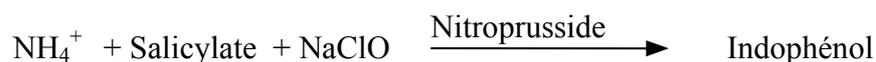
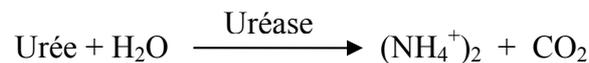
A : Absorbance à la longueur d'onde de 540 nm

C : Concentration du standard = 7 g/dl

V.3.4. Dosage de l'urée plasmatique

Ce dosage est effectué à l'aide d'un kit de dosage commercial (Urea-B, SPINREACT, SA, Espagne) (fiche du protocole en annexes).

Le principe de la réaction : l'urée présente dans l'échantillon est hydrolysée en NH_4^+ et CO_2 . Les ions NH_4^+ réagissent avec le salicylate et le NaClO en présence d'un catalyseur (Nitroprusside), pour former de l'indophénol vert. L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration d'urée de l'échantillon.



Le dosage de l'urée est réalisé sur 10 µl de plasma. La concentration de l'échantillon en urée est calculée selon la formule suivante :

$$\frac{A \text{ Echantillon}}{A \text{ Standard}} \times C \text{ Standard} = C \text{ Echantillon (mg/dl)}$$

A : Absorbance à la longueur d'onde de 580 nm ;

C : Concentration du standard = 50 mg/dl

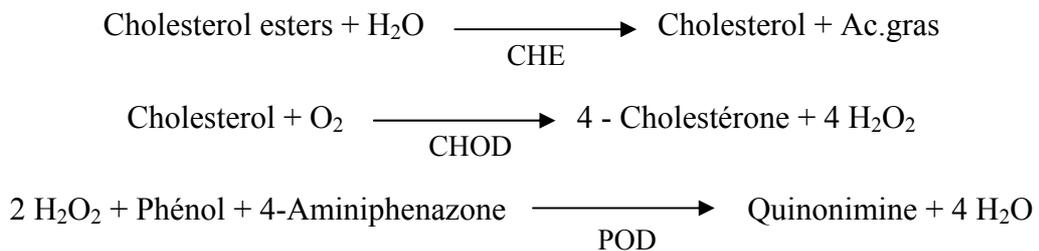
Facteur de conversion : mg/dl x 0,1665 = mmol/l



V.3.5. Dosage du cholestérol plasmatique

La teneur plasmatique du cholestérol est évaluée en utilisant un kit de dosage commercial (Cholesterol/CHOD-PAP, SPINREACT, SA, Espagne) (fiche du protocole en annexes).

Le principe : le cholestérol présent dans l'échantillon donne un complexe coloré selon les réactions décrites ci-dessous :



La mesure est effectuée sur 10 μl de plasma. La concentration en cholestérol est calculée selon la formule suivante:

$$\frac{\text{A Echantillon}}{\text{A Etalon}} \times \text{C Etalon} = \text{C Echantillon (mg/dl)}$$

A : Absorbance à la longueur d'onde de 505 nm

C : Concentration du standard = 200 mg/dl

Facteur de conversion: mg/dl x 0,0258 = mmol/l

V.3.6. Dosage des lipides totaux plasmatiques

Ce dosage est effectué à l'aide d'un kit de dosage commercial (Total lipids/Sulfo-phospho vainilline. Colorimetric, SPINREACT, SA, Espagne) (fiche du protocole en annexes).

Le principe de la réaction : les lipides insaturés réagissent avec l'acide sulfurique pour former les ions de carbonium. Dans une seconde étape les ions



carbonium réagissent avec le phosphovanilline donnant une couleur rose. L'intensité de la couleur est proportionnelle avec la concentration de l'échantillon en lipides.

Ce dosage est effectué sur 100µl de plasma. La concentration de l'échantillon en lipides totaux est calculée selon la formule suivante:

$$\frac{A \text{ Echantillon}}{A \text{ Calibreur}} \times C \text{ Calibreur} = C \text{ Echantillon (mg/dl)}$$

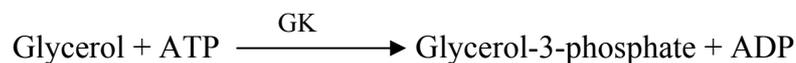
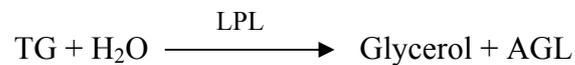
A : Absorbance à la longueur d'onde de 540 nm

C : Concentration du calibreur = 750 mg/dl

V.3.7. Dosage des triglycérides plasmatiques

Ce dosage est effectué à l'aide d'un kit de dosage commercial (Triglycerides/GPO-PAP, SPINREACT, SA, Espagne) (fiche du protocole en annexes).

Le principe de la réaction : les triglycérides (TG) sont hydrolysés en glycérol et acides gras libres (AGL) par la lipoprotéine lipase (LPL). Le glycérol libéré réagit avec la glycérol kinase (GK) et la glycérol-3-phosphate oxydase (GPO) libérant de H₂O₂ dont la concentration est mesurée.





Le dosage des TG est réalisé sur 10 µl de plasma. La concentration de l'échantillon est calculée selon la formule :

$$\frac{A \text{ Echantillon}}{A \text{ Standard}} \times C \text{ Standard} = C \text{ Echantillon (mg/dl)}$$

A : Absorbance à la longueur d'onde de 505 nm

C : Concentration du standard = 200 mg/dl

Facteur de conversion : mg/dl x 0,0113 = mmol/l

VI. Méthodes statistiques

Les différents résultats sont décrits par la moyenne et l'erreur standard (SE, calculée à partir de la déviation standard SD selon la formule $SE = SD/n^{0,5}$; n étant la taille de l'effectif).

L'homogénéité de la variance entre traitements est vérifiée par le test de Bartlett. Dans les cas où ce test est significatif ($P < 0,05$), les moyennes des lots sont comparées par le test non paramétrique de Mann-Whitney. Lorsque le test de Bartlett s'avère non significatif ($P > 0,05$) les résultats sont soumis à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) afin de déterminer l'effet de la supplémentation en levure sur les paramètres considérés. Le seuil de signification choisi est d'au moins 5%.

Toutes ces analyses sont effectuées à l'aide du programme StatView (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).

Résultats

Dans cet essai, nous évaluons, dans les conditions locales, l'impact de l'incorporation alimentaire de la levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur les performances zootechniques, la production laitière et certains paramètres biochimiques sanguins de la vache laitière en *peripartum*.

I. Caractéristiques initiales des animaux expérimentaux

Nous avons constitué deux lots expérimentaux nourris, durant les 2 dernières semaines précédant la date probable du vêlage jusqu'à la 7^{ème} semaine *postpartum*, avec la même ration alimentaire de base, additionnée (pour le lot « **Levure** ») ou non (lot « **Témoin** ») avec le probiotique. Initialement, ces deux lots (n=10) étaient homogènes d'un point de vue numéro de lactation, poids vif, état corporel et âge (Tableau 23).

Toutefois, au cours de la période d'homogénéisation, deux vaches du lot témoin ont dû être éliminées de l'essai en raison d'un avortement d'origine traumatique pour la première (coup de corne) et d'un vêlage avant terme pour la seconde (mise bas de triplés). De même, après le démarrage de l'expérimentation, deux autres vaches du lot supplémenté ont été écartées de l'essai (avortement). Ces vaches n'ont pu être remplacées par manque d'animaux gestants au sein du troupeau.

Ceci a, d'une part, réduit notre effectif initial de 10 vaches par lot à 8 par groupe et a, d'autre part, déséquilibré quelque peu notre première répartition en faveur du lot témoin ou du lot « levure » selon les critères considérés (Tableau 24).

Ainsi, le lot supplémenté en levure présente des moyennes d'âge et de numéro de lactation inférieures à celles du lot témoin : environ -17% et -40% respectivement. Néanmoins, ces écarts ne sont pas statistiquement significatifs (P=0,34 pour la différence d'âge ; P=0,24 pour la différence de numéro de lactation). Pour les moyennes de poids vif et de notes d'état corporel initiaux, les écarts entre les deux lots ne sont pas significatifs : différences de 3% (P=0,78) et de 10% (P=0,38), respectivement, en faveur du lot « Levure ».

Tableau 23. Caractéristiques du lot témoin et du lot supplémenté en levure probiotique à la répartition initiale après 2 semaines d'homogénéisation.

Paramètres	Lots expérimentaux		SEM	P<
	Témoin (n=10)	Levure (n=10)		
Numéro de lactation	1,8	1,8	0,51	-
Age (ans)	5,6	5,4	0,7	0,84
Poids vif (kg)	531,0	517,6	22,1	0,67
Note d'Etat corporel	2,65	2,70	0,14	0,82

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne

Tableau 24. Numéro de lactation, âge, poids vif et note d'état corporel moyens des 2 lots expérimentaux au démarrage de l'essai (à J₀).

Paramètres	Traitement alimentaire		SEM ¹	P<
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Numéro de lactation	2,13	1,25	0,50	0,24
Age (ans)	5,88	4,88	0,71	0,34
Poids vif (kg)	614,8	634,8	28,1	0,63
Note d'Etat corporel	2,7	3,0	0,2	0,38

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne

II. Effet du probiotique *S. cerevisiae* sur les performances zootechniques

II.1. Effet sur le poids vif

Les poids vifs des vaches laitières supplémentées ou non en levure probiotique enregistrés le jour du vêlage et à 35 et 49 jours *postpartum* sont présentés dans le tableau 25 et illustrés dans les figures 27 et 28.

Nous pouvons remarquer que l'apport de *Saccharomyces cerevisiae* n'a pas amélioré de manière significative les poids des animaux. En effet, l'écart de 2% observé à la mise bas entre les poids vifs des lots supplémentés et témoins est comparable à celui enregistré au début d'essai (J_0). De même, de faibles augmentations non significatives sont notées entre les lots supplémentés et les lots témoins en période *postpartum* : +7% et +4%, respectivement à J35 et à J49 *postpartum*.

En comparant l'évolution du poids vif des vaches laitières de chaque lot autour du vêlage, nous pouvons noter que, durant les 2 dernières semaines précédant le part, la perte de poids vif était de 23 kg pour le lot supplémenté en probiotique contre 12 kg pour les vaches témoins (écarts non significativement différents : $P=0,49$).

En revanche, au cours de la période séparant le vêlage et le 35^{ème} jour *postpartum*, les vaches témoins ont perdu en moyenne 60 kg de leur poids vif alors que les vaches recevant le probiotique *Saccharomyces cerevisiae* ne perdent qu'environ 33 kg de leurs poids vif (écarts significativement différents à $P<0,05$).

De même, entre le 35^{ème} et le 49^{ème} jour *postpartum*, le gain de poids des vaches témoins est d'environ 17 kg contre 2 kg pour les vaches supplémentées en levure ($P<0,05$).

Finalement, la perte de poids durant les 7 premières semaines *postpartum* est en moyenne de 44 kg pour les vaches témoins contre 31 kg pour les vaches recevant la levure probiotique ($P=0,21$).

Tableau 25. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur le poids vif des vaches laitières en *peripartum*.

Poids Vif (kg)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Initial (J ₀)	614,8	634,8	28,1	0,63
A la mise bas (J _{MB})	602,7	611,9	21,9	0,78
A J35 <i>postpartum</i> (J _{35pp})	542,2	578,9	24,3	0,32
A J49 <i>postpartum</i> (J _{49pp})	558,7	580,8	24,8	0,54
Variation du Poids vif (kg) en <i>pré</i> et <i>postpartum</i>				
De J ₀ à J _{MB}	-12	-23	10,3	0,49
De J _{MB} à J _{35pp}	-60	-33	6,9	*
De J _{35pp} à J _{49pp}	+2	+17	4,7	*
De J _{MB} à J _{49pp}	-44	-31	6,6	0,21

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

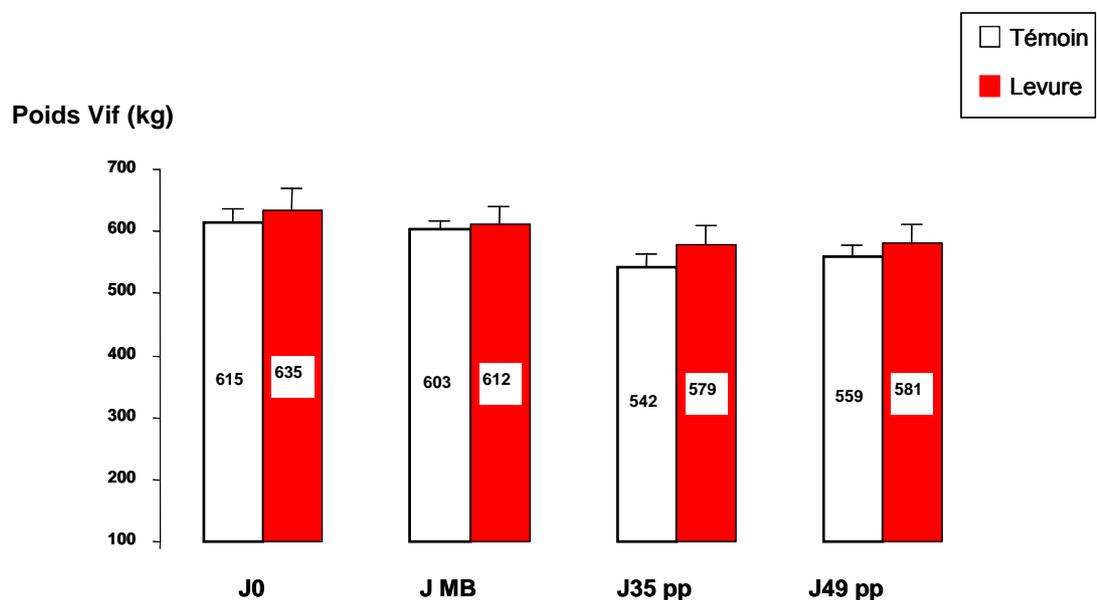


Figure 27. Poids vif (kg) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8.

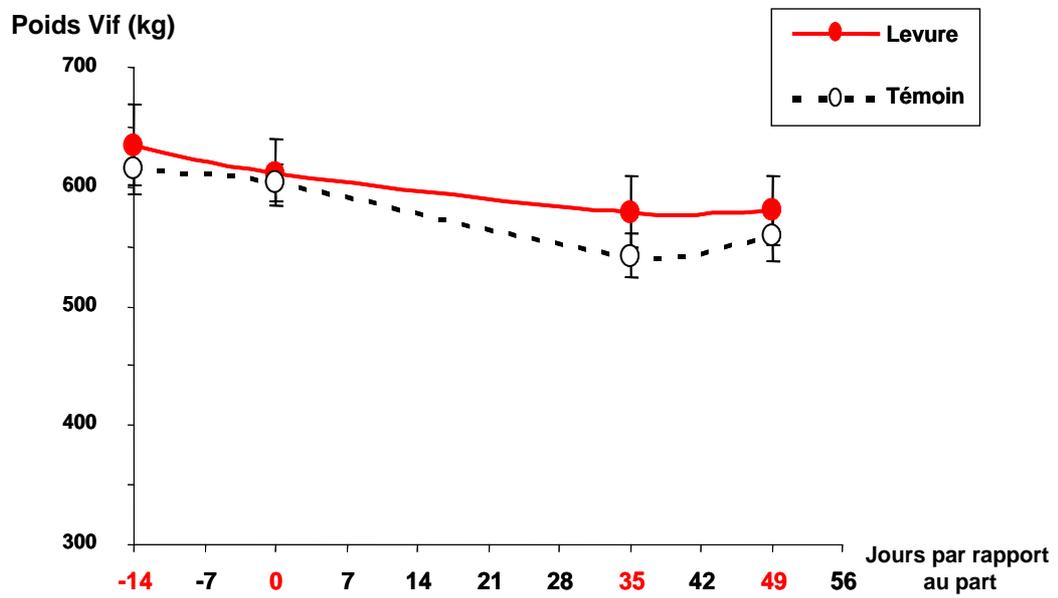


Figure 28. Evolution des poids vifs (kg) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J_0) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8.

II.2. Effet sur l'état corporel

Les résultats relatifs à l'état corporel des deux lots expérimentaux sont présentés dans le tableau 26 et illustrés dans les figures 29 et 30.

Nous pouvons relever

De la même manière, en analysant l'évolution de l'état corporel durant la période s'étalant des 2 dernières semaines *prepartum* à la 7^{ème} semaine *postpartum* des vaches laitières supplémentées ou non en levure probiotique (Figure 30), il apparaît que la diminution de la note d'état corporel entre J-14 et le jour du vêlage est comparable entre les 2 lots expérimentaux : -0,13 unités en moyenne.

Par contre, entre le vêlage et le 35^{ème} jour *postpartum*, la diminution de la note d'état corporel semble moins marquée chez le lot supplémenté en probiotique en comparaison avec le lot témoin : -0,26 vs -0,41, respectivement (P=0,20).

Entre J35 et J49 *postpartum*, la note d'état corporel s'améliore avec une même amplitude (+0,21 en moyenne) pour les des deux lots témoins et supplémenté en levure.

Enfin, en considérant l'évolution de la note d'état corporel sur toute la période *postpartum*, nous enregistrons un écart de -0,04 pour le lot supplémenté contre -0,21 pour le lot témoin (P=0,27).

Tableau 26. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur l'état corporel des vaches laitières en *peripartum*.

Note d'Etat Corporel (NEC) ¹	Traitement alimentaire		SEM ²	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Initial (J ₀)	2,74	3,01	0,20	0,38
A la mise bas (J _{MB})	2,60	2,89	0,16	0,32
A J35 <i>postpartum</i> (J _{35pp})	2,19	2,63	0,12	*
Variation du NEC en <i>pré</i> et <i>postpartum</i>		2,85	0,12	*

De J ₀ à J _{MB}	-0,14	-0,13	0,1	0,93
De J _{MB} à J _{35pp}	-0,41	-0,26	0,07	0,20
De J _{35pp} à J _{49pp}	0,20	0,22	0,07	0,83
De J _{MB} à J _{49pp}	-0,21	-0,04	0,10	0,27

¹ Notes sur une échelle de 1 à 5 (précision de 0,25) ; ²SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

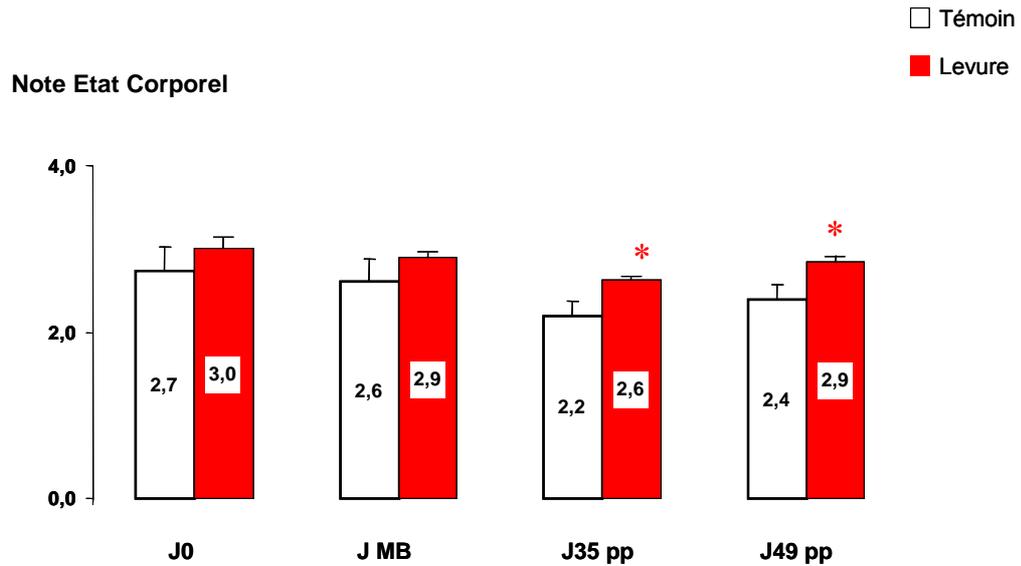


Figure 29. Notes d'état corporel des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8, * : P<0,05.

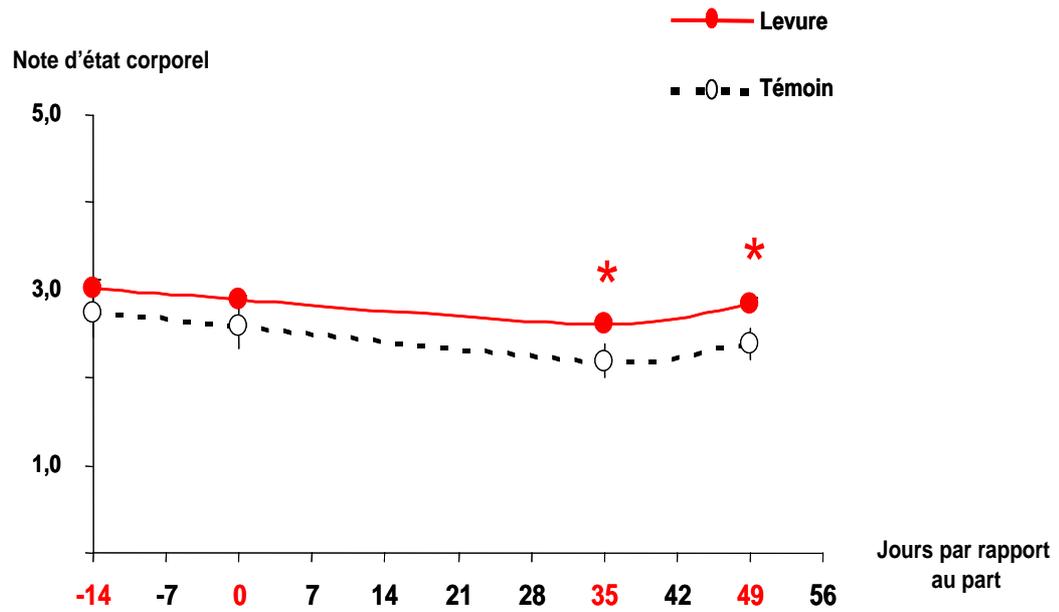


Figure 30. Evolution de l'état corporel des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J_0) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, $n=8$, * : $P<0,05$.

III. Effet du probiotique *S. cerevisiae* sur les paramètres de production laitière

III.1. Effet sur la production laitière

Dans cet essai, la production laitière est mesurée chez l'ensemble des vaches (n=8) de manière quotidienne et individuelle, et ce à partir du 7^{ème} jour jusqu'au 55^{ème} jour *postpartum* (soit une semaine après la fin de la supplémentation en levure). Les quantités de lait moyennes par lot et par jour sont illustrées dans la Figure 31. La 1^{ère} semaine, correspondant à la période colostrale, n'a pas été considérée. Les quantités de lait produites par jour et par vache en moyenne pour chaque lot et durant chaque semaine (de la 2^{ème} à la 8^{ème} semaine *postpartum*) sont présentées dans le tableau 27 et illustrées dans les figures 32 et 33.

D'après la figure 32, nous pouvons constater que la production laitière du lot témoin évolue selon une courbe classique de lactation avec un maximum de production observé entre le 14^{ème} et le 34^{ème} jours de lactation.

De même, la courbe de lactation des vaches supplémentées en levure évolue avec une allure comparable à celle des témoins. Toutefois, son pic de lactation s'étale du 14^{ème} au 41^{ème} jour de lactation.

Nous pouvons également noter que la production laitière moyenne par vache et par jour dans le lot d'animaux supplémentés en probiotique est supérieure à celle des témoins (Tableau 27, Figure 33), en particulier entre J28 et J55 *postpartum* où nous enregistrons en moyenne 2,5 litres supplémentaires par jour et par vache, en faveur des lots supplémentés en *Saccharomyces cerevisiae* : augmentations significatives pour les des 6^{ème} et 7^{ème} semaine de lactation ($P < 0,05$) ; tendance statistique pour les écarts enregistrés à la 5^{ème} et 8^{ème} semaine ($P = 0,09$).

