



## Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>  
Eprints ID : 8553

**To cite this version :**

Herman, Nicolas. *Analyse de la composition du lait en France en 2005 et 2006 : caractéristiques des productions et estimation de la prévalence de l'acidose ruminale chronique et la cétose subclinique à partir de l'étude des taux butyreux et protéiques*.  
Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2012, 157 p.

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: [staff-oatao@inp-toulouse.fr](mailto:staff-oatao@inp-toulouse.fr).

# **ANALYSE DE LA COMPOSITION DU LAIT EN FRANCE EN 2005 ET 2006 : caractéristiques des productions et estimation de la prévalence de l'acidose ruminale chronique et la cétose subclinique à partir de l'étude des taux butyreux et protéiques**

---

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

*par*

**HERMAN Nicolas**  
Né le 3 décembre 1986 à Thouars (79)

---

**Directeur de thèse : M. Didier RABOISSON**

---

## **JURY**

PRESIDENT :  
**M. Robert SALVAYRE**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :  
**M. Didier RABOISSON**  
**M. Francis ENJALBERT**

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

# **REMERCIEMENTS**

**A Monsieur le Professeur Robert SALVAYRE**

Professeur des Universités

Chef de service

*Biochimie*

Qui nous a fait l'honneur de présider ce jury de thèse,  
Veuillez accepter mes hommages respectueux

**A Monsieur le Maître de conférences Didier RABOISSON**

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Productions animales*

Qui m'a confié ce sujet et guidé dans l'élaboration de ce travail,  
Pour son soutien, sa disponibilité, sa patience et sa gentillesse,  
Sincères remerciements

**A Monsieur le Professeur Francis ENJALBERT**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Alimentation*

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse,  
Veuillez accepter mes plus sincères remerciements

A toutes les personnes qui nous ont aidés dans la réalisation de ce travail et notamment à  
Benoit Garcia (développeur Web, INRA) et Roland Chartier (Ingénieur de recherche, INRA)

A ma famille : mes parents et ma sœur, pour tout le soutien et la confiance que vous m'avez toujours accordés.

A toute ma famille belge, vous êtes la meilleure des familles.

A Didier, pour ta patience, ta présence et pour cette thèse. A défaut de se croiser à Toulouse, on se verra dans le Cantal, j'espère pour quelques bières.

A mes amis des Deux-Sèvres : François, Guiroux, Kiki, Jean, William et Manu, Alexis, Frené, Margaux, Jess, Pierre, Julien, Nicolas et Sophie, Raphael, Benoit et Antoine.

Aux copains de prépa du lycée Clémenceau : Nico, Damien, Antoine, Xavier, Pierre, Cécile, Ewan, Simon, Julien, Alex, Christophe, Sophie, Caroline.

A toutes les personnes qui ont contribué à ma formation et qui m'ont fait confiance : mon père, le cabinet vétérinaire de Château Garnier (tout particulièrement), Jérôme Després, Laurent Poncelet, Pierre Million (et pas Pierre Billon, illustre compositeur/interprète), François Marty, le service de pathologie du bétail de Toulouse.

Aux assistants de la pathologie du bétail, aux cotés desquels j'ai appris la rurale dans la joie et la bonne humeur : Alexis, Patrick, Seb, Doumé, Foufoune, Jean-Seb, Florent, Matthieu, Pauline, Rhymbow, Arnaud, Etienne, Elise, Thomas : merci

A tous mes amis de l'école vétérinaire de Toulouse que j'espère côtoyer encore pendant bien des années, vous pourrez toujours compter sur moi :

A Arthur (Dominique), l'ami de la première heure toulousaine, pour tous nos fous rires. J'espère pouvoir te suivre dans tes voyages futurs. A tes 2 rêves les plus fous : le mariage et la pratique vétérinaire.

A Claire (Gwinette), pour ta bonne humeur de tous les instants et ton amitié sans faille. A tous ces bons moments passés à tes côtés, ta coiffure afro et ces chèvres psychologiquement instables (Ségolène et Doliprane).

A Adrien (Bala), l'homme qui mettait des G à la fin de chaque mot. A tes fractures, ton savon de boum, tes shorts plus courts que mes caleçons.

A François (François), pour tous ces apéros, ces victoires au piccolo-pong, le stock car, la Lozère, la charcuterie.

A Grégory (Greg), le plus fin landais et le plus grand rockeur de l'ENVT. A ta moustache plus fournie que ta barbe, ton goût partagé pour la fête, les kiwis.

A Camille (La Durb), mon compagnon tennistique de toujours. Aux coupelles de l'ENVT, aux glaçons, au poker, à Docteur Camille et Mister Durb'.

A Raf, pour nos descentes de la cuisse, du genou, du coude, de Jägermeister.

A Margaux, pour notre amitié des premiers jours de l'ENVT et ta générosité.

A Ximun, pour ton cocker, ta passion des NAC et des Deux-Sèvres, le tir aux pigeons en bovine.

A Rémi, pour nos examens partagés, les Fax, la grande musique.

A Vincent, pour cette T1 pro à tes côtés et pour cette moustache qui te va si bien.

A Cyrille, le père le plus précoce de l'histoire de l'ENVT.

A Lucie et Steph, les baroudeuses de l'extrême.

A Brice, Foufoune, Pascal, Nico et Aurélie, Milou, Dub, Taquet, Léni et Sophie, Jean-Marie, Ben, Guillaume, Marco, Aude, Walou, Mado rencontrés grâce à Majida.

A mes docteurs : Olivier (Chaton), Etienne (la Muss), Jean-Seb, Timothée, Soph, Miloute, Claire, Julien, Bali, Rhymbow, Pauline, Beubeuille, Marcho, Aillien, Guéric, Nicolas, Stéphanie, Clémence, Chloé, Daste et Camille.

A Pinpin, Fx (et ces moments de prophylaxie), Michou, Mumu, Martin, Jérôme (Zezette, malgré toutes mes lourdes défaites au tennis), Gueydon (le plus talentueux des coachs des aiglons), Gaston, Germain, Elise, Aurélie, Edouard, Romain, Valentine.

A la promotion Crépin : Chloé, Laetitia, Stouf, Hadrien, Florianne, Matthieu, Robin.

Aux poulots : Max et Jeff (la relève), Soph, Sabine, Valentine, Emilie, Amicie, Elsa, Léna, Christine, Balme, Adjo, Thomas, Yannis, Pauline, H, Morgane, Pierre, Thibault, Baptiste, Maxime, Nonne.

A Hugues, Martin, Max, Romain, Clement, Julien, Arnold et Lili, Annabelle, Alma, Valentine, Julia, Léa, Diane, Virginie : pour toutes ces soirées partagées au cercle.

A mes amis des autres écoles vétérinaires : Alex, Gaetan, Cyrille, Alexandre, Sophie, Julien, Thibault, Tibak, Majax, Francescato, Justine, Sandrine.

# **TABLE DES MATIERES**

1.INTRODUCTION .....	21
1.1.CARACTERISTIQUES DE L'ELEVAGE LAITIER FRANCAIS.....	22
1.1.1. Effectifs actuels.....	22
1.1.2. Diversité raciale française.....	22
1.1.3. Diversité régionale des systèmes de production .....	23
1.1.4. Le Contrôle Laitier : un outil d'évaluation des performances laitières.....	23
1.2.GESTION DE LA QUALITE DU LAIT EN FRANCE.....	25
1.2.1. Qualité et paiement du lait en France.....	25
1.2.2. Qualité cytologique du lait (Comptage Cellulaire Somatique ; CCS) .....	25
1.2.3. Qualité biochimique du lait : Taux Butyreux et Taux Protéique .....	27
1.3.LES TAUX BUTYREUX ET PROTEIQUES COMME OUTIL DIAGNOSTIQUE DE L'ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET LA CETOSE SUBCLINIQUE.....	29
1.3.1. Origine des Taux Butyreux et Protéiques .....	29
1.3.2. L'acidose ruminale chronique.....	31
1.3.3. La cétose subclinique .....	34
1.4.ENJEUX ET OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	38
2.MATERIELS ET METHODES .....	39
2.1.BASES DE DONNEES .....	39
2.1.1. Le Contrôle Laitier.....	39
2.1.2. Les autres bases de données.....	39
2.1.3. Contrôle des données .....	41
2.2.VARIABLES UTILISEES .....	42
2.2.1. La Production Laitière .....	42
2.2.2. Le Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré : CCSMP .....	42
2.2.3. Les Taux Butyreux et Protéiques .....	42

2.2.4. Etude des Taux Butyreux et Protéiques comme indicateur de troubles métaboliques.....	43
2.3.CALCUL DES PREVALENCES .....	45
2.3.1. Trois méthodes de calcul.....	45
2.3.2. Modalités d'expression des résultats.....	47
2.4.CREATION DES CARTES VIA CARTO-DYNAMIQUE.....	48
2.4.1. CARTO-DYNAMIQUE : serveur de données pour un système d'information collaboratif.....	48
2.4.2. Création d'une carte d'indicateur sous CARTO-DYNAMIQUE .....	48
3.RESULTATS .....	51
3.1.CHEPTELS ADHERENTS AU CONTROLE LAITIER .....	51
3.1.1. Répartition et nombre d'exploitations inscrites en 2005 et 2006.....	51
3.1.2. Répartition et nombre de vaches inscrites en 2005 et 2006.....	52
3.1.3. Saisonnalité des vèlages en France .....	52
3.1.4. Des races représentatives des différents bassins laitiers .....	53
3.2.PRODUCTION LAITIERE.....	55
3.2.1. Production laitière par race .....	55
3.2.2. Analyse géographique.....	56
3.2.3. Evolution mensuelle.....	58
3.3.COMPTAGE CELLULAIRE SOMATIQUE MOYEN PONDERE .....	59
3.3.1. Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré (CCSMP) par race .....	59
3.3.2. Analyse géographique.....	60
3.3.3. Evolution mensuelle.....	62
3.4.TAUX BUTYREUX.....	63
3.4.1. TB par race.....	63
3.4.2. Analyse géographique.....	64
3.4.3. Evolution mensuelle.....	66

3.5.TAUX PROTEIQUE .....	67
3.5.1. TP moyen par race .....	67
3.5.2. Analyse géographique.....	68
3.5.3. Evolution mensuelle.....	70
3.6.ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET INVERSION DES TAUX : TB/TP<1	71
3.6.1. TB/TP<1 par race.....	71
3.6.2. Analyse géographique.....	72
3.6.3. Evolution mensuelle.....	74
3.6.4. Evolution sur les 4 premiers mois de lactation .....	75
3.7.ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET TAUX RAPPROCHES : 0<TB-TP<3	76
3.7.1. 0<TB-TP<3 par race .....	76
3.7.2. Analyse géographique.....	77
3.7.3. Evolution mensuelle.....	79
3.7.4. Evolution sur les 4 premiers mois de lactation .....	80
3.8.ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET CHUTE DU TAUX BUTYREUX :	
TB≤35 .....	81
3.8.1. TB≤35 par race.....	81
3.8.2. Analyse géographique.....	82
3.8.3. Evolution mensuelle.....	84
3.8.4. Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation.....	85
3.9.CETOSE SUBCLINIQUE ET RAPPORT TB/TP>1,5.....	86
3.9.1. TB/TP>1,5 par race.....	86
3.9.2. Analyse géographique.....	87
3.9.3. Evolution mensuelle.....	89
3.9.4. Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation.....	90
3.10.CETOSE SUBCLINIQUE ET RAPPORT TB/TP>1,33 .....	91
3.10.1.TB/TP>1,33 par race .....	91
3.10.2.Analyse géographique .....	92

3.10.3.Evolution mensuelle .....	94
3.10.4.Evolution au cours des 4 premiers mois de la lactation.....	95
3.11.CETOSE SUBCLINIQUE ET TAUX EXTREMES : TP<31 et TB>41 .....	96
3.11.1.TP<31 et TB>41 par race .....	96
3.11.2.Analyse géographique .....	97
3.11.3.Evolution mensuelle .....	99
3.11.4.Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation .....	100
3.12.CETOSE SUBCLINIQUE ET CHUTE DU TAUX PROTEIQUE : TP≤28 .....	101
3.12.1.TP≤28 par race.....	101
3.12.2.Analyse géographique .....	102
3.12.3.Evolution mensuelle .....	104
3.12.4.Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation .....	104
3.13.CETOSE SUBCLINIQUE ET HAUSSE DU TAUX BUTYREUX : TB≥45 .....	106
3.13.1.TB≥45 par race .....	106
3.13.2.Analyse géographique .....	107
3.13.3.Evolution mensuelle .....	109
3.13.4.Influence du début de lactation.....	110
4.DISCUSSION .....	111
4.1.MATERIEL ET METHODES UTILISES .....	111
4.1.1. Bases de données utilisées .....	111
4.1.2. Méthodes de calcul.....	111
4.2.RESULTATS DE PRODUCTION .....	113
4.2.1. Production laitière .....	113
4.2.2. Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré.....	116
4.2.3. Les Taux Butyreux et Protéiques .....	118
4.3.L'ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE .....	121
4.3.1. Mécanismes physiopathologiques à l'origine d'une diminution du TB ....	121

4.3.2. Utilisation pratique des taux du lait comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique .....	123
4.3.3. Bilan de l'utilisation du TB et du TP comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique .....	126
4.4.LA CETOSE SUBCLINIQUE .....	129
4.4.1. Mécanismes physiopathologiques à l'origine d'une baisse du TP et d'une hausse du TB .....	129
4.4.2. Utilisation pratique du TB et du TP comme outil diagnostique de la cétose subclinique.....	131
4.4.3. Bilan de l'utilisation du TB et du TP comme outil diagnostique de la cétose subclinique.....	137
4.5.LIMITES ET PERSPECTIVES DE L'UTILISATION DES TAUX COMME OUTIL DIAGNOSTIQUE DE L'ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET DE LA CETOSE SUBCLINIQUE.....	141
5.CONCLUSION .....	143
6.BIBLIOGRAPHIE .....	145
7.ANNEXES .....	151



## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1 : Effectif bovin laitier européen (UE à 27), français et allemand en milliers de têtes .....	22
Tableau 2 : Moyenne géométrique du CCS (cellules/mL) en fonction du pathogène mis en cause (Djabri, 2002) .....	26
Tableau 3 : Risque relatif de retrouver des antibiotiques dans le lait en fonction du CCS moyen sur lait de tank (Ruegg, 2000) .....	27
Tableau 4 : Composition des 11 bassins laitiers (CNIEL, 2005) .....	40
Tableau 5 : Ajustements appliqués aux différentes races dans le calcul des indicateurs d'acidose ruminale chronique et de cétose subclinique .....	44
Tableau 6 : Caractérisation des cheptels des différents bassins laitiers français adhérents au Contrôle Laitier en 2005 et 2006.....	51
Tableau 7 : Effectif (en nombre de vaches et % de l'effectif contrôlé) des 8 principales races laitières françaises inscrites au Contrôle Laitier en 2005 et 2006.....	52
Tableau 8 : Distribution des 8 principales races laitières par bassin laitier en 2005.....	54
Tableau 9 : Moyenne et évolution par race de la production laitière annuelle (kg), cumulée en 305 jours, en 2005 et 2006 .....	55
Tableau 10 : Moyenne et évolution par bassin laitier de la production laitière annuelle (kg), cumulée en 305 jours, en 2005 et 2006.....	56
Tableau 11 : Moyenne et évolution par race des CCSMP annuels (cellules/mL) en 2005 et 2006.....	59
Tableau 12 : Moyenne et évolution par bassin laitier des CCSMP annuels (cellules/mL) en 2005 et 2006.....	60
Tableau 13 : Moyenne et évolution par race des TB annuels (g/kg) en 2005 et 2006.....	63
Tableau 14 : Moyenne et évolution par bassin laitier des TB annuels (g/kg) en 2005 et 2006.....	64
Tableau 15 : Moyenne et évolution par race des TP annuels (g/kg) en 2005 et 2006 .....	67
Tableau 16 : Moyenne et évolution par bassin laitier des TP annuels (g/kg) en 2005 et 2006.....	68
Tableau 17 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB/TP <1 en 2005 et 2006.....	71
Tableau 18 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB/TP<1 en 2005 et 2006 .....	72
Tableau 19 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB/TP<1 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.....	75
Tableau 20 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un 0<TB-TP<3 en 2005 et 2006 .....	76
Tableau 21 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un 0<TB-TP<3 en 2005 et 2006 .....	77
Tableau 22 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un 0<TB-TP<3 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.....	80
Tableau 23 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB≤35 en 2005 et 2006 .....	81
Tableau 24 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB≤35 en 2005 et 2006.....	82
Tableau 25 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB≤35 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.....	85

Tableau 26 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,5 en 2005 et 2006 .....	86
Tableau 27 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,5 en 2005 et 2006 .....	87
Tableau 28 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,5 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation. ....	90
Tableau 29 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,33 en 2005 et 2006 .....	91
Tableau 30 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,33 en 2005 et 2006 .....	92
Tableau 31 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,33 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation. ....	95
Tableau 32 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TP<31 et TB>41 en 2005 et 2006 .....	96
Tableau 33 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TP<31 et TB>41 en 2005 et 2006 .....	97
Tableau 34 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TP<31 et TB>41 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation. ....	100
Tableau 35 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TP≤28 en 2005 et 2006 .....	101
Tableau 36 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TP≤28 en 2005 et 2006 .....	102
Tableau 37 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TP≤28 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation. ....	105
Tableau 38 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB≥45 en 2005 et 2006 .....	106
Tableau 39 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB≥45 en 2005 et 2006 .....	107
Tableau 40 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB≥45 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation. ....	110
Tableau 41 : Evolution du rapport TB/TP en fonction du rang et du stade de lactation (Quist 2008). ....	123
Tableau 42 : Prévalences apparentes par exploitation et par commune de l'acidose ruminale chronique à partir de l'analyse du TB et TP en France en 2005 et 2006. ....	126
Tableau 43 : Concordance des 3 indicateurs d'acidose ruminale chronique entre les différents bassins laitiers .....	127
Tableau 44 : Sensibilité et spécificité du rapport TB/TP utilisé comme critère de diagnostic de cétose subclinique, en fonction du Gold Standard utilisé (Duffield, 1997 ; Heuer, 2000) ....	135
Tableau 45 : Prévalences apparentes par exploitation et par commune de la cétose subclinique à partir de l'analyse du TB et TP en France en 2005 et 2006. ....	137
Tableau 46 : Concordance des 5 indicateurs de cétose subclinique entre les différents bassins laitiers .....	138

Figure 1 : Origine des constituants du lait (Enjalbert, ENVT 2012).....	30
Figure 2 : Conséquences d'un déficit énergétique sur le TP (Enjalbert, ENVT 2012).....	35
Figure 3 : Mécanismes métaboliques et biochimiques à l'origine d'une hausse du TB lors de déficit énergétique (Enjalbert, ENVT 2012) .....	36
Figure 4 : Carte des 11 bassins laitiers français (CNIEL, 2005) .....	40
Figure 5 : Méthodes de calcul des différentes moyennes.....	46
Figure 6 : Exemple de calcul dans l'interface de l'ODR permettant de coder les formules pour tracer les cartes .....	49
Figure 7 : Moyenne par commune des productions laitières journalières (kg) des troupeaux en janvier 2005.....	49
Figure 8 : Répartition des vèlages en France en 2005 et 2006.....	53
Figure 9 : Moyenne communale de la production laitière journalière (kg) des troupeaux en 2005.....	57
Figure 10 : Moyenne communale de la production laitière journalière (kg) des troupeaux en 2006.....	57
Figure 11 : Evolution mensuelle de la production laitière journalière (kg) communale moyenne entre 2005 et 2006 .....	58
Figure 12 : Moyenne communale des CCSMP (cellules/mL) des troupeaux en 2005 .....	61
Figure 13 : Moyenne communale des CCSMP (cellules/mL) des troupeaux en 2006 .....	61
Figure 14 : Evolution mensuelle du CCSMP (cellules/mL) communal moyen français entre 2005 et 2006.....	62
Figure 15 : Moyenne communale des TB (g/kg) des troupeaux en 2005 .....	65
Figure 16 : Moyenne communale des TB (g/kg) des troupeaux en 2006 .....	65
Figure 17 : Evolution mensuelle du TB (g/kg) communal moyen français entre 2005 et 2006 .....	66
Figure 18 : Moyenne communale des TP (g/kg) des troupeaux en 2005.....	69
Figure 19 : Moyenne communale des TP (g/kg) des troupeaux en 2006.....	69
Figure 20 : Evolution mensuelle du TP (g/kg) communal moyen français entre 2005 et 2006 .....	70
Figure 21 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP<1 en 2005.....	73
Figure 22 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP<1 en 2006.....	73
Figure 23 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale du pourcentage de vaches avec un TB/TP<1 entre 2005 et 2006.....	74
Figure 24 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un 0<TB-TP<3 en 2005 .....	78
Figure 25 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un 0<TB-TP<3 en 2006.....	78
Figure 26 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale du pourcentage de vaches avec un 0<TB-TP<3 entre 2005 et 2006 .....	79
Figure 27 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB≤35 en 2005.....	83
Figure 28 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB≤35 en 2006.....	83
Figure 29 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TB≤35 en 2005 et 2006.....	84
Figure 30 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,5 en 2005 .....	88

Figure 31 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,5 en 2006 .....	88
Figure 32 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TB/TP>1,5 en 2005 et 2006 .....	89
Figure 33 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,33 en 2005 .....	93
Figure 34 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,33 en 2006 .....	93
Figure 35 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TB/TP>1,33 en 2005 et 2006 .....	94
Figure 36 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP<31 et un TB>41 en 2005 .....	98
Figure 37 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP<31 et un TB>41 en 2006 .....	98
Figure 38 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TP<31 et TB>41 en 2005 et 2006 .....	99
Figure 39 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP≤28 .....	103
Figure 40 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP≤28 en 2006 .....	103
Figure 41 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TP≤28 en 2005 et 2006 .....	104
Figure 42 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB≥45 en 2005 .....	108
Figure 43 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB≥45 en 2006 .....	108
Figure 44 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TB≥45 en 2005 et 2006 .....	109
Figure 45 : Production laitière (kg) en fonction du stade de lactation (Quist, 2007).....	114
Figure 46 : Variation de la production laitière, du TB et du TP en fonction de l'heure de la traite (modèle 2 traites / jour) (Quist 2008).....	115
Figure 47 : Variations du TP et TB en fonction du rang et du stade de lactation (Stanton, 1992).....	119
Figure 48 : Variations du rapport TB/TP en fonction du stade de lactation (Friggens, 2007).....	124
Figure 49 : Variation de la production laitière en fonction de l'apport en UFL (INRA, 1987) .....	129
Figure 50 : Effet des apports énergétiques et azotés sur le TP (g/kg) (Rémond, 1985).....	130
Figure 51 : Courbe de sensibilité / spécificité de l'utilisation du TP comme outil diagnostique de cétose subclinique (BHB > 1200 µmol/L) (Duffield, 1997) .....	132
Figure 52 : Courbe de sensibilité / spécificité de l'utilisation du TB comme outil diagnostique de cétose subclinique (BHB > 1200 µmol/L) (Duffield, 1997) .....	133
Figure 53 : Courbe de sensibilité / spécificité de l'utilisation du rapport TB/TP comme outil diagnostique de cétose subclinique (BHB > 1200 µmol/L) (Duffield 1997).....	134

## LISTE DES ABREVIATIONS

**AAE** : Acide Aminé Essentiel  
**Ac** : Acétate  
**AcAc** : Acéto-Acétate  
**AGNE** : Acide Gras Non Estérifié  
**AGV** : Acide Gras Volatil  
**AINS** : Anti-Inflammatoire Non Stéroïdien  
**BDNI** : Base de Données Nationale d'Identification  
**BEN** : Bilan Energétique Négatif  
**BHB** : BétaHydroxyButyrate  
**CB** : Cellulose Brute  
**CC** : Corps Cétoniques  
**CCS** : Comptage Cellulaire Somatique  
**CCSMP** : Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré  
**CCT** : Comptage Cellulaire de Tank  
**CNIEL** : Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière  
**DE** : Déficit Energétique  
**FCE** : France Conseil Elevage  
**FGE** : France Génétique Elevage  
**FN** : Faux Négatif  
**FP** : Faux Positif  
**INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique  
**INSEE** : Institut Nationale de la Statistique et des Etudes Economiques  
**MG** : Matière Grasse  
**MOF** : Matière Organique Fermentescible  
**ODR** : Observatoire du Développement Rural  
**PDI** : Protéines Digestibles dans l'Intestin  
**PDIM** : Protéines Digestibles dans l'Intestin d'origine Microbienne  
**PL** : Production Laitière  
**PQI** : Plan de Qualité Interprofessionnel  
**SARA** : SubAcute Ruminal Acidosis  
**SFP** : Surface Fourragère Principale  
**TB** : Taux Butyreux  
**TG** : Triglycérides  
**TP** : Taux Protéique  
**UGB** : Unité de Gros Bovin  
**VLDL** : Very Low Density Lipoprotein  
**VN** : Vrai Négatif  
**VP** : Vrai Positif



# 1. INTRODUCTION

La France compte environ 3,5 millions de vaches laitières, 4 millions de vaches allaitantes et 12 millions de bovins de renouvellement ou en engraissement. Elle se situe ainsi en seconde position pour l'élevage laitier en Europe, derrière l'Allemagne (4 millions de vaches laitières) et en première position pour l'élevage allaitant (environ un tiers des vaches allaitantes de l'Europe des 25). La production laitière française représente respectivement 18% et 4% de la production européenne et mondiale.

La filière bovine française joue un rôle important dans l'organisation des espaces ruraux, en relation avec une forte diversité des systèmes de production de bovins, une répartition hétérogène des bovins sur le territoire et l'utilisation de nombreuses races à caractéristiques variables, dont certaines sont restées dans leur berceau d'origine.

Bien que présents dans presque toutes les régions françaises, la majorité des bovins laitiers est localisée dans le Grand-Ouest, le Nord, le Nord-Ouest, les montagnes des Vosges / Jura / Alpes et leurs plateaux associés, le Massif-Central et le Sud-Ouest (Raboisson, 2004). Les productions laitières individuelles sont aussi très hétérogènes selon les races et bassins de production, que ce soit pour la production elle-même ou les taux butyreux et protéiques.

Les données de production (quantité de lait, comptage cellulaire somatique, taux butyreux et protéiques, urée...) sont renseignées mensuellement à travers le Contrôle Laitier dans 61% des exploitations laitières françaises et pour plus de 80% des vaches laitières, en 2005. Ces données étaient jusqu'alors principalement valorisées dans le système d'amélioration génétique, à travers le calcul d'index. Leur utilisation par les éleveurs et intervenants en élevage reste modérée et hétérogène selon les zones géographiques et les acteurs.

De plus en plus d'intervenants en élevage mobilisent, cependant, ces données à des fins de gestion de troupeau, dans une visée d'amélioration de la gestion zootechnique et / ou sanitaire. L'utilisation des composants du lait comme indicateurs de déséquilibre alimentaire ou de maladie métabolique n'est pas nouvelle en soit, mais ces pratiques semblent se démocratiser en France. Les études validant ces méthodes, et particulièrement l'utilisation des taux du lait comme outil diagnostique des troubles métaboliques, restent peu nombreuses. De plus, leur validation dans des systèmes de production standardisés conduit à s'interroger sur leur extrapolation dans le système laitier français, par nature diversifié.

Cette première partie introductive (i) dresse un tableau descriptif de l'élevage bovin laitier français, (ii) répertorie les fonctions du Contrôle Laitier en France et (iii) analyse les bases scientifiques de l'utilisation des taux du lait comme outil d'évaluation des maladies métaboliques en élevage.

## 1.1. CARACTERISTIQUES DE L'ELEVAGE LAITIER FRANCAIS

### 1.1.1. Effectifs actuels

Le cheptel bovin laitier européen (UE à 27) comptait 23 432 000 têtes en mai 2010 (- 1% par rapport à mai 2009, source Eurostat)

Le cheptel français représente le deuxième effectif européen (17% du cheptel laitier européen) derrière le cheptel allemand (Tableau 1). Il ne cesse de décroître depuis 1994. Cette baisse a continué en 2010 avec près de 74 000 vaches laitières en moins (- 2,1%). En revanche, le nombre de vaches par troupeau continue à fortement augmenter pour atteindre 51,9 vaches par exploitation en 2010, contre 50,0 en 2009.

Une comparaison de l'évolution des cheptels européens est proposée en annexe 7.1 (Raboison, 2012).

Le cheptel français permet ainsi de produire annuellement 23 millions de litres de lait, soit 18% du quota laitier européen et 4% de la production mondiale (source : Eurostat 2010).

	UE à 27	France	Allemagne
<b>Vaches laitières</b>	23 432	3 513	4 183
<b>Génisses de plus de 2 ans</b>	6 797	2 276	819
<b>Génisses de 1 à 2 ans</b>	10 450	2 577	2 008

Source : Eurostat : mai-juin 2010 (<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/agriculture>)

**Tableau 1 : Effectif bovin laitier européen (UE à 27), français et allemand en milliers de têtes**

### 1.1.2. Diversité raciale française

Une des spécificités de l'élevage français est sa diversité raciale. Si la Prim'holstein reste largement la race la plus représentée (plus de 2 millions de têtes), de nombreuses autres races ont un effectif non négligeable (source : Ministère de l'Agriculture ; <http://agriculture.gouv.fr/>).

La Montbéliarde est la seconde race française avec un effectif de plus de 600 000 vaches. La Normande est la troisième race en effectif avec environ 500 000 vaches. L'Abondance, la Brune, La Simmental, la Tarentaise et la Pie Rouge des Plaines sont des races dont les effectifs sont plus réduits (< 100 000 vaches).

D'autres races sont très localisées mais représentent des enjeux locaux importants comme la Vosgienne, la Rouge Flamande, la Bretonne Pie noire ou encore la Jersiaise.

### **1.1.3. Diversité régionale des systèmes de production**

La diversité des systèmes de production en France est retrouvée en Europe. Elle est dûment soutenue par les différents pouvoirs publics (Raboisson, 2004 ; Sarzeaud, 2008).

#### **Des systèmes intensifs en plaine : Grand-Ouest, Sud-Ouest, Normandie, Poitou, Centre, Nord et Est**

On retrouve des structures performantes où la Prim'holstein domine largement. Les quotas par exploitation sont élevés et la production moyenne dépasse souvent les 6 000 kg de lait par vache et par an. Ce sont des élevages intensifs où le statut juridique est plus souvent de nature sociétaire. Certaines zones comme le Grand-Ouest ou le Sud-Ouest pratiquent une culture fourragère (herbe + maïs) presque totale. D'autres comme la Normandie, pratiquent encore une culture plutôt herbagère avec une part de maïs de plus en plus importante.

#### **Des systèmes laitiers moins performants en piémonts**

Ce sont des zones d'altitude moyenne situées entre les zones de montagnes humides et les plaines (Loire, Rhône, Ain, Isère et Sud-Ouest du Massif-Central). On y élève de la Prim'holstein, Montbéliarde, Simmental et quelques Brunes. La production moyenne annuelle varie de 4 000 à 6 000 kg de lait par vache et par an. L'altitude moyenne permet de cultiver un peu de maïs fourrager mais la culture herbagère est développée. Le chargement y est moyen (1,3 UGB/ha SFP).

#### **Des systèmes laitiers herbagers extensifs en Montagne**

Alpes, Jura et Vosges : l'Abondance est la race typique de la Savoie, située en zones de haute montagne et montagne humide, elle y côtoie la Montbéliarde qui est, en revanche, presque l'unique race de vache rencontrée en Franche-Comté. La Tarentaise occupe un noyau fort en haute montagne et la Vosgienne reste cantonnée au massif vosgien. Les productions moyennes de ces régions sont de 4 000 à 6 000 kg de lait par vache et par an, les quotas sont faibles (< 150 000 L), le chargement est de l'ordre de 1 UGB/ha SFP et l'alimentation est basée exclusivement sur l'herbe.

Zones montagneuses du Massif-Central : on y retrouve la Prim'holstein, la Montbéliarde et de manière très localisée ou ponctuelle, la Simmental (en Aveyron) et la Brune (en Lozère). Dans cette zone dite de montagne humide et moyenne altitude, les croisements avec des races à viande sont utilisés avec une volonté de valoriser le veau. Les productions moyennes ne sont pas élevées (4 000 à 7 000 kg), les quotas faibles (< 150 000 L), les exploitations plus petites que la moyenne française.

### **1.1.4. Le Contrôle Laitier : un outil d'évaluation des performances laitières**

Le Contrôle Laitier est une entreprise au statut associatif au service des Chambres d'Agriculture. Il regroupe 74 organisations locales directement gérées par des éleveurs élus par l'ensemble des adhérents. Ces organismes sont structurés au niveau national par une Fédération : France Conseil Elevage.

## **Protocoles proposés**

Les deux protocoles agréés en France, appelés A et AT, sont ceux qui font appel exclusivement à un agent formé à l'exécution des tâches du Contrôle Laitier et employé par un organisme lui-même agréé. Le protocole A est effectué sur deux traites (matin et soir) et le protocole AT est effectué sur une traite (alternativement matin puis soir), la quantité de lait produite et le Comptage Cellulaire Somatique (CCS) étant ajustés pour être ramenés à une valeur journalière suivant un coefficient (dit coefficient AT).

Un protocole CZ est proposé aux éleveurs où le contrôle est réalisé sur deux traites. Un contrôle est réalisé par l'agent du Contrôle Laitier, le second par l'éleveur lui-même.

## **Le Contrôle Laitier en 2005**

En 2005, le réseau France Conseil Elevage (ex Contrôle Laitier) regroupait 60 600 exploitations laitières soit 61% des exploitations françaises et 2 209 000 vaches inscrites soit 57% des vaches laitières françaises. Il est solidement implanté dans tous les bassins laitiers français avec plus de la moitié des exploitations de chaque bassin inscrites, exception faite du Massif-Central.

## **Etat des lieux en 2010**

La diminution du nombre d'adhérents, amorcée en 1999, se poursuit actuellement. Près de 51 000 élevages bovins ont été suivis en protocole officiel (A ou AT) en 2010, contre 53 900 en 2009 et 60 600 en 2005. La diminution du nombre d'élevages adhérents concerne à la fois les bovins (- 5,7% entre 2009 et 2010) et les caprins (- 2,8%) (Source : France Conseil Elevage <http://www.france-conseil-elevage.fr>). Cette diminution serait en partie due à des restrictions économiques, une diminution du nombre d'exploitations laitières et une augmentation du nombre de vaches par exploitation.

Le pourcentage d'exploitations avec plus de 60 lactations atteint 22,7% en 2010 (contre 21,2% l'année précédente) (Source : Institut de l'élevage, 2010, <http://www.inst-elevage.asso.fr/>). Le nombre total des lactations brutes qualifiées (enregistrées par le Contrôle Laitier) s'élève à 2 498 989 en 2010, soit une diminution de 2,4% (62 759 lactations) par rapport à 2009. Les trois principales races laitières nationales (Prim'holstein, Montbéliarde et Normande) représentent 93,8% du total de ces lactations.

La proportion de lactations avec un Comptage Cellulaire Somatique (CCS) > 800 000 cellules/ml sur au moins deux contrôles est en baisse en 2010 et s'établit à 16,0% (contre 16,8% en 2009). Dans un même temps, la part des lactations dont le CCS de l'ensemble des contrôles annuels est inférieur à 300 000 cellules/mL atteint 42,3% (contre 41,1% en 2009).

## 1.2. GESTION DE LA QUALITE DU LAIT EN FRANCE

### 1.2.1. Qualité et paiement du lait en France

Le paiement du lait aux éleveurs en France est lié à sa composition et sa qualité sanitaire. La composition du lait est appréciée en fonction de sa teneur en matière grasse (Taux Butyreux : **TB**) et en matière azotée (Taux Protéique : **TP**). La qualité sanitaire est appréciée conformément aux dispositions du règlement (CE) n° 852 / 2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires et du règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale et des textes pris pour leur application.

Les critères sanitaires utilisés en France sont : le Comptage Cellulaire Somatique (CCS) sur lait de tank, le dénombrement des spores butyriques, la lipolyse, la présence d'antibiotiques ou d'inhibiteurs de la fermentation, l'absence de mouillage et de germes pathogènes (*Brucella spp*, *Listeria spp*).

Le lait est payé à un prix de base, ou de référence, commun à une région et fixé mois par mois. Il dépend de nombreux critères : index des produits de grande consommation, évolution des cotations trimestrielles, index de compétitivité avec l'Allemagne et un index de saisonnalité (Annexe 7.2). Il suit généralement les recommandations nationales du Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (**CNIEL**), hors période de crise. A ce prix de base se soustraient les éventuelles pénalités si les critères sanitaires annoncés ci-dessus n'ont pas été respectés, ou sont ajoutées des primes en cas de très bonne qualité. Des majorations ou minorations liées à la composition du lait (TP et TB) s'y ajoutent également. Le paiement différentiel est calculé sur la base d'un lait à 38 g/kg en matière grasse (TB) et 32 g/kg en matière azotée (TP). Il s'appuie sur une moyenne de 3 analyses de lait de tank par mois minimum et intègre un système de points positifs si les taux sont dépassés, négatifs sinon.

Un exemple d'une grille de paiement du lait et pénalités est proposé en annexe 7.3.

Si les caractéristiques du lait livré sont utilisées pour le paiement et font l'objet de contrôles obligatoires mensuels, les mesures réalisées par animal via le Contrôle laitier restent facultatives, et seront utilisées en élevage dans la gestion du troupeau.

A cette échelle, leur finalité est opératoire, en orientant par exemple le choix d'une politique de réforme et de reproduction. Parmi ces critères, on retrouve : la production laitière par vache, le CCS et les TB et TP.

### 1.2.2. Qualité cytologique du lait (Comptage Cellulaire Somatique ; CCS)

#### Définition

La population cellulaire d'une mamelle saine est composée de différents types cellulaires : des neutrophiles (< 11%), des macrophages (66% à 88%), des lymphocytes (10% à 27%) et des cellules épithéliales (0% à 7%) (Radostits, 2006). On considère que 80% des mamelles saines ont un CCS < 100 000 cellules/mL (Serieys, 1985 ; Sordillo, 1997).

Lors d'infection au sein du parenchyme mammaire, une réaction inflammatoire se met en place entraînant un afflux marqué de neutrophiles sanguins vers la mamelle (Sordillo, 1997).

Les neutrophiles deviennent alors majoritaires (90%) et la population cellulaire totale augmente fortement (Pyörälä, 2003 ; Radostits, 2006). Le CCS correspond alors au dénombrement des neutrophiles et, de façon minoritaire, des cellules épithéliales de la glande mammaire présentes dans le lait. Cette augmentation est plus ou moins importante en fonction du ou des pathogènes impliqués (Tableau 2).

Pathogène mis en cause	Moyenne géométrique des CCS (cellules/mL)
Coliformes	1 151 000
<i>Streptococcus uberis</i>	1 024 000
<i>Streptococcus agalactiae</i>	857 000
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	547 000
<i>Staphylococcus aureus</i>	357 000
Staphylocoques autres que <i>S. aureus</i>	138 000
<i>Corynebacterium bovis</i>	105 000

**Tableau 2 : Moyenne géométrique du CCS (cellules/mL) en fonction du pathogène mis en cause (Djabri, 2002)**

## Coût

Les mammites sont des maladies multifactorielles qui représentent un des postes les plus coûteux en élevage bovin laitier (Seegers, 2003). L'origine des coûts totaux des mammites est diverse et inclut des pertes de production que l'on estime à 2% par tranche de 100 000 cellules/mL au dessus de 100 000 cellules/mL (Huijps, 2008). D'autres estimations font état d'une chute de production de 4% et 12% pour des valeurs respectives en cellules de 300 000 à 800 000 cellules/mL et > 800 000 cellules/mL, comparé à des valeurs inférieures à 300 000 cellules/mL (Bouton, 2011).

A cette perte de production se rajoute le coût des traitements réalisés (antibiotiques par voie intra mammaire +/- voie générale, AINS...) et le lait écarté de la vente afin de respecter les temps d'attente.

Des pénalités, liées au paiement, infligées par la laiterie sont fonction de la qualité cytologique du lait (classe A, B ou C). Ces pénalités se justifient par la perte de rendement lors de la transformation fromagère. La présence de plasmine dans le lait augmenterait avec le CCS et réduirait la durée de conservation du lait, ceci même après ultrafiltration (Huppertz, 2004).

Lorsque la moyenne géométrique trimestrielle du CCS sur lait de tank d'un éleveur dépasse deux fois la valeur des 400 000 cellules/mL, l'éleveur rentre alors dans un Plan de Qualité Interprofessionnel (PQI) et peut être par la suite interdit temporairement de collecte.

## Résidus

Un taux de mammites élevé dans un troupeau entraîne un risque accru de livrer un lait contenant des résidus d'antibiotiques. Le risque relatif d'avoir des résidus d'antibiotiques dans le lait augmente en effet avec le CCS moyen du lait de tank (Tableau 3). Bien que démontré dans le contexte des années 90, ces résultats sont probablement, au moins en partie, encore valables.

CCS moyen en cellules/mL (lait de tank)	<= 250 000	251 000-400 000	400 001-550 000	550 001-700 000	> 700 000
Risque Relatif d'avoir un résultat positif (présence de résidus)	1 (référence)	1,43	2,38	2,78	7,1

Tableau 3 : Risque relatif de retrouver des antibiotiques dans le lait en fonction du CCS moyen sur lait de tank (Ruegg, 2000)

Dans ce contexte, les analyses individuelles de CCS permettent de cibler les bovins pénalisant potentiellement le Comptage Cellulaire sur lait de Tank (CCT), et d'orienter la gestion du troupeau.

### 1.2.3. Qualité biochimique du lait : Taux Butyreux et Taux Protéique

Le TB et le TP représentent respectivement la teneur en matière grasse et en matière azotée du lait.

#### TB

Les matières grasses du lait sont présentes sous forme d'une émulsion de globules gras, en majorité des triglycérides, **TG** (98%). Dans le lait de vache, ces globules gras mesurent en moyenne de 1 à 5 microns (jusqu'à 22 microns) de diamètre. A température ambiante, les triglycérides liquides sont au centre du globule, les triglycérides solides sont à la périphérie. A la surface du globule, on trouve une "membrane" formée de protéines, d'eau et de minéraux sur la face externe et de phospholipides sur la face interne.

#### TP

La matière azotée totale du lait (TP) est composée à 95% de protéines (80% de caséines et 20% de protéines solubles comme les globulines) et 5% d'acides aminés, d'azote non protéique (urée essentiellement) mais aussi un peu de créatinine, d'acide urique, etc.

L'attention particulière apportée aux TB et TP est liée à l'impact de leurs valeurs sur la valorisation du lait.

Le TP est recherché dans la transformation fromagère et est donc valorisé par les industriels. Les caséines jouent un rôle actif : en coagulant, elles forment un réseau protéique qui renfermera les autres constituants dont les matières grasses présentes sous forme de globules gras. Les caséines, et par extension le TP, sont donc étroitement liées au rendement fromager du lait.

Le TB reste à ce jour difficilement valorisable. La recherche par les industriels de produits allégés (lait ½ écrémé, crème légère...) tend à peu valoriser le TB. Les quotas 'matière grasse' en place actuellement, tendent à pénaliser la quantité de lait livrable en cas de TB élevé favorisant un TB bas.

Le marché est donc à l'origine d'une sensibilité particulière des éleveurs envers les taux du lait. Il existe une interaction directe entre le marché du lait et certaines entités sanitaires, à travers la gestion des taux. Par exemple, dans une situation de cétose subclinique, pénalisant par ailleurs la valorisation du lait car lié à un TP faible, et dans la recherche d'un TB plutôt bas, l'éleveur peut adopter une conduite alimentaire propice au développement de l'acidose ruminale chronique dans son élevage (diminution du rapport fourrages / concentrés).

De manière indépendante au paiement du lait, les TB et TP peuvent également être utilisés comme outil diagnostique de troubles métaboliques à l'échelle du troupeau.

### **1.3. LES TAUX BUTYREUX ET PROTEIQUES COMME OUTIL DIAGNOSTIQUE DE L'ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET LA CETOSE SUBCLINIQUE**

Les maladies métaboliques et nutritionnelles sont liées au métabolisme énergétique et azoté (acidose ruminale chronique, cétose subclinique, excès d'azote soluble) ou minéral (hypocalcémie puerpérale, hypomagnésémie, hypokaliémie, œdème mammaire).

Cette étude ne traitera que de deux des troubles métaboliques associés à des modifications des taux du lait : l'acidose ruminale chronique et la cétose subclinique.

Ces deux maladies métaboliques sont associées à des modifications des paramètres biochimiques sanguins (AGNE, pH, glycémie...), ruminiaux, voire urinaires. Les paramètres sanguins ou ruminiaux sont largement utilisés dans le cadre d'un diagnostic individuel ou collectif. L'analyse du TB et TP est utilisée dans le cadre du diagnostic d'une pathologie collective pour plusieurs raisons :

- leur facilité d'accès et le faible coût apparent d'obtention des données : contrôle mensuel de toutes les vaches inscrites au Contrôle Laitier.
- leur fiabilité : méthode validée et standardisée.
- leur exhaustivité et leur fréquence : toutes les vaches en lactation sont contrôlées quasi-mensuellement sur toute l'année.
- la possibilité d'analyses rétrospectives sur une durée +/- longue : ce qui est impossible par l'analyse des paramètres biochimiques sanguins ou urinaires car les marqueurs de troubles métaboliques ne persistent pas longtemps dans les fluides.
- l'affranchissement des variations journalières des marqueurs biochimiques du sang, post-prandiales notamment. La variabilité du TB et TP d'un jour sur l'autre est considérée comme faible, la réponse à une modification alimentaire ou la présence d'une maladie métabolique rapide (quelques jours) (Syrstad, 1977 ; Emery, 1988 ; Sutton, 1989 ; Duffield, 1997).

En pratique et en raison des caractéristiques de ces deux maladies métaboliques et des facteurs de variation des taux du lait, l'utilisation des taux du lait comme marqueur des maladies métaboliques ne se conçoit qu'à l'échelle collective, à partir de données individuelles, et par date de contrôle (Raboisson, 2010).

#### **1.3.1. Origine des Taux Butyreux et Protéiques**

Un kg de lait est constitué, en moyenne de 130g de matière sèche dont 48-50g de glucides (principalement du lactose), 40g de matière grasse (TB), 32g de matière azotée (TP) et de 7-8 g de minéraux (1,25g de Calcium, 0,95g de Phosphore, 0,5g de Sodium...) (Enjalbert, 2012).

Les protéines sont synthétisées par le tissu mammaire à partir d'acides aminés absorbés dans le tube digestif (système PDI).

Pour la matière grasse, la synthèse d'un triglycéride (**TG**) requiert un glycérol (issu du glucose) et 3 Acides Gras (**AG**) provenant : (i) des lipides alimentaires, (ii) de la lipomobilisation (libération d'AG à partir du tissu adipeux), (iii) de la synthèse par la mamelle elle-même à partir d'acide acétique ou d'acide butyrique provenant des fermentations ruminales (AGV en C2 et C4) (Figure 1).

Le lait contient plus d'une centaine d'AG différents que l'on dissocie en 3 familles (Palmquist, 1993) :

- les AG courts de 4 à 12 carbones ( $\approx 20\%$ ) : synthétisés par la mamelle à partir d'acide acétique (C2) ou butyrique (C4). Ils proviennent donc de la fermentation ruminale des glucides. Les Acides Gras Volatils (AGV) en C2 et C4 sont principalement apportés par le fourrage.
- les AG de 14 à 16 carbones ( $\approx 40\%$ ) : synthétisés par la mamelle à partir de d'acide acétique (C2) ou butyrique (C4) ou prélevés dans le sang (origine alimentaire).
- les AG longs : plus de 18 carbones ( $\approx 40\%$ ) : prélevés directement dans le sang. Ils proviennent de l'alimentation ou des réserves adipeuses.

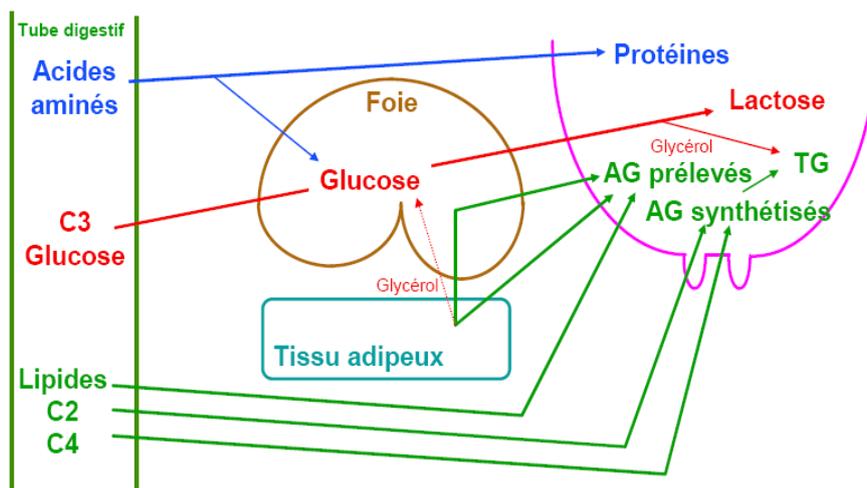


Figure 1 : Origine des constituants du lait (Enjalbert, ENVT 2012)

Dans le rumen, la digestion des lipides commence par une hydrolyse des triglycérides permettant la libération des AG. Les AG ne sont pas dégradés dans le rumen mais les AG insaturés subissent une biohydrogénation partielle. Les AG monoinsaturés, tel que l'acide oléique, sont directement hydrolysés en acide stéarique (C18:0). En revanche, les AG polyinsaturés subissent une biohydrogénation en plusieurs étapes : isomérisation produisant des AG conjugués puis plusieurs hydrogénations en fonction du nombre initial de doubles liaisons. Les isomères produits peuvent varier en fonction du pH ruminal.

Un exemple de ce processus est présenté pour l'acide linoléique (C18:2) en annexe 7.4 et montre que le pH influence la voie trans $\Delta$ 10 au détriment de la voie trans $\Delta$ 11 et donc la formation d'acides linoléiques conjugués (CLA) trans10cis12 qui inhiberaient directement la synthèse d'AG (Giesy, 2002 ; Glasser, 2008).

### 1.3.2. L'acidose ruminale chronique

Avec l'intensification des productions, l'acidose ruminale chronique est devenue le trouble métabolique le plus fréquent et le plus coûteux aussi bien en élevage laitier qu'en élevage de jeunes bovins (Enemark, 2009).