Finalement, la quantité globale de lait produite en moyenne entre J₇ et J₄₉ *postpartum* par les vaches supplémentées en *S.cerevisiae* est accrue de 68 litres/vache (soit +12%, $P = 0,09$) par rapport aux témoins. Cet accroissement atteint 81 litres/vache en moyenne ($P = 0,08$) si nous considérons la période de lactation allant jusqu'à J₅₅ *postpartum*.

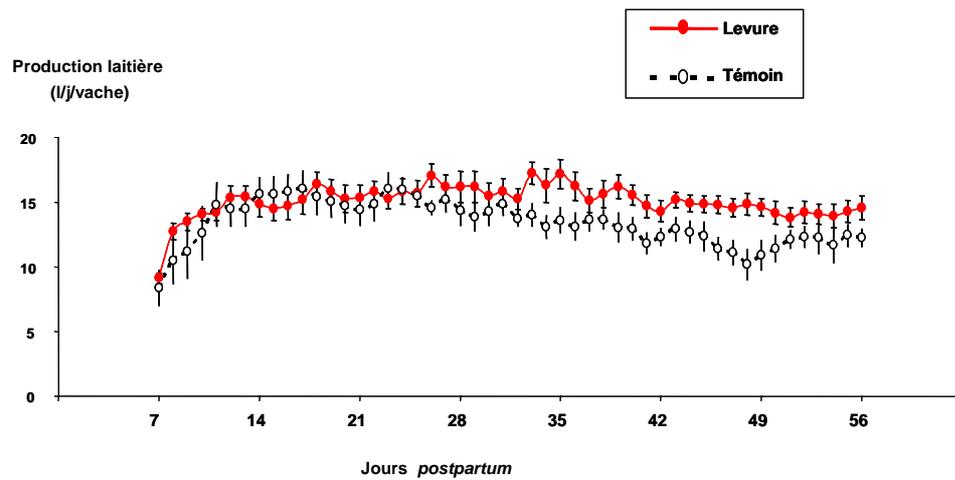


Figure 31. Evolution de la production laitière quotidienne (l/j/vache) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8.

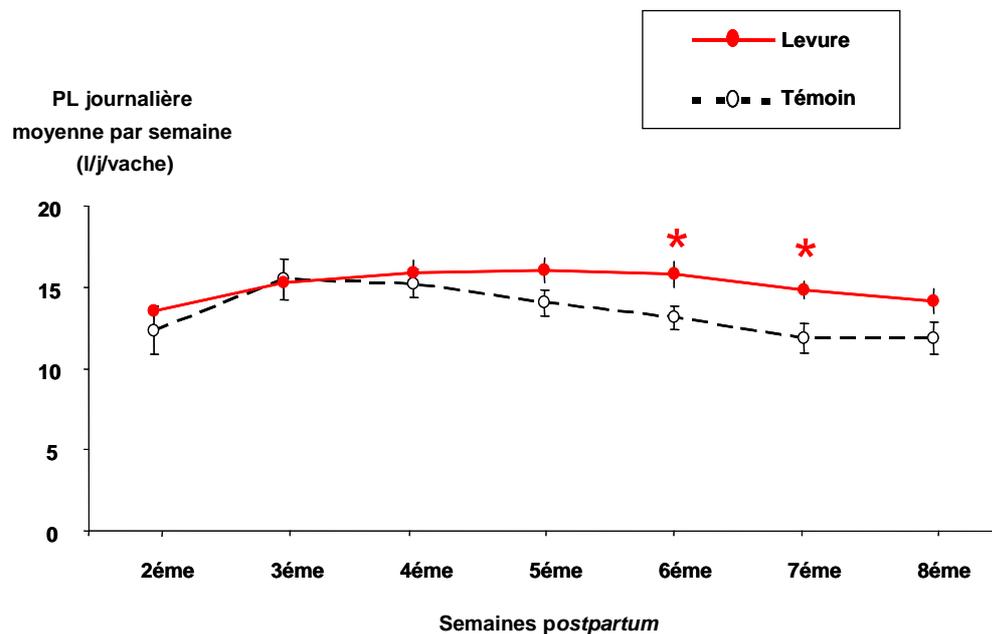


Figure 32. Evolution de la production laitière (l/j/vache) moyenne durant chaque semaine des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8, * : P<0,05.

Tableau 27. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur la production laitière (PL) mesurée entre la 2^{ème} et la 8^{ème} semaine de lactation.

PL (l/j/vache) moyenne par semaine	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Semaine 2 (de J ₇ à J ₁₃)	12,36	13,50	0,93	0,46
Semaine 3 (de J ₁₄ à J ₂₀)	15,49	15,27	1,04	0,88
Semaine 4 (de J ₂₁ à J ₂₇)	15,23	15,90	0,81	0,57
Semaine 5 (de J ₂₈ à J ₃₄)	14,04	16,07	0,78	0,09
Semaine 6 (de J ₃₅ à J ₄₁)	13,13	15,80	0,77	*
Semaine 7 (de J ₄₂ à J ₄₈)	11,87	14,79	0,71	*
Semaine 8 (de J ₄₉ à J ₅₅)	11,88	14,17	0,88	0,09
PL Totale (l/vache)				
de J ₇ à J ₄₉	586	654	26	0,09
de J ₇ à J ₅₅	658	739	29	0,08

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

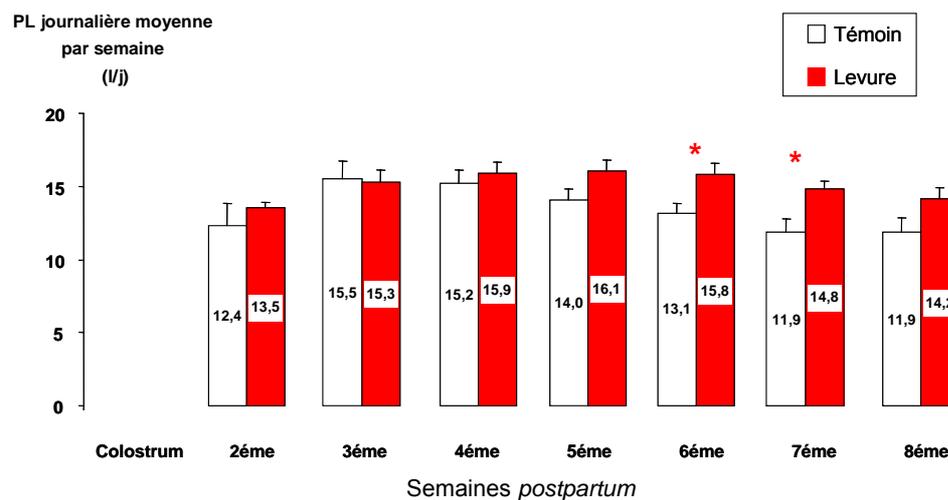


Figure 33. Production laitière journalière moyenne par semaine des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8, * : P<0,05.

III.2. Effet sur la composition du lait

III.2.1. Le taux butyreux

Les taux butyreux du lait des vaches témoins et supplémentées en levure mesuré chaque semaine entre le 7^{ème} et le 55^{ème} jours de lactation sont présentés ci-dessous (Tableau 28 et Figure 34 et 35).

Nos résultats montrent que le taux butyreux évolue d'une manière constante et quasi comparable chez les deux lots expérimentaux, à l'exception des valeurs mesurées à J14 et J49 *postpartum*. En effet, la supplémentation en levure tend à augmenter le TB du lait à la 2^{ème} semaine *postpartum* (+10% ; P=0,09). Cette augmentation devient significativement plus accentuée à la fin de la supplémentation : +25% à J49_{pp} (P<0,05), soit un écart de + 0,83 point par rapport au TB du lait des vaches contrôles. Notons enfin que le TB mesuré une semaine après l'arrêt de la supplémentation tend à être plus faible par rapport à celui du témoin : diminution de 17% à J56 *postpartum* (P=0,08).

Tableau 28. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur le taux butyreux du lait mesuré (en début de chaque semaine) de J₇ à J₅₆ *postpartum*.

Taux butyreux (%)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
à J _{7pp}	4,05	4,35	0,12	0,18
à J _{14pp}	3,42	3,77	0,11	0,09
à J _{21pp}	3,80	3,54	0,16	0,28
à J _{28pp}	3,55	3,66	0,17	0,67
à J _{35pp}	4,03	3,83	0,12	0,27
à J _{42pp}	3,55	3,71	0,21	0,61
à J _{49pp}	3,35	4,18	0,23	*
à J _{56pp}	3,49	2,90	0,22	0,08

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

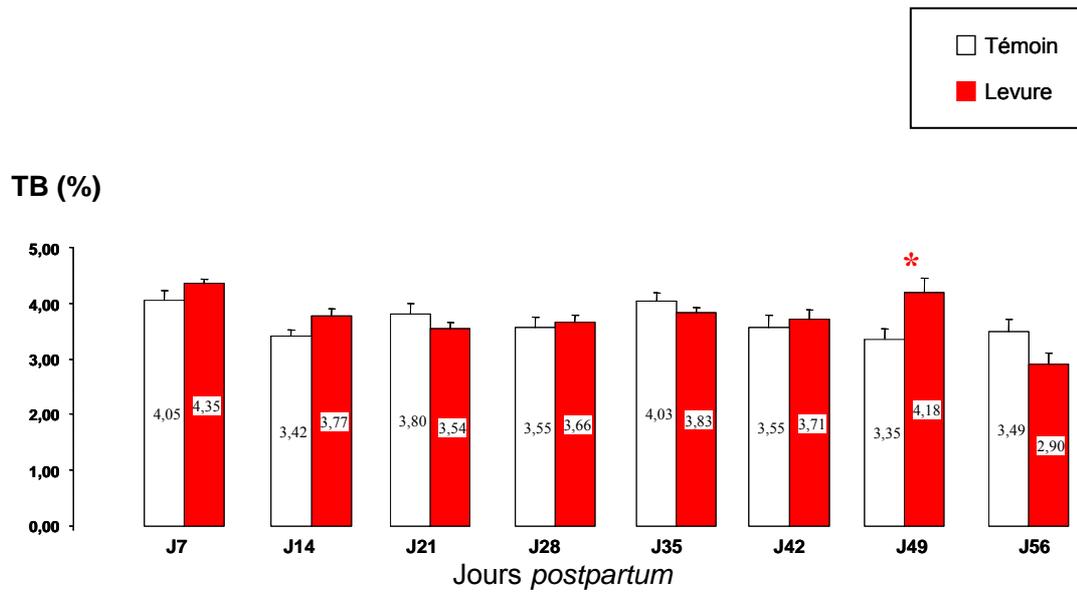


Figure 34. Taux butyreux (TB, %) du lait des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8, * : P<0,05.

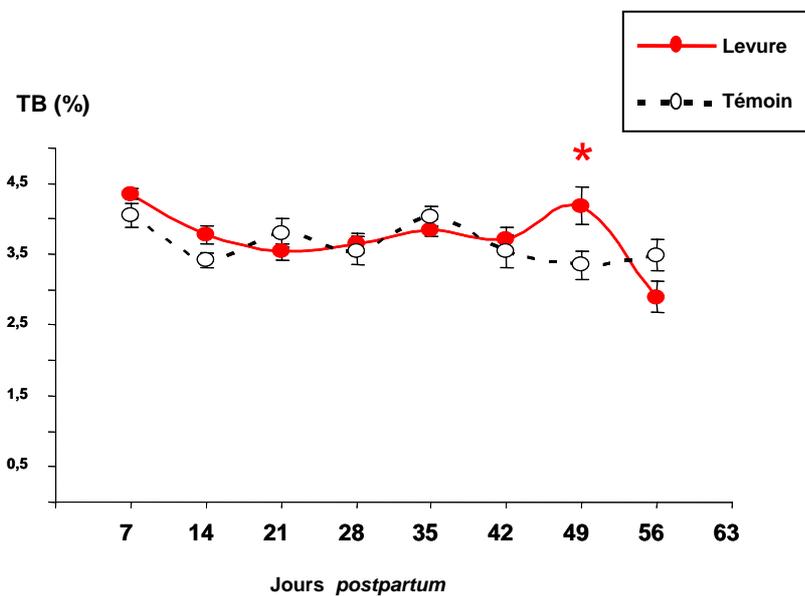


Figure 35. Evolution du taux butyreux (TB, %) du lait entre le 7^{ème} et le 56^{ème} jours de lactation des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8, * : P<0,05.

III.2.2. Le taux protéique

Dans le tableau 29 et les figures 36 et 37, sont présentés les résultats relatifs à l'effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur le taux protéique (TP) du lait mesuré en début de chaque semaine entre J₇ à J₅₅ *postpartum*.

Nous pouvons remarquer que l'addition de la levure probiotique n'a pas modifié le taux protéique du lait. En effet, quelque soit la semaine de lactation considérée, les TP du lait des vaches supplémentées en probiotique sont comparables à ceux mesurés chez les témoins, sauf au 28^{ème} jour de lactation où nous notons tout de même une baisse du TP de 4% (P<0,05) par rapport au témoin.

Tableau 29. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur le taux protéique du lait mesuré (en début de chaque semaine) de J₇ à J₅₆ *postpartum*.

Taux protéique du lait (%)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
à J _{7pp}	3,20	3,25	0,03	0,29
à J _{14pp}	3,21	3,22	0,04	0,91
à J _{21pp}	3,19	3,13	0,05	0,40
à J _{28pp}	3,22	3,09	0,04	*
à J _{35pp}	3,13	3,06	0,05	0,37
à J _{42pp}	3,27	3,16	0,05	0,19
à J _{49pp}	3,10	3,20	0,05	0,17
à J _{56pp}	3,17	3,08	0,06	0,36

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

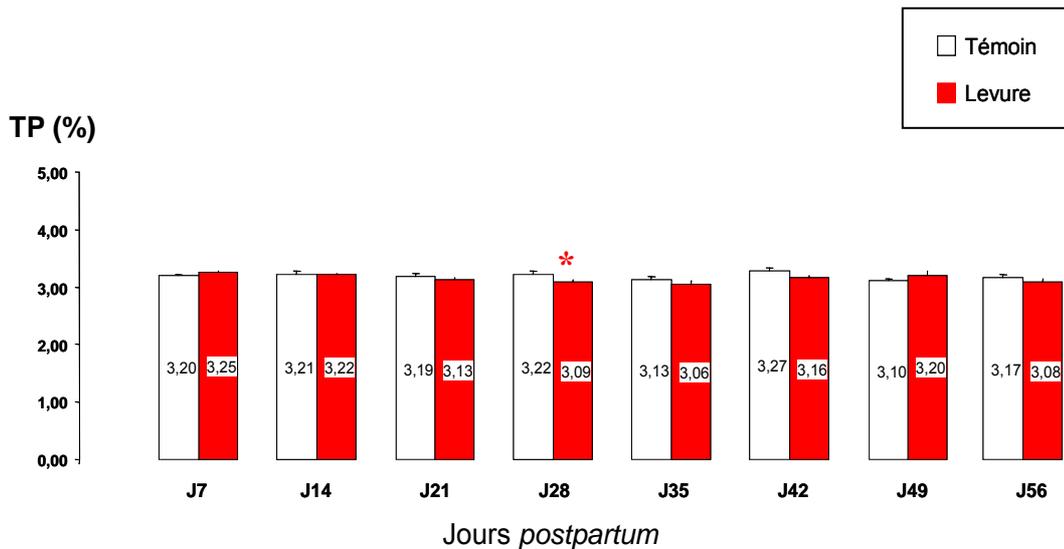


Figure 36. Taux protéique (TP, %) du lait des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J_0) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8, * : $P < 0,05$.

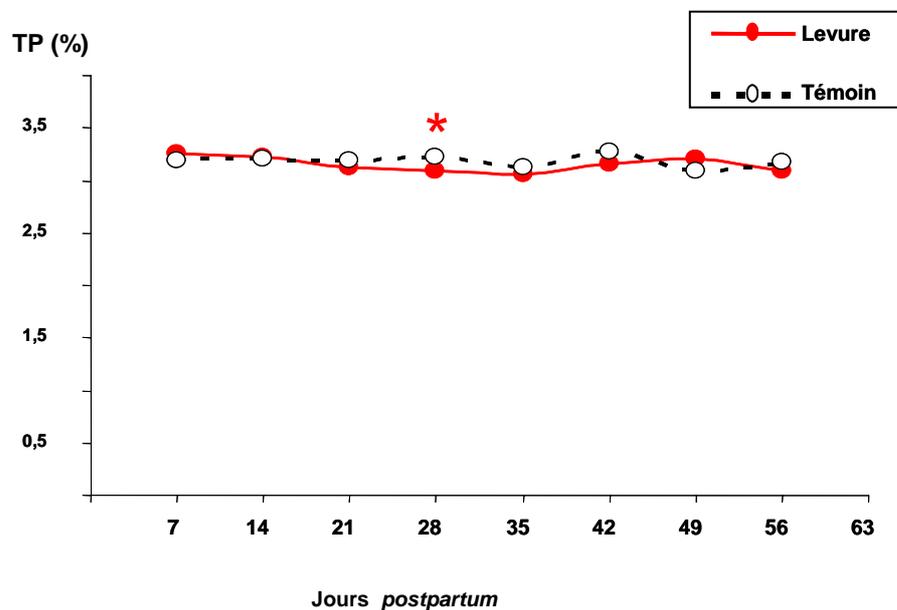


Figure 37. Evolution du taux protéique (TP, %) du lait entre le 7^{ème} et le 56^{ème} jours de lactation des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J_0) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8.

III.2.3. Résultats du test CMT

Le test CMT (indicateur de la santé de la mamelle) est effectué à J49 *postpartum* pour l'ensemble des vaches témoins et supplémentées en levure.

Le mélange (lait + réactif) est resté liquide sans grumeaux pour l'ensemble des échantillons de lait testés. Selon la grille d'interprétation des résultats (voir Figure 26, page 95), le taux de cellules somatiques est donc évalué à environ 100.000 cellules (D : lait réglementaire). Ceci dénote l'absence de quartiers infectés (mammites) chez toutes les vaches testées.

IV. Effet du probiotique *S. cerevisiae* sur les paramètres métaboliques

IV.1. Effet sur la glycémie

Le tableau 30 et les figures 38 et 39 présentent les résultats concernant l'effet de la supplémentation alimentaire en *S. cerevisiae* sur la glycémie des vaches laitières en *peripartum*, mesurée à J₀ (2 semaines avant le part), à la mise bas (J_{mb}) et à J₃₅ et J₄₉ *postpartum*.

Nous pouvons noter, tout d'abord, qu'à J₀ (juste avant le début de la complémentation en levure) tous les animaux ont une glycémie quasi-comparable : $0,645 \pm 0,020$ en moyenne. Par la suite, et comme illustré dans la figure 39, les teneurs plasmatiques en glucose, chez l'ensemble des vaches, tendent à diminuer au cours des 2 dernières semaines qui précèdent la mise bas : l'écart de glycémie entre J-14 et J₀ semble (P=0,10) plus faible chez le lot supplémenté en levure (-0,14 g/l) par rapport au témoin (-0,16 g/l). Après la mise bas, la glycémie demeure quasi-constante jusqu'au J₃₅ *postpartum*, puis semble légèrement réaugmenter vers J₄₉ *postpartum* : +0,03 pour le lot supplémenté et +0,02 pour le lot témoin (écart non différents : P=0,50).

Signalons enfin que les teneurs plasmatiques du glucose enregistrées chez les vaches supplémentées tendent à être toujours supérieures à celles mesurées chez les vaches témoins : +7% à la mise bas, +9% à J₃₅ *postpartum* et +10% à J₄₉ *postpartum* par rapport au lot témoin (P<0,20).

Tableau 30. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur la glycémie des vaches laitières en *peripartum*.

Glycémie (g/l)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Initiale (J ₀)	0,64	0,65	0,02	0,67
A la mise bas (J _{MB})	0,48	0,51	0,02	0,17
A J35 <i>postpartum</i> (J _{35pp})	0,47	0,52	0,02	0,20
A J49 <i>postpartum</i> (J _{49pp})	0,50	0,55	0,02	0,19

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne

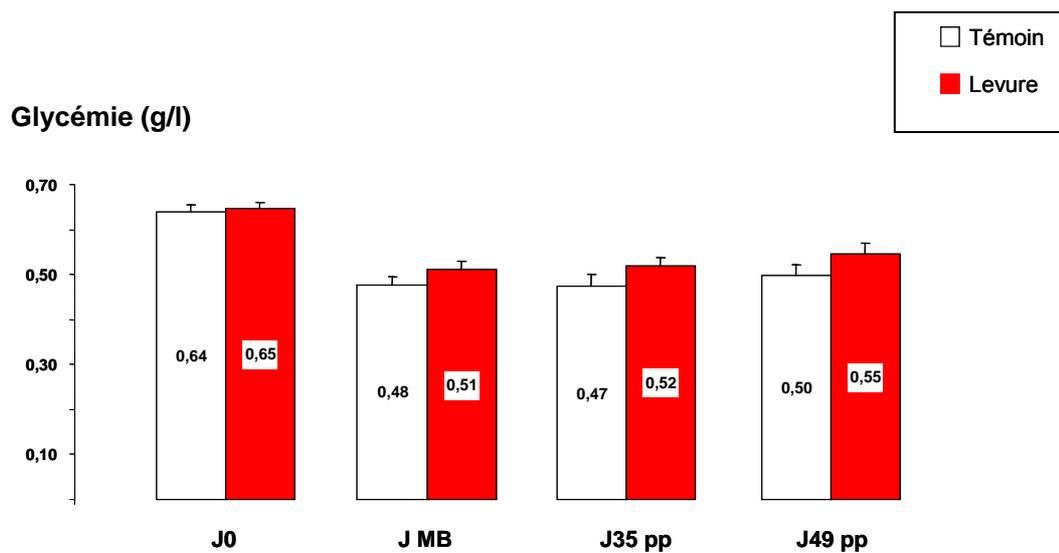


Figure 38. Glycémies (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8.

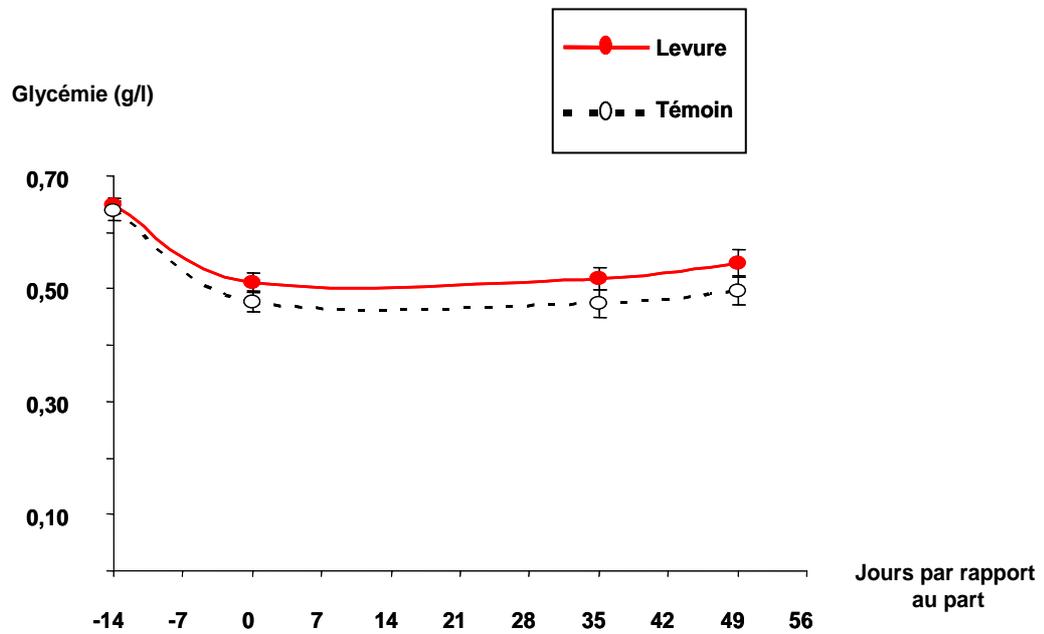


Figure 39. Evolution de la glycémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8.