#### Définition

L'acidose ruminale chronique, aussi appelée SubAcute Ruminant Acidosis (SARA), est définie par une baisse du pH ruminal en dessous d'une certaine valeur (généralement 5,5) pendant un certain temps, plusieurs minutes à plusieurs heures selon les auteurs (Oetzel, 2003 ; Krause 2006 ; Plaizier, 2008).

Elle est à distinguer de l'acidose ruminale aiguë (pH<5,2), qui résulte bien souvent d'une erreur dans la conduite d'élevage (consommation accidentelle de concentrés en grande quantité). Lors d'acidose ruminale chronique, le pH sanguin n'est pas affecté (Krause, 2006).

La définition précise de l'acidose ruminale chronique reste cependant assez ambiguë :

- les avis divergent à propos des valeurs seuils de pH à prendre en compte : si la plupart des auteurs préfèrent utiliser un seuil de pH de 5,5 (Oetzel, 2003 ; Krause, 2006), d'autres seuils peuvent être retenus (pH<5,6 : Gozho, 2005 ou pH <6,0 : Plaizier, 2008).
- le temps pendant lequel le pH doit rester inférieur à cette valeur seuil reste à définir (Krause, 2006). Expérimentalement, la mesure continue du pH permet une définition plus précise de l'acidose ruminale chronique, mais les dispositifs impliqués rendent la méthode inappropriée en élevage. La durée pendant laquelle le pH est bas joue sur la probabilité d'obtenir un résultat positif lors de prélèvement unique.

Le diagnostic définitif d'acidose ruminale chronique s'obtient par mesure du pH ruminal. Il existe deux manières d'accéder à ce pH :

- le prélèvement par voie orale (sondage), avec la possibilité de contamination du prélèvement par de la salive (pH basique) et donc d'obtenir des pH biaisés, plus élevés en moyenne de 0,28 unités de pH (Garret, 1997).
- le prélèvement par voie transabdominale (ponction) : ruminocentèse

Ces deux méthodes restent difficiles à mettre en œuvre sur le terrain car très lourdes et chronophages. Leur réalisation nécessite par ailleurs une contention lourde et un risque de péritonite suite au prélèvement par ponction est possible. La ruminocentèse reste, cependant, l'outil diagnostique de l'acidose ruminale le plus pertinent et est souvent utilisé comme référence (Gold Standard).

#### Prévalence

Même si l'importance et les enjeux de l'acidose ruminale chronique sont reconnus par la sphère professionnelle et scientifique, la prévalence réelle reste mal définie. Les difficultés de diagnostic (ruminocentèse) et les seuils à retenir freinent les études sur la prévalence de l'acidose ruminale chronique.

Dans des études menées dans le Wisconsin, 19% (prélèvement par voie orale) à 26% (prélèvement par ruminocentèse) des vaches laitières nourries en ration complète se trouvaient en acidose ruminale chronique (seuil utilisé : 5,5 ; Garret, 2007). En Irlande, près de 11% des vaches nourries à l'herbe (pâturage extérieur exclusif) de 12 élevages différents se sont

révélées en acidose ruminale chronique par mesure de pH via ruminocentèse, avec un seuil de pH à 5,5. De plus 42% des vaches avaient un pH marginal de 5,6 à 5,8 (O'Grady, 2008).

### **Mécanismes physiopathologiques**

Parmi la flore naturellement présente dans le rumen, on distingue :

- des bactéries (~ 10 milliards/mL) que l'on peut regrouper en 3 sous-populations. Les bactéries cellulolytiques qui dégradent les glucides pariétaux, actives à un pH de 6,0 à 6,3. Les bactéries amylolytiques qui dégradent l'amidon et les glucides solubles, actives à un pH<6,0. Enfin, les bactéries lacticoxytiques qui dégradent le lactate et sont plutôt actives à un pH<5,5 (Nagaraja, 2007).
- des protozoaires (~ 1 à 5 millions/mL). Plus volumineux, leur pH optimal se situe entre 6 et 7. Ils disparaissent pour un pH<5,5 (Goad, 1998 ; Nagaraja, 2007).
- des champignons, qui représentent moins de 5 % de la population microbienne ruminale.

L'acidose ruminale chronique est la conséquence d'un déséquilibre entre la production d'Acides Gras Volatils (AGV) d'origine alimentaire et les mécanismes régulateurs du pH ruminal (pouvoir tampon de la salive entre autre). La concentration en AGV dans le rumen augmente par excès de production et diminution d'absorption. Cette accumulation en AGV (pKa=4,8) provoque une diminution du pH plus ou moins importante, avec diverses conséquences physico-chimiques :

- si le pH reste > 5,5, les glucides rapidement fermentescibles forment un substrat adéquat pour la multiplication des bactéries amylolytiques, pour une forte diminution des bactéries cellulolytiques, et pour une possible et légère augmentation des protozoaires. Cela n'a aucun effet sur les bactéries lacticoxytiques (Goad, 1998 ; Nagaraja, 2007). Le pouvoir tampon des protozoaires peut s'exercer (i) par le stockage de l'amidon et de glucides solubles, (ii) par leur activité fermentaire spécifique (production de butyrate) et (iii) par un effet physique (compétition protozoaires / bactéries).
- Si le pH devient < 5,5, les bactéries amylolytiques continuent de proliférer, en revanche, la flore lacticoxytique a tendance à se développer (sur un modèle d'acidose par apport d'amidon et non d'un défaut de fibrosité) et les bactéries cellulolytiques ainsi que les protozoaires à disparaître (Ghoz, 2005 ; Nagaraja, 2007 ; Khafipour, 2008). Les bactéries lacticoxytiques jouent à leur tour un effet régulateur en limitant l'accumulation de lactate dans le milieu ruminal.

De plus, l'acidose ruminale chronique provoque l'accumulation de produits toxiques tels que l'éthanol, l'histamine et des endotoxines provenant de la lyse de la paroi des bactéries Gram -. Elle augmente la pression osmotique et la viscosité dans le rumen de par l'accumulation des AGV et des lactates (Owens, 1998 ; Nagaraja, 2007).

### **Conséquences cliniques et impact sur la composition du lait**

Les principales répercussions cliniques de l'acidose ruminale chronique sont la fourbure, une dysorexie, des diarrhées intermittentes, une ruminite à l'origine de la libération de produits toxiques pouvant être à l'origine d'abcès multiples (foie-cœur-poumon) eux-mêmes à l'origine d'éventuels thrombi (Kleen, 2003 ; Nocek, 1997 ; Nagaraja, 1998).

La baisse d'ingestion secondaire à l'acidose ruminale chronique peut conduire à un déficit énergétique voire à une cétose subclinique.

Les principales conséquences de l'acidose ruminale chronique sur la composition du lait sont la diminution de la production laitière et du TB. Cette dernière résulte (i) d'une production et d'une absorption élevée d'AGV de type C3 (acide propionique), (ii) d'une production et d'une absorption diminuée d'AGV de type C2 (acide acétique) et (iii) d'une augmentation de la production d'isomères spécifiques *trans* 10 de l'acide 18 : 1 (acides linoléiques conjugués trans10cis12 (CLAtrans10cis12) (Bauman, 2003 ; Glasser, 2008 ; Kleen, 2009).

Le TP reste peu affecté mais peut cependant être légèrement augmenté, surtout en début de développement d'acidose ruminale chronique (le déficit énergétique consécutif à l'acidose induisant alors une diminution du TP)

### **Facteurs de risque**

Les facteurs de risque les plus importants de l'acidose ruminale chronique sont (i) une augmentation de l'apport des concentrés (pourcentage dans la ration / nature des constituants / répartition dans le temps de la consommation) plus ou moins associée à une diminution du rapport fourrages / concentrés, (ii) une mauvaise transition alimentaire (changement brutal de fourrages / augmentation rapide des concentrés) et (iii) un manque de fibrosité de la ration (Stone, 2004).

Deux périodes sont donc à risque en élevage laitier :

- le début de lactation, qui est le siège d'une transition alimentaire. La vache passe d'une ration de tarissement (rapport fourrages / concentrés élevé) à une ration de vache en lactation (diminution de ce même rapport)
- le milieu de lactation, au sens très large (2 à 8 mois). L'objectif est alors une production maximale. Le rapport fourrages / concentrés est au plus bas et la teneur en Cellulose Brute (**CB**), utilisée comme marqueur de fibrosité de la ration, est couramment proche des valeurs minimales recommandées (17% : recommandations INRA). De plus, l'ingestion est maximale d'où un apport énergétique très élevé.

### **Impact économique**

Les pertes économiques liées à l'acidose ruminale chronique résultent d'une diminution de la production laitière, d'une baisse des taux du lait (principalement du TB), de réformes précoces et d'un taux de mortalité plus élevé. La diminution de production laitière engendrée par l'acidose ruminale chronique a été évaluée à 1,12 dollars (approximativement 0,82 euros) par jour et par vache dans un troupeau où de l'acidose ruminale chronique a été mise en évidence (Stone, 1999). L'impact global reste peu précis en raison des connaissances approximatives de la prévalence.

### 1.3.3. La cétose subclinique

#### Définition

Le déficit énergétique de la vache laitière est défini par la différence entre l'énergie effectivement apportée par l'alimentation et les besoins énergétiques requis pour assumer sa production. On parle de Bilan Énergétique Négatif (**BEN**). Pour combler ce déficit énergétique, l'organisme puise dans ses réserves, notamment ses réserves lipidiques, ce qui conduit à la formation d'intermédiaires métaboliques dont des Corps Cétoniques (**CC**) (Bétahydroxybutyrate (**BHB**), Acétoacétate (**AcAc**) et Acétate (**Ac**)) possiblement pathogènes, selon leur concentration sanguine, pour l'organisme.

La période du post-partum de la vache laitière est une période à risque caractérisée par des besoins énergétiques soudains et massifs (Bauman, 1980). Plusieurs paramètres contribuent à ce déficit :

- une capacité d'ingestion limitée : volume ruminal inadapté (compression de l'utérus jusqu'à la mise bas, engraissement excessif), ration insuffisante.
- un appétit plus faible : engraissement excessif en fin de tarissement, toute maladie intercurrente (mammites, métrite, acidose ruminale chronique...).
- une mauvaise assimilation alimentaire : ration déséquilibrée, transition trop rapide entraînant une mauvaise adaptation de la flore ruminale (capacité d'adaptation des bactéries amylolytiques très supérieure aux bactéries cellulolytiques).

Ainsi, la majorité des vaches laitières hautement productrices se retrouvent en déficit énergétique en péripartum (Duffield, 1997 ; Friggens, 2007 ; Madouasse, 2010).

Il est important de distinguer le déficit énergétique de la cétose subclinique. La cétose correspond à une accumulation de Corps Cétoniques dans le sang. Les valeurs sanguines utilisées comme critère diagnostique varient entre 1200  $\mu\text{mol/L}$  (Duffield, 1997 ; Radostits, 2006) et 1400  $\mu\text{mol/L}$  (Iwersen, 2009), plus rarement le seuil de 1000  $\mu\text{mol/L}$  est utilisé. Un déficit énergétique modéré, associé à une accumulation de CC faible dans le sang, peut donc être considéré comme 'physiologique'.

La cétose subclinique se traduit par un déficit énergétique important associé à une accumulation marquée de CC dans le sang ( $> 1200$  à  $1400 \mu\text{mol/L}$ ). Les deux entités pathologiques liées au déficit énergétique sont donc la cétose subclinique et la cétose clinique.

Les conséquences zootechniques et sanitaires de la cétose subclinique en font une entité à enjeux majeurs dans la gestion des troupeaux aujourd'hui.

#### Prévalence

La prévalence de la cétose subclinique dans les troupeaux est également difficile à estimer. Elle varie selon le type de test utilisé (test urinaire, sanguin, lait), le seuil biochimique fixé, le stade de lactation, le rang de lactation.

Globalement, la prévalence moyenne rapportée des troupeaux varie entre 5 et 45% selon les études.

La prévalence rapportée dans des études des années 90 et du début des années 2000 était généralement faible et variait entre 1,3% et 14,1%. Par exemple, la prévalence était de 14,1% pour des vaches en début de lactation : 0-65 jours en lait, de 5,3% pour des vaches en milieu de lactation : 0-149 jours en lait et 3,2% pour des vaches en fin de lactation : > 149 jours en lait, avec une détection des CC dans le sang (seuil 1200  $\mu\text{mol/L}$ ) (Duffield, 1997). Dans une autre étude, la prévalence était de 6,3% avec une détection des CC dans le sang (seuil 1200  $\mu\text{mol/L}$ ) à tout stade de lactation et de 1,3% avec une détection des CC dans le lait (seuil 200  $\mu\text{mol/L}$ ) (Heuer, 2000).

De plus récentes études font état de prévalences bien plus importantes et variant de 15% à 43,2%. Par exemple, la prévalence était de 15% pour des vaches en lactation (tous stades confondus) avec une détection des CC dans le lait (seuil 200  $\mu\text{mol/L}$ ) (Krogh, 2011) ; de 16,4% pour des vaches avec un tarissement de 35 jours en 2<sup>nd</sup>e lactation, de 35% pour des vaches avec un tarissement de 60 jours en 3<sup>ème</sup> lactation et une détection des CC dans le lait (seuil 100  $\mu\text{mol/L}$ ) (Santschi, 2011). La prévalence était même de 43,2% pour des vaches à tout stade de lactation avec une détection des CC dans le sang (seuil de 1200  $\mu\text{mol/L}$ ) (McArt, 2012).

Dans un troupeau expérimental des Pays-Bas, une période de déficit énergétique de 41,5 jours post-partum a été reportée en moyenne (De Vries, 2000). D'autres études reportent un déficit énergétique (calcul du BEN) allant jusque la 8<sup>ème</sup> semaine post-partum en moyenne avec un déficit particulièrement élevé entre la 2<sup>ème</sup> et la 7<sup>ème</sup> semaine (Heuer, 2000).

### Mécanismes physiopathologiques

L'insuffisance énergétique de la ration induit un manque de Matière Organique Fermentescible (**MOF**) et d'Acides Aminés Essentiels (**AAE**) ce qui entraîne une baisse de production d'AGV de type C3 (acide propionique), une diminution des Protéines Digestibles dans l'Intestin (**PDI**) et donc une diminution de synthèse des protéines par la mamelle (Figure 2).

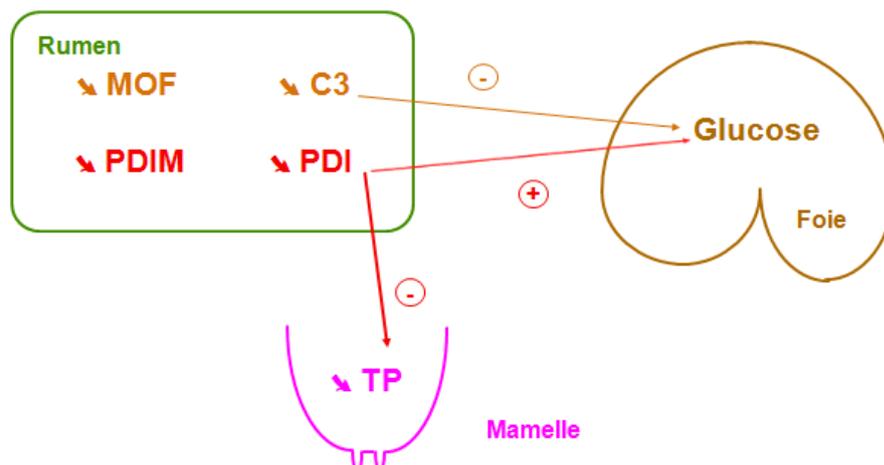


Figure 2 : Conséquences d'un déficit énergétique sur le TP (Enjalbert, ENVT 2012)

Les triglycérides (TG) du tissu adipeux constituent une réserve énergétique pour la vache laitière, lors de déficit énergétique, la vache puise dans ses réserves (Bobe, 2004). L'hydrolyse des triglycérides permet la libération de glycérol et d'Acides Gras Non Estérifiés (AGNE) qui peuvent être directement utilisés comme substrat par la mamelle. Cependant, la plupart des tissus ne peuvent pas utiliser les AGNE comme substrat énergétique, ceux-ci sont alors transformés dans le foie :

- la  $\beta$ -oxydation mitochondriale des AGNE en acétylcoenzyme A (**AcCoA**), conduit à l'entrée dans le cycle de Krebs de l'AcCoA et à la production d'énergie. Cependant, le déficit en Oxalo-acétate (**AOA**) (provenant du glucose par ailleurs insuffisant lors de cétose), ne permet pas à l'AcCoA d'intégrer le cycle de Krebs. L'AcCoA est alors exporté sous forme de CC, utilisables entre autre par les muscles. La production importante et une utilisation limitée des CC conduit à leur accumulation dans le sang.
- en parallèle, les AGNE peuvent être estérifiés en TG et exportés sous forme de VLDL. Les TG peuvent alors être excrétés par la mamelle et contribuer à l'augmentation du TB.
- l'exportation des TG étant limitée, leur accumulation est possible et conduit à la stéatose.

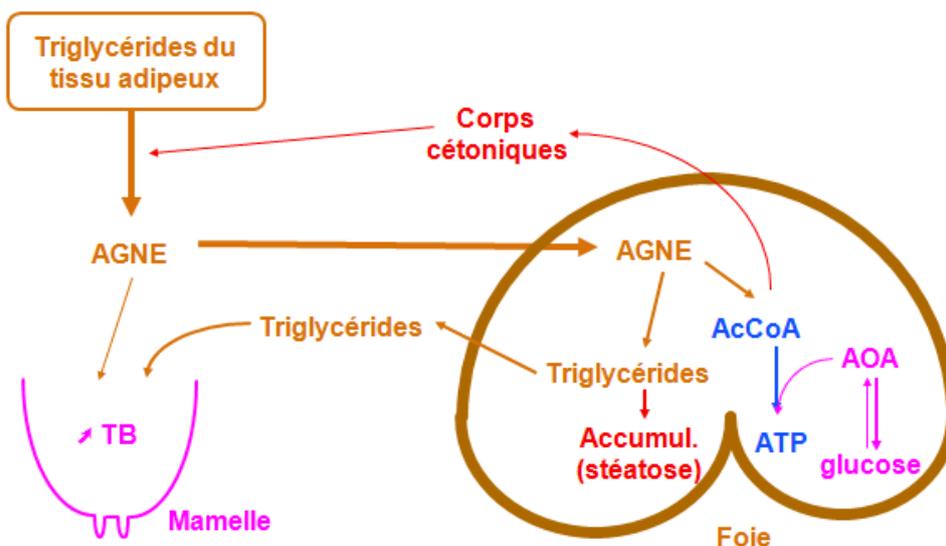


Figure 3 : Mécanismes métaboliques et biochimiques à l'origine d'une hausse du TB lors de déficit énergétique (Enjalbert, ENVT 2012)

Une cétose subclinique peut également être déclenchée par un stress chez des vaches très grasses en tout début de lactation. Le stress est alors l'élément déclencheur de la lipolyse et la mise en circulation d'AGNE (Duffield, 2000). La glycémie étant normale, les AGNE sont principalement estérifiés en TG, ce qui conduit à des phénomènes d'accumulation et à une stéatose hépatique. On parle de cétose de type II.

## **Conséquences zootechniques et impact sur la composition du lait**

Les conséquences de la cétose subclinique sont très variables et dépendent de son intensité et de sa durée. On peut observer, entre autre, parmi les effets :

- une diminution de la production laitière : 4 à 10 kg de lait par jour lors de cétose clinique et de 1 à 7 kg de lait lors de cétose subclinique (Ferre, 2004).
- une diminution des défenses immunitaires (Detilleux, 1995) : (i) baisse de la lymphoprolifération et de la production d'Immunoglobulines (Ig) pour une concentration respective en AGNE de 1 et 0,065 mmol/L ; (ii) baisse d'expression des marqueurs CD11b et CD11c des neutrophiles ; (iii) baisse de la production de radicaux libres et de la cytotoxicité cellulaire dépendante ou indépendante de anticorps sur des vaches en stéatose hépatique (TG > 40 mg/g de foie) (Lacetera, 2005).
- une diminution de la fertilité : retour en chaleur retardé, chaleurs silencieuses, non délivrance... (Madouasse, 2010).

Dans certains cas, l'accumulation des CC est telle qu'elle provoque une cétose clinique caractérisée par une anorexie (ou dysorexie et ses conséquences : production laitière en chute, amaigrissement rapide) associée à une odeur de 'pomme' de l'air expiré, urine et lait et dans de rares cas à des troubles nerveux (démarche ébrieuse, salivation, animal inquiet, à l'écart du troupeau) (Duffield, 2000). A l'échelle du troupeau, il est possible d'observer ce genre de cétose.

La cétose subclinique a aussi un effet sur la composition du lait (Grieve, 1986). De nombreuses études expérimentales rapportent également l'association entre le changement de composition du lait et un Bilan Énergétique Négatif (BEN) (Duffield, 1997 ; De Vries, 2000 ; Heuer, 2001).

La cétose subclinique entraîne une augmentation du TB et une diminution du TP (déficit en UFL et +/- PDI de la ration) (Grieve, 1986).

### **Facteurs de risque**

Tous les paramètres réduisant l'appétit, la capacité d'ingestion et l'assimilation de la ration sont des facteurs de risque de cétose subclinique.

Les facteurs alimentaires regroupent une ration déséquilibrée ou insuffisante, trop riche au tarissement (engraissement excessif au vêlage), une transition alimentaire mal gérée voire absente. Toute maladie intercurrente affectant l'ingestion des vaches est un facteur de risque ; citons par exemple l'hypocalcémie, la métrite, la mammite ou encore l'acidose ruminale chronique.

### **Impact économique**

Les pertes économiques dues à la cétose subclinique comprennent des coûts de traitement, ou de prévention à base de Propylène Glycol, une diminution de la production laitière, des troubles de la reproduction, des déplacements de caillette et dans des cas extrêmes une réforme anticipée (Heuer, 2000 ; De Vries, 2000 ; Madouasse, 2010 ; Santschi, 2011). Cependant, l'impact économique du coût de la cétose subclinique reste mal documenté. La cétose clinique a un impact économique individuel bien plus important (risque de mortalité, intervention vétérinaire, perte de production...) mais est rarement dissociée de la cétose subclinique dans les différentes études.

#### **1.4. ENJEUX ET OBJECTIFS DE L'ETUDE**

En raison des difficultés techniques d'évaluer la prévalence de la cétose subclinique et de l'acidose ruminale chronique dans les troupeaux ainsi que du coût associé à l'utilisation des méthodes conventionnelles, l'utilisation des taux du lait pour atteindre cet objectif semble intéressant.

Cette étude a pour objectif premier de décrire quelques caractéristiques de la production laitière française en 2005 et 2006 : production laitière (quantité), Comptage Cellulaire Moyen pondéré (CCSMP), TB, TP, à travers des données statistiques et une cartographie par bassin laitier, par race et par saison.

Le second objectif est d'évaluer la prévalence apparente de troubles métaboliques (acidose ruminale chronique et cétose subclinique) par bassin laitier, par race et par saison, à partir de l'analyse des Taux Butyreux et Protéiques du lait. Différents critères diagnostiques de ces maladies métaboliques seront comparés et analysés.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. BASES DE DONNEES

#### 2.1.1. Le Contrôle Laitier

Les données du Contrôle Laitier français de 2005 et 2006 ont été fournies par France Génétique Elevage (FGE, <http://www.france-genetique-elevage.fr/>), 4,294 millions de vaches ont au moins eu un contrôle en 2005 et 2006. Les données liées à la lactation regroupaient la date de vêlage, le rang de lactation, le stade de lactation, la production laitière brute, la production cumulée en 305 jours, le CCS, le TB, le TP et la date de tarissement. La durée du tarissement a été définie comme le nombre de jours entre la date de tarissement et la date du vêlage suivant.

Tous les contrôles incluant plus de 6 vaches par élevage ont été retenus. Toutes les dates de contrôle ont été ramenées aux 24 mois de la période (n°1 : janvier 2005 à n°24 : décembre 2006). Lorsque deux contrôles ont eu lieu le même mois (le plus souvent en début et en fin de mois), une des deux dates a été modifiée de telle manière à ne garder qu'un seul contrôle par mois et par élevage.

#### 2.1.2. Les autres bases de données

Les informations sur les communes sont issues de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE, <http://www.insee.fr/>).

Les 11 bassins laitiers ont été définis par le Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL, <http://www.cniel.com/>, Tableau 4 et Figure 4) et sont en accord avec les différents systèmes d'élevages laitiers français décrits (Rouquette, 1995 ; Raboisson, 2004 ; Sarzeaud, 2008).

La répartition en 11 zones de production a cependant été ramenée en avril 2011 à 9 bassins, avec la création du bassin Sud-Est regroupant les bassins Savoie et Rhône-Alpes (<http://www.web-agri.fr/>) et du bassin Grand-Est regroupant les bassins Est et Franche-Comté.

La répartition en 11 bassins a été conservée dans la présente étude.

Nom du bassin laitier	Composition du bassin (Région et / ou départements)
1. Grand-Ouest	Bretagne + Pays-de-la-Loire
2. Normandie	Basse-Normandie + Haute-Normandie
3. Nord	Nord-Pas-de-Calais + Picardie
4. Est	Alsace + Lorraine + les départements de l'Aube, Côte-d'Or, Haute-Marne, Marne et Yonne
5. Centre	Centre + le département de la Nièvre
6. Poitou	Poitou-Charentes + le département de la Haute-Vienne
7. Massif-Central	Auvergne + les départements de la Corrèze et la Creuse
8. Rhône-Alpes	Provence-Alpes-Côte-d'Azur + Rhône-Alpes sans les départements la Savoie et de la Haute-Savoie
9. Sud-Ouest	Aquitaine + Languedoc-Roussillon + Midi-Pyrénées
10. Franche-Comté	Franche-Comté
11. Savoie	Départements de la Haute-Savoie et de la Savoie

Tableau 4 : Composition des 11 bassins laitiers (CNIEL, 2005)

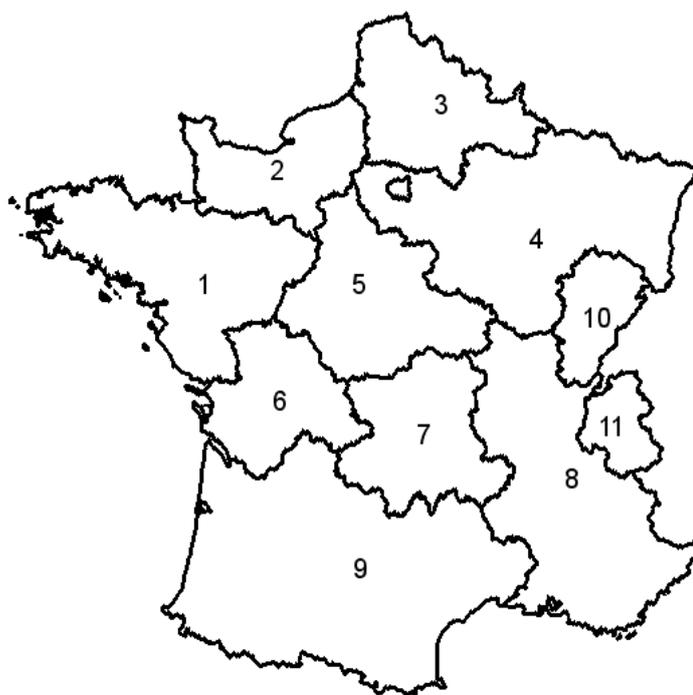


Figure 4 : Carte des 11 bassins laitiers français (CNIEL, 2005)

### **2.1.3. Contrôle des données**

La redondance dans l'enregistrement des données a permis l'investigation de la concordance entre les différentes bases de données. Des procédures semi-automatiques ont été mises en place afin de corriger les erreurs suspectées ou détectées en croisant les informations de la base de données du Contrôle Laitier et la Base de Données Nationale d'Identification (BDNI). La correspondance entre les données de la BDNI et du Contrôle Laitier était très bonne, les dates de vêlage différaient très rarement ( $< 0,05\%$ ) (Raboisson, 2010).

Parmi les vérifications figuraient les correspondances entre les dates de naissance des veaux et dates de vêlage d'une part et les dates de vêlages et dates de début de lactation d'autre part. En cas de résultat discordant, les données de la BDNI ont été retenues.

## 2.2. VARIABLES UTILISEES

Toutes les variables ont été calculées pour l'ensemble des animaux présents dans une exploitation avec au moins 6 vaches en lactation le jour du contrôle.

### 2.2.1. La Production Laitière

La production laitière journalière correspond à la quantité de lait mesurée (ou estimée si protocole AT) sur une journée. Elle s'exprime en kg.

La production laitière moyenne cumulée en 305 jours est également utilisée afin d'évaluer la production de toutes les vaches sur une même période.

### 2.2.2. Le Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré : CCSMP

Le Comptage Cellulaire Somatique (CCS) est utilisé comme outil de diagnostic d'infection intra-mammaire depuis les années 60 (Sordillo, 1997). Il s'exprime en cellules/mL de lait.

Afin de tenir compte de la production laitière réalisée, et de la quantité totale de cellules dans le lait de tank, le Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré (CCSMP) a été retenu :

**CCSMP exploitation E, mois M = somme (CCS vache n X production laitière journalière vache n) / somme (production laitière journalière de l'ensemble des vaches du troupeau).**

Le CCSMP s'exprime également en cellules/mL de lait.

### 2.2.3. Les Taux Butyreux et Protéiques

Le Taux Butyreux (TB) et le Taux Protéique (TP) du lait représentent respectivement les teneurs en matière grasse et en matière azotée du lait. Ils s'expriment en g/kg.

Lors de protocole AT, les coefficients AT ne sont pas utilisés pour corriger les taux en fonction des heures de traite. Les résultats bruts sont alors renseignés.

#### **2.2.4. Etude des Taux Butyreux et Protéiques comme indicateur de troubles métaboliques**

Le rapport TB/TP se situe généralement autour de 1,25 (Quist, 2008). A titre comparatif, il est de 1,24 en 2005 et 2006 en moyenne en France. Cependant de nombreux facteurs peuvent faire varier ce rapport. L'alimentation est le premier facteur de variation des taux, mais d'autres éléments comme la race, le stade de lactation et le rang de lactation sont à considérer (Friggens, 2007 ; Quist, 2008).

L'acidose ruminale chronique provoque une chute du TB (syndrome de dépression du gras) et une légère augmentation, non systématique et souvent transitoire, du TP. Les indicateurs d'acidose ruminale chronique retenus ici sont :

- TB/TP < 1 : 'inversion des taux' (facilement visualisable en pratique)
- $0 < TB - TP < 3$  : 'taux rapprochés'
- $TB \leq 35$  : 'chute du TB'

La cétose subclinique provoque un éloignement des taux avec une diminution du TP et une augmentation du TB. Les indicateurs retenus, ici, sont :

- TB/TP > 1,5 : éloignement important des taux
- TB/TP > 1,33 : éloignement moins important des taux
- TP < 31 et TB > 41 : 'taux extrêmes' association de la diminution du TP et de

l'augmentation du TB

- $TP \leq 28$  : 'chute du TP'
- $TB \geq 45$  : 'hausse du TB'

#### **Ajustement des indicateurs à chaque race**

Des ajustements ont été réalisés afin de tenir compte des différences entre les taux moyens de chaque race laitière.

Les ajustements ont été appliqués aux seuils de TB et TP ainsi qu'aux rapports TB/TP. Ils ont été réalisés pour chaque race, à partir des valeurs du TB et du TP moyen calculé sur 2005 et 2006 à partir des données brutes de toutes les exploitations (d'où une sensible différence avec les valeurs exposées par la suite) en réalisant une règle de trois à partir des valeurs de la Prim'holstein pris comme référence (Tableau 5).

Par exemple, le seuil appliqué à la Normandie dans le calcul de l'indicateur  $TP \leq 28$  sera  $[35,2$  (TP moyen de la Normandie)  $\times 28$  (seuil référence)] / 32,7 (TP moyen de la Prim'holstein) = 30,19 g/kg

Pour plus de simplicité dans la lecture des résultats, le nom de l'indicateur ne sera pas changé pour chaque race, il restera celui utilisé pour la Prim'holstein.

	TB (g/kg)	TP (g/kg)	Ajustement des indicateurs d'acidose ruminale chronique par race			Ajustement des indicateurs de cétose subclinique ajustés par race				
			TB/TP <1	0<TB- TP<3	TB≤35	TB/TP >1,5	TB/TP >1,33	TP<31 et TB>41	TP≤28	TB≥45
<b>Prim'holstein (référence)</b>	40,9	32,7	TB/TP <1	0<TB- TP<3	TB≤35	TB/TP >1,5	TB/TP >1,33	TP<31 et TB>41	TP≤28	TB≥45
<b>Montbéliarde</b>	39,9	33,4	TB/TP <0,96	0<TB- TP<2,354	TB≤34 ,11	TB/TP >1,46	TB/TP >1,29	TP<31,71 et TB>39,95	TP≤28 ,64	TB≥43 ,86
<b>Normande</b>	44,1	35,2	TB/TP <1,01	0<TB- TP<3,219	TB≤37 ,68	TB/TP >1,53	TB/TP >1,35	TP<33,42 et TB>44,15	TP≤30 ,19	TB≥48 ,45
<b>Abondance</b>	38,0	34,0	TB/TP <0,89	0<TB- TP<1,458	TB≤32 ,48	TB/TP >1,35	TB/TP >1,19	TP<32,25 et TB>38,05	TP≤29 ,13	TB≥41 ,76
<b>Brune</b>	42,4	34,5	TB/TP <0,99	0<TB- TP<2,884	TB≤36 ,29	TB/TP >1,46	TB/TP >1,32	TP<32,75 et TB>42,52	TP≤29 ,36	TB≥46 ,64
<b>Simmental</b>	40,9	34,0	TB/TP <0,96	0<TB- TP<2,52	TB≤34 ,99	TB/TP >1,46	TB/TP >1,29	TP<32,28 et TB>41	TP≤29 ,15	TB≥45 ,01
<b>Pie Rouge des Plaines</b>	43,3	33,5	TB/TP <1,04	0<TB- TP< 3,583	TB≤37 ,05	TB/TP >1,57	TB/TP >1,38	TP<31,77 et TB>43,40	TP≤28 ,69	TB≥47 ,63
<b>Tarentaise</b>	36,7	33,1	TB/TP <0,88	0<TB- TP<1,314	TB≤31 ,41	TB/TP >1,34	TB/TP >1,18	TP<31,43 et TB>37,80	TP≤28 ,39	TB≥40 ,38

Les valeurs du TB et TP obtenues sont des valeurs moyennes des données individuelles brutes des contrôles effectués entre 2005 et 2006. Les ajustements ont été obtenus à partir des valeurs moyennes des TB et TP en réalisant une règle de trois à partir des valeurs de la Prim'holstein pris comme référence.

**Tableau 5 : Ajustements appliqués aux différentes races dans le calcul des indicateurs d'acidose ruminale chronique et de cétose subclinique**

## 2.3. CALCUL DES PREVALENCES

### 2.3.1. Trois méthodes de calcul

Trois méthodes de calcul sont utilisées dans cette étude. Elles peuvent être réalisées à différentes échelles géographiques (commune, canton, département, bassin, France). Les valeurs sources utilisées sont issues du contrôle individuel mensuel de chaque vache. Une déclinaison est possible par race, par parité ou par stade de lactation.

#### **Méthode 1 : Moyenne nationale des données individuelles des vaches**

La moyenne est directement calculée par exploitation à partir de tous les contrôles individuels de chaque vache sur une année (sans passer par des moyennes communales ou mensuelles). La moyenne utilisée est une moyenne pondérée pour le CCS, arithmétique pour les autres composants du lait (PL, TB, TP).

Pour les maladies métaboliques, l'indicateur est présenté sous la forme d'un pourcentage : [nombre de vaches atteintes / nombre de vaches à risque (= nombre de vaches contrôlées)].

La moyenne arithmétique des exploitations françaises est ensuite réalisée. Nous appellerons '**moyenne nationale**' la moyenne obtenue. Elle représente la **moyenne des exploitations françaises**.

Cette méthode est utilisée pour les calculs des moyennes par race laitière et par bassin laitier.

#### **Méthode 2 : Moyenne nationale des moyennes communales mensuelles par troupeau**

*1<sup>ère</sup> étape* : Pour chaque contrôle (chaque mois), la moyenne de l'exploitation est calculée à partir des valeurs individuelles. La moyenne utilisée est une moyenne pondérée pour le CCS, arithmétique pour les autres composants du lait (PL, TB, TP).

Pour les maladies métaboliques, l'indicateur est présenté sous la forme d'un pourcentage : [nombre de vaches atteintes / nombre de vaches à risque (= nombre de vaches contrôlées)].

On obtient un indicateur mensuel de l'exploitation (moyenne ou % d'animaux).

*2<sup>ème</sup> étape* : La moyenne arithmétique des valeurs des exploitations de chaque commune est réalisée. On obtient une moyenne communale mensuelle (moyenne des exploitations de la commune). L'échelle géographique retenue peut varier.

*3<sup>ème</sup> étape* : La moyenne arithmétique des valeurs de l'ensemble des communes est réalisée. On obtient une **moyenne nationale communale mensuelle**. Cette moyenne nationale communale est calculée pour chacun des contrôles (= chaque mois).

Cette méthode est utilisée par le logiciel CARTO-DYNAMIQUE pour le tracé des cartes (résultats mensuels). Les résultats mensuels sont retranscrits dans cette étude en graphiques afin de mieux visualiser les variations saisonnières des différents paramètres.

#### **Méthode 3 : Moyenne nationale des moyennes communales annuelles par troupeau**

*1<sup>ère</sup> étape* : La moyenne annuelle de l'exploitation est calculée à partir des valeurs des 12 contrôles (si disponibles).

Pour les maladies métaboliques, l'indicateur est présenté sous la forme d'un pourcentage : [nombre de vaches atteintes / nombre de vaches à risque (= nombre de vaches contrôlées)].  
On obtient un indicateur annuel de l'exploitation (moyenne ou % d'animaux).

2<sup>ème</sup> étape : La moyenne arithmétique des valeurs des exploitations de chaque commune est réalisée. On obtient une moyenne communale annuelle.

3<sup>ème</sup> étape : La moyenne arithmétique des moyennes communales annuelles (moyenne de valeurs moyennes pour PL, CCSMP, TB et TP ; moyenne de pourcentages pour les indicateurs de maladies métaboliques) est réalisée. On obtient une **moyenne nationale communale annuelle**.

Cette méthode est utilisée par le logiciel CARTO-DYNAMIQUE pour le tracé des cartes (résultats annuels). Les résultats annuels sont retranscrits dans cette étude sous forme de cartes de France. Une restriction aux 4 premiers mois de lactation a été réalisée pour les indicateurs de troubles métaboliques (résultats sous la forme d'un tableau).

Les trois méthodes de calcul sont résumées sur la figure 5.

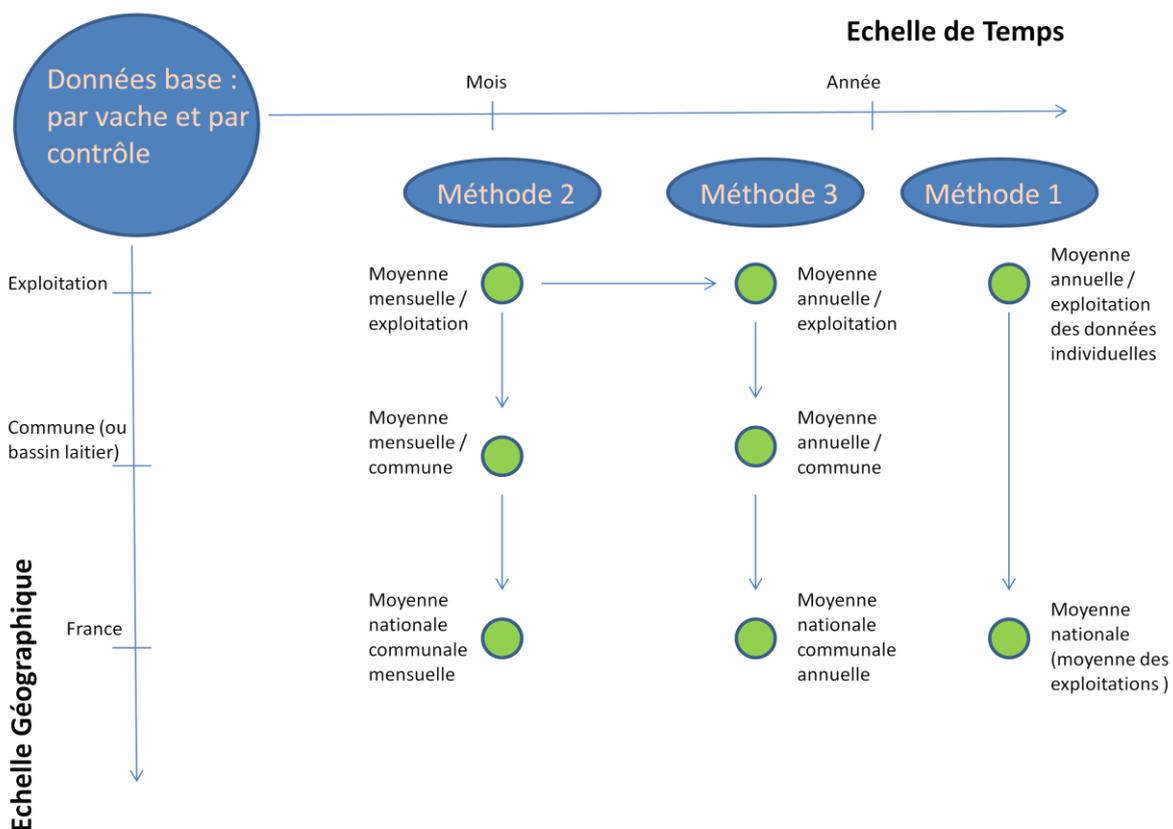


Figure 5 : Méthodes de calcul des différentes moyennes

### **2.3.2. Modalités d'expression des résultats**

#### **Déclinaison mensuelles ou annuelles**

Les moyennes (CCSMP, PL, TB, TP) ou prévalences (indicateurs de maladies métaboliques) mensuelles sont obtenues grâce à la méthode 2 (logiciel CARTO-DYNAMIQUE). Elles ont été calculées pour tous les indicateurs à partir de cartes de France exprimant les moyennes nationales communales mensuelles. Un exemple de cartographie mensuelle est proposé en annexe 7.5 (production laitière en 2005). Les valeurs mensuelles seront présentées sous la forme de graphiques représentant plus nettement les variations saisonnières.

Les moyennes et prévalences annuelles sont obtenues via le logiciel CARTO-DYNAMIQUE (méthode 3) et le logiciel R® (méthode 1). Elles ont également été calculées pour tous les indicateurs et sont présentées sous forme de tableaux ou de cartes.

#### **Déclinaison par bassin laitier**

Les moyennes ou prévalences annuelles de tous les paramètres ont été calculées par bassin laitier grâce à la méthode 1 de calcul. Les résultats seront retranscrits sous la forme de tableaux.

#### **Déclinaison par race laitière**

Les moyennes et prévalences annuelles de tous les paramètres ont été calculées pour les 8 principales races laitières françaises grâce à la méthode 1. Les résultats seront également présentés sous la forme de tableaux.

Chaque exploitation laitière était associée à une unique race de vaches. Lorsque dans une exploitation, une race dépassait 75% des vaches en lactation, cette race était considérée comme majoritaire. Si plusieurs races se côtoyaient sans qu'aucune ne dépasse les 75%, l'exploitation a été exclue de l'étude. Cependant, les cas où aucune race n'était majoritaire n'ont été que sporadiques.

#### **Déclinaison par stade de lactation**

Les prévalences des indicateurs de maladies métaboliques ont été calculées pour tout stade de lactation mais également en restreignant les calculs aux 4 premiers mois de lactation afin d'observer une éventuelle évolution de ces troubles au cours de la lactation (méthode 3).

## **2.4. CREATION DES CARTES VIA CARTO-DYNAMIQUE**

### **2.4.1. CARTO-DYNAMIQUE : serveur de données pour un système d'information collaboratif**

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) a créé l'Observatoire du Développement Rural (ODR), un site collaboratif géré par l'Unité de Service (US) de l'Observatoire du Développement Rural dirigée par Gilles Allaire puis Eric Cahuzac (US-ODR). L'observatoire rassemble des bases de données se rapportant aux mesures de politiques agricoles et agro-environnementales, aux activités agricoles et, plus généralement, au développement rural. Les partenaires de l'ODR sont responsables de différents programmes ouverts soit aux seuls membres accrédités soit plus largement. Ces programmes sont regroupés en réseaux. La plateforme ODR permet de stocker de façon indépendante différentes bases de données appartenant à différents fournisseurs. Ces bases de données sont mises à disposition de différents utilisateurs titulaires, selon des modalités et des conditions fixées par des conventions avec chaque fournisseur de données ou chaque programme de développement / recherche.

CARTO-DYNAMIQUE est une application web (<http://esrcarto.supagro.inra.fr>) de l'ODR qui a pour vocation de rapprocher des données de sources variées centralisées sur un serveur, autour des thématiques de développement rural. Elle facilite la production de résultats statistiques cartographiés.

### **2.4.2. Création d'une carte d'indicateur sous CARTO-DYNAMIQUE**

#### **Première étape : importation / stockage d'une table de données**

La plateforme logicielle de traitement et publication CARTO-DYNAMIQUE est constituée d'un serveur de données utilisant des applications sous PHP-MySQL. Ce serveur de données permet le stockage de données repérées par un codage géographique (dans notre cas, le code géographique de l'INSEE).

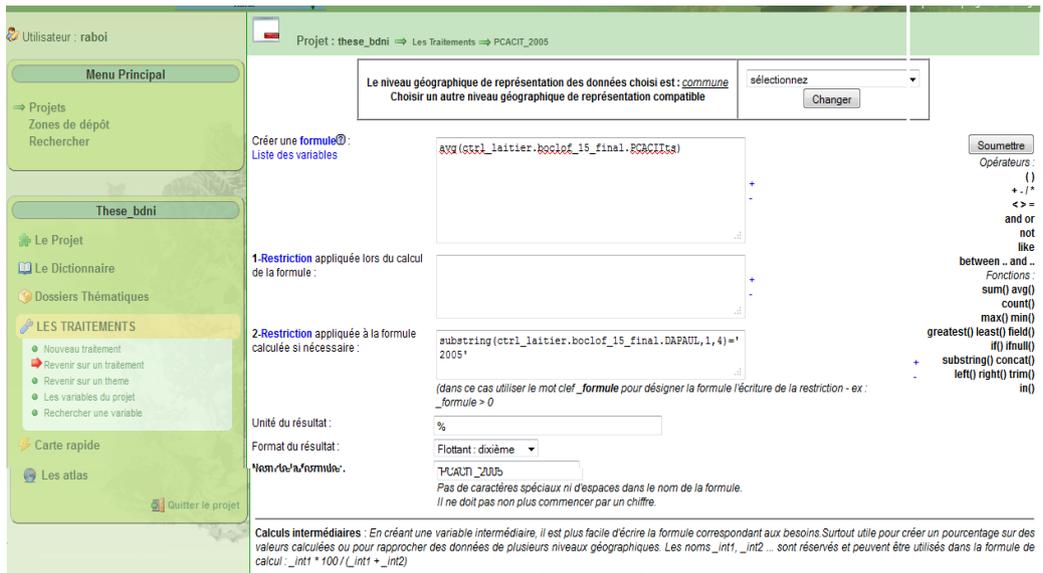
Une fois la table de données créée, elle est importée dans CARTO-DYNAMIQUE dans une « zone de dépôt » qui appartient au dépositaire.

#### **Seconde étape : référencement dans le dictionnaire**

Une fois les variables de la table de données importées, elles sont référencées dans le dictionnaire du projet par le propriétaire des données. Il existe dans CARTO-DYNAMIQUE une table de correspondance entre tous les codages géographiques. Ce codage géographique (« géocodes ») permet de tracer les cartes à un niveau géographique minimum qu'est la commune. Les géocodes de base sont ceux des communes présentes au recensement général de la population (RGP 1999).

#### **Troisième étape : création de la carte**

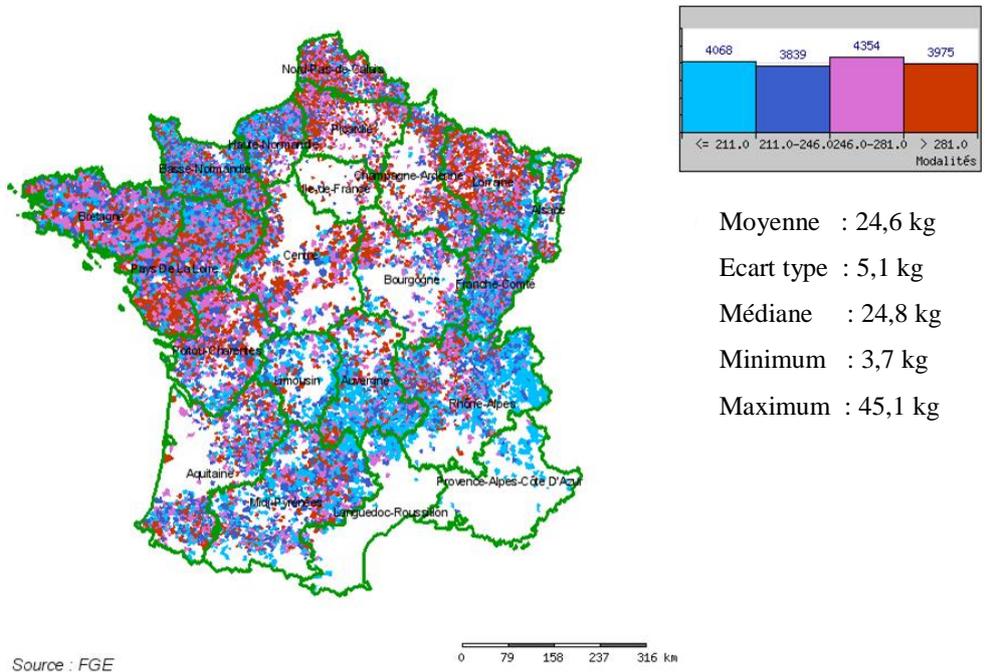
Les cartes sont réalisées dans une interface réservée au propriétaire du projet et permet de s'abstraire du langage SQL. Il suffit d'entrer la formule souhaitée en fonction des variables dont le projet dispose (Figure 6).