IV.2. Effet sur la teneur plasmatique en cholestérol

Les résultats relatifs à la cholestérolémie des vaches témoins et supplémentées en levure probiotique sont présentés dans le tableau 31 et illustrés dans les figures 40 et 41.

Nous pouvons relever qu'à J_0 , les teneurs sériques du cholestérol (g/l) mesurées chez les vaches témoins et supplémentées en levure sont comparables : $1,20 \pm 0,18$ et $1,23 \pm 0,14$, respectivement ($P=0,69$).

Par la suite, entre J_0 et le jour de la mise bas, la cholestérolémie tend à diminuer chez les 2 lots expérimentaux : $-0,30$ g/l chez le lot supplémenté en levure et $-0,23$ g/l pour le lot témoin.

Après mise bas, les concentrations sériques du cholestérol réaugmentent progressivement chez les 2 lots : $+0,57$ g/l chez le lot supplémenté et $+0,78$ g/l chez le lot témoin. Ces écarts de cholestérolémie enregistrés en *postpartum* (entre le part et J_{49pp}) tendent à être différents entre les 2 lots ($P=0,21$).

L'analyse statistique ne révèle aucune modification significative des valeurs sériques du cholestérol entre les deux lots expérimentaux. Néanmoins, la supplémentation en levure probiotique tend à réduire la cholestérolémie à J_{35} et J_{49} *postpartum* : baisse d'environ 14,5% par rapport au témoin ($P<0,13$).

Tableau 31. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur la cholestérolémie des vaches laitières en *peripartum*.

Cholestérolémie (g/l)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Initiale (J_0)	1,20	1,23	0,06	0,69
A la mise bas (J_{MB})	0,97	0,93	0,04	0,53
A J_{35} <i>postpartum</i> (J_{35pp})	1,43	1,23	0,09	0,13
A J_{49} <i>postpartum</i> (J_{49pp})	1,75	1,50	0,10	0,10

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : $P<0,05$

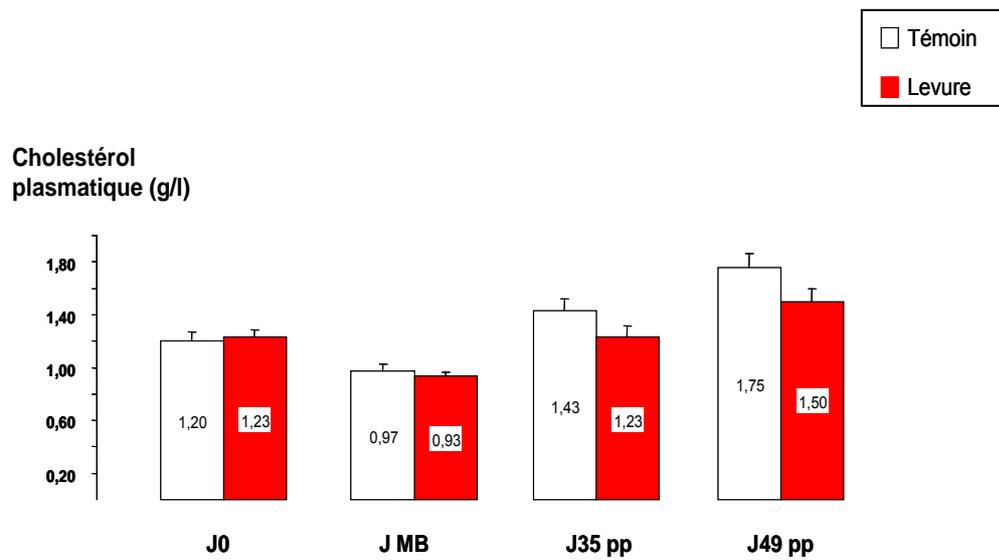


Figure 40. Cholestérolémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J_0) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8.

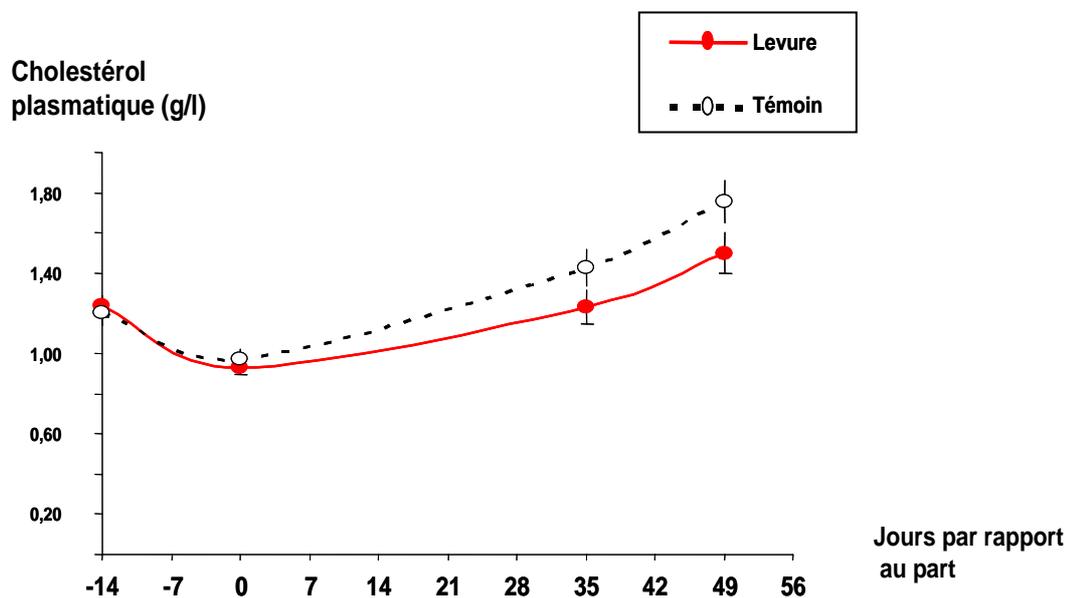


Figure 41. Evolution de la cholestérolémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J_0) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8.

IV.3. Effet sur la teneur plasmatique en lipides totaux

Les résultats concernant les teneurs en lipides totaux dans le sang sont présentés dans le tableau 32 et illustrés par les figures 42 et 43.

Tout d'abord, nous pouvons constater qu'à J_0 (juste avant le début de la complémentation), les valeurs enregistrées de lipides totaux plasmatiques sont légèrement plus faibles chez les vaches du lot « Levure » ($5,60 \pm 0,61$ g/l) en comparaison avec celles mesurées chez les vaches témoins ($5,88 \pm 0,44$ g/l) : cet écart (-5%) n'est toutefois pas significatif ($P=0,31$).

Par la suite, nous remarquons qu'entre J_0 et la mise bas, la teneur plasmatique en lipides totaux diminue chez les deux lots : cette diminution semble plus accentuée chez le lot témoin (-0,26 g/l) par rapport au lot supplémenté en *S. cerevisiae* (-0,11 g/l).

Après la parturition, la teneur plasmatique de lipides totaux des animaux témoins semble encore décroître entre la mise bas et le 35^{ème} jour de lactation : -0,30 g/l puis elle s'élève à J_{49pp} (+1,58 g/l). Ainsi, l'écart entre la mise bas et J_{49pp} est de +1,28 g/l.

En revanche, chez le lot supplémenté en levure, les concentrations sériques de lipides totaux semblent s'accroître de manière régulière: +0,92 g/l entre J_{MB} et J_{35pp} ; +0,46 g/l entre J_{35pp} et J_{49pp} , soit +1,37 g/l entre la mise bas et la fin de l'essai.

Les écarts notés entre le part et J_{35pp} et entre J_{35} et J_{49pp} tendent à être différents entre les 2 lots ($P<0,08$).

L'analyse statistique indique que les teneurs plasmatiques en lipides totaux ne sont pas significativement différentes entre les deux lots, à l'exception des valeurs mesurées à J_{35} *postpartum*, où l'addition de *S. cerevisiae* à l'aliment augmente de 20% la concentration des lipides totaux sanguins ($P<0,05$) par rapport au témoin.

Tableau 32. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur la teneur plasmatique en lipides totaux des vaches laitières en *peripartum*.

Lipides Totaux plasmatiques (g/l)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Initiale (J ₀)	5,88	5,60	0,19	0,31
A la mise bas (J _{MB})	5,63	5,49	0,39	0,81
A J35 <i>postpartum</i> (J _{35pp})	5,33	6,41	0,25	*
A J49 <i>postpartum</i> (J _{49pp})	6,91	6,87	0,29	0,92

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

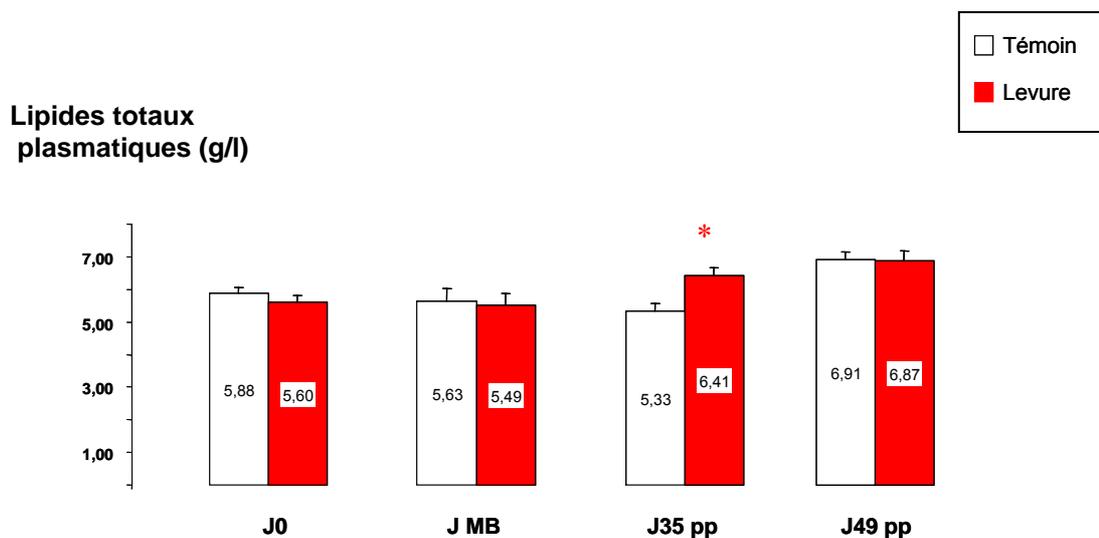


Figure 42. Teneurs plasmatiques en lipides totaux (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8, * : P<0,05.

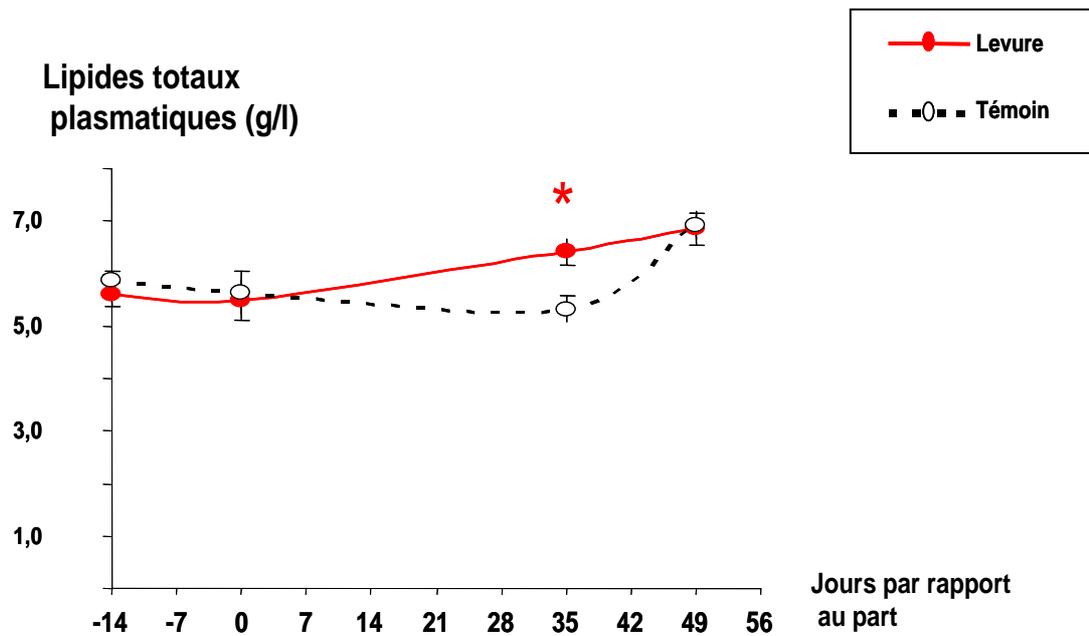


Figure 43. Evolution de la teneur plasmatique en lipides totaux (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8, * : P<0,05.

IV.4. Effet sur la teneur plasmatique en triglycérides

Les concentrations plasmatiques en triglycérides (TG) mesurées chez les deux lots au cours de l'essai sont présentées dans le tableau 33 et illustrées dans les figures 44 et 45.

Nous pouvons constater qu'en début d'essai, les teneurs plasmatiques initiales en TG ne sont pas statistiquement différentes entre les 2 lots : écart non significatif de 12% ($P=0,36$).

En revanche, nous remarquons que les valeurs mesurées à la mise bas et à J35 *postpartum* sont nettement plus faibles chez les vaches supplémentées en *S. cerevisiae* comparées aux vaches témoins : -29% ($P<0,05$) et -31% ($P=0,08$) respectivement.

A J49 *postpartum*, les teneurs de TG plasmatiques sont équivalentes ($P=0,69$) entre les vaches témoins et celles supplémentées en levure : en moyenne $25,83 \pm 2,83$ mg/dl chez les deux lots.

Par ailleurs, nos résultats montrent qu'entre J_0 et la mise bas, les concentrations plasmatiques en TG baissent chez l'ensemble des vaches mais avec des amplitudes différentes : -14% chez le lot témoin et -31% chez le lot supplémenté en *Saccharomyces cerevisiae*.

Entre la mise bas et J35 *postpartum*, les teneurs en TG plasmatiques ne varient pas chez les vaches témoins ($29,21 \pm 2,65$ mg/dl en moyenne) et diminuent faiblement chez les vaches recevant la levure probiotique (-4%).

Entre J35 et J49 *postpartum*, les teneurs en TG plasmatiques diminuent de 14% chez le lot témoin alors qu'elles augmentent de 33% chez le lot complétement en levure.

Finalement, entre le vêlage et J49 *postpartum*, l'écart des concentrations plasmatiques de TG est de -4,25 mg/dl (-14%) chez les témoins contre +5,83 mg/dl (+28%) chez les vaches recevant la levure.

Tableau 33. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur la teneur plasmatique en triglycérides (TG) des vaches laitières en *peripartum*.

TG plasmatiques (mg/dl)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n = 8)	Levure (n = 8)		
Initiale (J ₀)	34,17	30,00	3,13	0,36
A la mise bas (J _{MB})	29,25	20,83	2,72	*
A J35 <i>postpartum</i> (J _{35pp})	29,17	20,00	3,34	0,08
A J49 <i>postpartum</i> (J _{49pp})	25,00	26,67	2,83	0,69

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

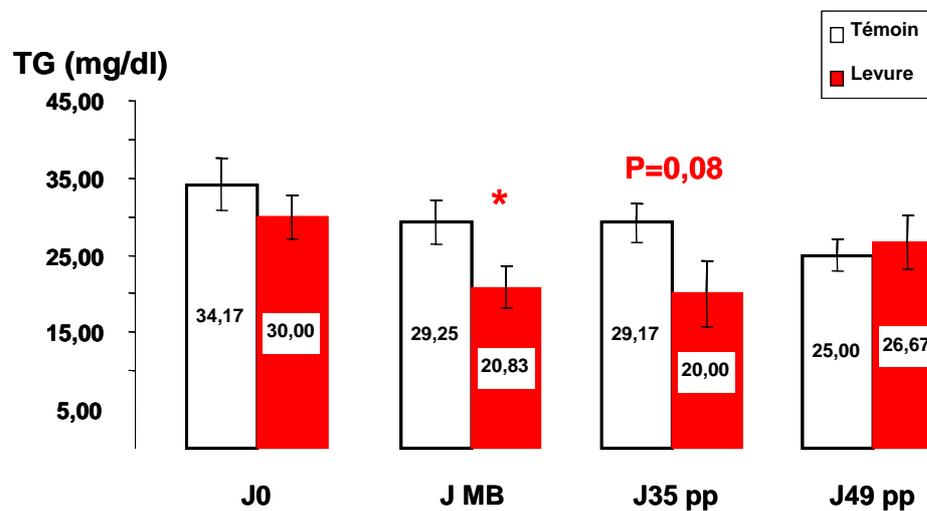


Figure 44. Teneurs plasmatiques en triglycérides (TG : mg/dl) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n = 8, * : P<0,05.

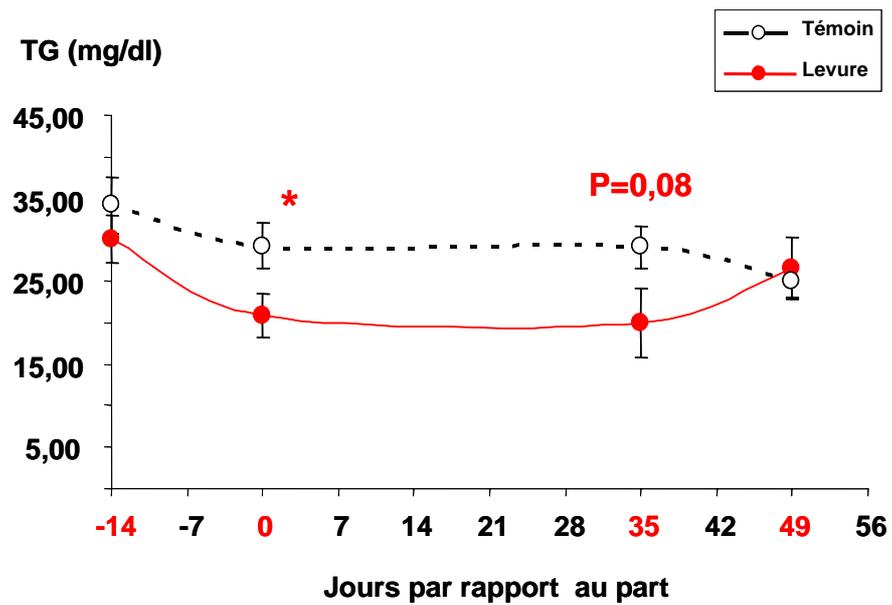


Figure 45. Evolution de la teneur plasmatique en triglycérides (TG : mg/dl) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n = 8, * : P<0,05.

IV.5. Effet sur la teneur plasmatique en protéines totales

Les concentrations plasmatiques des protéines totales mesurées à J₀ (2 semaines avant le part), à la mise bas (J_{MB}) et à J35 et J49 *postpartum* chez les vaches laitières témoins et celles nourries avec l'aliment complété en levure probiotique figurent dans le tableau 34 et sont illustrés par les figures 46 et 47.

Les protéinémies initiales mesurées juste avant le début de la supplémentation sont légèrement plus faibles chez le lot « levure » par rapport au lot témoin : écart non significatif de 3% (P=45).

Entre J₀ et la mise bas, les protéinémies semblent diminuer surtout chez le lot témoin : 5,1g/l contre -1g/l chez le lot supplémentation en levure (P=0,35).

Entre la mise bas et le 35^{ème} jour *postpartum*, les teneurs plasmatiques en protéines totales s'accroissent chez les 2 lots : +13 g/l et +10 g/l chez les lots « levure » et témoin, respectivement (P=0,50).

Entre J35 et J49 *postpartum*, la protéinémie semble encore augmenter : +1,5 g/l chez le lot « levure » et + 4,7 g/l chez le lot témoin (P=0,33).

Finalement, entre la mise bas et la fin de l'essai, l'augmentation des concentrations plasmatiques de protéines totales est similaire chez les deux lots : +26% chez le lot supplémentation en levure *versus* + 28% pour le lot témoin (P=0,94).

Nos résultats montrent que les vaches supplémentées en levures ont des teneurs plasmatiques en protéines totales significativement plus élevées à 35 jours *postpartum* en comparaison avec celles des vaches témoins (+ 8% ; P<0,05). En revanche, les augmentations relevées à la mise bas (+4%) et à 49 jours *postpartum* (+3%) ne sont pas significatives.

Tableau 34. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur la teneur plasmatiques en protéines totales des vaches laitières en *peripartum*.

Protéines totales plasmatiques (g/l)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Initiale (J ₀)	59,06	57,29	1,58	0,45
A la mise bas (J _{MB})	53,96	56,33	2,84	0,58
A J35 <i>postpartum</i> (J _{35pp})	64,17	69,38	1,60	*
A J49 <i>postpartum</i> (J _{49pp})	68,91	70,91	1,58	0,43

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne ; * : P<0,05

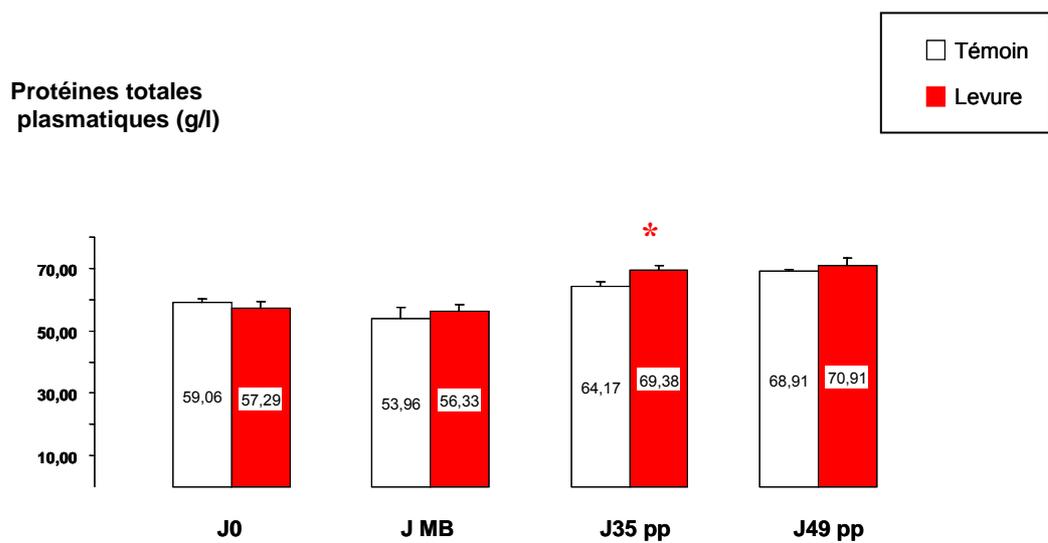


Figure 46. Teneurs plasmatiques en protéines totales (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8, * : P<0,05.

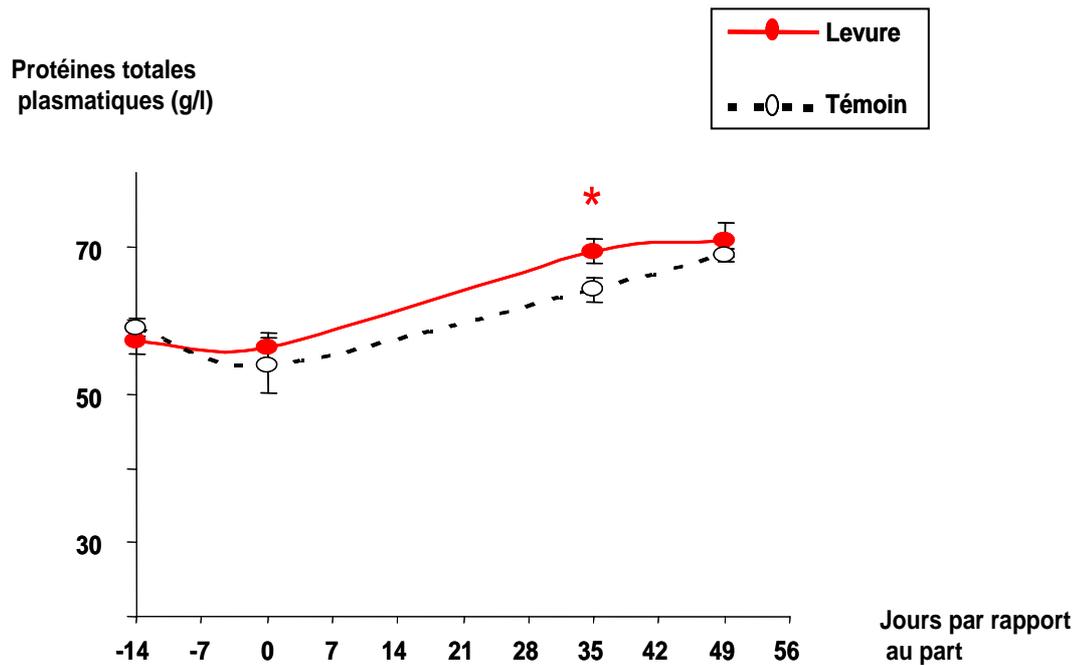


Figure 47. Evolution de la teneur plasmatique en protéines totales (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes \pm SE, n=8, * : P<0,05.

IV.5. Effet sur la teneur plasmatique en urée

Les résultats de dosage de l'urée plasmatique sont présentés dans le tableau 35 et illustrés dans les figures 48 et 49.

Il faut, tout d'abord, noter qu'au démarrage de l'essai (J_0), l'urémie moyenne du lot supplémenté en probiotique semble plus élevée que celle mesurée chez le lot témoin : écart non significatif de +11% ($P=0,35$).

Entre J_0 et la mise bas, l'urémie tend à augmenter de 15% chez le lot supplémenté en levure contre 33% chez le lot témoin ; mais ces écarts ne sont pas différents statistiquement ($P=0,50$).

Entre la mise bas et $J35$ *postpartum*, l'urémie semble peu diminuer chez les vaches recevant la levure (-4%) par rapport aux témoins où l'écart est de -29% ($P=0,16$).

Entre $J35$ et $J49$ *postpartum*, l'urémie semble décroître chez le lot supplémenté en levure (-14%) alors qu'elle tend à augmenter chez le lot témoin (+6%) ($P=0,17$).

Au final, l'écart d'urémie entre la mise bas et la fin de l'essai (J_{49pp}) est comparable pour les deux lots : -0,04 g/l pour le lot « levure » (-17%) et -0,06 g/l (-25%) pour le lot témoin ($P=0,75$).

L'analyse statistique ne montre pas d'écart significatif de l'urémie entre les deux lots à la mise bas et en fin d'essai. Toutefois, la complémentation en levure semble augmenter l'urémie à $J35$ *postpartum* : +29% par rapport au témoin ($P<0,07$).

Tableau 35. Effet de la supplémentation alimentaire en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* sur l'urémie des vaches laitières en *peripartum*.

Urémie (g/l)	Traitement alimentaire		SEM ¹	P <
	Témoin (n=8)	Levure (n=8)		
Initiale (J ₀)	0,18	0,20	0,02	0,35
A la mise bas (J _{MB})	0,24	0,23	0,03	0,87
A J35 <i>postpartum</i> (J _{35pp})	0,17	0,22	0,02	0,07
A J49 <i>postpartum</i> (J _{49pp})	0,18	0,19	0,02	0,76

¹ SEM : Erreur Standard Moyenne

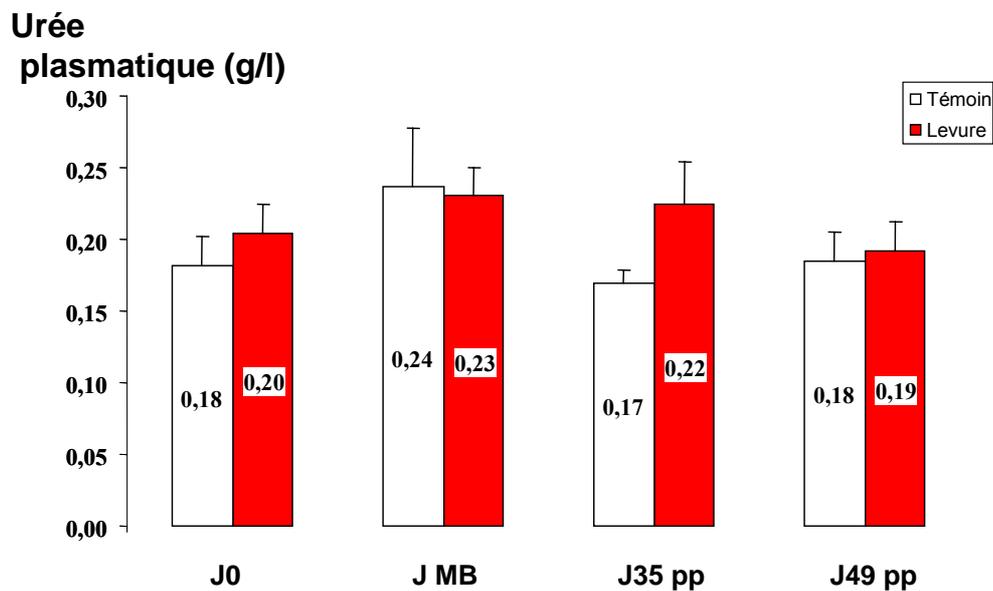


Figure 48. Teneurs plasmatiques de l'urée (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8.

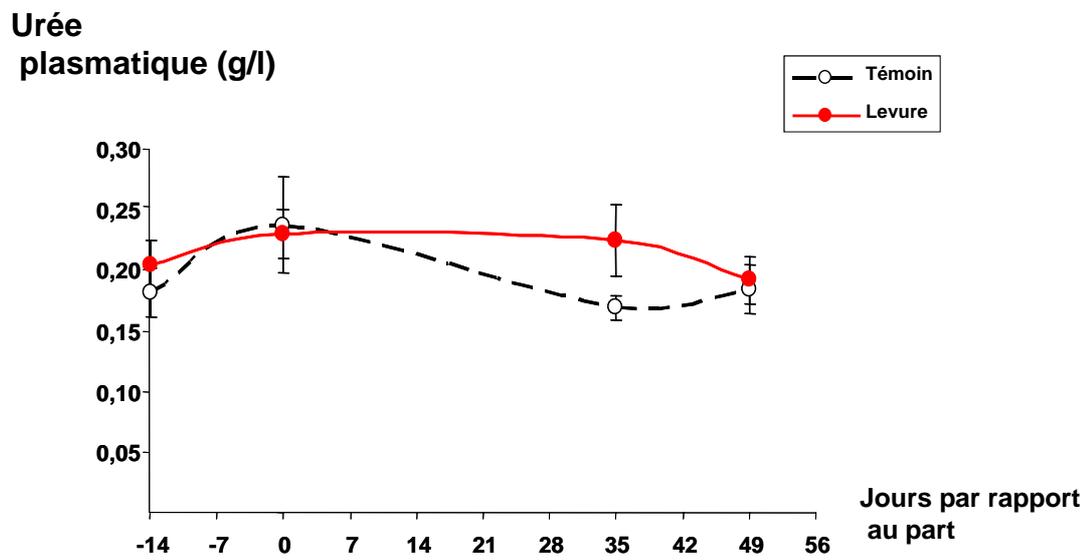


Figure 49. Evolution de l'urémie (g/l) des VL témoins ou supplémentées en levure probiotique *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -14 jours avant le part (J₀) jusqu'au 49^{ème} jour *postpartum* (J_{49pp}). Moyennes ± SE, n=8.

*Discussion
Générale*



Notre objectif dans cet essai était d'évaluer, dans nos conditions locales, l'intérêt d'une supplémentation de l'aliment en levure probiotique sur les performances de production de la vache laitière en *peripartum*.

➤ ***Le Peripartum ...***

... Etape Critique Chez Le Troupeau Laitier !

Le *peripartum* est une période critique dans le cycle de production de la vache laitière où se succèdent deux stades physiologiques différents par leurs besoins : la fin du tarissement avec des besoins modérés et le début de la lactation avec des besoins plus accrus (Wolter, 1997).

A cette période, la vache se retrouve confrontée à des contraintes liées à l'évolution moins rapide de sa capacité d'ingestion par rapport à l'accroissement des besoins nécessaires à la lactation. Ceci se traduit par une sous-alimentation inévitable en début de lactation qui est d'autant plus importante que la qualité de la ration est plus médiocre (Gadoud et al, 1992).

La nécessité de compenser ce manque alimentaire conduit la vache à mobiliser ses propres réserves provoquant un déficit énergétique inévitable en début de lactation. La réussite de la phase de transition passe obligatoirement par une bonne gestion de l'alimentation autour du vêlage.

➤ ***Gestion du Peripartum ...***

... Quelles sont les solutions nutritionnelles envisageables ?

Une solution classique consiste à réajuster la composition de la ration. Le contrôle du déficit énergétique *postpartum* doit commencer bien avant le vêlage, par l'utilisation de fourrages riches et/ou par l'introduction de concentrés dans la ration. Il est ainsi recommandé, dès les 2–3 dernières semaines avant le part, de mettre en conditions la vache tarie en augmentant la densité énergétique de la ration. Ceci permet de réadapter la flore ruminale à une ration plus importante et plus riche



en concentrés et permet le développement optimal de la muqueuse ruminale (Gadoud et al, 1992).

Il s'agit, en outre, de trouver un compromis entre une évolution trop rapide de la ration (prédisposant à l'acidose) et une insuffisance d'apports pouvant conduire à l'apparition d'une cétose primaire.

L'alimentation en période de tarissement, et même de fin de lactation, visera donc à la reconstitution des réserves énergétiques. En début de lactation, une bonne maîtrise du rationnement est nécessaire afin de valoriser l'utilisation de ces réserves, les déficits comme les excès exagérés pouvant porter préjudice à la production, à la santé ainsi qu'à la reproduction des vaches laitières (Wolter, 1997).

Une autre stratégie qui émerge de la littérature serait l'incorporation de levures probiotiques dans la ration de la vache en *peripartum* (Wallace, 1994, Sauvart, 2004). Il est en général admis que ces probiotiques optimisent le fonctionnement du rumen par la valorisation des composés alimentaires et améliorent, par conséquent, les performances de production tout en garantissant un confort digestif et la santé de l'animal.

L'ajout de probiotiques permettrait, en outre, de diminuer le risque d'acidose lors de distribution de ration plus riche en concentré (comme lors du *postpartum* immédiat lorsqu'il faut tenter de limiter au maximum le déficit énergétique en augmentant la densité énergétique de la ration) (Wallace, 1994).

Cette supplémentation de la ration permet le plus souvent une augmentation de la production laitière de 3 à 6 % sans modifier la qualité du lait (Wallace, 1994 ; Auclair, 2001). Cet effet positif est d'autant plus marqué que les animaux sont en période de stress (cas du début de lactation) (Williams et al, 1991).

Dans nos conditions locales, les rations alimentaires fournies aux vaches laitières pendant la phase de transition sont le plus souvent déséquilibrées et distribuées de façon non progressive. Ceci retentit négativement sur la production laitière ultérieure et compromet la fertilité et l'état sanitaire de la vache.



Ainsi, vu nos conditions d'alimentation locales, l'utilisation des levures probiotiques se justifierait amplement pour pallier à cette situation tout en sachant que les réponses des vaches à cet apport en levure probiotique semblent fortement dépendre de la composition de la ration, du ratio Concentré/Fourrage et du type de levure utilisée.

A notre connaissance, l'effet de la supplémentation en levure *Saccharomyces cerevisiae* chez la vache laitière en *peripartum* n'a pas été étudié en Algérie.

➤ ***Levure Probiotique & Peripartum ...***

... Aspects méthodologiques

Pour répondre à notre objectif de départ, à savoir une meilleure gestion de l'alimentation de la vache laitière pendant le *peripartum* par l'utilisation de la levure probiotique, nous avons choisi d'incorporer cette dernière durant la période allant des 2 dernières semaines précédant la date probable du vêlage jusqu'à la 7^{ème} semaine *postpartum*, soit une durée globale de 9 semaines de supplémentation.

Les données bibliographiques indiquent que des périodes à peu près similaires (70 jours) ont été testées (Arambel et Kent, 1990). D'autres essais ont utilisé des durées de supplémentation inférieures : entre 28 et 56 j (Williams et al, 1991 ; Robinson, 1997 ; Wohlt et al, 1998) ou bien supérieures : de 75 à 161 jours (Ersamus et al, 1992 ; Robinson et Garrett, 1999 ; Dann et al, 2000).

D'une part, le choix des 2 semaines *prepartum* était dicté par des impératifs liés au stade de gestation des vaches disponibles pour l'essai. En effet, le début de la période expérimentale (début de supplémentation) coïncide avec l'état de gestation le plus avancé. Il est vrai qu'un apport de levure durant une période *prepartum* plus longue (de 3 semaines au minimum), comme préconisé dans la littérature, aurait été plus intéressant à étudier (Williams et al, 1991). Néanmoins, la durée de 2 semaines *antepartum*, classiquement recommandée, est en général suffisante pour la préparation de la flore ruminale de la vache au cours de la période de transition (Enjalbert, 2003)



D'autre part, la durée *postpartum* choisie dans notre essai (49 jours) couvre les périodes critiques de la lactation (démarrage et pic de lactation). De plus, cette durée coïncide avec la période durant laquelle, de nombreux travaux scientifiques, montrent l'effet positif de la supplémentation de l'aliment en levure sur la production laitière (Dann et al, 2000 ; Ali-Haimoud-Lekhal et al, 1999). Néanmoins, il serait intéressant de considérer ultérieurement, dans nos conditions d'élevage, l'impact de la supplémentation sur toute la phase de lactation.

Le probiotique utilisé dans le cadre de notre travail est un concentré de levure sèche active dont la souche est spécifiquement développée pour la nutrition et la santé des ruminants. Il s'agit d'une souche de *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077 de l'Institut Pasteur-Paris (France). Ce type de produit est facilement incorporé à l'aliment concentré mais peut être également distribué directement en « top-feeding ». Nous avons adopté ce dernier mode de distribution pour s'assurer de la prise complète de la dose préconisée par chacune des vaches supplémentées.

Dans la présente expérimentation, l'effectif de vaches laitières au dernier tiers de gestation, disponibles à la station de l'ITELV, nous a permis de constituer deux lots (n=10) homogènes et comparables d'un point de vue : numéro de lactation, âge, poids vif et état corporel. Malencontreusement, la perte de 4 vaches, au cours du déroulement de l'essai, a réduit l'effectif (n=8) et déséquilibré les caractéristiques moyennes initiales des lots en faveur du lot témoin, en terme de numéro de lactation et d'âge, et en faveur du lot supplémenté en ce qui concerne le poids vif et l'état corporel.

Les études disponibles dans la littérature, utilisent des lots de taille variant entre 4 et 30 animaux (Tableau 14). En comparaison, notre effectif expérimental (n=8) semble acceptable. Il paraît toutefois insuffisant pour l'étude des performances zootechniques qui nécessite un nombre supérieur d'animaux. De plus, si nous tenons compte de l'hétérogénéité intrinsèque de chaque lot (Tableau 19), cet échantillon devient critiquable en raison de l'effet du numéro de lactation sur le niveau de production.



Dans notre essai, les quantités d'aliments (concentré plus fourrages) distribuées en *pre* et *postpartum* étaient estimées selon les besoins de chaque stade physiologique de la vache (calcul par les tables de rationnement). L'égalisation de la consommation de matière sèche ingérée (MSI) entre les deux lots (absence de refus) ne nous permet donc pas d'évaluer l'impact de la supplémentation en levure probiotique sur la matière sèche ingérée.

En fait, il aurait fallu distribuer l'aliment fourrage *ad libitum* afin d'apprécier l'augmentation de la MSI induite par la supplémentation en *S. cerevisiae*, comme rapporté dans la littérature (Wallace, 1994). L'indisponibilité des matières premières fourragères au sein de la Station ne nous a pas permis de réajuster au fur et à mesure les quantités distribuées. Face à cette situation, nous avons opté pour continuer à égaliser les rations distribuées ; privilégiant ainsi, l'impact seul de l'incorporation de *S. cerevisiae* sur les performances de production.

➤ ***Levure Probiotique & Peripartum...***

... Meilleur Etat Corporel !

Plusieurs études se sont intéressées aux effets de l'incorporation alimentaire de *Saccharomyces cerevisiae* sur le poids vif et l'état corporel des vaches laitières autour du vêlage. Les données bibliographiques révèlent généralement une amélioration modérée du poids vif et de l'état corporel *postpartum* lorsque la levure est additionnée à la ration au cours de la période de transition.

Dans nos conditions expérimentales, la supplémentation en *Saccharomyces cerevisiae* durant la période allant de -2 semaines *prepartum* à +7 semaines *postpartum*, a permis une amélioration significative de l'état corporel *postpartum* des vaches : +20% en moyenne (P<0,05). Néanmoins, l'amplitude de cette amélioration est à atténuer si l'on considère la différence initiale des notes d'état corporel enregistrée entre les deux lots au démarrage de l'essai (écart non significatif d'environ 10% en *prepartum*).



Il est intéressant de souligner qu'au cours de la période du pic de lactation (autour de la 5^{ème} semaine de lactation), stade où les réserves énergétiques sont fortement sollicitées pour soutenir la forte production laitière, les vaches supplémentées en levure arrivent à maintenir un poids et un état corporel meilleur que celui des témoins.

Certains auteurs ne trouvent pas d'améliorations significatives de l'état corporel et du poids vif après addition de la levure à la ration de la vache en *peripartum* (Robinson, 1997, Nocek et Kautz, 2006), toutefois, ils enregistrent fréquemment une diminution de la perte de poids en *postpartum*. Cet amaigrissement amoindri par la supplémentation en levure est également retrouvé dans notre essai (-31kg versus -44kg entre la mise bas et la fin de l'essai respectivement pour le lot supplémenté et le lot témoin).

De tels résultats traduisent une plus faible mobilisation des réserves endogènes de la vache supplémentée en levure, suggérant peut-être une plus grande disponibilité d'énergie. Dans nos conditions expérimentales, ce surplus d'énergie disponible ne pourrait être imputé à une surconsommation de matières sèches ingérées puisque les quantités distribuées d'aliment étaient identiques pour les deux lots. Il serait plutôt associé à la supplémentation de l'aliment en *S cerevisiae*. Celle-ci se serait donc avérée efficace pour améliorer l'état corporel de la vache en *peripartum*.

➤ ***Levure Probiotique & Peripartum ...***

... Plus de Lait !

Notre étude révèle une amélioration notable de la production de lait induite par l'incorporation de *Saccharomyces cerevisiae* dans la ration telle que rapportée dans la littérature (Tableau 14). En, effet, plusieurs études montrent que l'utilisation de levures vivantes se traduit par une augmentation significative de la production laitière, de 1 à 2 kg/vache/jour en moyenne (Williams et al., 1991, Wohlt et al., 1991, Piva et al., 1993, Scott et al., 1994 ; Putnam et al., 1997).



Dans notre essai, la production de lait au cours des 7 premières semaines de lactation, augmente de 12% chez les vaches supplémentées en levure probiotique malgré le fait que leur moyennes d'âge ($4,9 \pm 0,5$ ans) et de numéro de lactation ($1,3 \pm 0,4$) soient légèrement inférieures par rapport à celles des témoins ($5,9 \pm 0,7$ ans ; $2,1 \pm 0,5$).

Cette augmentation est plus importante que celle trouvée (de 3 à 9%) par divers auteurs (Wohlt et al, 1991 ; Erasmus et al, 1992 ; Piva et al, 1993 ; Robinson, 1997 ; Putnam et al, 1997 ; Dann et al, 2000). Mais, il est vrai que la réponse aux probiotiques est souvent très différente entre les études en raison de la variabilité liée aux types de régimes distribuées, aux types et doses de levures utilisés et aux animaux testés.

L'analyse de la courbe de production laitière révèle un écart significatif entre les 2 lots dès le 28^{ème} jour *postpartum* (+14%). Celui-ci s'accroît régulièrement jusqu'à la 7^{ème} semaine *postpartum* (fin de la supplémentation) : +20% à la 6^{ème} semaine, +25% à la 7^{ème} semaine. De plus, cet écart se maintient durant les 7 jours qui suivent l'arrêt de l'ingestion de la levure (+19% entre J₄₉ – J₅₅ *postpartum*). Par ailleurs, le pic de lactation des vaches recevant *Saccharomyces cerevisiae* est plus étalé que celui des vaches témoins (4 semaines contre 3 semaines, respectivement).

Dans l'essai de Soder et Holden (1999), l'addition de *S. cerevisiae* (de -28 à +91 j autour du part) a permis d'augmenter le pic de lactation des vaches primipares et multipares. Wohlt et al (1991) indiquent également un pic de production supérieur et de surcroît avancé chez des primipares supplémentées durant 154 jours par rapport aux témoins (7^{ème} semaine, 29,5 kg/j versus 11^{ème} semaine, 28,5 kg/j).

Par ailleurs, il s'avère que le ratio Concentrés/Fourrages et la nature du fourrage administré peuvent influencer la réponse des animaux à l'apport de levure probiotique, comme l'indique l'étude de Williams et al (1991). En effet, le ratio Concentrés/Fourrages de 60/40 améliore la production de lait contrairement au ratio 50/50 ; cet effet positif est surtout observé avec le foin comparé à la paille.



Dans la présente étude, le ratio Concentrés/Fourrages est évalué à 33/67 dont presque 50% de foin. Cette ration, comparable à celle testée par Williams et al (1991), a permis une amélioration plus accentuée de la production laitière après addition de levure probiotique. Cette différence de réponse est vraisemblablement liée aux périodes de supplémentation différentes entre les 2 études : milieu de lactation dans l'étude de Williams et al (1991) ; fin de gestation/début de lactation dans notre essai. En effet, il semble que l'amplitude de l'amélioration de la production laitière dépend du stade de lactation : elle serait plus marquée en début qu'en milieu ou fin de lactation (Ali-Haimoud-Lekhal et al, 1999).

Dans cet essai, la ration distribuée à l'ensemble des vaches permet théoriquement la couverture des besoins d'entretien et des besoins de production d'environ 15 litres de lait/J. Cette ration a été calculée sur la base des productions de lait moyennes du cheptel précédemment enregistrées. Nos résultats montrent que les vaches supplémentées produisent plus de lait que les témoins (+12% en moyenne soit + 1,6 litre/j).

Cet accroissement de production laitière n'est pas attribuable à une surconsommation de MSI liée à la supplémentation de l'aliment en *S. cerevisiae*, comme rapporté par Wallace (1994) puisque l'ensemble des vaches de notre essai a consommé la même quantité d'aliment. Il serait plutôt associé à une meilleure valorisation de la ration permise par le probiotique, comme l'indique la littérature (Chaucheyras-Durand et al, 2006). Selon ces auteurs, les levures permettent une optimisation du fonctionnement du rumen grâce à l'interaction avec la flore microbienne, faisant intervenir trois types de mécanismes résumés dans la figure 50.