Source : <http://esrcarto.supagro.inra.fr>

**Figure 6 : Exemple de calcul dans l'interface de l'ODR permettant de coder les formules pour tracer les cartes**

Une fois la formule validée, le logiciel trace la carte recherchée (Figure 7) et les valeurs associées (moyenne nationale communale, écart type, médiane, minimum, maximum).



Source : FGE

Exemple d'une carte mensuelle représentant la production laitière journalière communale moyenne en janvier 2005 calculée dans CARTO-DYNAMIQUE (méthode 2). La teinte rouge représente les communes dont la production laitière journalière moyenne est la plus élevée ( $> 28,1$  kg), la teinte bleue claire les plus basses ( $\leq 22,1$  kg). Les valeurs en légende sont la moyenne nationale communale mensuelle (moyenne arithmétique des valeurs communales ; méthode 2) et ses valeurs associées (écart type, médiane, minimum et maximum).

**Figure 7 : Moyenne par commune des productions laitières journalières (kg) des troupeaux en janvier 2005**

Si la carte escomptée est une carte annuelle, le calcul réalisé mobilise la méthode 3.

### **Calculs disponibles**

Le logiciel CARTO-DYNAMIQUE utilise les méthodes 2 et 3 de calcul. Il permet donc de calculer des moyennes mensuelles ou annuelles au niveau national en passant par un intermédiaire de calcul de moyennes communales.

## 3. RESULTATS

### 3.1. CHEPTELS ADHERENTS AU CONTROLE LAITIER

#### 3.1.1. Répartition et nombre d'exploitations inscrites en 2005 et 2006

Le nombre d'élevages contrôlés par mois variait entre 55 000 et 61 000, excepté en juillet et août (respectivement 40 000 et 25 000, vacances des contrôleurs laitiers). Parmi les 64 234 élevages contrôlés au moins une fois entre 2005 et 2006, 49 942 (89,4%) élevages ont été contrôlés au moins 20 fois, 5 316 (9,5%) ont eu moins de 15 contrôles et seulement 586 (0,1%) ont eu 24 contrôles.

En 2005, 60 600 exploitations laitières étaient inscrites au Contrôle Laitier, soit 61% des exploitations laitières françaises. Parmi ces 60 600 exploitations, 34% se trouvaient en Zone d'Appellation d'Origine Protégée (AOP) (Tableau 6).

Exception faite du Massif-Central, plus de la moitié des exploitations laitières des différents bassins laitiers est inscrite au Contrôle Laitier avec un maximum dans le Grand-Ouest (75% des exploitations laitières inscrites en 2005).

zone géographique	Inscription au contrôle laitier		Nombre moyen de vaches en lactation par exploitation (3)		Pourcentage d'exploitations en Zone d'Appellation Protégée
	Nombre d'exploitations 2005 (1) (% total d'exploitations)	Nombre de vaches 2005 (2) (% total de vaches)	2005	2006	
<b>France entière</b>	60,6 (61%)	2,209 (57%)	35,95	36,18	34%
<b>Grand-Ouest</b>	22,5 (75%)	796 (64%)	35,32	35,58	0%
<b>Normandie</b>	8,0 (56%)	320 (53%)	39,58	39,89	87%
<b>Nord</b>	5,1 (55%)	191 (53%)	37,34	38,12	13%
<b>Est</b>	5,1 (63%)	209 (59%)	40,53	40,42	59%
<b>Centre</b>	1,1 (69%)	48 (67%)	41,40	41,50	3%
<b>Poitou</b>	1,9 (69%)	81 (66%)	41,81	42,34	0%
<b>Massif-Central</b>	3,4 (40%)	108 (40%)	31,21	31,43	73%
<b>Rhône-Alpes</b>	4,3 (56%)	131 (57%)	30,21	30,62	18%
<b>Sud-Ouest</b>	5,2 (56%)	169 (57%)	32,22	32,14	31%
<b>Franche-Comté</b>	3,5 (67%)	114 (59%)	32,37	32,30	100%
<b>Savoie</b>	1,2 (55%)	41 (50%)	33,44	33,62	100%

1 - nombre d'exploitations laitières inscrites au Contrôle Laitier en 2005 : chiffre brut du nombre d'exploitations (> 6 vaches en lactation) et % des exploitations du bassin considéré

2 - nombre moyen de vaches présentes le jour du contrôle par commune en 2005 : chiffre brut et % du nombre de vaches en lactation du bassin considéré

3 - nombre moyen de vaches en lactation par exploitation (> 6 vaches en lactation) inscrite au Contrôle Laitier

**Tableau 6 : Caractérisation des cheptels des différents bassins laitiers français adhérents au Contrôle Laitier en 2005 et 2006**

### 3.1.2. Répartition et nombre de vaches inscrites en 2005 et 2006

En 2005, 57% des vaches françaises en lactation étaient inscrites au Contrôle Laitier (Tableau 6). Exception faite du Massif-Central, la moitié des vaches des différents bassins laitiers était en 2005 et 2006 inscrite au Contrôle Laitier.

Le nombre moyen de vaches en lactation par exploitation inscrite au Contrôle Laitier est approximativement de 36 (35,95 en 2005 et 36,18 en 2006, Tableau 6). Ce nombre est en légère augmentation en 2006 par rapport à 2005.

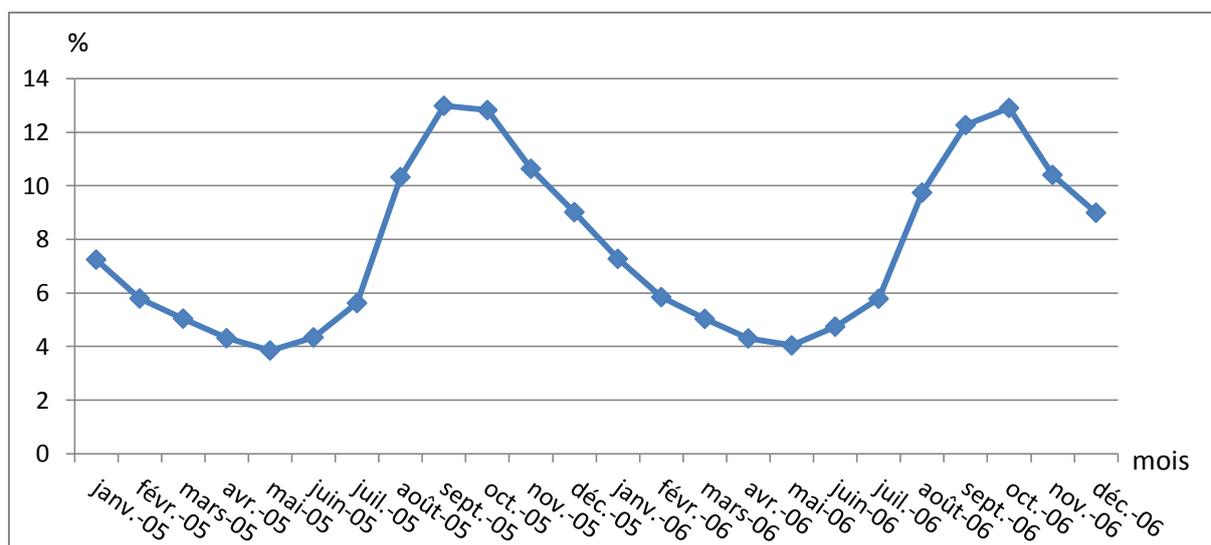
Les trois principales races laitières françaises (Prim'holstein, Montbéliarde et Normande) représentent à elles seules 98% des vaches en lactation (Tableau 7).

Race laitière	Effectif contrôlé en 2005		Effectif contrôlé en 2006	
	Nombre de vaches	% de l'effectif	Nombre de vaches	% de l'effectif
<b>Prim'holstein</b>	1 496 406	76,5%	1 447 196	76,2%
<b>Montbéliarde</b>	267 308	13,7%	262 366	13,8%
<b>Normande</b>	156 128	8,0%	153 348	8,1%
<b>Abondance</b>	11 789	0,6%	11 937	0,6%
<b>Simmental</b>	8 534	0,4%	8 147	0,4%
<b>Brune</b>	8 497	0,4%	8 024	0,4%
<b>Tarentaise</b>	4 311	0,2%	4 289	0,2%
<b>Pie Rouge des Plaines</b>	3 003	0,2%	2842	0,2%

Tableau 7 : Effectif (en nombre de vaches et % de l'effectif contrôlé) des 8 principales races laitières françaises inscrites au Contrôle Laitier en 2005 et 2006

### 3.1.3. Saisonnalité des vêlages en France

La répartition des vêlages en France connaît une saisonnalité marquée avec près d'un quart des vêlages sur les deux seuls mois de septembre et octobre. Ce pic de mise bas est suivi d'une progressive baisse pour atteindre un minimum en mai (4% des vêlages annuels). L'intensité des vêlages augmente par la suite plus rapidement de mai à septembre (+ 4 points entre juillet et août ; Figure 8).



Les données utilisées sont issues du Contrôle Laitier. Elles sont exprimées en pourcentage (nombre de vêlages pour un mois donné / nombre de vêlage sur l'année).

**Figure 8 : Répartition des vêlages en France en 2005 et 2006**

### 3.1.4. Des races représentatives des différents bassins laitiers

Hormis les bassins Franche-Comté, Savoie, Rhône-Alpes et Massif-Central, la Prim'holstein est grandement majoritaire dans tous les bassins laitiers français (Tableau 8). La Montbéliarde est la race spécifique du bassin Franche-Comté et est également fortement présente en Rhône-Alpes et en Savoie. La Normande ne se retrouve guère hors du bassin Normandie. L'Abondance et la Tarentaise se retrouvent dans le bassin Savoie et sporadiquement ailleurs. La Brune, la Simmental et la Pie Rouge des Plaines sont ubiquistes mais en faible effectif dans chacun des bassins.

	<b>Prim'holstein</b>	<b>Montbéliarde</b>	<b>Normande</b>	<b>Abondance</b>	<b>Simmental</b>	<b>Brune</b>	<b>Tarentaise</b>	<b>Pie Rouge des Plaines</b>	<b>Effectif</b>
<b>France entière</b>	76,50%	13,67%	7,98%	0,60%	0,44%	0,43%	0,22%	0,16%	2 209 919
<b>Grand-Ouest</b>	89,04%	1,66%	8,87%		0,03%	0,07%		0,33%	796 371
<b>Normandie</b>	64,50%	0,40%	34,88%			0,03%		0,19%	319 930
<b>Nord</b>	99,23%	0,18%	0,48%		<0,01%	0,08%		0,02%	191 159
<b>Est</b>	89,23%	7,35%	0,02%		1,95%	1,43%	<0,01%		209 211
<b>Centre</b>	93,59%	0,8%	5,22%		0,12%	0,26%			48 278
<b>Poitou</b>	93,44%	1,94%	4,62%		<0,01%	<0,01%		<0,01%	81 077
<b>Massif-Central</b>	56,23%	40,64%	0,71%	0,77%	0,69%	0,59%	0,23%	0,13%	108 189
<b>Rhône-Alpes</b>	34,85%	62,66%		1,36%	0,61%	0,18%	0,34%		130 694
<b>Sud-Ouest</b>	89,47%	5,68%	0,49%	0,16%	1,57%	2,60%	0,02%		169 346
<b>Franche-Comté</b>	4,95%	94,34%			0,70%	0,01%			113 936
<b>Savoie</b>	4,62%	56,62%		27,47%	0,21%	0,28%	10,80%		41 728

Les cases vides indiquent que la race considérée n'est majoritaire (> 75%) dans aucune des exploitations inscrites au Contrôle laitier du bassin correspondant.

**Tableau 8 : Distribution des 8 principales races laitières par bassin laitier en 2005**

## 3.2. PRODUCTION LAITIÈRE

### 3.2.1. Production laitière par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	Production laitière (kg) (cumulée en 305 jours) en 2005 (écart type)	Production laitière (kg) (cumulée en 305 jours) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	7 293 (1 196)	7 403 (1 231)	+ 1,5%
Montbéliarde	267 308	5 960 (1 033)	6 044 (1 085)	+ 1,4%
Normande	156 128	5 531 (813)	5 601 (849)	+ 1,3%
Abondance	11 789	4 901 (968)	4 941 (946)	+ 0,8%
Simmental	8 534	5 336 (972)	5 430 (908)	+ 1,7%
Brune	8 497	5 980 (1 221)	5 961 (1 164)	- 0,3%
Tarentaise	4 311	3 913 (654)	3 992 (670)	+ 2,0 %
Pie Rouge des Plaines	3 003	6 533 (963)	6 837 (1 031)	+ 4,6%

Les valeurs représentent la moyenne par race de la production laitière (kg) cumulée en 305 jours par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 9 : Moyenne et évolution par race de la production laitière annuelle (kg), cumulée en 305 jours, en 2005 et 2006**

La Prim'holstein est la plus forte productrice des races françaises avec une moyenne bien supérieure à 7 000 kg de lait par an (Tableau 9). La Pie Rouge des Plaines est en seconde position avec plus de 6 500 kg de lait par an en moyenne, suivie par la Montbéliarde et la Brune. L'Abondance mais surtout la Tarentaise ont des productions annuelles bien plus faibles, autour des 5 000 et 4 000 kg de lait par an.

On note une légère augmentation de la production laitière annuelle entre 2005 et 2006 pour toutes les races étudiées, exception faite de la Brune (- 0,3%), avec une augmentation maximale de 4,6% pour la Pie Rouge des Plaines.

Les écarts types sont généralement proportionnels à la production, sauf pour la Brune qui se distingue par des écarts types plus importants.

### 3.2.2. Analyse géographique

- Production laitière par bassin laitier

<b>Bassin laitier</b>	<b>Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)</b>	<b>Production laitière (kg) (cumulée en 305 jours) en 2005 (écart type)</b>	<b>Production laitière (kg) (cumulée en 305 jours) en 2006 (écart type)</b>	<b>Evolution entre 2005 et 2006</b>
<b>France entière</b>	2 209 919	6 800 (1 275)	6 899 (1 305)	+ 1,4%
<b>Grand-Ouest</b>	796 371	7 148 (1 196)	7 281 (1223)	+ 1,9%
<b>Normandie</b>	319 930	6 451 (1 344)	6 534 (1 369)	+1,3%
<b>Nord</b>	191 159	7 323 (1 246)	7 442 (1 291)	+ 1,6 %
<b>Est</b>	209 211	6 974 (1 270)	7 109 (1 333)	+ 1,9%
<b>Centre</b>	48 278	7 383 (1 361)	7 520 (1 363)	+ 1,9%
<b>Poitou</b>	81 077	7 038 (1 378)	7 130 (1 413)	+ 1,3%
<b>Massif-Central</b>	108 189	5 856 (1 368)	5 906 (1 368)	+ 0,8%
<b>Rhône-Alpes</b>	130 694	6 240 (1 355)	6 325 (1 422)	+ 1,4%
<b>Sud-Ouest</b>	169 346	6 758 (1 440)	6 757 (1 457)	+ 0,0%
<b>Franche-Comté</b>	113 936	6 216 (907)	6 321 (953)	+ 1,7%
<b>Savoie</b>	41 728	5 376 (1 158)	5 424 (1 167)	+ 0,9%

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier de la production laitière (kg) cumulée en 305 jours par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 10 : Moyenne et évolution par bassin laitier de la production laitière annuelle (kg), cumulée en 305 jours, en 2005 et 2006**

Le bassin Centre a la production laitière annuelle par vache la plus élevée avec 7 383 kg et 7 520 kg de lait en 2005 et 2006 (Tableau 10). Seuls 4 bassins : Grand-Ouest, Nord, Centre et Poitou sont au dessus des 7 000 kg de lait par vache et par an de moyenne.

La Savoie et le Massif-Central sont les deux uniques bassins en dessous des 6 000 kg de lait par vache et par an, les autres bassins se situent entre 6 000 et 7 000 kg de lait par vache et par an.

- Répartition de la production laitière journalière en France

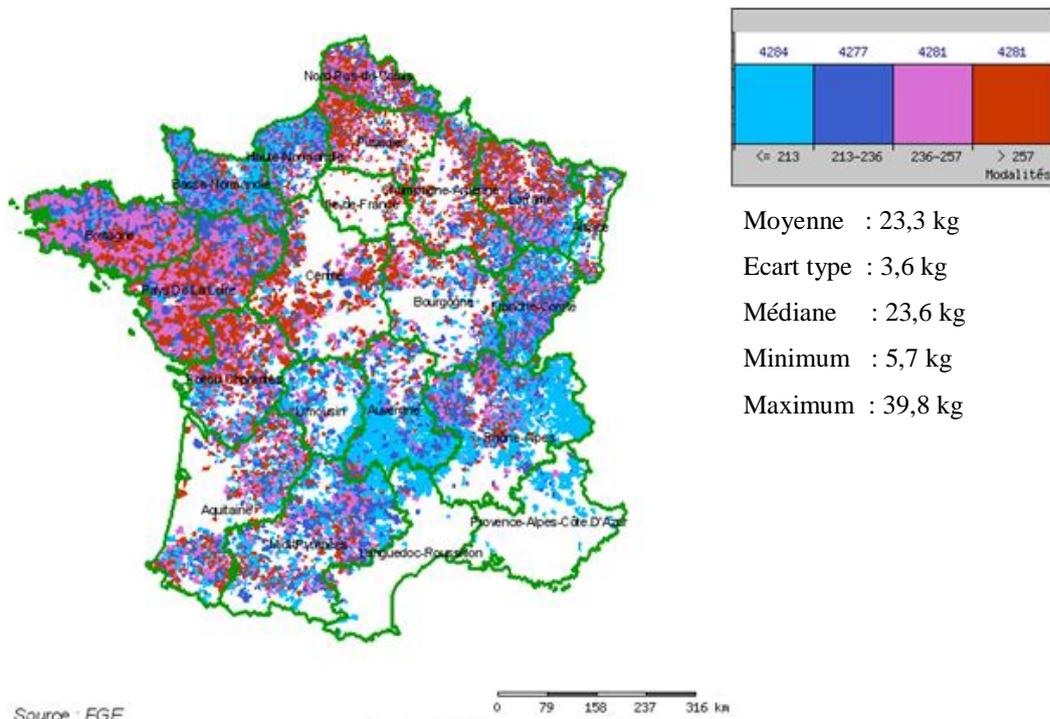


Figure 9 : Moyenne communale de la production laitière journalière (kg) des troupeaux en 2005

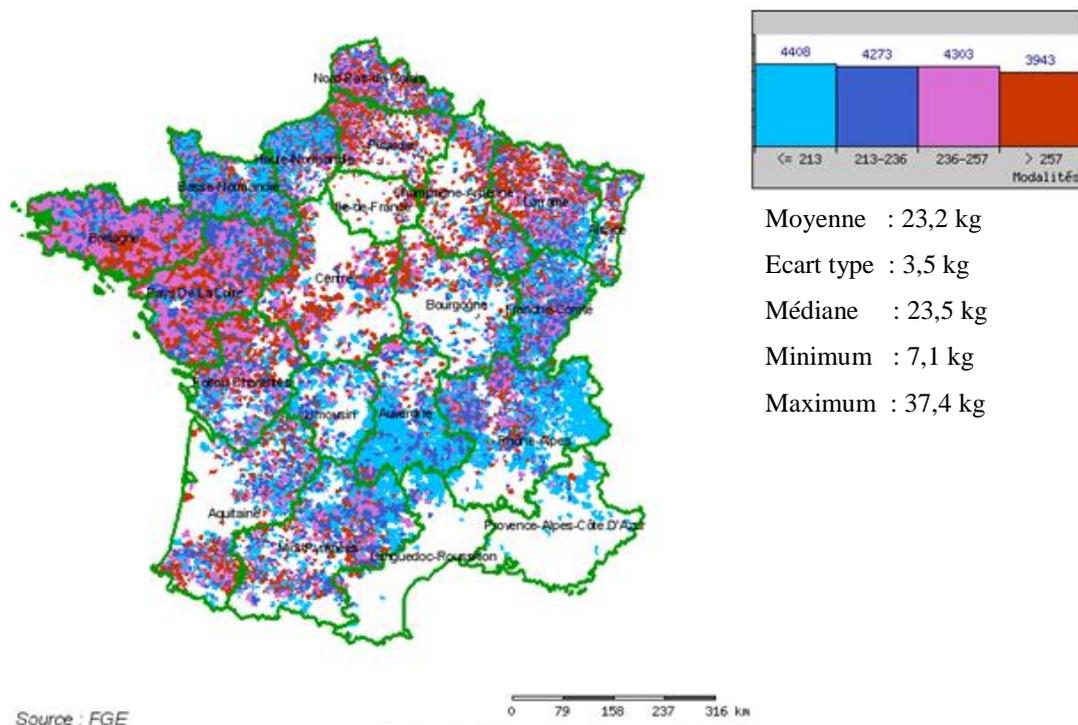


Figure 10 : Moyenne communale de la production laitière journalière (kg) des troupeaux en 2006

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles des productions laitières journalières (kg) : moyenne arithmétique des moyennes annuelles des exploitations de la commune (méthode 3).

Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle des productions laitières journalières (kg) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 3).

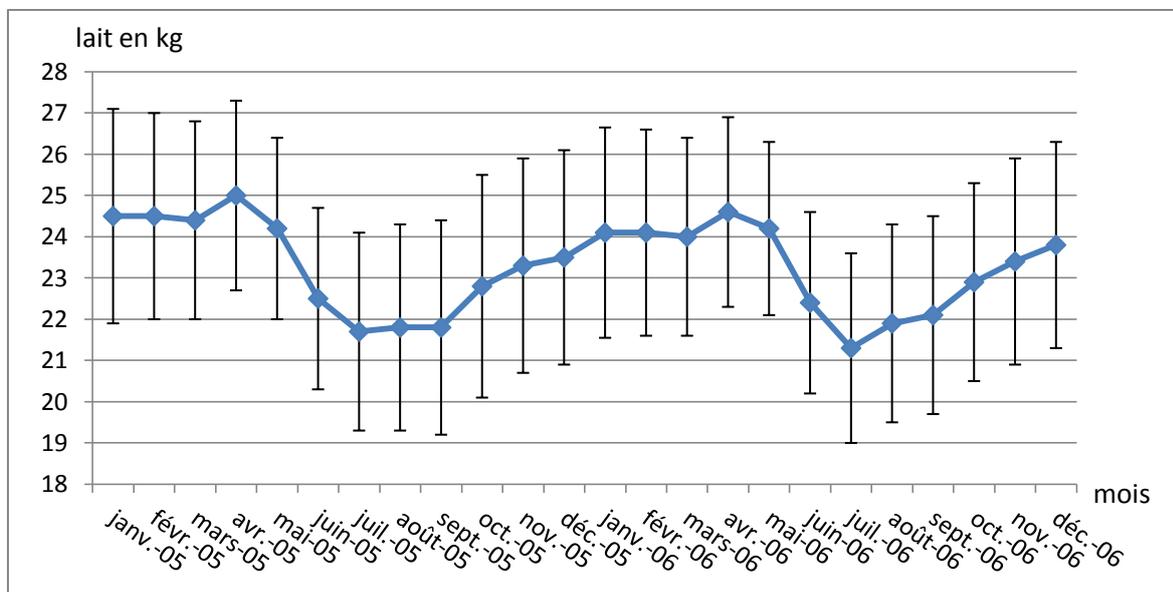
Les zones de plaines comme le Grand-Ouest, le Centre, le Poitou, le Nord et l'Est, exception faite de la Normandie, ont globalement une production moyenne dépassant fréquemment les 25 kg/jour (tons rouges). D'autres zones (plutôt montagnardes) ont une production moyenne communale dépassant difficilement les 21 kg/jour (tons bleus) comme le Massif-Central, la Savoie ou la Normandie (Figures 9 et 10).

Les bassins Sud-Ouest, Rhône-Alpes et Franche-Comté apparaissent plutôt hétérogènes.

La moyenne nationale communale annuelle est plutôt stable entre 2005 et 2006 (- 0,1 kg de lait). Les cartes sont globalement similaires en 2005 et 2006. La médiane est très proche de la moyenne (+ 0,3 kg en 2005 et 2006) indiquant une répartition homogène des valeurs de part et d'autre de la moyenne.

En accord avec l'augmentation de production observée pour les races laitières entre 2005 et 2006 (Tableau 9), la production par bassin est elle aussi en augmentation de 0 à 1,9% entre 2005 et 2006 (de 0% pour le Sud-Ouest à 1,9 % pour le Centre, l'Est et le Grand-Ouest ; Tableau 10). La production laitière moyenne nationale est en augmentation entre 2005 et 2006 (+ 1,4%).

### 3.2.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle des productions laitières journalières (kg) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 2).

**Figure 11 : Evolution mensuelle de la production laitière journalière (kg) communale moyenne entre 2005 et 2006**

La production laitière journalière moyenne est maximale de janvier à avril, puis diminue rapidement de mai à juillet pour atteindre un minimum en juillet-août (Figure 11). Elle remonte ensuite plus progressivement de septembre à janvier.

On retrouve les mêmes évolutions en 2005 et 2006 avec cependant un minimum qui prend la forme d'un plateau en 2005 (juillet/août/septembre) et d'un léger pic en juillet 2006.

Les écarts types varient entre 4,19 kg (mai 2005) et 5,22 kg (décembre 2005).

### 3.3. COMPTAGE CELLULAIRE SOMATIQUE MOYEN PONDERE

#### 3.3.1. Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré (CCSMP) par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	CCSMP (cellules/mL) en 2005 (écart type)	CCSMP (cellules/mL) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	276 869 (113 738)	276 978 (117 373)	+ 0,0%
Montbéliarde	267 308	224 095 (104 582)	224 315 (101 874)	+ 0,1%
Normande	156 128	261 044 (99 471)	260 227 (102 103)	- 0,3%
Abondance	11 789	166 480 (92 208)	174 112 (105 520)	+ 4,6%
Simmental	8 534	177 070 (80 317)	188 143 (93 289)	+ 6,2%
Brune	8 497	257 984 (101 974)	254 102 (106 932)	- 1,5%
Tarentaise	4 311	243 869 (111 634)	259 093 (121 750)	+ 6,2%
Pie Rouge des Plaines	3 003	239 744 (94 861)	234 216 (94 440)	- 2,3%

Les valeurs représentent la moyenne par race du CCSMP (cellules/mL) par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1). Chaque exploitation étant associée à une unique race de vaches majoritaire (> 75%).

**Tableau 11 : Moyenne et évolution par race des CCSMP annuels (cellules/mL) en 2005 et 2006**

La Prim'holstein est la race avec le CCSMP annuel le plus élevé en 2005 comme en 2006 (> 276 500 cellules/mL ; Tableau 11). La Normande, la Brune, la Tarentaise, la Pie Rouge des Plaines et la Montbéliarde viennent ensuite avec des CCSMP moyens supérieurs à 220 000 cellules/mL.

La Simmental et surtout l'Abondance se distinguent avec des CCSMP faibles (< 190 000 cellules/mL).

L'évolution entre 2005 et 2006 varie selon les races, avec des variations très faibles (+ 0,04% pour la Prim'holstein) à très fortes (+ 6,2% pour la Tarentaise). La Pie Rouge des Plaines (- 2,3%), la Brune (- 1,5%) et la Normande (- 0,3%) sont les seules races dont le CCSMP a baissé entre 2005 et 2006.

### 3.3.2. Analyse géographique

- CCSMP par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	CCSMP (cellules/mL) en 2005 (écart type)	CCSMP (cellules/mL) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
<b>France entière</b>	2 209 919	269 658 (114 207)	269 152 (115 595)	- 0,2%
<b>Grand-Ouest</b>	796 371	255 833 (99 217)	257 514 (104 514)	+ 0,7%
<b>Normandie</b>	319 930	271 472 (102 772)	269 885 (107 300)	- 0,6%
<b>Nord</b>	191 159	285 701 (112 039)	285 064 (113 213)	- 0,2%
<b>Est</b>	209 211	262 333 (114 642)	260 136 (116 735)	- 0,8%
<b>Centre</b>	48 278	308 701 (123 598)	298 743 (120 306)	- 3,2%
<b>Poitou</b>	81 077	327 993 (126 701)	325 875 (125 788)	- 0,6%
<b>Massif-Central</b>	108 189	274 475 (135 371)	274 031 (127 877)	- 0,1%
<b>Rhône-Alpes</b>	130 694	252 054 (109 025)	255 052 (114 161)	+ 2,0%
<b>Sud-Ouest</b>	169 346	323 076 (139 420)	323 129 (143 238)	+ 0,0%
<b>Franche-Comté</b>	113 936	218 542 (98 558)	222 109 (100 870)	+ 1,6%
<b>Savoie</b>	41 728	186 059 (94 944)	189 138 (97 540)	+ 1,6%

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du CCSMP (cellules/mL) par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 12 : Moyenne et évolution par bassin laitier des CCSMP annuels (cellules/mL) en 2005 et 2006**

Le Poitou et le Sud-Ouest sont les deux bassins dont les CCSMP moyens annuels sont supérieurs à 320 000 cellules/mL en 2005 et 2006 (Tableau 12).

On constate des CCSMP moyens bien plus faibles et nettement inférieurs à la moyenne française dans les deux bassins laitiers entièrement en Zone d'Appellation d'Origine Protégée : Franche-Comté et Savoie (< 225 000 cellules/mL).

Les autres bassins laitiers ont des CCSMP compris entre 250 000 et 310 000 cellules/mL.

- Répartition du CCSMP en France

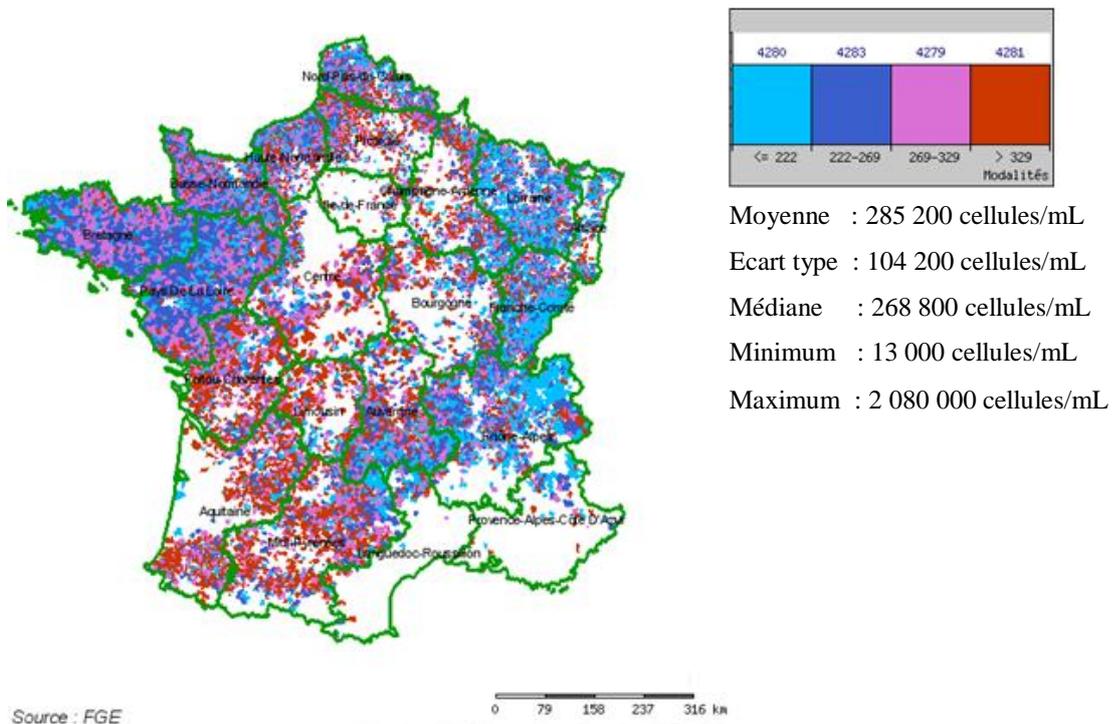


Figure 12 : Moyenne communale des CCSMP (cellules/mL) des troupeaux en 2005

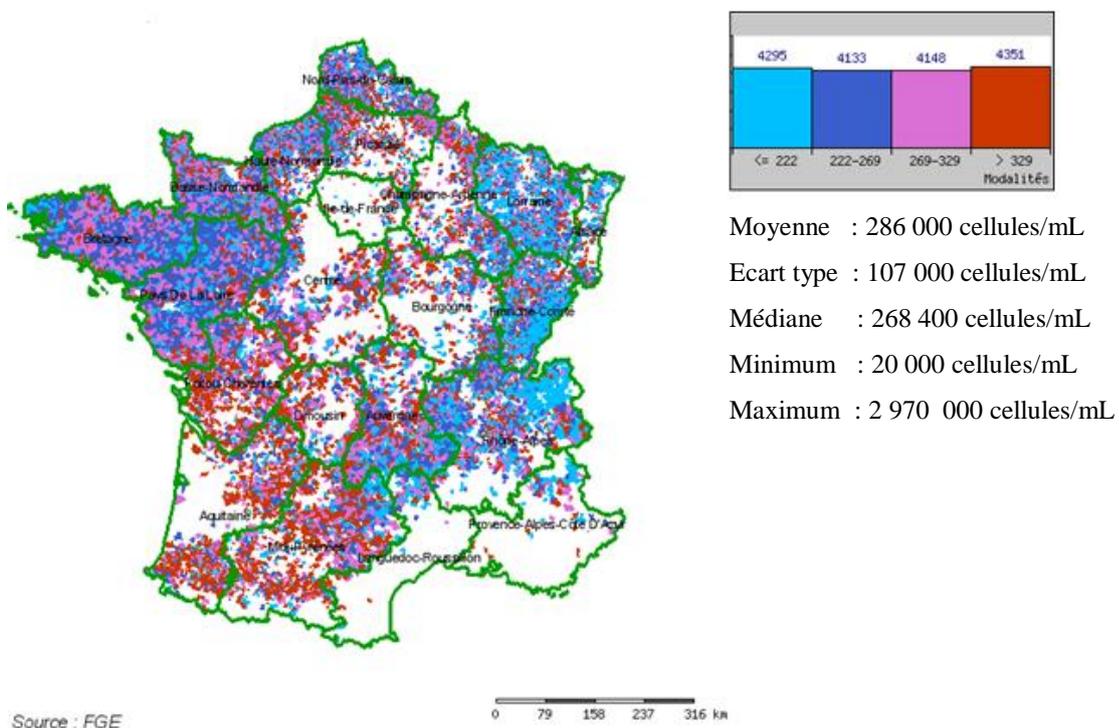


Figure 13 : Moyenne communale des CCSMP (cellules/mL) des troupeaux en 2006

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles des CCSMP (cellules/mL) : moyenne arithmétique des moyennes annuelles des exploitations de la commune (méthode 3).

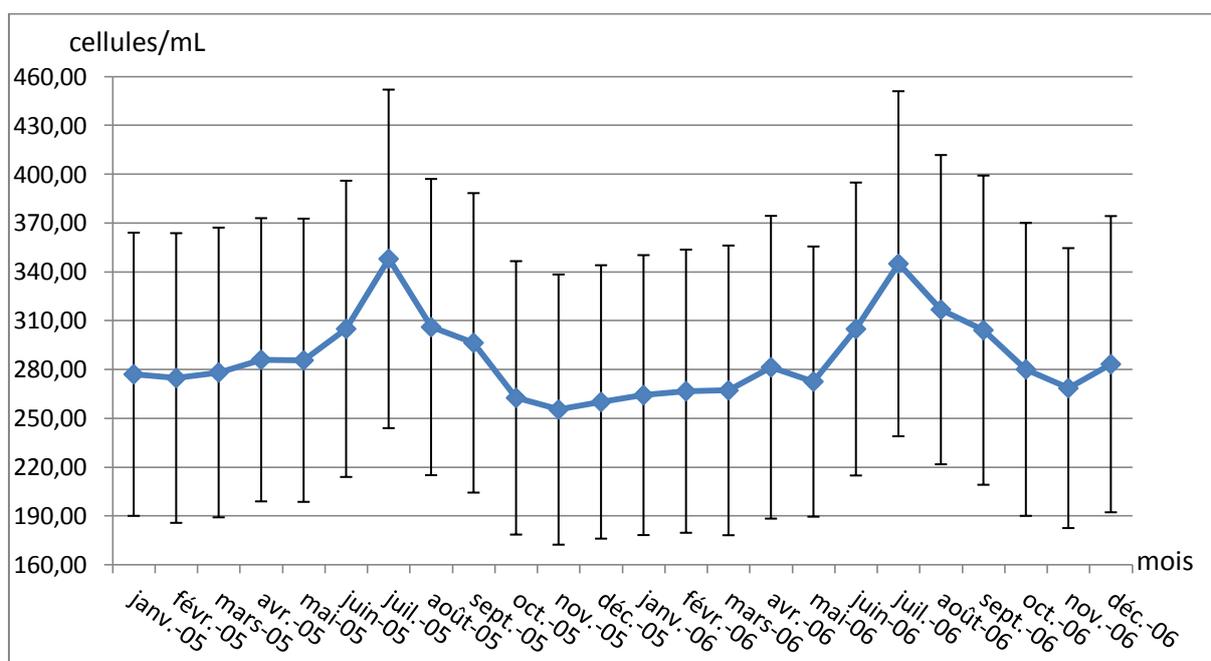
Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle des CCSMP (cellules/mL) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 3).

Les CCSMP les plus élevés (tons rouges) se retrouvent le long d'une diagonale allant du Nord-Est au Sud-Ouest. Les bassins Poitou et Sud-Ouest ressortent très nettement dans des tons rouges. L'Est de la France apparaît dans des tons très bleus, les bassins Grand-Ouest et Normandie sont plus hétérogènes (mélange de tons rouges et bleus).

La moyenne nationale par exploitation du CCSMP est légèrement en recul entre 2005 et 2006 (- 0,2%). Cette tendance vers une légère diminution du CCSMP constatée ne se retrouve pas au niveau de la moyenne nationale communale française (légère augmentation + 800 cellules/mL).

Les évolutions des bassins laitiers entre 2005 et 2006 sont généralement faibles, les plus grosses variations concernent le bassin Centre (- 3,2%) et le bassin Rhône-Alpes (+ 2%). Ces évolutions ne sont pas visibles au niveau de la cartographie (Figures 12 et 13).

### 3.3.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle du CCSMP (cellules/mL) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 2).

**Figure 14 : Evolution mensuelle du CCSMP (cellules/mL) communal moyen français entre 2005 et 2006**

Le CCSMP est minimal de novembre à mai, il augmente ensuite rapidement pour atteindre un pic estival en juillet aux alentours des 340 000 cellules/mL. Ce pic est suivi d'une diminution plus progressive jusqu'en novembre (Figure 14).

L'évolution mensuelle du CCSMP suit le même profil annuel entre 2005 et 2006.

Les écarts types mensuels sont importants et varient de 165 100 cellules/mL (mai 2006) à 212 200 cellules/mL (juillet 2006).

### 3.4. TAUX BUTYREUX

#### 3.4.1. TB par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB (g/kg) en 2005 (écart type)	TB (g/kg) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
<b>Prim'holstein</b>	1 496 406	41,09 (2,05)	41,12 (2,02)	+ 0,1%
<b>Montbéliarde</b>	267 308	39,88 (1,86)	39,70 (1,86)	- 0,4%
<b>Normande</b>	156 128	44,10 (2,10)	44,00 (2,08)	- 0,2%
<b>Abondance</b>	11 789	38,03 (1,87)	38,00 (1,69)	- 0,1%
<b>Simmental</b>	8 534	40,82 (1,98)	40,58 (1,78)	- 0,6%
<b>Brune</b>	8 497	42,31 (2,06)	42,11 (1,93)	- 0,5%
<b>Tarentaise</b>	4 311	37,07 (1,87)	36,90 (1,67)	- 0,5%
<b>Pie Rouge des Plaines</b>	3 003	43,64 (2,10)	43,62 (1,80)	- 0,0%

Les valeurs représentent la moyenne par race du TB (g/kg) par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 13 : Moyenne et évolution par race des TB annuels (g/kg) en 2005 et 2006**

La Normande a le TB le plus élevé (> 44 g/kg de moyenne), suivi de près par la Pie Rouge des Plaines puis de la Brune. Au contraire, la Tarentaise a le plus faible TB (< 37,10 g/kg), suivi par l'Abondance (Tableau 13).

L'écart moyen entre les deux extrêmes (Normande et Tarentaise) est conséquent (7 g/kg). Les autres races ont un TB proche des 40 g/kg (+/- 1 g/kg).

Exception faite de la Prim'holstein, le TB annuel moyen a diminué pour toutes les races entre 2005 et 2006. Les variations restent cependant faibles.

### 3.4.2. Analyse géographique

- TB par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB (g/kg) en 2005 (écart type)	TB (g/kg) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
<b>France entière</b>	2 209 919	41,18 (1,98)	41,15 (1,94)	- 0,1%
<b>Grand-Ouest</b>	796 371	42,27 (2,05)	42,28 (2,01)	+ 0,0%
<b>Normandie</b>	319 930	41,61 (2,36)	41,64 (2,28)	+ 0,1%
<b>Nord</b>	191 159	39,91 (1,87)	39,98 (1,79)	+ 0,2%
<b>Est</b>	209 211	40,51 (1,86)	40,51 (1,91)	+ 0,0%
<b>Centre</b>	48 278	41,18 (2,11)	41,39 (2,13)	+ 0,5%
<b>Poitou</b>	81 077	41,34 (2,17)	41,35 (2,10)	+ 0,0%
<b>Massif-Central</b>	108 189	40,62 (2,05)	40,54 (2,01)	- 0,2%
<b>Rhône-Alpes</b>	130 694	40,85 (2,01)	40,71 (1,97)	- 0,3%
<b>Sud-Ouest</b>	169 346	40,40 (2,13)	40,19 (2,07)	- 0,5%
<b>Franche-Comté</b>	113 936	39,25 (1,57)	38,99 (1,55)	- 0,7%
<b>Savoie</b>	41 728	38,09 (1,63)	37,99 (1,57)	- 0,3%

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du TB (g/kg) par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 14 : Moyenne et évolution par bassin laitier des TB annuels (g/kg) en 2005 et 2006**

La Savoie a de loin le plus faible TB annuel (< 38,10 g/kg) suivi par la Franche-Comté (Tableau 14).

A l'inverse, le Grand-Ouest, la Normandie, le Poitou et le Centre ont les TB les plus élevés (> 41 g/kg).

Exception faite du bassin Savoie, l'écart entre les différents bassins n'est pas très important et beaucoup d'entre eux sont très proches de la moyenne nationale des exploitations (41,18 g/kg en 2005 et 41,15 g/kg en 2006).

- Répartition du TB en France

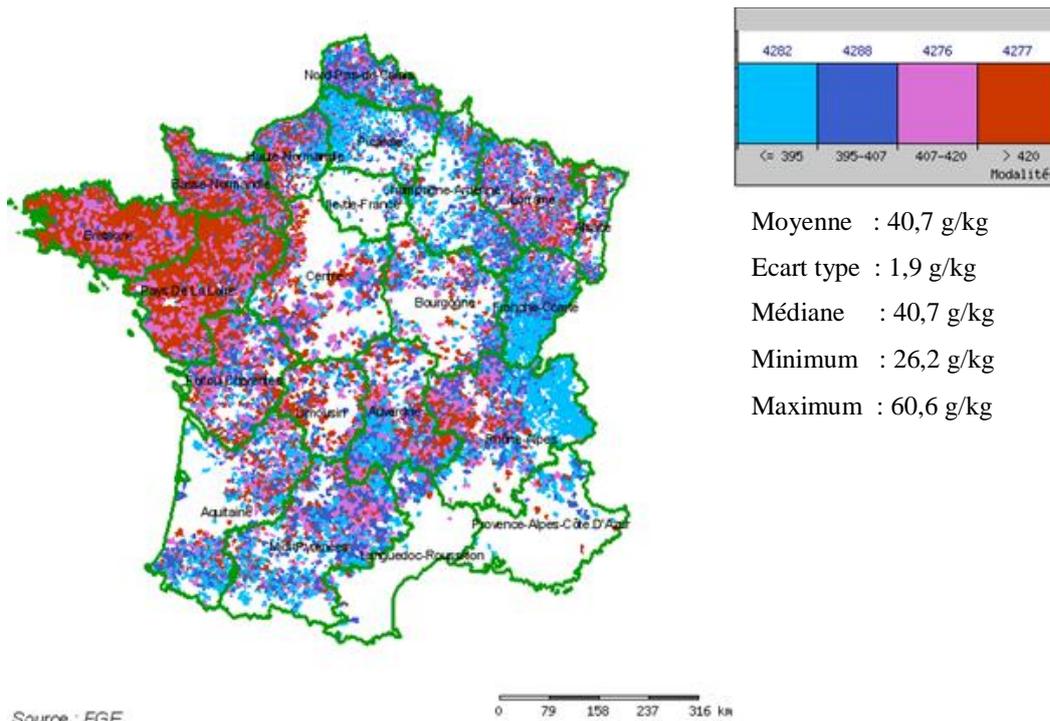


Figure 15 : Moyenne communale des TB (g/kg) des troupeaux en 2005

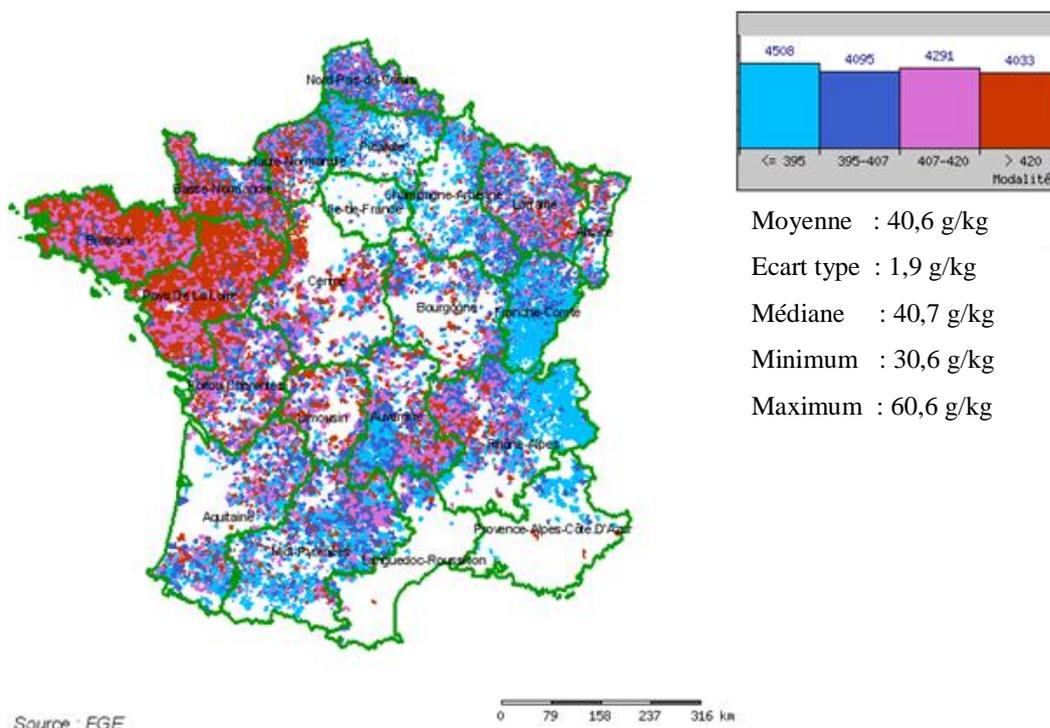


Figure 16 : Moyenne communale des TB (g/kg) des troupeaux en 2006

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles du TB (g/kg) : moyenne arithmétique des moyennes annuelles des exploitations de la commune (méthode 3).

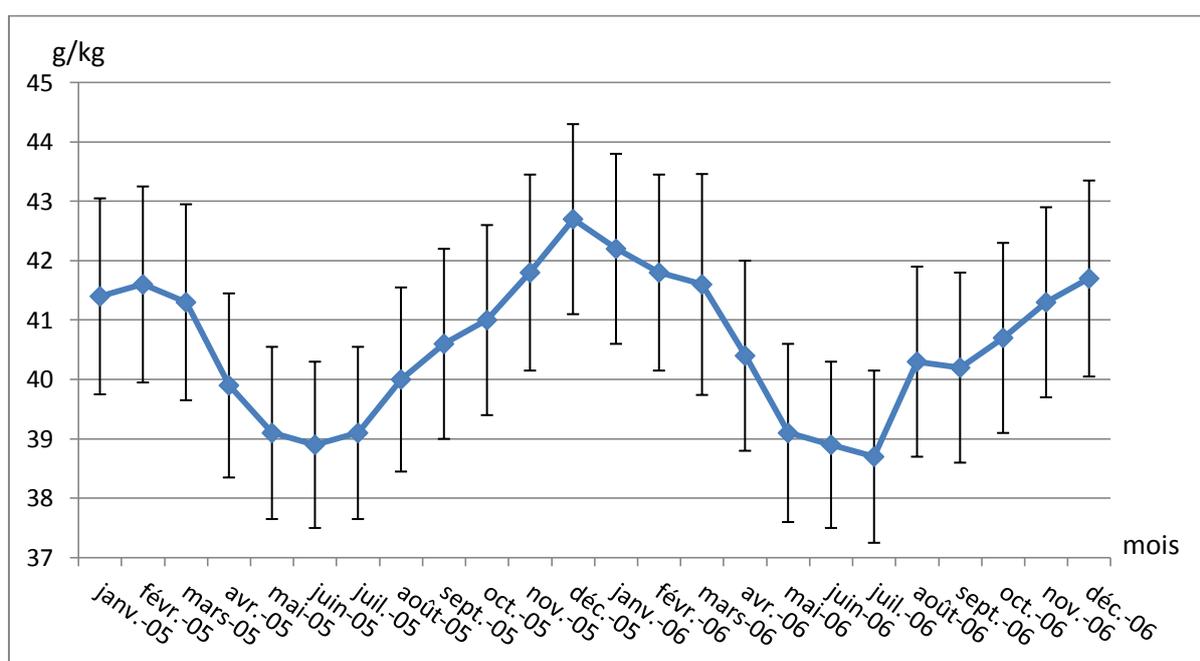
Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle du TB (g/kg) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 3).

Le bassin Grand-Ouest se distingue très nettement et uniformément dans des tons rouges vifs, accompagné de la Normandie, d'une partie du Rhône-Alpes et dans une moindre mesure du bassin Est. Le Poitou et le Centre sont plutôt dans des tons rosés mais montrent de fortes disparités communales.