Ainsi, les probiotiques stabilisent le pH ruminal en entrant en compétition avec les bactéries productrices de lactate (donc acidifiantes) (Chaucheyras et al, 1997), en apportant des nutriments (lors de leur mort) et permettant la croissance de bactéries détruisant le lactate (Newblod et al, 1998). Ceci permet le maintien de la flore cellulolytique et améliore la dégradation des fibres végétales et par conséquent la digestibilité de la ration (Wallace, 1994 ; Chaucheyras-Durand et al, 2006).



De plus, les probiotiques augmentent l'assimilation digestive des nutriments par l'apport de vitamine B1 (thiamine) (Chaucheyras et al, 1997) qui favorise la colonisation des végétaux par la flore ruminale et améliore davantage la digestibilité de la ration. De même une valorisation de l'azote est permise par captation de l'ammoniac par les probiotiques qui seront eux-mêmes ensuite digérées (Wallace 1994 ; Chaucheyras-Durand et al, 2006).

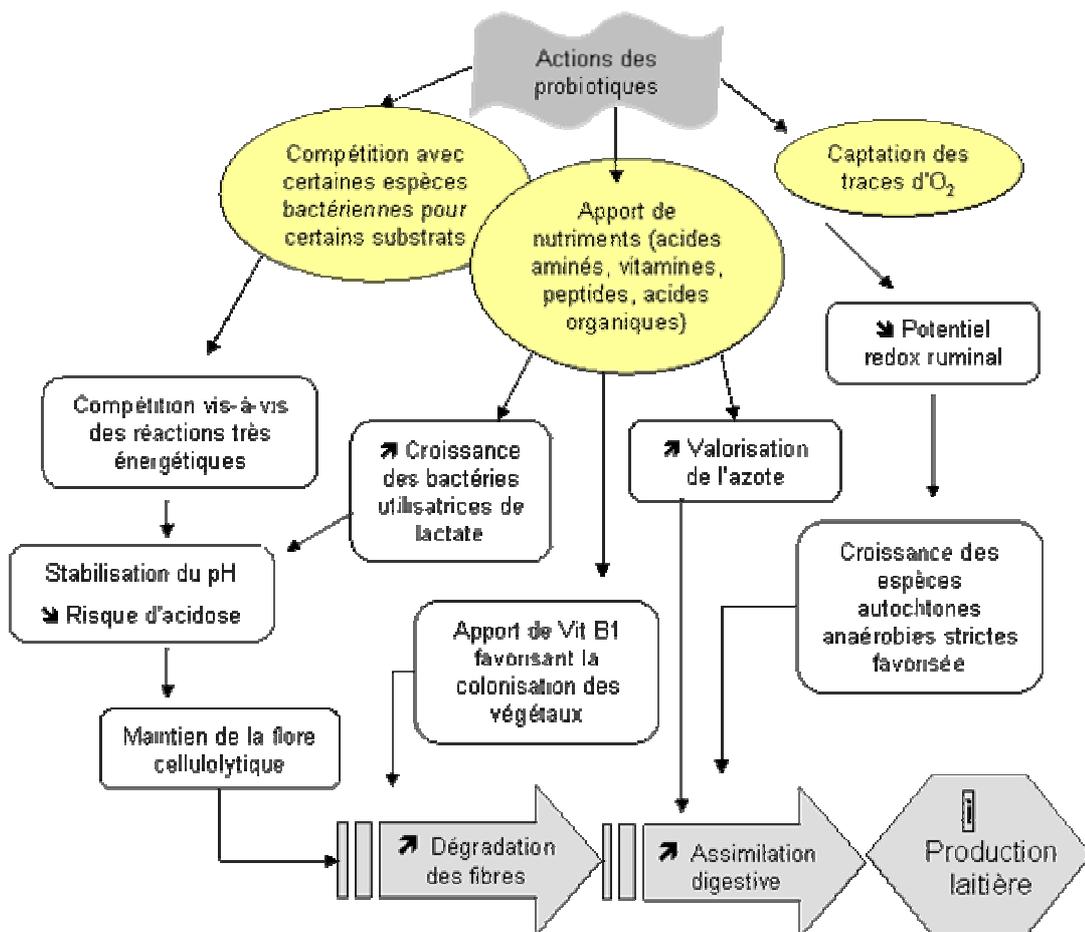


Figure 50. Diagramme schématisant des interactions entre les probiotiques et la flore du rumen (adapté de Chaucheyras-Durand et al, 2006)



➤ ***Levure Probiotique & Peripartum ...***

...Impact sur la qualité du lait

Les données bibliographiques indiquent dans leur majorité que l'apport de levure *Saccharomyces cerevisiae* ne modifie pas la qualité du lait, puisque les taux butyreux et protéiques ne varient pas par rapport au témoins. En effet, l'augmentation de la production laitière globale par la supplémentation en levures vivantes, n'est pas toujours associée à une variation des TB et TP (Wohlt et al, 1991 ; Soder et Holden, 1999 ; Ali-Haimoud-Lekhal et Chevaux, 2003).

Néanmoins, des auteurs rapportent un accroissement du TB du lait des vaches recevant de la levure probiotique : +6% (Putnam et al, 1997), +15% (Piva et al, 1993). Dans notre essai, cette élévation du TB n'est perçue qu'à la fin de la supplémentation en levure : +25% soit + 0,83 point à J₄₉ *postpartum*, comparé au TB du lait des vaches témoins.

Selon la littérature, l'amélioration du TB du lait chez la vache laitière supplémentée en levure, serait associée à un effet positif de la stimulation des bactéries cellulolytiques et d'une orientation préférentielle des fermentations vers la production d'acide acétique, surtout pour des rations riches en concentrés ou contenant peu de fourrages dégradables (Piva et al., 1993, Scott et al., 1994), ce qui n'est pas le cas de la ration alimentaire distribuée dans notre essai et caractérisée par un ratio Concentré/ Fourrages de 33/67.

➤ ***Levure Probiotique & Peripartum ...***

... Impact sur quelques paramètres sanguins

Dans la présente étude, nous avons exploré l'impact de la supplémentation en *Saccharomyces cerevisiae* sur quelques paramètres biochimiques du sang, à savoir : le glucose, les TG, le cholestérol, les protéines totales et l'urée. Ces paramètres sont souvent utilisés pour évaluer l'état nutritionnel de la vache en phase de transition (Lebeda, 1983 ; Vandehaar et al, 1999 ; Reist et al, 2002 ; Mohebifani et al, 2005).



Malheureusement, les teneurs plasmatiques en β -hydroxy-butyrates (BHB) et en acides gras libres (AGL), qui sont deux paramètres biochimiques intéressants car indicateurs du métabolisme énergétique (en plus du glucose et du cholestérol sanguin) n'ont pu être mesurés dans cet essai, en raison de l'indisponibilité des kits de dosage. Néanmoins, les quelques données bibliographiques disponibles indiquent des variations non significatives des AGL (Doreau et Jouany, 1998 ; Nocek et Kautz, 2006) et du BHB (Lesmeister et al, 2004) chez les vaches supplémentées en levure.

D'une manière générale, les valeurs usuelles des différents paramètres biochimiques sanguins varient selon les publications (Tasker, 1978 ; Vagneur, 1992 ; Varriale, 1999 ; Cuvelier et al, 2005 ; Plet, 2007). Pour interpréter nos résultats, les valeurs seuils les plus consensuelles ont été retenues comme valeurs références. Celles-ci sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau 34).

Tableau 36. Valeurs usuelles de quelques paramètres biochimiques de la vache laitière.

Teneurs plasmatiques (g/l)	Intervalle des valeurs usuelles ¹
Glucose	0,50 – 0,75
Protéines totales	65 – 80
Urée	0,10 – 0,30
Cholestérol	0,8 – 2,0
Triglycérides	0,08 – 0,23
Lipides totaux	2,9 – 5,6

¹ VL en *postpartum* immédiat (synthèse de plusieurs auteurs cités dans la partie bibliographique)

Dans cet essai, les valeurs de glycémie mesurées à l'état initial (avant la supplémentation en levure) sont comparables entre les 2 lots (0,645 g/l \pm 0,02 en moyenne). Globalement, les teneurs plasmatiques en glucose mesurées durant notre étude varient entre 0,47 et 0,65 g/l. Ces valeurs se trouvent en majorité dans les plages de valeurs normales de glycémies de vaches laitières rapportées dans la littérature (0,50 à 0,75 g/l, Plet, 2007).



A la mise bas et à J₃₅ *postpartum*, les glycémies mesurées chez les vaches témoins sont de 0,48 et 0,47 g/l, respectivement. Ces valeurs reflètent une légère hypoglycémie (baisse moyenne de 25%) par rapport à l'état *prepartum* évalué à 2 semaines avant la mise bas. Une hypoglycémie, fréquemment relevée chez les vaches en début de lactation, traduit un bilan énergétique négatif.

Il est intéressant de relever que même si la glycémie des vaches supplémentées en *Saccharomyces cerevisiae* est diminuée à l'approche du part (baisse physiologique), l'apport de levure probiotique semble maintenir une teneur plasmatique en glucose dans la plage de valeurs normales (0,51 g/l à la mise bas et 0,52 g/l à 35 jours *postpartum*).

Nous pouvons également souligner que, dans nos conditions expérimentales, les glycémies des vaches recevant *S. cerevisiae*, tendent à être toujours supérieures à celles relevées chez les vaches témoins (+9% en moyenne, $P < 0,19$). Cet effet positif de la levure sur la glycémie est aussi rapporté par certains auteurs (+6% , $P = 0,18$: Piva et al, 1993 ; +15% , $P < 0,05$: Nocek et Kautz, 2006). De même, Klips et al (2005) rapportent une augmentation significative de la glycémie des veaux induite par l'addition de 0,5 g par animal et par jour de *Saccharomyces cerevisiae*. Par contre, dans d'autres essais menés chez la vache laitière (Putnam et al, 1997) ou chez le veau (Lesmeister et al, 2004), aucune modification de glycémie n'est relevée après apport de levure. La glycémie serait même réduite chez le bélier fistulé d'environ 39% (NS) comme rapporté par Galip et al (2006). La non concordance de ces données pourrait être liée à la nature de la ration distribuée, à la durée de la supplémentation en levure et peut-être à l'orientation métabolique différente selon les productions (viandes, lait).

Il est bien établi que le glucose plasmatique constitue une mesure sensitive de la balance énergétique chez la vache laitière (Lebeda, 1983 ; Whitaker, 2004). Il est positivement corrélé avec cette dernière (Reist et al, 2002). Dans nos conditions expérimentales, les glycémies plus élevées, induites par l'apport de levure, traduiraient une plus grande disponibilité en glucose et par conséquent en énergie qui va dans le même sens que le moindre amaigrissement observé chez ces vaches en *postpartum*. Ces dernières présenteraient un bilan énergétique moins altéré en



peripartum qui serait probablement à l'origine de l'accroissement de la production laitière.

Dans la présente expérience, les concentrations plasmatiques en protéines totales (PTP) mesurée en période *prepartum* (à J0 et à la mise bas) apparaissent globalement plus faibles que les valeurs considérées comme normales dans la littérature (65 à 80 g/l selon Varrièle, 1999). Ceci pourrait être relié à l'apport protéique de la ration. Concernant les dosages de l'urémie, les teneurs obtenues dans notre essai se trouvent dans la fourchette de 0,10 à 0,30 g/l, citée par Plet (2007).

Dans nos conditions expérimentales, l'incorporation de la levure dans la ration *prepartum* n'a pas modifié les teneurs plasmatiques en protéines totales (P=0,58) ou en urée (P=0,87). En revanche après mise bas, la protéinémie et l'urémie chez les vaches supplémentées sont significativement plus élevées à J₃₅ *postpartum* (PTP : +8%, P<0,05 ; Urémie : +29%, P<0,07). Plusieurs données bibliographiques indiquent également une élévation des protéines totales plasmatiques et de l'urémie, après supplémentation de la ration en *S. cerevisiae* chez la vache laitière (Abo et al, 1998 cité par Galip, 2006 ; Iwanska et al, 1999) et chez le bélier (Galip, 2006). Néanmoins, certaines études rapportent que la protéinémie n'est pas augmentée chez le veau supplémenté en levure (Lesmeister et al, 2004) et que l'urémie serait même légèrement réduite (-12%, NS) chez la vache laitière supplémentée en levure en milieu de lactation (Piva et al, 1993).

Il a été trouvé que les levures probiotiques stimulent l'activité microbienne et augmentent l'utilisation de l'azote par la flore ruminale (Wallace, 1991). L'efficacité de l'utilisation de l'azote alimentaire chez les ruminants supplémenté en levure impliquerait, à la fois, une augmentation de l'utilisation de l'ammoniac dans les protéines microbiennes, un accroissement du flux et de l'absorption des acides aminés et aussi une modification du métabolisme de l'azote endogène (Erasmus et al, 1992). Les concentration d'ammoniac en excès dans le rumen et inutilisé par les bactéries pourrait induire des concentrations élevées d'urémie (Iwanska et al, 1999, cité par Galip, 2006). La concentration d'urée dans le sang est intimement associée à l'efficacité avec laquelle la protéine alimentaire est utilisée. Roseler et al (1993)



suggèrent que les teneurs plasmatiques en azote uréique seraient un indicateur de la dégradabilité des protéines dans le rumen et de l'apport protéique post-ruminal.

Dans la présente étude, les teneurs plasmatiques en lipides totaux obtenues chez les 2 lots expérimentaux à J_{49pp} (6,89 g/l ± 0,29 en moyenne) et celles mesurées à J_{35pp} chez le lot supplémenté (6,91 g/l ± 0,25), dépassent les valeurs usuelles citées dans la littérature (2,9 à 5,6 g/l selon Cuvelier et al, 2005). Nous n'avons pas rencontré de travaux relatifs à l'effet de la supplémentation en levure probiotique sur les teneurs plasmatiques en lipides totaux. Dans nos conditions, celles-ci ne sont pas modifiées par l'addition de *Saccharomyces cerevisiae* à la ration, exception faite pour les valeurs enregistrées à J_{35 postpartum} (période du pic de lactation), où nous relevons une élévation de 20% (P<0,05) par rapport au témoin. La compréhension de ces variations reste à élucider.

Par ailleurs, dans nos conditions expérimentales, nous constatons que les vaches supplémentées en levure probiotiques ont des teneurs plasmatiques en cholestérol comparables à celles des témoins, en période *prepartum*. Celles-ci semblent légèrement plus faibles en période *postpartum*, sans atteindre la signification statistique. Le peu d'études disponibles indiquent également que la cholestérolémie varie peu après supplémentation en levure probiotique (Piva et al, 1993 ; Galip, 2006).

Enfin, dans notre étude, la supplémentation en *Saccharomyces cerevisiae* a induit une réduction significative des teneurs plasmatiques en triglycérides par rapport aux vaches contrôles. Des écarts d'environ 30% sont enregistrés entre les 2 lots, à la mise bas (P<0,05) et aux alentours du pic de lactation (P<0,08). Une telle diminution a été également relevée par Galip (2006) chez des veaux supplémentés en levure (-57% par rapport au témoins, P<0,01). En outre, cette baisse des triglycérides circulants confirme de récentes informations obtenues chez le rat et le poulet : l'addition de levure à l'aliment a diminué les taux sériques de TG, de phospholipides et la proportion du gras abdominal (Nakano, 1996 et Onifade, 1997, cités par Galip 2006). Toutefois, les mécanismes d'action impliqués dans ces variations ne sont pas encore connus.

*Conclusions
& Perspectives*



Probiotique & Peripartum...

...Conclusions et Perspectives

Notre travail a permis de préciser l'impact de la supplémentation alimentaire en levure *Saccharomyces cerevisiae* sur les performances de production de lait et sa qualité, l'état corporel et quelques paramètres biochimiques sanguins de la vache laitière en *peripartum*.

L'addition de *Saccharomyces cerevisiae* à la ration de la vache en *peripartum* a augmenté la production laitière de la vache (+12% soit +1,6 litres/jour en moyenne) et a amélioré son état corporel *postpartum* (20%) tout en réduisant la perte de poids autour du vêlage.

En parallèle, l'apport de levure a induit des modifications du profil métabolique, caractérisées par une augmentation de la protéinémie, de l'urémie, de la glycémie et une diminution significative de la concentration plasmatique en triglycérides et une légère baisse du cholestérol plasmatique.

A l'issue de ces résultats, l'intérêt de l'incorporation de la levure probiotique dans la ration de la vache au cours du *peripartum* paraît justifiée dans les conditions locales. L'inclusion de *S. cerevisiae* permettrait de valoriser l'utilisation de la ration, de minimiser le déficit énergétique du début de lactation et d'améliorer, par conséquent, l'état corporel de la vache au *postpartum* tout en augmentant la production de lait.

Des essais ultérieurs devraient mieux préciser ces effets positifs en utilisant d'autres doses de levures et d'autres types de ration (variation de ratio Concentrés/Fourrages).

De plus, l'étude de l'impact des levures sur les performances zootechniques mérite d'être poursuivie sur un plus grand nombre d'individus et sur une période plus allongée.

Enfin, il semble nécessaire d'approfondir les connaissances sur les modifications métaboliques induites par la supplémentation alimentaire en levure et d'explorer les mécanismes d'action, encore mal connus, de *S. cerevisiae* sur les activités métaboliques intraruminales et sur les métabolismes lipidique et azoté des vaches laitières en *peripartum*.

*Références
Bibliographiques*

**A**

- Adewuyi A.A., Gruys E. & Van Eerdenberg F.J. (2005) Non Esterified Fatty Acids (NEFA) In Dairy Cattle. *Veterinary quarterly*, vol. 27, n°3 : 17-126.
- Agabriel J., Giraud J.M., Petit M., Barboiron C. & Coulaud G. (1986) Détermination Et Utilisation De La Note D'état D'engraissement En Elevage Allaitant - *Bulletin Technique-Theix Inra*, 66 : 43-50.
- Agarwal N., Kamra D.N., Chaudhary L.C., Agarwal I., Sahoo A. & Pathak N.N. (2002) Microbial Status And Rumens Enzyme Profile Of Crossbred Calves Fed On Different Microbial Feed Additives. *Letters in Applied Microbiology*, 34: 329-336.
- Ali-Haimoud-Lekhal D. & Chevaux E., (2003) Effet D'un Apport De Levucell Sc Dans L'alimentation De La Vache Laitière Sur La Production Et Sur La Composition Du Lait. *Rencontres Recherches Ruminants*, 10: 391.
- Ali-Haimoud-Lekhal, D., Lescoat, P., Bayourthe, C. & Moncoulon, R. (1999). Effect of *Saccharomyces Cerevisiae* And *Aspergillus Orizae* On Milk Yield And Composition In Dairy Cows: A Review. *Rencontres Recherches Ruminants*, 6: 157.
- Allaoua S.A. (2003) Alimentation, Reproduction Et Profil Métabolique Chez La Vache Laitière. *Mémoire De Magistère, ISV Blida* : 157pages.
- Anderson K.L., Nagaraja T.G., Morrill J.L., Avery T.B., Galitzer S.J. & Boyer J.E. (1987) Ruminal Microbial Development In Conventionally Or Early-Weaned Calves. *Journal of Animal Science*, 64: 1215-1226.
- Arambel, M. J. & Kent B. A. (1990) Effect Of Yeast Culture On Nutrient Digestibility And Milk Yield Response In Early To Midlactation Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 73: 1560-1563.
- Auclair E. (2001) Yeast As An Example Of The Mode Of Action Of Probiotics In Monogastric And Ruminant Species. In: *Brufau J. (Ed). Feed Manufacturing In The Mediterranean Region. Improving Safety: From Feed To Food. CIHEAM-IAMZ*: 45-53.

B

- Bareille N., Beaudeau F., Billon S., Robert A. & Faverdin P. (2003) Effects Of Health Disorders On Feed Intake And Milk Production In Dairy Cows. *Livestock Production Science*, 83(1) : 53-62.
- Bareille S. & Bareille N. (1995) La Cétose Des Ruminants. *Point Vétérinaire*, 27 (Maladie Métabolique Des Ruminants): 727-738.
- Bazin S. (1984) Grille De Notation De L'état D'engraissement Des Vaches Pie-Noires. In : ITEBRNED Paris (France) : 31pages.
- Beauchemin K.A., Yang W.Z., Morgavi D.P., Ghorbani G.R., Kautz W. & Leedle J.A. (2003) Effects Of Bacterial Direct-Fed Microbials And Yeast On Site And Extent Of Digestion, Blood Chemistry, And Subclinical Ruminal Acidosis In Feedlot Cattle. *Journal of Animal Science*, 81:1628-1640.
- Blum J.W., Kunz P., Leuenberger H., Gautschi K. & Keller M. (1983) Thyroid Hormones, Blood Plasma Metabolites And Haematological Parameters In Relationship To Milk Yield In Dairy Cows. *Animal Production*, 36: 93 – 104.
- Boddy, A.V., Elmer, G.W., Mc Farland, L.V. & Levy, R.H. (1991). Influence Of Antibiotics On The Recovery And Kinetics Of *Saccharomyces Boulardii* In Rats. *Pharmaceutical Research*, 8(6): 796-800.
- Breul, S. (1998) Les Probiotiques En Alimentation Animale. *Médecine et Chirurgie Digestives*, 27: 89-91.



- Brossard L., Martin C., Chaucheyras-Durand F. & Michalet-Doreau B. (2004) Effet De L'additif Alimentaire Levucell® Sc (*Saccharomyces Cerevisiae* I-1077) Sur Le Ph Ruminal Chez Le Mouton En Acidose Latente : Rôle Du Schéma Expérimental. *Rencontres Recherches Ruminants*, 11 : 342.
- Brugere-Picoux J.B. (1995) Baisse De La Disponibilité En Glucose. In: *La Dépêche Technique*, 46: 9.
- Bryant M.P., Small N., Bouma C. & Robinson I. (1958) Studies On The Composition Of The Ruminal Flora And Fauna Of Young Calves. *Journal of Dairy Science*, 41: 1747-1767.
- Butler W.R. & Smith R.D. (1989) Interrelationships Between Energy Balance And *Postpartum* Reproductive Function In Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 72 : 767-783.
- Buts, J.P., Bernasconi, P., Van Craynest, M.P., Maldague, P. & De Meyer, R. (1986) Response Of Human And Rats Small Intestinal Mucosa To Oral Administration Of *Saccharomyces Boulardii*. *Pediatric Research*, 20(2): 192-196.
- Buts, J.P., Bernasconi, P., Valrman, J.P. & Dive, C. (1990) Stimulation Of Secretory IgA And Secretory Component Of Immunoglobulins In Small Intestine Of Rats Treated With *Saccharomyces Boulardi*. *Digestive Diseases Science*, 35: 251-256.
- Buts, J.P., De Keyser, N. & De Reademaeker, L. (1994) *Saccharomyces Boulardii* Enhances Rat Intestinal Enzyme Expression By Endoluminal Release Of Polyamines. *Pediatric Research*, 36: 522-527.