La Savoie, la Franche-Comté, la Picardie sont dans des tons bleus uniformes. Le Sud-Ouest, le Nord et le Massif-Central sont également représentés dans des teintes plutôt bleutées.

La moyenne nationale des exploitations (- 0,03 g/kg), ainsi que de la moyenne nationale communale (- 0,1 g/kg), sont globalement stables entre 2005 et 2006. C'est également le cas au sein des différents bassins (Tableau 14). La plus forte progression est celle du bassin Centre (+ 0,5%), la plus importante baisse celle du bassin Franche-Comté (- 0,7%). Ces évolutions ne s'observent pas sur la cartographie (Figures 15 et 16).

### 3.4.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle du TB (g/kg) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 2).

**Figure 17 : Evolution mensuelle du TB (g/kg) communal moyen français entre 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle du TB montre un maximum en hiver de décembre à février, maximum plus marqué pour l'hiver 2006 que pour l'hiver 2005 (Figure 17). A partir de mars, le TB décroît rapidement pour atteindre un plateau minimal en fin de printemps / début d'été (mai-juin-juillet) avant de progressivement augmenter jusqu'en décembre.

La différence maximale de TB, entre décembre 2005 et juillet 2006, est supérieure à 3 g/kg.

L'évolution mensuelle du CCSMP suit le même profil annuel entre 2005 et 2006.

Les écarts types varient de 2,77 g/kg (juin 2006) à 3,34 g/kg (décembre 2006).

### 3.5. TAUX PROTEIQUE

#### 3.5.1. TP moyen par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TP (g/kg) en 2005 (écart type)	TP (g/kg) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	32,72 (0,98)	32,67 (0,97)	- 0,1%
Montbéliarde	267 308	33,43 (0,97)	33,29 (0,92)	- 0,4%
Normande	156 128	35,23 (1,02)	35,26 (1,01)	+ 0,1%
Abondance	11 789	33,80 (1,17)	33,84 (1,07)	+ 0,1%
Simmental	8 534	34,13 (0,88)	33,96 (0,78)	- 0,5%
Brune	8 497	34,64 (1,28)	34,41 (1,23)	- 0,7%
Tarentaise	4 311	32,96 (1,06)	33,09 (1,01)	+ 0,4%
Pie Rouge des Plaines	3 003	33,69 (1,05)	33,55 (0,79)	- 0,4%

Les valeurs représentent la moyenne par race du TP (g/kg) par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 15 : Moyenne et évolution par race des TP annuels (g/kg) en 2005 et 2006**

La Normande possède (comme pour le TB) le TP le plus élevé (> 35 g/kg), suivi par la Brune et la Simmental (Tableau 15).

La plupart des races laitières françaises ont un TP moyen supérieur à la moyenne nationale (33,10 g/kg et 33,04 g/kg en 2005 et 2006 ; Tableau 16). Seules la Prim'holstein et la Tarentaise (en 2005) possèdent un TP plus faible que la moyenne nationale.

Le TP est très stable entre 2005 et 2006, la plus forte évolution entre 2005 et 2006 concerne la Brune (- 0,7%). L'écart entre les races est bien moins important pour le TP que pour le TB, avec un maximum de 2,59 g/kg en 2006 entre la Normande et la Prim'holstein.

### 3.5.2. Analyse géographique

- TP par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TP (g/kg) en 2005 (écart type)	TP (g/kg) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
<b>France entière</b>	2 209 919	33,10 (1,11)	33,04 (1,09)	- 0,2%
<b>Grand-Ouest</b>	796 371	33,15 (1,20)	33,16 (1,19)	+ 0,0%
<b>Normandie</b>	319 930	33,74 (1,36)	33,76 (1,38)	+ 0,1%
<b>Nord</b>	191 159	32,46 (0,91)	32,57 (0,93)	+ 0,3%
<b>Est</b>	209 211	32,71 (1,05)	32,57 (1,03)	- 0,4%
<b>Centre</b>	48 278	33,23 (1,07)	33,07 (1,09)	- 0,5%
<b>Poitou</b>	81 077	33,39 (1,14)	33,05 (1,14)	- 1,0%
<b>Massif-Central</b>	108 189	32,86 (1,20)	32,66 (1,14)	- 0,6%
<b>Rhône-Alpes</b>	130 694	32,96 (1,14)	32,89 (1,12)	- 0,2%
<b>Sud-Ouest</b>	169 346	32,72 (1,18)	32,53 (1,14)	- 0,6%
<b>Franche-Comté</b>	113 936	33,41 (0,93)	33,24 (0,87)	- 0,5%
<b>Savoie</b>	41 728	33,41 (1,04)	33,36 (0,98)	- 0,1%

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du TP (g/kg) par exploitation tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 16 : Moyenne et évolution par bassin laitier des TP annuels (g/kg) en 2005 et 2006**

Les TP des différents bassins sont très proches en 2005 tout comme en 2006. La Normandie et les deux bassins en zone AOP (Franche-Comté et Savoie) ont le TP le plus élevé. Le TP le plus faible se retrouve dans le Nord (32,46 g/kg en 2005) et le Sud-Ouest (32,53 g/kg en 2006) (Tableau 16).

L'écart entre les différents bassins est, comme pour le TB, très faible.

- Répartition du TP en France

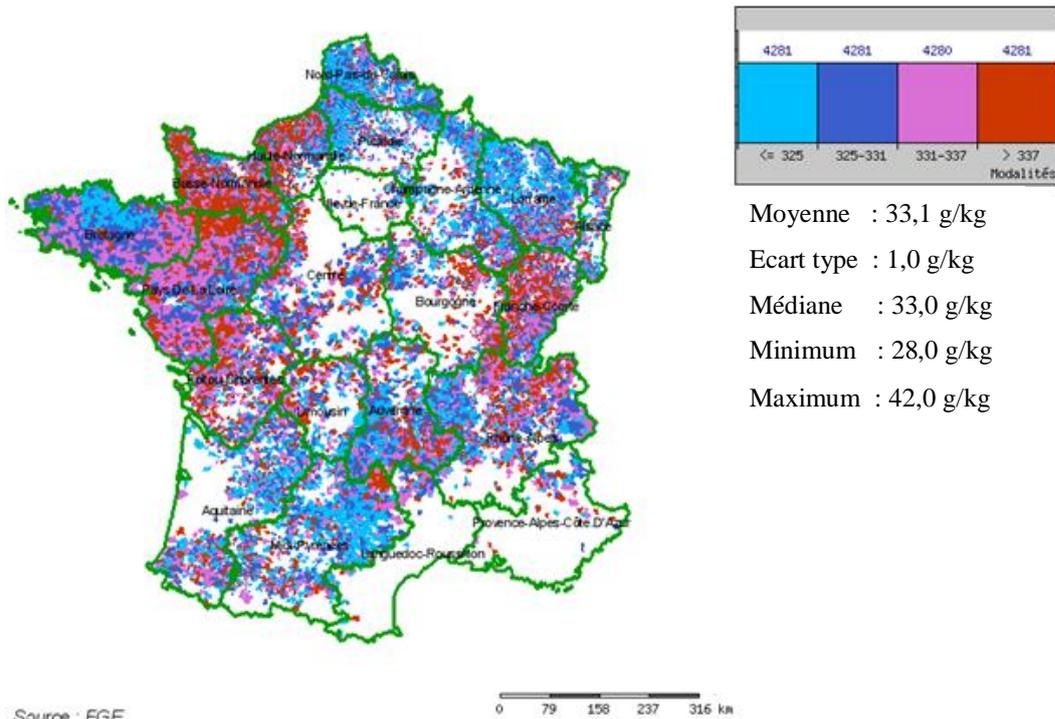


Figure 18 : Moyenne communale des TP (g/kg) des troupeaux en 2005

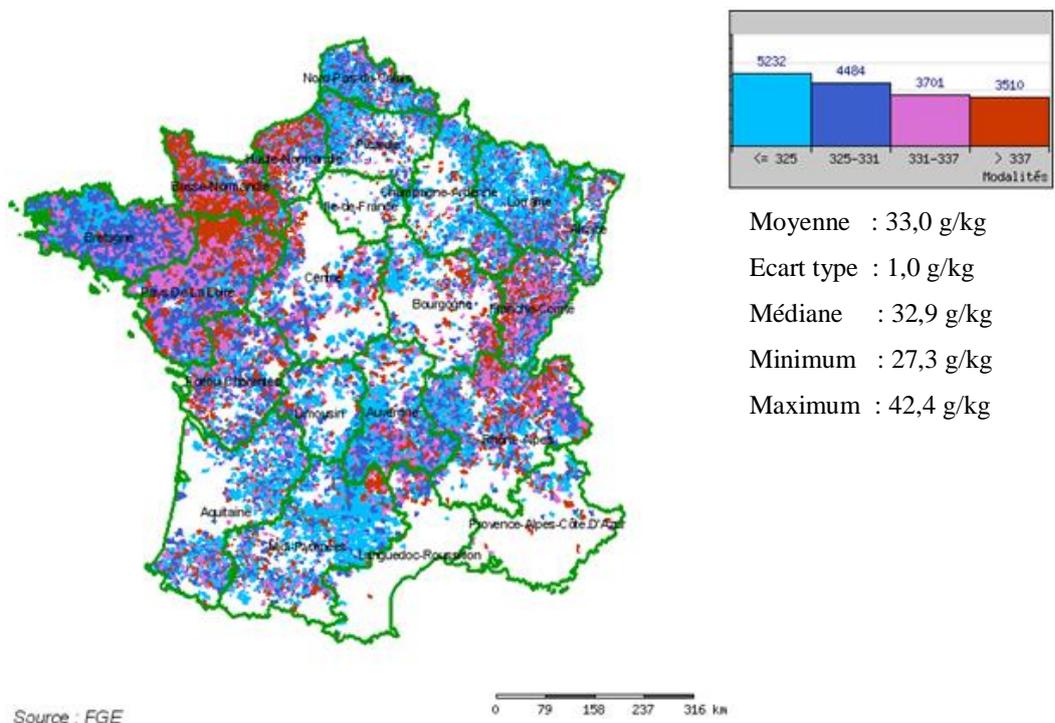


Figure 19 : Moyenne communale des TP (g/kg) des troupeaux en 2006

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles du TP (g/kg): moyenne arithmétique des moyennes annuelles des exploitations de la commune (méthode 3).

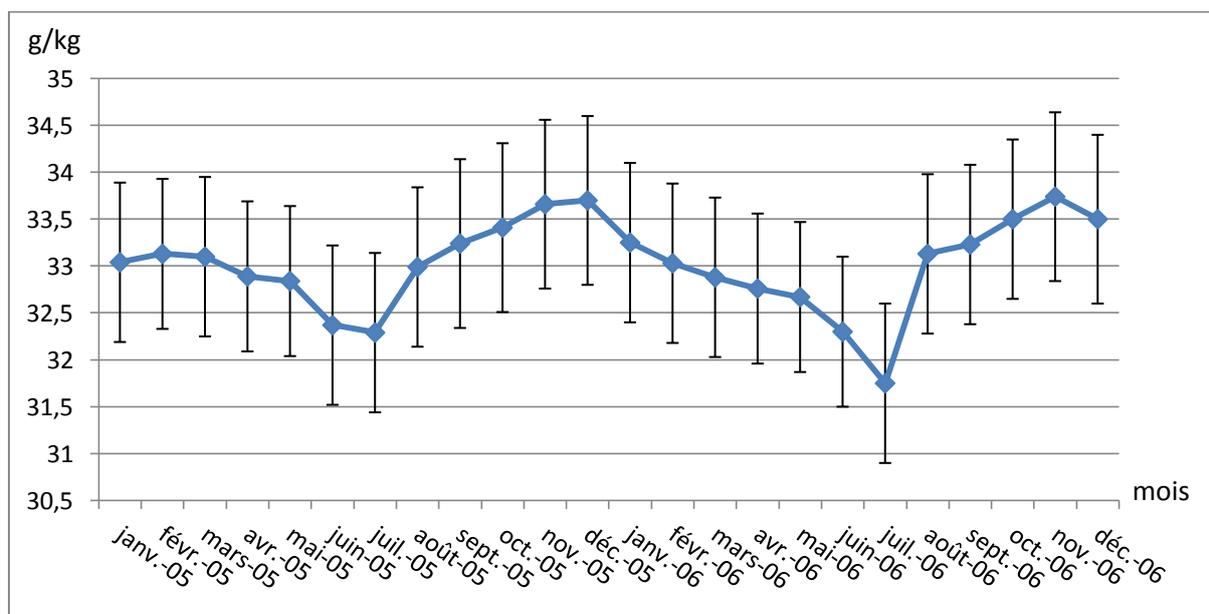
Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle du TP (g/kg) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 3).

Les deux zones qui ressortent dans des tons rouges sur les figures 18 et 19 sont (i) la Normandie / le Nord des Pays de la Loire et (ii) la Franche-Comté et la Savoie. Le reste de la carte, malgré certaines disparités locales (Nord de l'Aveyron notamment) ressort dans des tons plutôt bleus. Le département des Côtes d'Armor (Bretagne) ressort uniformément bleu, en 2005, dans un bassin (Grand Ouest) majoritairement rosé.

Bien la moyenne nationale communale du TP en 2006 ne soit plus faible que de 0,1 g/kg, on note une carte globalement plus bleutée, le Grand-Ouest par exemple est dans des tons plus bleus en 2006 qu'en 2005.

Cette légère baisse se retrouve sur la moyenne nationale des exploitations (Tableau 16), elle est suivie par la majorité des bassins laitiers excepté le Grand-Ouest et la Normandie. La plus forte variation concerne le Poitou (- 1,0%).

### 3.5.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle du TP (g/kg) : moyenne arithmétique des moyennes communales (méthode 2).

**Figure 20 : Evolution mensuelle du TP (g/kg) communal moyen français entre 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle montre un TP maximal (> 33,5 g/kg) en début d'hiver (novembre-décembre), suivi d'une progressive diminution jusqu'à un minimum en juillet. Le TP augmente ensuite plus rapidement jusqu'à son maximum hivernal.

On note un pic minimal en juillet 2006 plus bas qu'en juillet 2005 avec un TP < 32 g/kg (Figure 20). Cette valeur est à nuancer avec des variations marquées de l'écart type (entre 0,8 et 1,2 g/kg) et le plus faible nombre de valeurs prises en compte en juillet (vacances des contrôleurs laitiers). La différence la plus élevée entre les minima et maxima des valeurs du TP est de 2 g/kg.

Le TP et le TB suivent donc les mêmes variations saisonnières : maximum en hiver et minimum en début d'été.

### 3.6. ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET INVERSION DES TAUX : TB/TP<1

#### 3.6.1. TB/TP<1 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB/TP<1 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB/TP<1 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	6,67 (5,08)	6,15 (4,76)	- 0,52
Montbéliarde	267 308	6,51 (4,81)	6,77 (4,89)	+ 0,16
Normande	156 128	7,63 (4,94)	7,88 (5,15)	+ 0,25
Abondance	11 789	8,56 (5,01)	8,60 (4,77)	+ 0,04
Simmental	8 534	8,89 (6,82)	9,43 (7,03)	+ 0,54
Brune	8 497	6,63 (4,64)	7,35 (4,86)	+ 0,72
Tarentaise	4 311	8,07 (4,98)	8,66 (4,87)	+ 0,59
Pie Rouge des Plaines	3 003	7,18 (4,43)	7,31 (3,94)	+ 0,13

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un rapport TB/TP<1 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 17 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB/TP <1 en 2005 et 2006**

Les différences entre les 8 principales races laitières françaises ne sont pas très importantes, tous les pourcentages étant compris entre 6,5% et 9% (Tableau 17).

La Simmental a le pourcentage annuel d'inversion de taux (TB/TP<1) le plus élevé. L'Abondance et la Tarentaise sont les deux autres races dont le rapport TB/TP<1 est le plus élevé (> 8%).

A l'inverse, la Prim'holstein et la Montbéliarde sont les deux races présentant le moins d'inversion des taux.

Exception faite de la Prim'holstein, toutes les races laitières étudiées ont un pourcentage d'inversion des taux plus élevé en 2006 qu'en 2005. L'écart type est souvent très élevé, traduisant une importante dispersion des valeurs entre les exploitations.

### 3.6.2. Analyse géographique

- TB/TP<1 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB/TP<1 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB/TP<1 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
France entière	2 209 919	6,77 (5,08)	6,45 (4,88)	- 0,22
Grand-Ouest	796 371	5,49 (3,99)	5,15 (3,80)	- 0,34
Normandie	319 930	8,99 (5,40)	8,53 (5,16)	- 0,46
Nord	191 159	8,20 (5,38)	7,54 (4,99)	- 0,66
Est	209 211	6,24 (4,94)	5,92 (4,77)	- 0,32
Centre	48 278	7,08 (5,61)	6,05 (5,12)	- 1,03
Poitou	81 077	6,87 (5,25)	5,70 (4,65)	- 1,17
Massif-Central	108 189	6,68 (4,89)	6,74 (4,98)	+ 0,06
Rhône-Alpes	130 694	5,11 (4,65)	5,24 (4,58)	+ 0,13
Sud-Ouest	169 346	8,63 (5,99)	8,71 (5,90)	+ 0,08
Franche-Comté	113 936	6,58 (4,44)	6,00 (4,58)	- 0,58
Savoie	41 728	10,07 (5,37)	10,26 (5,17)	+ 0,19

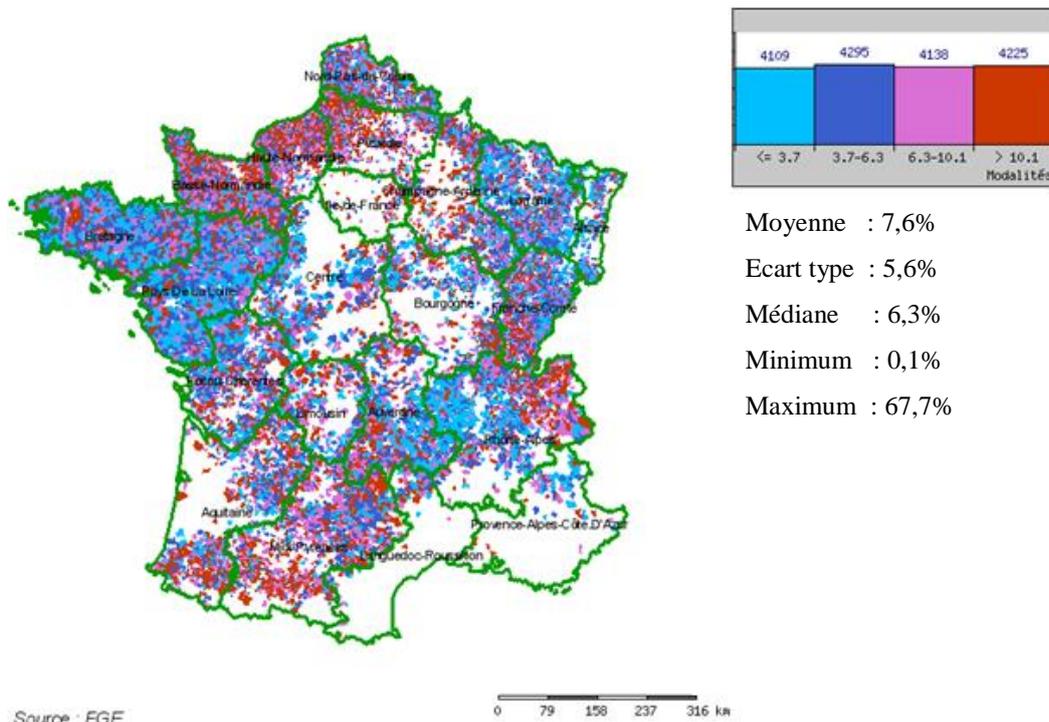
Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un rapport TB/TP<1 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 18 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB/TP<1 en 2005 et 2006**

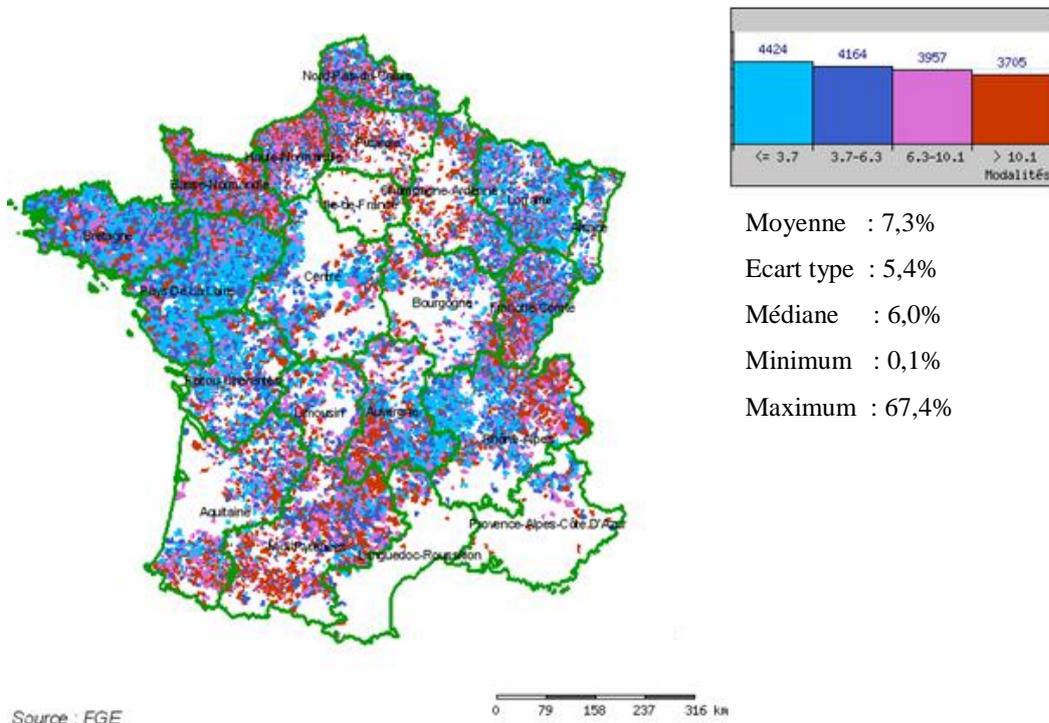
Les différences entre les bassins laitiers sont plus importantes que pour les races laitières. Le pourcentage de vaches avec une inversion des taux varie du simple au double selon les bassins laitiers avec 5,11% dans le Rhône-Alpes contre 10,07% en Savoie en 2005 (Tableau 18).

Les bassins Rhône-Alpes, Grand-Ouest et Est ont les pourcentages les plus faibles. Ceux de Savoie, Normandie et Sud-Ouest sont les plus élevés.

- Répartition de l'indicateur TB/TP<1 en France



**Figure 21 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP<1 en 2005**



**Figure 22 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP<1 en 2006**

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur TB/TP<1 : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

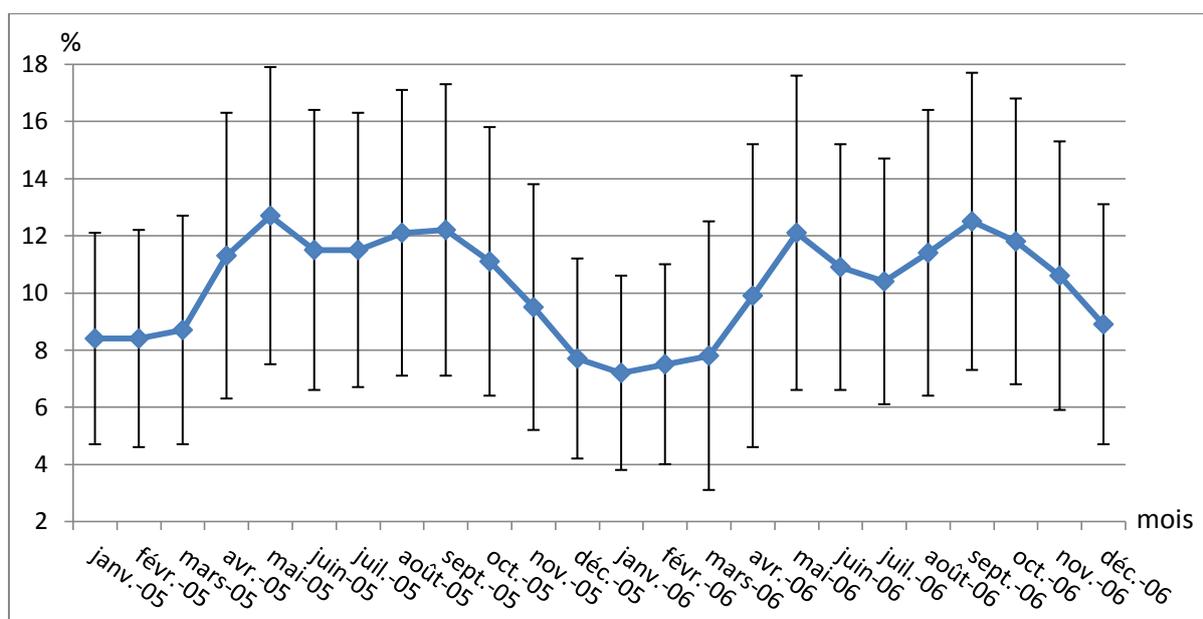
Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur TB/TP<1 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

Trois zones géographiques ressortent dans des tons rouges sur les figures 21 et 22 : (i) la Normandie et le Nord, (ii) le Sud-Ouest et la partie occidentale du Massif-Central, (iii) la Franche-Comté et la Savoie. Le reste de la carte apparaissant dans des teintes bleutées avec des disparités communales plus ou moins importantes selon les bassins.