C

- Carro, M. D., Lebzien P., & Rohr K. (1992) Effects Of Yeast Culture On Rumen Fermentation, Digestibility And Duodenal Flow In Dairy Cows Fed A Silage Based Diet. *Livestock Production Science*, 32:219-229.
- Carroll D.J., Jerred M.J., Grummer R.R., Combs D.K., Pierson Ra. & Hauser E.R. (1990) Effect Of Fat Supplementation And Immature Alfalfa To Concentrate Ratio On Plasma Progesterone Energy Balance, And Reproductive Traits Of Cattle. *Journal of Dairy Science*, 73: 2855-2863.
- Castagliuolo, I., Lacant, T., Nikulassan, S.T. & Pothoulakis, C. (1996) *Saccharomyces Boulardii* Protease Inhibits *Clostridium Difficile* Toxin A Effects In The Rat Ileum. *Infection and Immunity*, 64(2): 5225-5232.
- Chaucheyras F., Fonty G., Bertin G., Salmon J.M. & Gouet P. (1996) Effects Of A Strain Of *Saccharomyces Cerevisiae* (Levucell Sc1), A Microbial Additive For Ruminants, On Lactate Metabolism In Vitro. *Canadian Journal of Microbiology*, 42(9):927-33.
- Chaucheyras, F., Millet, L. & Michalet-Doreau, B. (1997) Effect Of The Addition Of Levucell *Saccharomyces Cerevisiae* On The Rumen Microflora Of Sheep During Adaptation To High Starch Diets. In: *Proceeding Of Evolution Of The Rumen Microbial Ecosystem*, Chesson, A., Stewart, C.S. And Flint, H.J. (Eds), RRI-INRA Rumen Microbiol. Symposium, 20-21 March 1997, Aberdeen (Uk).
- Chaucheyras-Durand F. & Fonty G. (2001) Establishment Of Cellulolytic Bacteria And Development Of Fermentative Activities In The Rumen Of Gnotobiotically-Reared Lambs Receiving The Microbial Additive *Saccharomyces Cerevisiae* CNCM I-1077. *Reproduction Nutrition Development*, 41 : 57-68.
- Chaucheyras-Durand F., Fonty G. & Forano E. (2006) Effet Et Modes D'action Des Levures Vivantes Probiotiques Sur L'écosystème Microbien Du Rumen, Les Conséquences Sur La Santé Et La Performance Des Ruminants. In : *Le Prétroupeau, Compte Rendu Des Journées Nationales Des Groupements Techniques Vétérinaires*. Dijon, France, 17-18-19 Mai 2006. Paris : SNGTV, 699-704.
- Chelikani P.K., Ambrose J.D., Keisler D.H. & Kennelly J.J. (2004) Effect Of Short-Term Fasting On Plasma Concentrations Of Leptin And Other Hormones And Metabolites In Dairy Cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 26(1) : 33-48.



- Chenais F., Augeard P., Bazin S., Martial J.P. & Masson D. (1990) Les Rations Complètes A Base D'ensilage De Maïs : Atouts Et Mise En Œuvre. In : *ITEB-RNED Paris (France)* : 48pages.
- Chew B.P., Murdock F.R., Riley R.E. & Hillers J.K. (1984) Influence Of Parturition Dietary Crude Protein On Growth Hormone, Insulin, Reproduction And Lactation Of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 67 :270-275.
- 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 - *Bulletin Technique Theix INRA*, 70 : 117-130.
- Cole, N. A., Purdy C. W. & Hutcheson D. P. (1992) Influence Of Yeast Culture On Feeder Calves And Lambs. *Journal of Animal Science*, 70:1682–1690.
- Corthier G., Dubos F. & Ducluzeau R. (1986) Prevention Of *Clostridium Difficile* Mortality In Gnotobiotic Mice By *Saccharomyces Boulardii*. *Canadian Journal of Microbiology*, 32: 894-896.
- Craplet C. & Thibier M. (1973) La Vache Laitière. Ed. Vigot Frères PARIS, 726pages.
- Cuvelier C., Cabaraux J.F., Dufasne I., Istasse L. & Hornick J.L. (2005) Transport Sanguin Et Métabolisme Hépatique Des Acides Gras Chez Le Ruminant. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 149, 117-131.
- Czerkawski F.M. & Cheng K.J. (1988) Compartmentation In The Rumen. In: *Hobson PN, Ed. The Rumen Microbial Ecosystem, Elsevier Science Publishing, New York, 527pages.*
- Czerucka D., Piche T. & Rampal P. (2007) Yeast As Probiotics: *Saccharomyces Boulardii*. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 26(6):767-78.

D

- Dann H.M., Drackley J.K., McCoy G.C., Hutjens M.F. & Garrett J.E. (2000) Effects Of Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) On Parturition Intake And Postpartum Intake And Milk Production Of Jersey Cows. *Journal of Dairy Science*, 83(1):123-7.
- Dawson K.A. (1987) Mode Of Action Of The Yeast Culture Yea-Sacc In The Rumen: A Natural Fermentation Modifier. In: *Biotechnology In Feed Industry, Ed. Lyons T. P., Alltech Technical Publications*, 119-125.
- De Vrese M. & Marteau P.R. (2007) Probiotics And Prebiotics: Effects On Diarrhea. *Journal of Nutrition*, 137(3 Suppl 2):803s-11s.
- Dehority BA & Orpin CG (1988) Development And Natural Fluctuations In, Rumen Microbial Populations. In: *Hobson PN, Editors. The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier Science Publisher*, 151-178.
- Demarqelly C., Faverdin P., Geay Y., Verite R. & Vermorel M. (1996) Bases Rationnelles De L'alimentation Des Ruminants. *Productions Animales (Hors Série)*:71-80.
- Didley D.D. (1988) Getting Paid For Milk Quality : Improving Milk Composition. Biotechnology In Feed Industry. *Proceedings Of Alltech 'S Fourth Annual Symposium, Ed.Lyons T. P., Alltech Technical Publications*, 45-65.
- Dirksen G.U., Liebich H.G. & Mayer E. (1985) Adaptive Changes Of The Ruminant Mucosa And Their Functional And Clinical Significance. *Bov Pract*, 20: 116-120.
- Domecq J.J., Skidmore A.L., Lloyd J.W. & Kaneene J.B. (1997a) Relationship Between Body Condition Scores And Conception At First Artificial Insemination In A Large Dairy Herd Of High Yielding Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 80 : 113-120.
- Domecq J.J., Skidmore A.L., Lloyd J.W. & Kaneene J.B. (1997b) Relationship Between Body Condition Scores And Milk Yield In A Large Dairy Herd Of High Yielding Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 80 : 101-112.



- Doreau M. & Jouany J.P. (1998) Effect Of A *Saccharomyces cerevisiae* Culture On Nutrient Digestion In Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* , 81(12):3214-21.
- Doreau M., Grimaud P. & Michalet-Doreau B. (2000) La Sous-Alimentation Chez Les Ruminants : Ses Effets Sur La Digestion. *Productions Animales*, 13 (4), 247-255.
- Drame ED, Hanzen C., Houtain JY, Laurent Y. & Fall A. (1999) Profil De L'état Corporel Au Cours Du *Postpartum* Chez La Vache Laitière. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 143 : 265-270.
- Drum S. (1991) Mise A Jour Sur *Clostridium difficile* : Progrès Récents En Matière De Diagnostic Et De Traitements Des Colites Et Des Diarrhées Associées A L'antibiothérapie. *American Gastroenterology Hepathology*, 27: 3-8.
- D'souza A.L., Rajkumar C., Cooke J. & Bulpitt C.J. (2002) Probiotics In Prevention Of Antibiotic Associated Diarrhoea: Meta-Analysis. *British Medical Journal*, 324(7350):1361.
- Ducluzeau R. & Bensaada M. (1982) Effets Comparés De L'administration Unique Ou En Continu De *Saccharomyces Boulardii* Sur L'établissement De Diverses Souches De *Candida* Dans Le Tractus Digestif De Souris Gnotoxeniques. *Annales de Microbiologie*, 133b: 491-501.
- Duffield T.F., Sandals D., Leslie K E., Lissemore K., McBride B. W., Lumsden J.H., Dick P. & Bagg R. (1998) Effect Of A Perpartum Administration Of Monensin In A Controlled Release Capsule On Post-Partum Energy Indicators In Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 81 :2354-2361.
- Duffield T.F., Leblanc S., Bagg R., Leslie K E., Tenhag J. & Dick P. (2003) Effect Of A Monensin Controlled Release Capsule On Metabolic Parameters In Transition Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 86:1171-1176.
- Durand-Chaucheyras F., Fonty G. & Bertin G. (1997) L'utilisation Des Levures Vivantes Additif Microbien Chez Le Ruminant. *Bulletin G.T.V. (5-B)*, 576: 32-52.
- Durand-Chaucheyras F., Fonty G., Bertin G., Theveniot M. & Gouet P. (1998) Fate Of Levucell SC I-1077 Yeast Additive During Digestive Transit In Lambs *Reproduction Nutrition Development*, 38: 275-280.

E

- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T & Webster G (1989) A Body Condition Scoring Chart For Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72 (1): 68-78.
- El Hennawy, A.A., TSE Wong, C. & Kocoshis, S.A. (1994) Failure Of *Saccharomyces Boulardii* To Hydrolyse Bile Acid *In Vitro*. *Microbios*, 80: 23-29.
- Elmer G.W. & McFarl C.V. (1987) Suppression By *Saccharomyces Boulardii* Of Toxigenic *Clostridium Difficile* Overgrowth After Vancomycin Treatment In Hamsters. *Antimicrobialagents And Chemotherapy*, 31 :129-131.
- Elmer G.W. & Corthier G. (1991) Modulation Of *Clostridium Difficile* Induced Mortality As A Function Of The Dose And The Viability Of The *Saccharomyces Boulardii* Used As A Preventive Agent In Gnotobiotic Mice. *Canadian Journal Of Microbiology*, 37: 315-317.
- Enjalbert F. (2003) Alimentation De La Vache Laitière : Les Contraintes Nutritionnelles Autour Du Vêlage. *Point Vétérinaire*, 34(236), 40-44.
- Erasmus L. J., Botha P. M., & Kistner A. (1992) Effect Of Yeast Culture Supplement On Production, Rumen Fermentation, And Duodenal Nitrogen Flow In Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 75: 3056-3065.
- Erdman, R. A. & Sharma B. K. (1989) Effect Of Yeast Culture And Sodium Bicarbonate On Milk Yield And Composition In Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 72:1929-1932.

**F**

- Fallon R.J. (1987) Yeast Culture In Calf Rations. In: *Biotechnology In Feed Industry*, Ed. Lyons T. P., Alltech Technical Publications: 127- 142.
- Fallon, R. J. & Harte F. J. (1987) The Effect Of Yeast Culture Inclusion In The Concentrate Diet On Calf Performance. *Journal of Dairy Science*, 70(Suppl. 1):143.
- Fallon R.J., & Harte F.J. (1988) The Effect Of Yeast Culture Inclusion In The Concentrate Diet On Calf Performance. *Journal of Dairy Science*, 70, Supplément 1: 119.
- FAO/OMS (2002) Guidelines For The Evaluation Of Probiotics In Food, Report Of A Joint FAO/WHO Working Group On Drafting Guidelines For The Evaluation Of Probiotics In Food, London Ontario, Canada.
- Ferguson J.D., Galligan D.T. & Thomsen N. (1994) Principal Descriptors Of Body Condition Score In Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 77: 2695-2703.
- Ferguson J.D. (2002) Body Condition Scoring. Site Internet Du Texas Animal Nutrition Council, Page Consultée Le 18 Juillet 2007. Mid-South Ruminant Nutrition Conference 2002, Texas Animal Nutrition Council, Usa [En Ligne], Adresse Url : <http://www.txanc.org/proceedings/2002/body%20condition%20scoring.pdf#search=%22ferguson%20body%20condition%20scoring%22>
- Fiems, L.O., Cottyn, B.G., Dussert, L. & Vanacker, J.M. (1993). Effect Of A Viable Yeast Culture On Digestibility And Rumen Fermentation In Sheep Fed Different Types Of Diets. *Reproduction Nutrition Development*, 33: 43-49.
- Fonty G., Gouet P., Jouany J.P. & Senaud J. (1987) Establishment Of The Microflora And Anaerobic Fungi In The Rumen Of Lambs. *Journal of General Microbiology*, 133: 1835-1843.
- Fonty G., Jouany J.P., Chavarot M., Bonnemoy F. & Gouet P. (1991) Development Of The Rumen Digestive Functions In Lambs Placed In A Sterile Isolator A Few Days After Birth. *Reproduction Nutrition Development*, 31: 521-528.
- Francisco C.C., Chamberlin C.S., Waldner D.N., Wetteman R.P. & Spicer L.J. (2002) Propionibacteria Fed To Dairy Cows, Effects On Energy Balance, Plasma Metabolites And Hormones, And Reproduction. *Journal of Dairy Science*, 85: 1738-1751.
- Fuller R. (1986) Probiotics. *Journal of Applied Bacteriology*, Symposium Supplement: Is-7s.
- Fuller R. (1989) Probiotics In Man And Animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66:365-78.

G

- Gadoud R., Joseph M.M., Jussiau R., Lisberney M.J., Mangeol B., Montméas B. & Tarrit A. (1992) Alimentation Des Vaches Laitières. In : *Nutrition Et Alimentation Des Animaux Domestiques. Tome 2. Les Editions Fouchers, Paris (France) : 222pages.*
- Galip N. (2006) Effect of Supplemental Yeast Culture On Ruminant Protozoa And Blood Parameters In Rams. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 157, 11 : 519-524.
- Gautier A. (1974) Les Examens De Laboratoire En Pratique Vétérinaire. Ed. Maloine. 127pages.
- Giger-Reverdin S., Bezault N., Sauvart D. & Bertin G. (1996) Effects Of A Probiotic Yeast In Lactating Ruminants: Interaction With Dietary Nitrogen Level. *Animal Feed Science Technology*, 63:149-162.
- Gilliland S.E., Bruce B.B., Bush L.J. & Staley T.E. (1980) Comparison Of Two Strains Of *Lactobacillus Acidophilus* As Dietary Adjuncts For Young Calves. *Journal Of Dairy Science*, 63, 664-672.
- Girard, I.D. (1996). The Mechanisms of Action Of Yeast Culture In Stimulating Ruminant Fermentation. *Feed Compounder*, 16(11): 16-17.



- Goffeau, A., Barrell, B.G., Bussey, H., Davis, R.W., Dujon, B., Feldmann, H., Galibert, F., Hoheisel, J.D., Jacq, C., Johnston, M., Louis, E.J., Mewes, H.W., Murakami, Y., Philippsen, P., Tettelin, H. & Oliver, S.G. (1996) Life With 6000 Genes. *Science* 274: 563 - 567.
- Gomez-Alarcon, R. A., Dudas C. & Huber J. T. (1990) Influence Of Cultures Of *Aspergillus Oryzae* On Rumen And Total Tract Digestibility Of Dietary Components. *Journal of Dairy Science*. 73:703-710.
- Gournier-Château N., Larpent J-P., Castellanos M-I., Larpent J-L. (1994) In : *Les Probiotiques En Alimentation Animale Et Humaine. Edition Tech & Doc Lavoisier, Paris*, 192pages.
- Gray W.R. (1988) A Study Of The Effect Of Yeast Culture On Ruminant Fermentation In Sheep. *Biotechnology*. In: *Feed Industry, Proceedings Of alltech 'S, Fourth Annual Symposium, Ed. Lyons T. P., Alltech Technical Publications*, 129-150.
- Green B.L., McBride B.W., Sandals D., Leslie K E., Bagg R. & Dick P. (1999) The Impact Of A Monensin Controlled Release Capsule On Subclinical Ketosis In The Transition Dairy Cow. *Journal of Dairy Science*, 75: 333-342.
- Greenfield R., Cecava M., Johnson T., Donkin S. (2000) Impact Of Dietary Protein Amount And Rumen Undegradability On Intake, Peripartum Liver Triglyceride, Plasma Metabolites, And Milk Production In Transition Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 83 : 703-710.
- Grimard B. (2000) Nutrition, Production Laitière et Reproduction: Aspect Métabolique. *Draveil, Commission Bovine, Ecole Nationale Vétérinaire D'Alfort*: 35- 38.
- Guillot J.F. & Ruckebusch Y. (1994) In: *Microflore Digestive Des Animaux. De Roissart H., Luquet F.M., Lorica*, 343-367.
- Gustafsson A., Anderson L. & Emanuelson U. (1993) Effect Of Hyperketonaemia, Feeding Frequency And Intake Of Concentrate And Energy On Milk Yield In Dairy Cows. *Animal Production*, 56: 51-60.

H

- Hady P.J., Domecq J.J. & Kaneene J.B. (1994) Frequency And Precision Of Body Condition Scoring In Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 77 : 1543-1547.
- Hansen L.B. (2000) Consequences Of Selection For Milk Yield From A Geneticist's Viewpoint. *Journal of Dairy Science*, 83 : 1145-1150.
- Harrison, G. A., R. W. Hemken, K. A. Dawson, R. J. Harmon & K. B. Barker (1988) Influence Of Addition Of Yeast Culture Supplement To Diets Of Lactating Cows On Ruminant Fermentation And Microbial Populations. *Journal of Dairy Science*, 71:2967-2975.
- Hoden A., Coulon J-B. & Faverdin Ph. (1988) Alimentation Des Vaches Laitières. In : *Alimentation Des Ovins, Ovins Et Caprins, Ed. Inra Paris*. 471pages.
- Holzäpfel W.H., Haberer P., Snel J., Schillinger U. & Huis In't Veld J.H. (1998) Overview Of Gut Flora And Probiotics. *International Journal of Food Microbiology*, 41:85-101.
- Hughes J. (1987) Yeast Culture Applications In Calf And Dairy Diets. In: *Feed Industry, Ed. Lyons T. P., Alltech Technical Publications*, 143 pages.
- Hughes J. (1988) Calf, Heifer And Beef Nutrition: Designing Tomorrow's Natural Feeds. *Biotechnology In Feed Industry, Proceedings Of alltech's, Fourth Annual Symposium, Ed. Lyons T. P., Alltech Technical Publications*, 67-78.
- Hutjens M.F. (1988) Feeding The High Producing Dairy Cow A Role For Natural Additives. *Biotechnology In Feed Industry, Proceedings Of Alltech's, Fourth Annual Symposium, Ed. Lyons T. P., Alltech Technical Publications*, 37-44.



I

- INRA (Institut National De La Recherche Agronomique) (1988). In : *Tables De L'alimentation Des Bovins, Ovins, Caprins. Ed. INRA Paris (France)* : 192pages .
- Iwanska S., Strusinska D., Zalewski W. & Opalka A. (1999) The Effect Of *Saccharomyces cerevisiae* 1026 Used Alone Or With Vitamin-Mineral Premix On Milk Yield And Milk Composition In Dairy Cows. *Acta Vet Hung*, 47(1):41-52.

J

- Johnson B., Supina A., Ospina M. & Vohra S. (2007) Probiotics For The Prevention Of Pediatric Antibiotic-Associated Diarrhea. *Cochrane Database Syst Rev*. 18(2):104-27.
- Jones G., Wildman E., Troutt H., Lesch T., Wagner P., Boman R., Lanning N. (1982) Metabolic Profiles In Virginia Dairy Herds Of Different Milk Yields. *Journal of Dairy Science*, 65(4):683-8.

K

- Kaneko J.J. (1997) Serum Proteins And The Dysproteinemias. In : *Clinical Biochemistry Of Domestic Animals, Fifth Edition. Publisher: Academic Press, San Diego Ca, Usa*, 117 -138.
- Kellems, R. O., Lagerstedt A. & Wallentine M. V. (1990) Effect Of Feeding *Aspergillus Oryzae* Fermentation Extract Or *Aspergillus Oryzae* Plus Yeast Culture Plus Mineral And Vitamin Supplement On Performance Of Holstein Cows During A Complete Lactation. *Journal of Dairy Science*, 73:2922–2928.
- Kerr M.G. (2002) In: *Veterinary Laboratory Medicine : Clinical Biochemistry And Hematology, 2 Ed: Blackwell Science*. 368pages.
- Klibs N., Galvão José E.P. & Berge B. (2005) Effect Of Feeding Live Yeast Products To Calves With Failure Of Passive Transfer On Performance And Patterns Of Antibiotic Resistance In Fecal *Escherichia Col*. *Reproduction Nutrition Development*, 45: 427–440.
- Kumar, U., Sareen V. K. & Singh S. (1997) Effect Of Yeast Culture Supplementation On Ruminal Microbial Populations And Metabolism In Buffalo Calves Fed A High Roughage Diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73:231–236.
- Kung, L., Kreck E. M., Tung R. S., Hession A. O., Sheperd A. C., Cohen M. A., Swain H. E. & Leedle J.A.Z. (1997) Effects Of A Live Yeast Culture And Enzymes On In Vitro Ruminal Fermentation And Milk Production Of Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 80:2045–2051.
- Kurtzman C.P. & Fell J.W. (1998) *The Yeasts, A Taxonomic Study (Fourth Edition)*. Elsevier.

L

- Lagrange H., Roger C. & Malhaire J.L. (1984) Utilisation D'associations De Ferments Lactiques En Alimentation De Veaux De Boucheries. *Microbiologie Aliments Nutrition*, 2, 389-397.
- LAN (2003) Levucell Sc : Levure Spécifique Ruminant, *Saccharomyces Cerevisiae* CNCM 1077. *Document Interne. Lallemand Animal Nutrition (LAN)* : 20pages.
- Lean I.J., Farver T.B., Troutt H.F., Bruss M.L., Galland J.C., Baldwin R.L., Holmberg C.A. & Weaver L.D. (1992) Times Series Cross Correlation Analysis Of Postparturient Relationships Among Serum Metabolites And Yield Variables In Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 75:1891-1900.
- Lebeda M. (1983) "Blood Sugar In Dairy Cows". *VETMED (PARHA)*, 28(1): 1-12 (Resumé).



- Lee A.J., Tvvardocka.R., Bubar Kh., Hall J.E. & Davis C.L. (1978) Blood Metabolic Profiles, Their Use And Relations With Nutritional Status Of Dairy Cattie *Journal of Dairy Science*, 61:1652 - 1670.
- Lesmeister KE, Heinrichs AJ & Gabler M. (2004) Effects Of Supplemental Yeast (*Saccharomyces Cerevisiae*) Culture On Rumen Development, Growth Characteristics, And Blood Parameters In Neonatal Dairy Calves. *Journal of Dairy Science* 87(6):1832-9.
- Lilly D.M. & Stillwell R.H. (1965) Probiotics: Growth-Promoting Factors Produced By Microorganisms. *Science*, 147:747-8.
- Line, J.E., Bailey, J.S., Cox, N.S., Stern, N.J. & Tompkins, T. (1998) Effect Of Yeast Supplemented Feed On *Salmonella* And *Campylobacter* Populations In Broilers. *Poultry Science*, 77: 405-410.
- Lumsden J.H, Mullenk. & Rowe R., (1980) Hematology And Biochemistry Reference Values For Female Holstein Cattle. *Canadian Journal of Comparative Medecine*, 44 : 24 – 31.
- Lyons T.P. (1987) The Role Of Biological Tools In The Feed. Biotechnology. In: *Feed Industry, Ed. Lyons T. P., Alltech Technical Publications*, 1-49.

M

- MacRae A.L, Whitaker D.A., Burrough E., Dowel A. & Kelly J.M. (2005) Use Of Metabolic Profiles For The Assessment Of Dietary Adequacy In Uk Dairy Herds". University Of Edinburgh, Uk.
- Makir L & Foster E (1957) Effect Of Roughage In The Bovine Ration On Types Of Bacteria In The Rumen. *Journal of Dairy Science*, 40, 905-913.
- Malcolm K. J. & Kiesling H. E. (1986) Influence Of Live Yeast Culture And Whole Cottonseed On Milk Production And Butterfat Production Of Lactating Dairy Cows And Rumen Fermentation Of Steers. *Journal of Animal Science*, 63(Suppl. 1):473.
- Marchand J. & Vandenplas Y. (2000) Micro-Organisms Administered In The Benefit Of The Host: Myths And Facts. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 12(10):1077-88.
- Marounek M., Jehlickova K. & Kmet V. (1988) Metabolism And Some Characteristics Of Lactobacilli Isolated From The Rumen Of Young Calves. *Journal Of Applied Bacteriology*, 65, 43-47.
- Marteau P., Sobhani I., Beretta O. & Rambaud J.C. (1991) Physiopathologie Des Infections Intestinales Dues A *Clostridium difficile*. *Gastroentérologie Clinique Et Biologique*, 15, 322-329.
- Massot, J., Descauclois, J. & Astoin, J. (1982) Protection Par *Saccharomyces boulardii* De La Diarrhée A *E. Coli* Du Souriceau. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 40(5): 445-449.
- Mathieu, F., Jouany, J.P., Senaud, J., Bohatier, J., Bertin, G. & Mercier, M. (1996) The Effect Of *Saccharomyces Cerevisiae* And *Aspergillus Oryzae* On Fermentations In The Rumen Of Faunated And Defaunated Sheep; Protozoal And Probiotic Interactions. *Reproduction Nutrition Development*, 36: 271-287.
- McCormick M.E. (1984) Probiotics In Ruminant Nutrition And Health. *Proc. Georgia Nutrition Conf., Feed Industry*, 62-69.
- Miranda R.L.A., Mendoza M.G.D., Barcena-Gama J.R., Gonzalez M.S.S., Ferrara R., Ortega C.M.E. & Cobos P.M.A. (1996) Effect Of *Saccharomyces Cerevisiae* Or *Aspergillus Oryzae* Cultures And NDF Level On Parameters Of Ruminant Fermentation. *Animal Feed Science Technology*, 63, 289-296.
- Mohebbi-Fani M. , Nazif S. , Shekakforush S.S. & Fathi S. (2005) Changes Of Proteins Fractions, Lipoproteins, Ceruloplasmin And Urea Nitrogen In Serum Of Periparturient Cow, Receiving Dietary Monensin. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 156(3):170-174.

**N**

- Newbold C. J., Wallace R. J., Chen X. B. & McIntosh F. M. (1995) Different Strains Of *Saccharomyces Cerevisiae* Differ In Their Effects On Ruminant Bacterial Number In Vitro And In Sheep. *Journal of Animal Science*, 73:1811–1818.
- Newbold C.J. (1996) Probiotics For Ruminants. *Annales de Zootechnie*, 45, Suppl.: 329-335.
- Newbold, C.J., Wallace, R.J. & McIntosh, F.M. (1996) Mechanisms Of Action Of The Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* As A Feed Additive For Ruminants. *British Journal of Nutrition*, 76(2): 249-261.
- Newbold, C.J., McIntosh, F.M. & Wallace, R.J. (1998). Changes In The Microbial Population Of A Rumen Simulating Fermenter In Response To Yeast Culture. *Canadian Journal of Animal Science*, 78: 241-244. 53.
- Nguyen H.A. (1990) Effets Zootechniques Et Sanitaires Du Biorégulateur : Paciflor N.D. *Groupement Technique Vétérinaire*, 6(103) : 39-52.
- Nicod-Bertin L. & Panoux-Perrin J. (1980) Propriétés Activatrices De Deux Préparations De Levures Vis A Vis Du Système Complément Humain. *Revue De L'institut Pasteur Lyon*, 18: 345-365.
- Nisbet D. J. & Martin S. A. (1991) Effect Of a *Saccharomyces Cerevisiae* Culture On Lactate Utilization By The Ruminant Bacterium *Selenomonas Ruminantium*. *Journal of Animal Science*, (69):4628-4633.
- Nocek J.E., Kautz W. (2006) Direct-Fed Microbial Supplementation On Ruminant Digestion, Health, And Performance Of Pre- And Postpartum Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 89(1):260-6.

O

- Otto K., Ferguson J., Fox D. & Sniffen CJ (1991) Relationship Between Body Condition Score And Composition Of Ninth To Eleventh Rib Tissue In Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 74 : 852-859.
- Ouwehand, A.C., Niemi, P. & Salminen, S.J. (1999) The Normal Microflora Does Not Affect The Adhesion Of Probiotics Bacteria *In Vitro*. *Fems Microbiol. Lett.*, 177: 35-38.

P

- Parker R. (1974) Probiotics, the Other Half of Antibiotic Story. *Anim Nutr Health*, 29:4-8.
- Piva, G., S. Belladonna, G. Fusconi, & F. Sicbaldi. (1993) Effects Of Yeast On Dairy Cow Performance, Ruminant Fermentation, Blood Components, And Milk Manufacturing Properties. *Journal of Dairy Science*, 76:2717–2722.
- Plata, P. F., M.G.D. Mendoza, J. R. Ba'rcena-Gama, & M. S. Gonzá'lez. (1994) Effect Of A Yeast Culture (*Saccharomyces Cerevisiae*) On Neutral Detergent Fiber Digestion In Steers Fed Oatstraw Based Diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* , 49:203–210.
- Plet J. (2007) Intérêt De Données Commémoratives, Cliniques Et Biochimiques Pour Le Diagnostic Etiologique Et Le Pronostic Des Maladies Métaboliques Bovines Du Peripartum A L'origine De Décubitus. Etude De 91 Cas Cliniques. Thèse De Docteur Vétérinaire De l'Ecole Nationale Vétérinaire De Nantes (France) N-2007-053, 134pages.
- Putman, D. E., C. G. Schwab, M. T. Socha, N. L. Whitestone, N. A. Kierstead, & B. D. Gaithwaite. (1997) Effect Of Yeast Culture In The Diets Of Early Lactation Dairy Cows On Ruminant Fermentation And Passage Of Nitrogen Fractions And Amino Acids To The Small Intestine. *Journal of Dairy Science*, 80:374–384.

**Q**

- Quigley, J. D., Iii, L. B. Wallis, H. H. Dowlen, & R. N. Heitmann (1992) Sodium Bicarbonate And Yeast Culture Effects On Ruminant Fermentation, Growth, And Intake In Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, 75:3531–3538.
- Quinonez, J. A., L. J. Bush, T. Nalsen, & G. D. Adams (1988) Effect Of Yeast Culture On Intake And Production Of Dairy Cows Fed High Wheat Rations. *Journal of Dairy Science*, 71(Suppl. 1):275.

R

- Robinson, P. H. (1997) Effect Of Yeast Culture (*Saccharomyces Cerevisiae*) On Adaptation Of Cows To Diets Postpartum. *Journal of Dairy Science*, 80:1119–1125.
- Robinson, P. H., & J. E. Garrett (1999) Effect Of Yeast Culture (*Saccharomyces Cerevisiae*) On Adaptation Of Cows To Postpartum Diets And On Lactational Performance. *Journal of Animal Science*, 77:988–999.
- Rodenburg J - Body Condition Scoring Of Dairy Cattle – Site Internet De L'ontario Ministry Of Agriculture, Food And Rural Affairs, Page Consultée Le 8 Avril 2007, [En Ligne], Adresse Url : [Http://Www.Omafr.Gov.On.Ca/English/Livestock/Dairy/Facts/00-109.Htm](http://www.omafr.gov.on.ca/english/livestock/dairy/facts/00-109.htm)
- Rodrigues Ac, Nardi Rm, Bambirra Ea, Vieira Ec & Nicoli Jr. (1996) Effect Of *Saccharomyces boulardii* Against Experimental Oral Infection With *Salmonella Typhimurium* And *Shigella Flexneri* In Conventional And Gnotobiotic Mice. *Journal of Applied Bacteriology*, 81(3):251-6.
- Roseler D.K., Fergusson J.D., Snlfen C.J. & Herrema J. (1993) Dietary Protein Degradability Effects On Plasma And Milk Urea Nitrogen And Milk Non Protein Nitrogen In Holstein Cows. *Journal of Dairy Science*, 76:525.
- Rosenberger G. (1977) Examen Spécial : Le Foie. In : *Examen Clinique Des Bovins*. Editions Du Point Vétérinaire, 2ième Edition.
- Ruegg P.L., Goodger W.J., Holmberg C.A., Weaver L.D. & Huffman E.M. (1992) Relation Among Body Condition Score, Milk Production And Serum Urea Nitrogen And Cholesterol Concentration In High Producing Hoistein Dairy Cows In Early Lactation. *Journal of Veterinary Research*, 53(1): 5-9.

S

- Sauvant D., Giger-Reverdin S., Schmidely P. (2004) *20th Alltech Symposium*, 221-229.
- Schacherer J. (2005) Duplications Dans Le Génome De *Saccharomyces Cerevisiae* : Sélections, Caractérisation Et Mécanismes. Thèse De Doctorat De L'université Louis Pasteur De Strasbourg (France), 206 pages.
- Scott, S.K., Arambell, M.J., Kim, D.Y., Kent, B.A., Hardcastle, B.J. & Dawson, D.P. (1994) *Journal of Animal Science*, 72, (Suppl, 1), 288.
- Segarra-Newnham M. (2007) Probiotics For *Clostridium difficile*-Associated Diarrhea: Focus On *Lactobacillus Rhamnosus* And *Saccharomyces boulardii*. *Ann. Pharmacother.* 41(7):1212-21.
- Seguela, J.P., Massot, J., Nesson, J. & Patte, F. (1978) Action D'un *Saccharomyces* Lors D'une Infestation Expérimentale A *Candida Albicans* Chez Le Rat Normal Et Chez Le Rat Traité Par Antibiotique *Bull. Soc. Mycol. Med.*, 7: 199-202.
- Seguela, J.P. & Llanes, J.P. (1982) Dépression Des Défenses Immunitaires Par Antibiothérapie restauration Expérimentale Par Un *Saccharomyces*. *Bull. Soc. Mycol. Med.*, 11: 343-347.
- Serieys F. (1997) *Le Tarsissement Des Vaches Laitière*. Ed. France Agricole: 224pages.



- Seymour, W. M., J. E. Nocek, & J. Siciliano-Jones (1995) Effects Of A Colostrum Substitute And Of Dietary Brewer's Yeast On The Health And Performance Of Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, 78:412-420.
- Soder Kj & Holden L. (1999) Dry Matter Intake And Milk Yield And Composition Of Cows Fed Yeast Prepartum And Postpartum. *Journal of Dairy Science*, 82(3):605-10.
- Spicer L.J., Vernon R.K., Turker W.E., Vietemann R.P., Hogue J.F. & Adams G. D. (1993) Effects Of Fat On Energy Balance, Plasma Concentrations Of Hormones, And Reproduction In Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 76: 2664-2673.
- Stephenson K.A., Lean J.J., Hyde M.L., Curtis M.A., Garvin J.K. & Lowes L.B. (1997) Effects Of Monensin On The Metabolism Of Peripartum Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 80:830-837.
- Stewart S. (1992) Lactic Acid Bacteria In: *The Rumen. The Lactic Acid Bacteria: The Lactic Acid Bacteria In Health And Disease, Vol.1. Ed. Wood B.J.B., Elsevier Science London, New York*, 49-68.
- Swartz, D. L., L. D.Muller, G.W. Rogers, & G. A. Varga (1994) Effect Of Yeast Cultures On Performance Of Lactating Dairy Cows: A Field Study. *Journal of Dairy Science*, 77:3073-3080.

T

- Tasker J.B. (1978) Reference Values For Clinical Chemistry Using The Coulter Chemistry System. *Cornell Vet.*, 68 (4): 460 - 479
- Thivend P., Fonty G., Jouany J.P., Durand M. & Gouet Ph. (1985) Le Fermenteur Rumen. *Reproduction Nutrition Développement*, 25, 729-753.
- Tiret L (2001) *Physiologie De La Digestion. Polycopié, Ecole Nationale Vétérinaire D'alfort, Unité Pédagogique De Physiologie Et Thérapeutique. 69 pages.*
- Trovatelli M.D. & Matteuzi D. (1976) Presence Of Bifidobacteria In The Rumen Of Calves Fed Different Rations. *Applied And Environmental Microbiology*, 32, 470-473.

V

- Vagneur M. (1992) *Biochimie De La Vache Laitière Appliquée A La Nutrition, La Dépêche Vétérinaire, Supplément Technique : 28.*
- Vandehaar M.J. , Yousif G., Sharma B.K., Herdt T.H., Emery R.S., Allen M.S., Liesman J.S. (1999) Effect Of Energy And Protein Density Of Prepartum Diets On Fat And Protein Metabolism Of Dairy Cattle In The Periparturient Period. *Journal of Dairy Science*, 82:1282-1295.
- Varrielle F. (1999). *Les Examens Sanguins Chez Les Bovins. Des Clés Pour Utiliser La Biochimie Clinique. Point Vétérinaire, 30 (202) : 25-30.*
- Vidon, N., Huchet, B. & Rambaud, J.G. (1986) Influence De *Saccharomyces Boulardi* Sur La Sécrétion Jejuna Induite Chez Le Rat Par La Toxine Cholérique. *Gastroenterol. Clin. Biol.*, 10: 13-16.

W

- Wagner, D. G., J. Quinonez, & L. J. Bush (1990) The Effect Of Cornor Wheat-Based Diets And Yeast Culture On Performance, Ruminal Ph, And Volatile Fatty Acids In Dairy Calves. *Agri-Pract.* 11:7-12.



- Wallace, R.J. & Newbold, C.J. (1993) Rumen Fermentation And Its Manipulation: The Development Of Yeast Culture As Feed Additives. In: *Biotechnology In The Feed Industry*, Lyons, T.P. (Ed.). Alltech Technical Publications, Kentucky, 173-192.
- Wallace R.J. (1994) Ruminant Microbiology, Biotechnology, And Ruminant Nutrition: Progress And Problems. *Journal of Animal Science*, 72, 2992-3003.
- Waltner S., McNamara J.P. & Hillers J. (1993) Relationships Of Body Condition Score To Production Variables In High Producing Holstein Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 76 : 3410-3419.
- Wattiaux M.A. & Armentano L.E. (2003) Nutrition Et Alimentation: Métabolismes Des Hydrates De Carbone. In : Institut Babcock Pour La Recherche Et Le Développement International Du Secteur Laitier. [Http://Babcock.Cals.Wisc.Edu.Html](http://Babcock.Cals.Wisc.Edu.Html).
- Wattiaux M.A. & Grummer R.R. (2003) Nutrition Et Alimentation: Métabolismes Des Lipides. Institut Babcock Pour La Recherche Et Le Développement International Du Secteur Laitier. [Http://Babcock.Cals.Wisc.Edu.Htm](http://Babcock.Cals.Wisc.Edu.Htm)
- Weaver L.D. (1987) Effects Of Nutrition On Reproduction In Dairy Cows. *Vet Clin Of North Amer: Food Anim Prac*, 3 : 513-521.
- Westwood C.T., Lean J. & Garvin J.K. (2002) Factors Influencing Fertility Of Holstein Dairy Cows: A Multivariate Description. *Journal of Dairy Science*, 85: 3225-3237.
- Whelan K. (2007) Enteral-Tube-Feeding Diarrhoea: Manipulating The Colonic Microbiota With Probiotics And Prebiotics. *Proc Nutr Soc*. 66(3):299-306.
- Whitaker D.A., Goodger W.J., Garcia M., Perera B.M.A.O. & Wittwer F. (1999) Use Of Metabolic Profiles In Dairy Cattle In Tropical And Subtropical Countries On Smallholder Dairy Farms. *Preventive Veterinary Medicine* 38: 119-131.
- Whitaker D.A. (2004) Metabolic Profiles. In: *Bovine Medicine, Disease : And Husbandry Of Cattle 2d Ed, Edited Ah . Andrews, Blackwell Sci Ltd , Oxford*. Pp: 804-817.
- Wiedmeier, R. D., M. J. Arambel, & J. L. Walters (1987). Effect Of Yeast Culture And *Aspergillus Oryzae* Fermentation Extract On Ruminant Characteristics And Nutrient Digestibility. *Journal of Dairy Science*. 70:2063–2068.
- Williams A.G., Coleman G.S. (1987) The Rumen Protozoa. In : Hobson Pn, Ed. *The Rumen Microbial Ecosystem*, Elsevier Science Publishing, New York, 77-111. 527 pages.
- Williams, P. E. V., C. A. G. Tait, G. M. Innes, & C. J. Newbold. (1991) Effects Of The Inclusion Of Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae* Plus Growth Medium) In The Diet Of Dairy Cows On Milk Yield And Forage Degradation And Fermentation Patterns In The Rumen Of Steers. *Journal of Animal Science*, 69:3016–3026.
- Williams A.G., Withers S.E. (1993) Changes In The Rumen Microbial Population And Its Activities During The Refaunation Period After The Reintroduction Of Ciliate Protozoa Into The Rumen Of Defaunated Sheep. *Canadian Journal Microbiology*, 39, 61-69.
- Wohlt J.E., Finkelstein A.D. & Chung C.H. (1991) Yeast Culture To Improve Intake, Nutrient Digestibility, And Performance By Dairy Cattle During Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 74, 1395-1400.
- Wohlt, J. E., T. T. Corcione, & P. K. Zajac. (1998) Effects Of Yeast On Feed Intake And Performance Of Cows Fed Diets Based On Corn Silage During Early Lactation. *Journal of Dairy Science*, 81:1345–1352.
- Wolter R. & Henry N. (1982) Les Probiotiques En Alimentation Animale. *Revue Médicale Vétérinaire*, 158 : 283-290.
- Wolter R., Henry N., Jacquot L., Briand G., Blanchet M., Delespaul G. & Dohms P. (1987) Probiotiques En Alimentation Animale. Etude Expérimentale Chez Le Rat Et Le Veau De Boucherie. *Recueil De Médecine Vétérinaire*, 163, 1131-1138.
- Wolter R. (1997) Alimentation De La Vache Laitière Autour Du Part. In : *Wolter R, Éditeurs. Alimentation Des Bovins, 3ème Ed. Paris. 263p : France Agricole* :121-157.



Y

Yoon, I. K., & M. D. Stern (1996) Effects Of *Saccharomyces Cerevisiae* And *Aspergillus Oryzae* Cultures On Ruminal Fermentation In Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 79:411–417.

Sources Internet utilisées

- Source 1 (Figure 8)

http://commons.wikimedia.org/Image:S_cerevisiae_under_DIC_microscopy.jpg

- Source 2 (Figure 9)

<http://www.bath.ac.uk/bio-sci/wheals2.htm>

- Source 3 (Figure 22)

<http://maps.google.fr/maps?ll=36.653545,3.0500607&z=17&t=h&hl=fr>

- Source 4 (Figure 25)

http://www.medvet.umontreal.ca/reseau_mammite/producteurs/Pdf/chroniqueVet.pdf

Annexes



Fiche technique de la levure probiotique utilisée dans l'essai

Fiche de spécification

LEVUCELL® SC

LEVURE SPÉCIFIQUE RUMINANT €

LEVUCELL® SC est un concentré de levure active développé spécifiquement pour la nutrition et la santé des ruminants. La souche de levure (*Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077) a été sélectionnée pour ses propriétés spécifiques :

- Stabilisation du pH, diminution des risques d'acidose,
- Stimulation de la biomasse microbienne du rumen, de ses activités enzymatiques et cellulolytique,
- Amélioration de l'environnement du rumen (anaérobiose).

GARANTIES

SOUCHE DE LEVURE :

* Espèce *Saccharomyces cerevisiae* enregistrée à la Collection Nationale de Cultures de Microorganismes (CNCM, Institut Pasteur, Paris) sous le numéro I-1077. (Autorisation Européenne : E 1711[€])

	LEVUCELL SC20	LEVUCELL SC10 ME
CONCENTRATION* UFC* (CNCM 1077*/g)	2,0*10 ¹⁰	1,0*10 ¹⁰
CONSERVATION**	16 mois	12 mois

* unité formant colonie ** conservé en emballage fermé, stocké dans un endroit frais et sec.

DOSES D'UTILISATION (animal / jour)

	LEVUCELL SC 20		LEVUCELL SC 10 ME*	
	g	du [†]	g	du [†]
• VACHE LAITIÈRE [€]	0.5 g	1 x 10 ¹⁰	1.0 g	1 x 10 ¹⁰
• BOVIN VIANDE [€]	0.4 g	8 x 10 ⁹	0.8 g	8 x 10 ⁹
• JEUNE BOVIN (broutard, genisse) [€]	0.2 g	4 x 10 ⁹	0.4 g	4 x 10 ⁹
• PETIT RUMINANT (chèvre, agneau, brebis) ^{***}	0.2 g	4 x 10 ⁹	0.4 g	4 x 10 ⁹

*** non autorisé dans l'Union Européenne

MÉTHODES D'ANALYSES

Dénombrement de colonies sur milieu gélosé (méthode sur demande).

Identification génétique : PCR (Polymerase Chain Reaction).

SÉCURITÉ D'EMPLOI

De part ses composants, LEVUCELL® SC est sans toxicité. Il ne laisse aucun résidu et ne nécessite aucune période de retrait.

PRÉSENTATION

Pour Levucell SC20 et SC10ME : caisse outre de 20 kg avec sachet aluminisé respectivement sous vide et sous atmosphère contrôlée. Le Levucell SC20 est aussi disponible en carton 10KG contenant 20 sachets aluminium sous vide de 500g.

€ Autorisation Européenne permanente (CE N°E1711) pour bovins destinés aux productions de lait et de viande



www.lallemand.com
animal@lallemand.com

LALLEMAND SAS
17, rue des Briquetiers - BP 59
31702 Blagnac Cedex - FRANCE
Tel. + (33) 5-62-74-55-55
Fax: + (33) 5-62-74-55-00

Nutrition animale

LCSLR 0206
CF 520 1074 H
CP SC20/SC10ME/1077-10
CF 520/1074 H



Fiche technique du kit de dosage du glucose plasmatique utilisé dans l'essai



glucose
GOD - PAP

Glucose

Enzymatic-Colorimetric. GOD-PAP
Store at 2-8°C.
For *in vitro* diagnostic use only.

PRINCIPLE

Glucose is oxidized by glucose-oxidase to gluconate and hydroxide peroxide according to the following equation:

**REAGENTS**

Reagent 1 Buffer Solution	TRIS Buffer pH 7.4	92 mmol/L
	Phenol	0.3 mmol/L
Reagent 2 Enzymes	Glucose Oxidase	15000 U/L
	Peroxidase	1000 U/L
	4-Aminophenazone	2.6 mmol/L
Standard	Glucose sol.	100 mg/dL

PREPARATION AND STABILITY

Dissolve the contents of one bottle R.2 to the contents of one bottle Buffer Solution R.1.
This working reagent is stable 1 month at +2 to +8°C. or 7 days at room temperature. Avoid direct sunlight.

SAMPLES

Serum, plasma or CSF.
Serum or plasma glucose is stable for at least 3 days at 2-8°C.

PROCEDURE

Wavelength 505 nm (490-550)
Temperatura 25/30/37°C
Cuvette 1 cm ligh path
Zero adjustment reagent blank

	Blank	Standard	Sample
Standard	—	10 µL	—
Sample	—	—	10 µL
Reagent	1.0 mL	1.0 mL	1.0 mL

Mix, incubate 10 min at 37°C or 30 min at room temperature.
The colour is stable 30 min at room temperature.

Calculation

$$\text{Glucose (mg/dL)} = \frac{\text{Ext. sample}}{\text{Ext. standard}} \times \text{standard conc}$$

mg/dL x 0.0555 = mmol/L
Standard conc = 100 mg/dL

Linearity

This method is linear up to 500 mg/dL.
If the glucose concentration is greater than 500 mg/dL, dilute the sample 1:2 with saline solution and repeat the determination and multiply the result by 2.

REFERENCE VALUES

Serum: 55 - 110 mg/dL (3.05 - 6.11 mmol/L)

NOTES

Haemolysis up to 0,3 g/dL haemoglobin does not interfere.
Do not interfere: Hemoglobine (4 g/L); Bilirubine (20 mg/L); Creatinine (100mg/L); Galactose (1 g/L).
Anticoagulants currently in use like heparin, EDTA, oxalate and fluoride do not affect the results.

Bibliography

Trinder, P. Ann.Clin Biochem. 6,24 (1969).
Dingeon, B. Ann. Biol. Clin. 33,3 (1975).
Lott, J.A. Clin. Chem. 21, 1754 (1975).

QUALITY CONTROL

SPINTROL, Normal and pathological.

PRESENTATION

Ref: 1001190	4 x 125 mL
Ref: 1001191	4 x 250 mL
Ref: 1001192	10 x 50 mL

Ed. 2002

BSDTT17



SPINREACT,S.A. Ctra. Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (G) España Tel. +34 972.690800 Fax. +34 972.690999



Fiche technique du kit de dosage du cholestérol plasmatique utilisé dans l'essai



Enzymatic- colorimetric test (CHOD-PAP).
Store at 2-8°C.
For *in vitro* diagnostic use only.

PRINCIPLE
Cholesterol and its esters are released from lipoproteins by detergents. Cholesterol esterase hydrolyzes the esters and H₂O₂ is formed in the subsequent enzymatic oxidation of cholesterol by cholesterol-oxidase according to the following equation:

Esters cholesterol + H₂O \xrightarrow{CHE} Cholesterol + fatty acids

Cholesterol + O₂ \xrightarrow{CHOD} Cholest-4-en-one + H₂O₂

H₂O₂ + 4-AP + Phenol \xrightarrow{POD} Quinonimine + H₂O

The quantity of this red dye quinonimine formed is proportional to the cholesterol concentration.

REAGENTS

Reagent 1	Pipes pH 6.9	90 mmol/L
	Phenol	26 mmol/L
Reagent 2	Peroxidase	1250 U/L
Vial of enzymes	Cholesterol esterase	300 U/L
	Cholesterol oxidase	300 U/L
	4-Aminophenazone	0.4 mmol/L
Standard	Cholesterol sol.	200 mg/dL

PREPARATION AND STABILITY
Dissolve the contents of one bottle R.2 to the contents of one bottle Buffer Reagent R.1
This working reagent is stable 4 months at 2-8°C or 40 days at room temperature when stored in a dark bottle.

SAMPLE
Serum or EDTA plasma.
Stable for up to 3 months at -20°C, for up to 7 days at 2-8°C.

PROCEDURE

	Blank	Standard	Sample
Standard	--	10 µL	--
Sample	--	--	10 µL
Working reagent	1.0 mL	1.0 mL	1.0 mL

Mix, incubate 5 min at 37°C or 10 min at 15-25°C.
Measure the extinction (E) of standard and sample against Blank reagent at 505 nm (500-550) or Hg.546 nm
The colour is stable for 60 min.

cholesterol

CHOD-PAP

Calculation

$$\text{Cholesterol conc} = \frac{E. \text{ sample}}{E. \text{ standard}} \times \text{conc. standard}$$

mg/dL x 0.0258 = mmol/L
Standard conc. : 200 mg/dL

Linearity

This method is linear up to 600 mg/dL (15.4 mmol/L)
If the cholesterol concentration is greater than 600 mg/dL in the serum or plasma, dilute the sample 1:2 with saline solution and repeat the determination and multiply the result by 2.

REFERENCEVALUES

The following limits are recommended for the recognition of hypercholesterolemia:

Suspected above:	220 mg/dL (5.7 mmol/L)
Increased risk above:	260 mg/dL (6.7 mmol/L)

Bibliography

Trinder P. Ann. Clin Biochem 6,24 (1969)
Flegg H. M. Ann. Clin Biochem 10,79 (1972)
Richmond W. Scand J. Clin Lab. Suppl. 26 Abstract 3,25 (1972)
Fasce CF Clin Chem 18, 901 (1982)
Deeg R. and Ziegenohrm, J. Clin Chem 28, 1574 (1982)

QUALITYCONTROL

SPINROL. Normal and pathological.

PRESENTATION

Ref: 1001090	10 x 50 mL
Ref: 1001091	10 x 20 mL
Ref: 1001092	4 x 125 mL
Ref: 1001093	4 x 250 mL

Ed. 2002

BSDT11



SPINREACT,S.A. Ctra. Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (G) España Tel. +34 972.890800 Fax. +34 972.890099



Fiche technique du kit de dosage des lipides totaux plasmatiques utilisé dans l'essai

SPINREACT



TOTAL LIPIDS

Total lipids

Sulfo-phospho vainilline. Colorimetric

**Quantitative determination of total lipids
IVD**

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

Unsaturated lipids react with sulphuric acid to form carbonium ions.

In a second step the carbonium ions react with phosphovainilline to give a pink colour.

The intensity of the color formed is proportional to the total lipids concentration in the sample^{1,2}.**CLINICAL SIGNIFICANCE**

The lipids are organic compounds whose more important function is the one to act like fuel.

They have an extraordinary yield, favored by the possibility of storing itself in remarkable amounts like fatty weave. Other functions: they are constituent of biological membranes, form protective fatty structures of the internal organs; provide important compounds in the formation with diverse hormones.

Great part of the interest in the study of the increase of these compounds must to the connection between hyperlipemia and arteriosclerosis, diabetes and cardiac disease^{3,6}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R	Phosphovainilline	235 mmol/L
TOTAL LIPIDS CAL	Total Lipids aqueous primary standard	750 mg/dL
Additional reagent: Sulphuric acid p.a. (H ₂ SO ₄)		

PREPARATION

Reagent and calibrator are ready to use.

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C protected from light and contaminations prevented during their use.

Do not use reagents over the expiration date.

TOTAL LIPIDS CAL Once open is stable up to 1 month when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.**Signs of reagent deterioration:**

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 520 nm \geq 0.32.

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 520.
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLESSerum or plasma^{1,2}:

Stability of the sample: Total lipids are stable 24 h at room temperature (15-25°C) or 3 days at 2-8°C.

PROCEDURE

- Assay conditions:
 - Wavelength: 520 (490-550) nm
 - Cuvette: 1 cm light path
 - Temperature: 37°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.
- Pipette into a glass tubes:

	Blank	Standard	Sample
H ₂ SO ₄ (mL)	2.5	2.5	2.5
Standard ^{NR1-3} (µL)	--	100	--
Sample (µL)	--	--	100

- Shake thoroughly using a mechanical stirrer.
- Incubate for 10 minutes in a boiling water bath (100°C).

- Cool in iced water and transfer into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
R (mL)	1.0	1.0	1.0
Sample Acid digest (µL)	--	--	50
Calibrator Acid digest (µL)	--	50	--

- Shake thoroughly using a mechanical stirrer.
- Incubate for 15 minutes at 37°C.
- Read the absorbance (A) of the samples and calibrator, against the Blank. The colour is stable for at least 1 hour.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)_{\text{Sample}}}{(A)_{\text{Calibrator}}} \times 750 \text{ (Calibrator conc.)} = \text{mg/dL total lipids in the sample}$$

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES³

Serum or plasma:

450 – 800 mg/dL

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 7.7 mg/L to linearity limit of 1500 mg/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L, and multiply the result by 2.

Precision:

	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
	Mean (mg/dL)	SD	Mean	SD
Mean (mg/dL)	555	919	553	919
SD	15.9	6.47	7.62	5.87
CV (%)	2.87	0.70	1.78	0.63

Sensitivity: 1 mg/dL = 0,0008 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x). The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCESA list of drugs and other interfering substances with total lipids determination has been reported by Young et al.⁴.**NOTES**

- Calibration with the aqueous standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Kaplan A et al. Lipids. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984: 918-919.
- Cottel M.J. et al. Dosage des lipides sériques par la méthode sulfo-phosphovanillique (1) de E. Chatrol et R. Charonnet. Académie National de Médecine. 1965;149: 331-338.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACCC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACCC 2001.
- Burke A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACCC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACCC 1995.

PACKAGINGRef: 1001270 Cont. 2 x 150 mL

BSDTT27 Ed.2004



SPINREACT,S.A. Ctra.Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) SPAIN
Tel. +34 972 88 99 00 Fax +34 972 88 99 99. e-mail: spinreact@spinreact.com



Fiche technique du kit de dosage des protéines totales plasmatiques utilisé dans l'essai

SPINREACT



TOTAL PROTEIN

Total protein
Biuret. Colorimetric

Quantitative determination of total protein

IVD

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

Proteins give an intensive violet-blue complex with copper salts in an alkaline medium. Iodide is included as an antioxidant. The intensity of the color formed is proportional to the total protein concentration in the sample^{1,4}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

The proteins are macromolecular organic compounds, widely distributed in the organism. They act like structural and transport elements. The proteins of the serum are divided in two fractions, albumin and globulins.

The determination of total proteins is useful in the detection of:
- High protein levels caused by hemoconcentration like in the dehydrations or increase in the concentration of specific proteins.
- Low protein level caused by hemodilution by an impaired synthesis or loss (as by hemorrhage) or excessive protein catabolism^{1,4}.
Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R	Sodium potassium tartrate	15 mmol/L
	Sodium iodide	100 mmol/L
Biuret	Potassium iodide	5 mmol/L
	Copper (II) sulphate	19 mmol/L
T PROTEIN CAL	Bovine albumin primary standard	7 g/dL

PRECAUTIONS

Copper (II) sulphate: Environmentally dangerous (N); R52/53: Harmful to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.
S60: This material and its container must be disposed of as hazardous waste. S61: Avoid release to the environment. Refer to special instructions/safety data sheets.

PREPARATION

The reagents are ready to use.

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C protected from light and contaminations prevented during their use.
Do not use reagents over the expiration date.

T PROTEIN CAL Once open is stable up to 1 month when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 540 nm \geq 0.22.

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 540 nm.
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLES

Serum or heparinized plasma¹.

Stability of the sample: 1 month at refrigerator (2-8°C).

PROCEDURE

- Assay conditions:
Wavelength: 540 (530-550) nm
Cuvette: 1 cm. light path
Temperature: 37°C / 15-25°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.
- Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
R (mL)	1.0	1.0	1.0
Standard ^{Note 1-2} (μ L)	--	25	--
Sample (μ L)	--	--	25

- Mix and incubate 5 min at 37°C or 10 min at room temperature.
- Read the absorbance (A) of the samples and Standard, against the Blank. The colour is stable for at least 30 minutes.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)_{\text{Sample}}}{(A)_{\text{Standard}}} \times 7 (\text{Standard conc.}) = \text{g/dL of total protein in the sample}$$

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES¹

Adults: 6.6 – 8.3 g/dL

Newborn: 5.2 – 9.1 g/dL

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0.20 g/dL to linearity limit of 15 g/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
Mean (g/dL)	5.07	9.64	5.15	9.74
SD	0.04	0.08	0.06	0.14
CV (%)	0.88	0.90	1.23	1.43

Sensitivity: 1 g/dL = 0.07 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0.9918.

Regression equation: $y = 1.0164x - 0.1264$.

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

Hemoglobin and Ipermia^{1,4}.

A list of drugs and other interfering substances with total protein determination has been reported by Young et al.^{2,3}.

NOTES

- Calibration with the aqueous standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Koller A. Total serum protein. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis, Toronto, Princeton 1984; 1316-1324 and 418.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PACKAGING

Ref:1001291 Cont. 2 x 250 mL

BSIS30 Ed.2006



SPINREACT S.A.U. C/ra Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) SPAIN
Tel. +34 972 69 08 00 Fax +34 972 69 00 99. e-mail: sfinreact@spinreact.com



Fiche technique du kit de dosage de l'urée plasmatique utilisé dans l'essai

SPINREACT



UREA - B

Urea

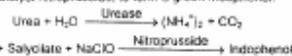
Berthelot. Enzymatic colorimetric

Quantitative determination of urea**IVD**

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

Urea in the sample is hydrolyzed enzymatically into ammonia (NH₄⁺) and carbon dioxide (CO₂). Ammonia ions formed reacts with salicylate and hypochlorite (NaClO), in presence of the catalyst nitroprusside, to form a green indophenol:



The intensity of the color formed is proportional to the urea concentration in the sample^{1,2,3}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

Urea is the final result of the metabolism of proteins; it is formed in the liver from its deamination.

Elevated urea can appear in blood (uremia) in: diets with excess of proteins, renal diseases, heart failure, gastrointestinal hemorrhage, dehydration or renal obstruction^{1,2,3}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R 1	Phosphate pH 6.7	50 mmol/L
Buffer	EDTA	2 mmol/L
	Sodium salicylate	400 mmol/L
	Sodium nitroprusside	10 mmol/L
R 2	Sodium hypochlorite (NaClO)	140 mmol/L
NaClO	Sodium hydroxide	150 mmol/L
R 3	Urease	30000 U/L
ENZYMES		
UREA CAL	Urea aqueous primary standard	50 mg/dL

PRECAUTIONS

R1 (Sodium nitroprusside): Xi, N. Harmful. Environmentally dangerous R26/27/28 Very toxic by inhalation, in contact with skin and if swallowed. R32 Contact with acids liberates very toxic gas. R50 Harmful to aquatic organisms. R53 may cause long-term adverse effects in the aquatic environment. S7 Keep container tightly closed. S28 After contact with skin, wash immediately with plenty of water. S29 Do not empty into drains. S60 This material and its container must be disposed of as hazardous waste. S61 Avoid release to the environment. Refer to special instructions/safety data sheets.

R2 (Sodium hydroxide): Xi, Irritant. S28 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice. S37/38 Wear suitable gloves and eye/face protection.

S48 In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately.

PREPARATION

- Working reagent (WR): Dissolve (→) one tablet R 3 Enzymes in one bottle of R 1 Buffer. Cap and mix gently to dissolve contents. Stability: 4 weeks in the refrigerator (2-8°C) or 7 days at room temperature (15-25°C).
- R 2 NaClO is ready to use.

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.

Do not use reagents over the expiration date.

UREA CAL

Once open is stable up to 1 month when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 540 nm ≥ 0.32 .

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 580 nm.
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment (see 5).

SAMPLES

- Serum or heparinized plasma⁵: Do not use ammonium salts or fluoride as anticoagulants.
- Urine⁶: Dilute sample 1/50 in distilled water. Mix. Multiply results by 50 (dilution factor). Preserve urine samples at pH < 4. Urea is stable at 2-8°C for 5 days.

PROCEDURE

- Assay conditions:
 - Wavelength: 580 nm
 - Cuvette: 1 cm light path

Temperature: 37°C / 15-25°C

2. Adjust the instrument to zero with distilled water.

3. Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
WR (mL)	1.0	1.0	1.0
Standard ⁷ (µL)	-	10	-
Sample (µL)	-	-	10

4. Mix and incubate 5 min at 37°C or 10 min at room temperature (15-25°C).

5. Pipette:

	Blank	Standard	Sample
R 2 (mL)	1.0	1.0	1.0

6. Mix and incubate 5 min at 37°C or 10 min at room temperature (15-25°C).

7. Read the absorbance (A) of the samples and calibrator, against the Blank. The colour is stable for at least 30 minutes at 15-25°C.

CALCULATIONS

$$\frac{(A) \text{ Sample}}{(A) \text{ Standard}} \times 50 (\text{Standard conc.}) = \text{mg/dL urea in the sample}$$

10 mg/L urea BUN divided by 0.466 = 21 mg/L urea = 0.36 mmol/L urea⁷.

Conversion factor: mg/dL x 0.1665 = mmol/L.

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINREACT H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES⁸

Serum: 15-45 mg/dL (2.49-7.48 mmol/L)

Urine: 20 - 35 g/24 h.

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0.3 mg/dL to linearity limit of 200 mg/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

Mean (mg/dL)	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
	SD	CV (%)	SD	CV (%)
40.0	1.27	3.17	4.05	10.12
130	3.50	2.69	1.86	1.43

Sensitivity: 1 mg/dL = 0.005025 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0.9941.

Regression equation: y = 0.9972x + 0.011.

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

It is recommended to use heparin as anticoagulant. Do not use ammonium salts or fluoride⁵.

A list of drugs and other interfering substances with urea determination has been reported by Young et al.^{6,7}

NOTES

- Glassware and distilled water must be free of ammonia and ammonium salts⁵.
- Calibration with the aqueous standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Kaplan A, Lingo, Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis, Toronto, Preston 1984; 1257-1260 and 437 and 418.
- Tabacco A et al. Clin Chem 1979; 25: 336-337.
- Fleacott J K et al. J Clin Path 1960; 13: 156-160.
- Young D.S. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AMCC Press, 1996.
- Young D.S. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AMCC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AMCC 1994.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AMCC 1995.

PACKAGING

Ref: 1001331 Cart. 4 x 150 mL

Ref: 1001329 Cart. 10 x 50 mL

BSI833 Ed.2006



SPINREACT,S.L.U. Ctra.Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) SPAIN
Tel: +34 972 88 08 00 Fax: +34 972 89 00 26. e-mail: info@spinreact.com



Fiche technique du kit de dosage des triglycérides plasmatiques utilisé dans l'essai



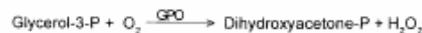
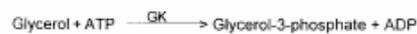
triglycerides

GPO - PAP

Enzymatic-colorimetric test (GPO-PAP).
Store at 2-8°C. For *in vitro* diagnostic use only.

PRINCIPLE

The triglycerides are enzymatically hydrolyzed to glycerol and free fatty acids. The glycerol liberated reacts with Glycerol Kinase and Glycerol-3-Phosphate Oxidase yielding H₂O₂. The H₂O₂ concentration is determined through the Trinder's reaction.



REAGENTS

Reagent 1	GOOD Buffer pH 7.5	50 mmol/L
	p-chlorophenol	2 mmol/L
Reagent 2	Lipoproteinlipase	150000 U/L
	Glycerol Kinase	500 U/L
	Glycerol-P-oxidase	2500 U/L
	Peroxidase	440 U/L
	4-Aminophenazone	0.1 mmol/L
	ATP	0.1 mmol/L
Standard	Triglycerides	200 mg/dL

PREPARATION AND STABILITY

Ref: 1001310 Dissolve one vial of R.2 with 10 mL of the Buffer R.1.

Ref: 1001311, 1001312, 1001313 and 1001314. Dissolve the contents of one bottle R.2 to the contents of one bottle Buffer reagent R.1.

This working reagent is stable 6 weeks at 2-8°C or 1 week at room temperature.

SAMPLE

Serum, heparin and EDTA-plasma
The Triglycerides in serum are stable 3 days at 2-8°C.

PROCEDURE

	Blank	Standard	Sample
Standard	--	10 µL	--
Sample	--	--	10 µL
Working reagent	1.0 mL	1.0 mL	1.0 mL

Mix, incubate 5 min at 37°C or 10 min at room temperature.
Measure the extinction at 505 nm (490-550) against Blank.
The colour is stable for 30 min.

Calculation

$$\frac{\text{E. sample}}{\text{E. standard}} \times \text{standard conc} = \text{sample conc}$$

mg/dL x 0.0113 = mmol/L
Standard conc. = 200 mg/dL

Linearity

This method is linear up to 1000 mg/dL (11.3 mmol/L).
If the triglycerides concentration is greater than 1000 mg/dL dilute the sample 1:2 with saline solution and repeat the determination and multiply the result by 2.

REFERENCE VALUES

Suspected above :	150 mg/dL (1.7 mmol/L)
Increased above :	200 mg/dL (2.26 mmol/L)

Bibliography

Young, D. Pestaner, L. Clin. Chem 21, 5 (1975)
Printer, J. Hayashi, J. Arch. Biochem Biophys 121, 404 (1966)

QUALITY CONTROL

SPINROL. Normal and pathological.

PRESENTATION

Ref: 1001310	5 x 10 mL
Ref: 1001311	10 x 20 mL
Ref: 1001312	10 x 50 mL
Ref: 1001313	4 x 125 mL
Ref: 1001314	4 x 250 mL

Ed. 2002

8SDT731



SPINREACT,S.A. Ctra. Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (G) España Tel. +34 972.690800 Fax. +34 972.690099

Résumé

L'objectif de cet essai est d'évaluer l'impact de la supplémentation alimentaire en *Saccharomyces cerevisiae* (levure active) sur le poids vif, l'état corporel, la production laitière et les paramètres sanguins de la vache laitière en *peripartum*. Durant environ 14 jours *prepartum* et exactement 49 jours *postpartum*, 16 vaches laitières (primipares et multipares) sont nourries avec le même aliment de base supplémenté ou non avec 10 g/j de *S. cerevisiae* (soit 2.10^{10} UFC/j/tête). L'addition de la levure à la ration a significativement augmenté la production laitière durant les 7 premières semaines de lactation (+12% soit +1,6 litres/jour en moyenne) sans modifier la composition du lait (taux butyreux et protéique inchangés) et a amélioré l'état corporel *postpartum* (+20%) tout en réduisant la perte de poids après le vêlage. De plus, ce traitement a induit des modifications biochimiques caractérisées par une augmentation de la protéinémie, de l'urémie, de la glycémie et une diminution significative de la concentration plasmatique en triglycérides et une légère baisse du cholestérol plasmatique. Ces résultats suggèrent un effet positif de la levure sur les processus digestifs. Cependant, les mécanismes d'action de *Saccharomyces cerevisiae* sur les activités métaboliques intra-ruminales et sur les métabolismes lipidique et azotés de la vache restent à déterminer.

Mots clés: Levure, Probiotiques, Supplémentation, Aliment, Vache laitière, *peripartum*, Production laitière, Poids vif, Etat corporel, Paramètres biochimiques.

Abstract

The aim of this study was to examine the impact of dietary *Saccharomyces cerevisiae* live yeast supplementation on body weight, body condition score, milk production and composition and blood parameters of *pre-* and *postpartum* dairy cows. For approximately 14 d *prepartum* and exactly 49 d *postpartum*, 16 dairy cows (primiparous and multiparous) were fed a same basal diet supplemented or not supplemented with 10 g/d of *S. cerevisiae* (i.e. 2.10^{10} UFC/d/cow). Addition of yeast to diet has significantly increased milk production during the first 7 weeks of lactation (by about 12% i.e. 1.6 l/d) with unmodified composition (unchanged milk fat and milk protein content), and improved *postpartum* body condition (+20%) with less lost body weight after calving. Moreover, this treatment has also induced systemic biochemical changes: plasmatic total protein, urea and glucose concentrations were increased whereas triglyceride concentrations were significantly lowered and cholesterol concentrations slightly reduced. These data suggest a positive effect on digestive processes induced by yeast. However, the mechanisms of *Saccharomyces cerevisiae* actions on ruminal metabolic activities, and on lipid and nitrogen metabolisms of dairy cows require further investigations.

Key Words: Yeast, Probiotics, Supplementation, Diet, Dairy cow, *peripartum*, Milk production, Body weight, Body condition, Biochemical parameters

ملخص

الهدف من هذه التجربة هو تقييم مفعول إضافة مادة ساكارومييساس سيريفيزي (وهي خميرة نشيطة) في المواد الغذائية الحيوانية وتأثيرها على الوزن الصافي، الحالة البدنية، إنتاج الحليب و كذلك العينات الدموية للبقرة الحلوب في فترة مقبل ومبعد الولادة. خلال تقريبا 14 يوما قبل الولادة و بالتحديد 49 يوما بعدها، قمنا بتغذية 16 بقرة حلوب (منها من تلد لأول مرة و أخرى ولود) بنفس الوجبة الغذائية الأساسية مضاف إليها أولا ساكارومييساس سيريفيزي بنسبة 10 غرام في اليوم (أي 1.10^{10} UFC لكل حيوان). إضافة الخميرة للوجبة الغذائية بينت ارتفاع معتبر في إنتاج الحليب خلال السبع أسابيع الأولى للحلب (أي زيادة بمعدل 12% : 1.6 لتر في اليوم) دون أن تتغير تركيبة الحليب، مع تحسن الحالة البدنية بعد الولادة بنسبة 20% أي تقليص في الوزن المفقود. زد على ذلك هذا العلاج اظهر تغييرات بيوكيماوية مبينة في ارتفاع نسبة البروتين، اليوريا و السكر في الدم مع انخفاض ملحوظ في تركيز ثلاثي الغليسيريدي و الكولسترول من مصل الدم نفرض من هذه النتائج أن هذه الخميرة لها مفعول ايجابي على عملية الهضم المعدي غير أنه يبقى تحديد ميكانيزمات عملها و فاعليتها على أيض المعدي، أيض الدسوم و البروتينات التي تبقى قيد الدراسات و البحث.

الكلمات المفتاح : خميرة، بربيوتيك، إضافة، علف، بقرة حلوب، فترة ما قبل و ما بعد الولادة، إنتاج الحليب، الوزن الصافي، الحالة البدنية، عينات بيوكيماوية.