La carte de 2006 apparaît légèrement plus bleutée que celle de 2005. Ce constat se retrouve sur les données du tableau 18 (moyenne nationale des exploitations en baisse) et des moyennes nationales communales légèrement inférieures en 2006 qu'en 2005 (7,3% contre 7,6%).

La tendance générale à la baisse se retrouve dans les données des bassins laitiers ou seuls 4 bassins ont des pourcentages en augmentation entre 2005 et 2006 (Savoie, Rhône-Alpes, Sud-Ouest, Massif-Central).

### 3.6.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle du rapport TB/TP < 1 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 23 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale du pourcentage de vaches avec un TB/TP < 1 entre 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle du rapport TB/TP < 1 est similaire entre 2005 et 2006, avec un minimum hivernal (de décembre à mars) suivi d'une augmentation rapide de mars à mai pour atteindre un plateau maximal de mai à septembre (plateau à 2 pics : mai et septembre). Le pourcentage diminue enfin plus progressivement de septembre à décembre. L'écart maximal entre les extrêmes annuels est de 5 points (Figure 23).

Les écarts types sont importants et varient de 6,7% (janvier 2006) à 10,6 % (mai 2006).

### 3.6.4. Evolution sur les 4 premiers mois de lactation

	TB/TP<1 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	5,6	5,5
<b>Tout stade de lactation</b>	7,6	7,3

**Tableau 19 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB/TP<1 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.**

La moyenne nationale communale est inférieure de 2 points en 2005 (1,8 points en 2006) pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 19).

Le début de lactation semble donc moins propice à l'inversion des taux.

### 3.7. ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET TAUX RAPPROCHES : 0<TB-TP<3

#### 3.7.1. 0<TB-TP<3 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	0<TB-TP<3 (% de vaches) en 2005 (écart type)	0<TB-TP<3 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
<b>Prim'holstein</b>	1 496 406	11,05 (4,78)	10,77 (4,71)	- 0,28
<b>Montbéliarde</b>	267 308	11,46 (4,98)	11,45 (4,95)	- 0,01
<b>Normande</b>	156 128	11,61 (5,04)	10,86 (5,05)	+ 0,25
<b>Abondance</b>	11 789	10,12 (3,32)	10,02 (3,12)	- 0,10
<b>Simmental</b>	8 534	10,69 (4,13)	10,85 (3,74)	+ 0,16
<b>Brune</b>	8 497	10,30 (4,60)	9,75 (4,60)	- 0,55
<b>Tarentaise</b>	4 311	9,06 (3,04)	9,17 (3,04)	+ 0,11
<b>Pie Rouge des Plaines</b>	3 003	10,54 (4,55)	10,08 (3,96)	- 0,46

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec une différence 0<TB-TP<3 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 20 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un 0<TB-TP<3 en 2005 et 2006**

Les différences entre les races sont une nouvelle fois peu importantes avec des pourcentages compris entre 9% et 12% (Tableau 20).

Alors que la Tarentaise était une des races dont le pourcentage d'inversion des taux était parmi les plus élevés, elle possède le plus faible pourcentage de rapprochement des taux 0<TB-TP<3. C'est également le cas de l'Abondance.

Les trois principales races françaises (Prim'holstein, Montbéliarde et Normande) ont les pourcentages les plus élevés. Les pourcentages des autres races sont assez proches et varient entre 10% et 11%.

L'évolution entre 2005 et 2006 est en opposition avec l'inversion des taux, où les prévalences raciales augmentaient toutes (exception faite de la Prim'holstein). L'évolution varie selon les races (- 0,55 pour la Brune à + 0,25 pour la Normande).

### 3.7.2. Analyse géographique

- 0<TB-TP<3 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	0<TB-TP<3 (% de vaches) en 2005 (écart type)	0<TB-TP<3 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
France entière	2 209 919	11,01 (4,71)	10,85 (4,56)	- 0,16
Grand-Ouest	796 371	9,47 (4,10)	9,30 (4,05)	- 0,17
Normandie	319 930	12,87 (4,83)	12,83 (4,78)	- 0,04
Nord	191 159	13,37 (4,88)	13,40 (4,78)	+ 0,07
Est	209 211	11,38 (4,79)	10,98 (4,66)	- 0,40
Centre	48 278	11,56 (4,86)	10,54 (4,75)	- 1,02
Poitou	81 077	11,72 (4,87)	10,76 (4,76)	- 0,96
Massif-Central	108 189	10,23 (4,38)	9,91 (4,14)	- 0,32
Rhône-Alpes	130 694	8,96 (4,44)	9,00 (4,44)	+ 0,04
Sud-Ouest	169 346	11,97 (4,82)	11,91 (4,72)	- 0,06
Franche-Comté	113 936	13,34 (5,64)	13,49 (4,99)	+ 0,15
Savoie	41 728	12,43 (4,16)	12,31 (4,05)	- 0,12

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec une différence 0<TB-TP<3 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

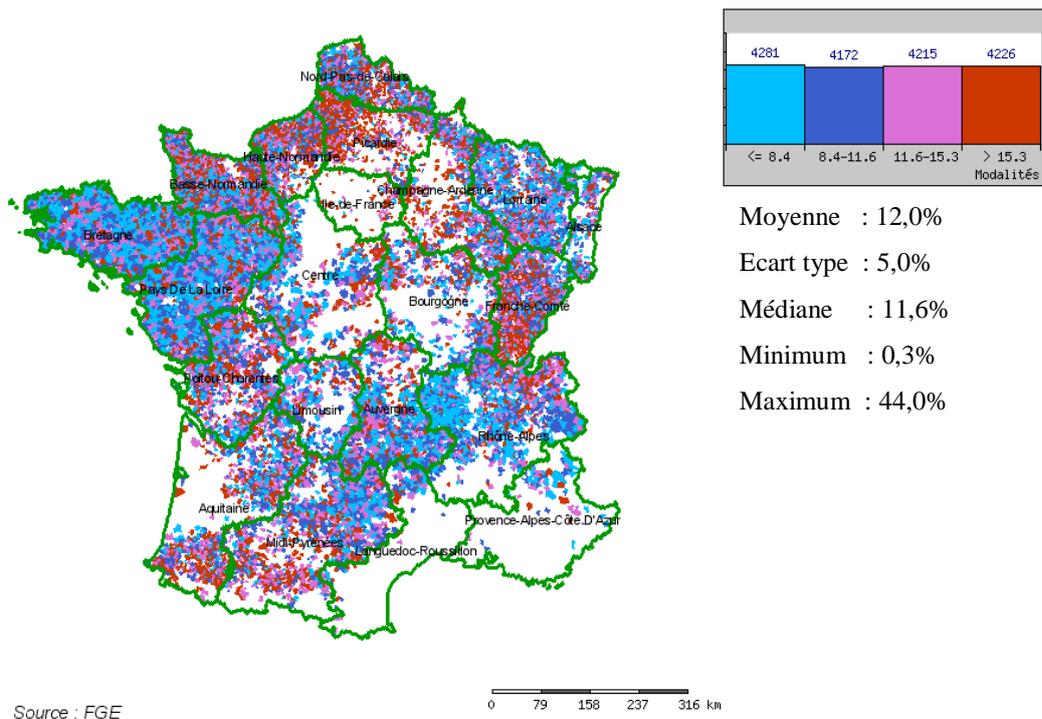
**Tableau 21 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un 0<TB-TP<3 en 2005 et 2006**

Les deux bassins qui possèdent les pourcentages de taux rapprochés (0<TB-TP<3) les plus faibles sont le Rhône-Alpes et le Grand-Ouest, suivis par le Massif-Central. Seuls ces 3 bassins se trouvent sous la moyenne nationale (Tableau 21).

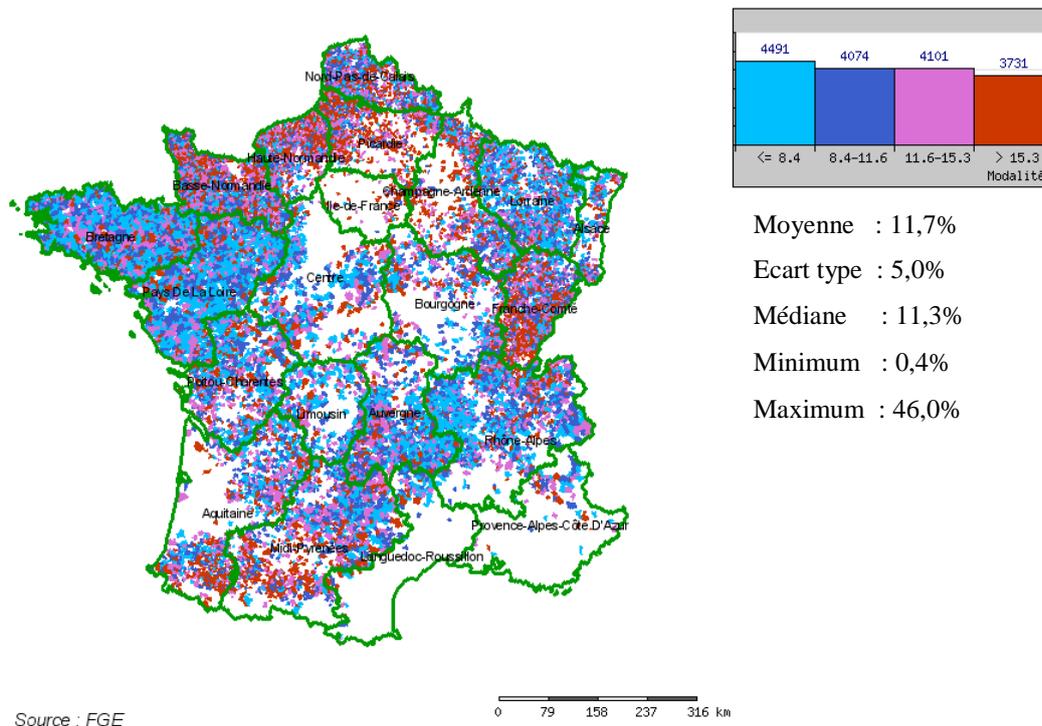
Les pourcentages les plus élevés se retrouvent en Franche-Comté et dans le Nord (> 13%).

Globalement, les bassins avec les pourcentages d'inversion des taux les plus faibles (Tableau 18) sont également ceux avec les taux rapprochés les plus faibles (Tableau 21). La seule exception est la Franche-Comté, avec peu d'inversion de taux mais beaucoup plus de taux rapprochés.

- Répartition de l'indicateur  $0 < TB-TP < 3$  en France



**Figure 24 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un  $0 < TB-TP < 3$  en 2005**



**Figure 25 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un  $0 < TB-TP < 3$  en 2006**

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur  $0 < TB-TP < 3$  : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

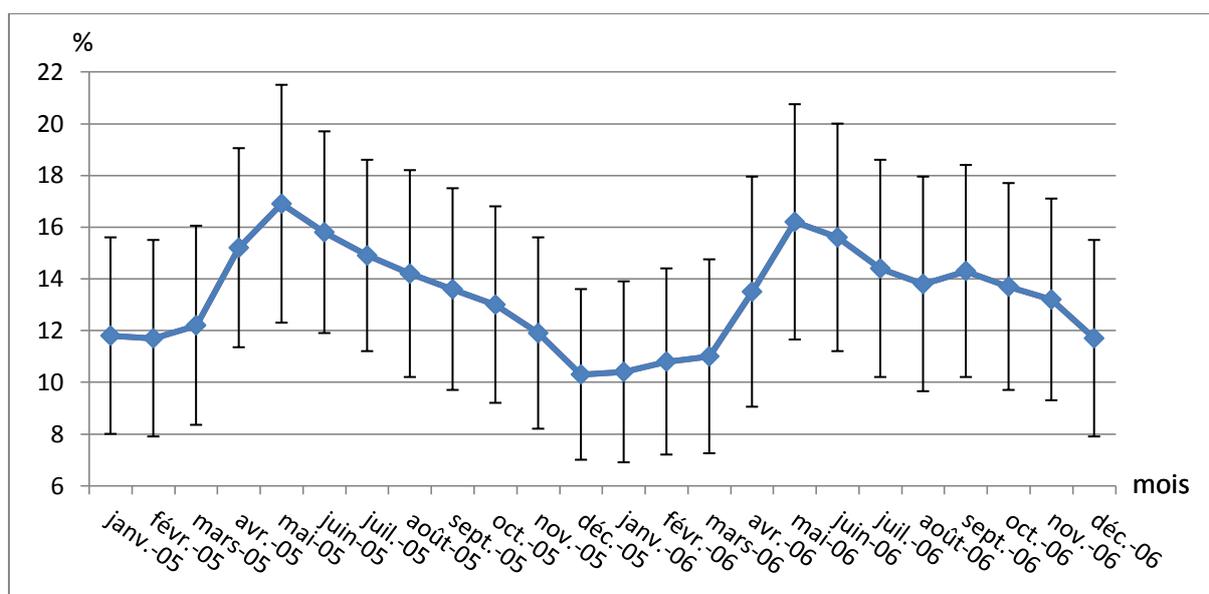
Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur  $0 < TB-TP < 3$  : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

Même si la répartition est très hétérogène, les trois ensembles distingués par l'indicateur précédent ( $TB/TP < 1$ ) ressortent également dans des tons rouges : (i) la Normandie et le Nord, (ii) le Sud-Ouest, (iii) la Franche-Comté et la partie Sud de la Savoie (Figures 24 et 25).

Les autres zones sont dans des tons plutôt bleutés, en 2005 et 2006, malgré d'importantes disparités locales. Les bassins se distinguant par de faibles pourcentages communaux (tons bleutés) sont le Grand-Ouest, le Massif-Central et le Rhône-Alpes, l'Est.

La moyenne nationale par exploitation est en légère diminution (- 1,5% en 2006 par rapport à 2005), 9 des 11 bassins laitiers français suivant cette tendance à la baisse (les 2 bassins en légère augmentation sont la Franche-Comté et le Nord). Cette légère baisse est confirmée par l'augmentation de la moyenne nationale communale entre 2005 et 2006 (Figures 24 et 25). En revanche, elle n'est pas observée sur les données cartographiques.

### 3.7.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle de la différence  $0 < TB-TP < 3$  : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 26 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale du pourcentage de vaches avec un  $0 < TB-TP < 3$  entre 2005 et 2006**

L'indicateur  $0 < TB-TP < 3$  est minimal en période hivernale (de décembre à mars), il augmente ensuite rapidement de mars à mai pour atteindre un pic maximal en mai. Ce pic est suivi d'une diminution progressive jusqu'à un minimum en décembre. La même évolution est retrouvée en 2005 et 2006 (Figure 26).

Le plateau minimal hivernal est plus bas en 2006 qu'en 2005, ce qui est en accord avec la baisse observée de ce pourcentage en France entre 2005 et 2006.

L'écart entre le minimum et le maximum de chaque année est de 6 à 7 points, légèrement supérieur à l'écart entre les extrêmes mensuels de l'indicateur  $TB/TP < 1$  (5 points).

Les écarts types varient de 6,7% (décembre 2005) à 9,6% (mai 2006).

L'évolution mensuelle est identique à celle de l'indicateur TB/TP<1, la seule différence étant que le maximum estival est atteint sous la forme d'un pic en mai et non d'un plateau comme pour l'inversion des taux (Figure 23).

#### 3.7.4. Evolution sur les 4 premiers mois de lactation

	0<TB-TP<3 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	8,5	8,3
<b>Tout stade de lactation</b>	12,0	11,7

Tableau 22 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un 0<TB-TP<3 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.

La moyenne nationale communale est inférieure de 3,5 points en 2005 (3,4 points en 2006) pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 22).

La même tendance est retrouvée pour l'indicateur TB/TP<1 (Tableau 19), à savoir que le début de lactation semble moins propice au rapprochement des taux.

### 3.8. ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET CHUTE DU TAUX BUTYREUX : TB<sub>≤</sub>35

#### 3.8.1. TB<sub>≤</sub>35 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB <sub>≤</sub> 35 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB <sub>≤</sub> 35 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
<b>Prim'holstein</b>	1 496 406	19,58 (8,86)	19,24 (8,73)	- 0,34
<b>Montbéliarde</b>	267 308	15,85 (8,11)	16,58 (8,17)	+ 0,73
<b>Normande</b>	156 128	16,39 (7,83)	16,89 (7,99)	+ 0,50
<b>Abondance</b>	11 789	19,97 (7,91)	19,72 (7,54)	- 0,25
<b>Simmental</b>	8 534	18,61 (9,27)	19,89 (9,15)	+ 1,38
<b>Brune</b>	8 497	16,98 (9,10)	18,09 (8,80)	+ 1,11
<b>Tarentaise</b>	4 311	19,81 (8,00)	19,80 (7,37)	- 0,01
<b>Pie Rouge des Plaines</b>	3 003	18,31 (8,39)	18,58 (7,07)	+ 0,27

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB<sub>≤</sub>35 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 23 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB<sub>≤</sub>35 en 2005 et 2006**

Situés entre 15% et 20%, les pourcentages concernant l'indicateur TB<sub>≤</sub>35 sont plus élevés de 10 points en moyenne que ceux des deux indicateurs précédents.

A la différence des deux précédents indicateurs, la dispersion des valeurs est plus importante. Les pourcentages les plus élevés se retrouvent pour les races Abondance, Tarentaise, Prim'holstein et Simmental.

La Montbéliarde et la Normande sont les deux races avec les plus faibles pourcentages de chute du TB (Tableau 23).

La Prim'holstein qui possédait des pourcentages équivalents à la Montbéliarde pour les 2 précédents indicateurs, a cette fois des pourcentages largement supérieurs (entre 3 et 4 points).

Les plus fortes évolutions entre 2005 et 2006 se font dans le sens de l'augmentation (Brune et Simmental notamment). On retrouve, globalement, les mêmes évolutions que pour l'indicateur TB/TP<1 (excepté pour l'Abondance et la Tarentaise).

### 3.8.2. Analyse géographique

- TB $\leq$ 35 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB $\leq$ 35 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB $\leq$ 35 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
France entière	2 209 919	18,72 (8,49)	18,66 (8,39)	- 0,06
Grand-Ouest	796 371	15,78 (6,99)	15,56 (6,85)	- 0,22
Normandie	319 930	21,50 (8,58)	21,04 (8,40)	- 0,46
Nord	191 159	24,02 (9,26)	23,32 (8,80)	- 0,70
Est	209 211	19,75 (8,84)	19,65 (8,98)	- 0,10
Centre	48 278	19,43 (8,75)	18,40 (8,67)	- 1,03
Poitou	81 077	19,04 (8,64)	18,71 (8,49)	- 0,33
Massif-Central	108 189	18,91 (8,95)	19,48 (8,76)	+ 0,57
Rhône-Alpes	130 694	15,40 (8,39)	15,92 (8,45)	+ 0,52
Sud-Ouest	169 346	23,38 (9,51)	24,16 (9,38)	+ 0,78
Franche-Comté	113 936	17,00 (7,89)	17,98 (8,04)	+ 0,98
Savoie	41 728	22,62 (7,59)	22,77 (7,47)	+ 0,15

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB $\leq$ 35 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus.

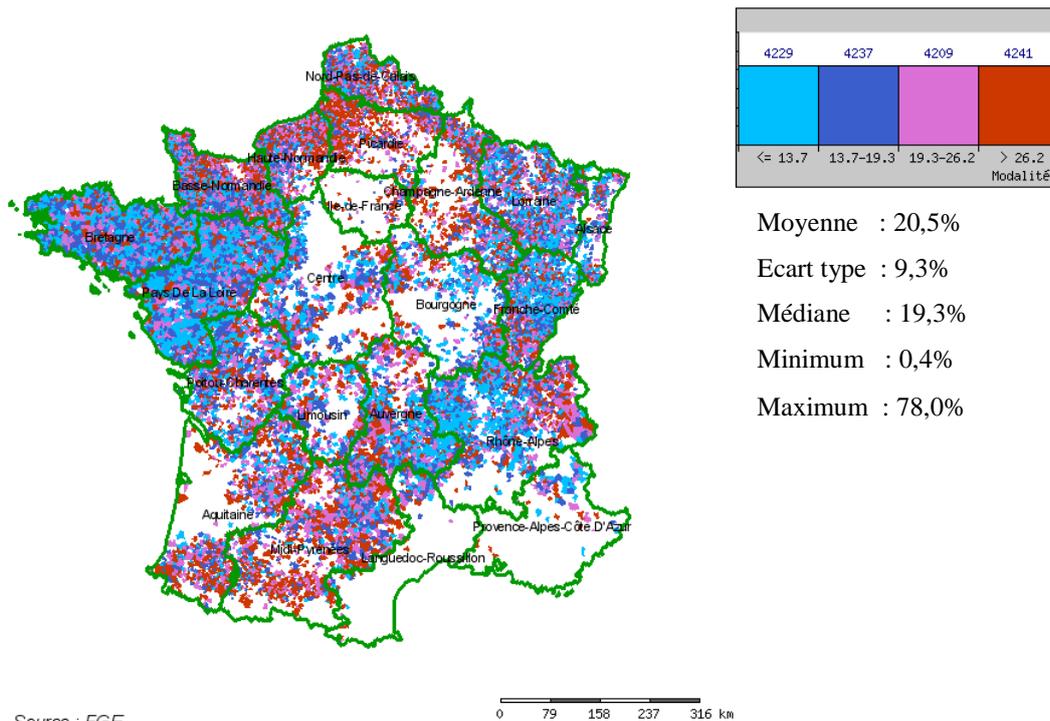
**Tableau 24 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB $\leq$ 35 en 2005 et 2006**

Les deux bassins dont les pourcentages de TB $\leq$ 35 sont les plus faibles sont le Grand-Ouest et le Rhône-Alpes avec environ 3 points de moins que la moyenne nationale en 2005 et 2006. La Franche-Comté reste parmi les pourcentages les plus faibles et est en dessous de la moyenne nationale (Tableau 24).

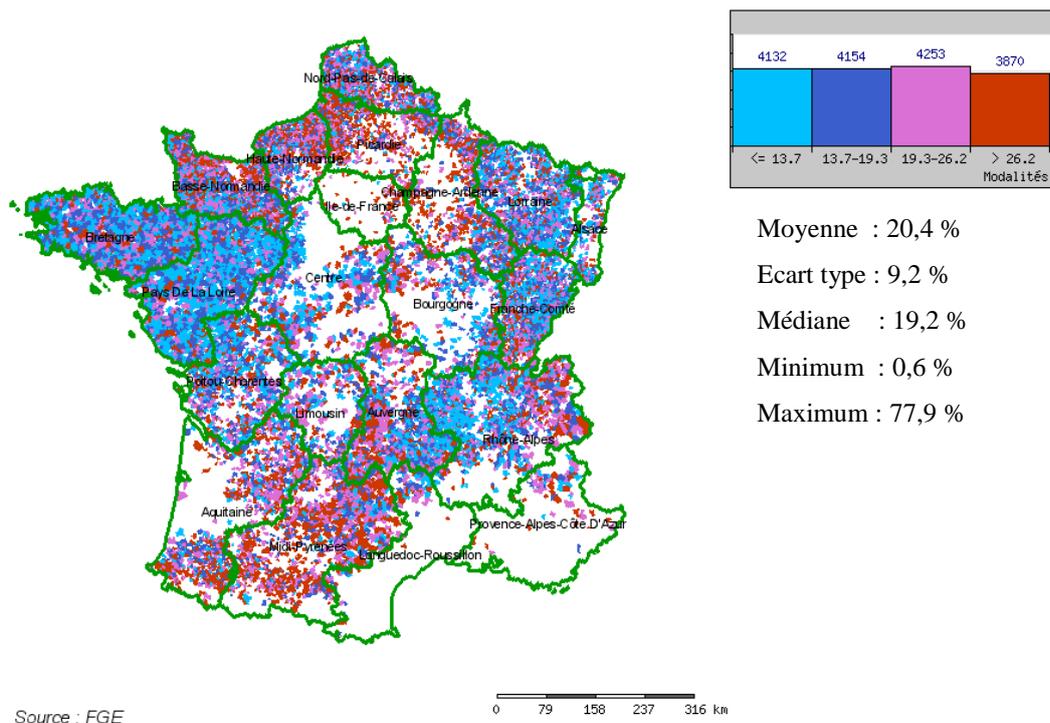
Le Nord, le Sud-Ouest, la Savoie et la Normandie sont les bassins avec les pourcentages les plus élevés (de 21% à plus de 24%), bien au dessus de la moyenne nationale.

On retrouve donc les mêmes ordres relatifs que pour les indicateurs précédents (excepté pour l'indicateur 0<TB-TP<3 qui place la Franche-Comté parmi les plus hauts pourcentages).

- Répartition de l'indicateur TB $\leq$ 35 en France



**Figure 27 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB $\leq$ 35 en 2005**



**Figure 28 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB $\leq$ 35 en 2006**

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur TB $\leq$ 35 : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur TB $\leq$ 35 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

Les tons rouges se retrouvent, comme pour les deux précédents indicateurs : (i) en Normandie et dans le Nord, (ii) dans le Sud-Ouest (sens large), (iii) dans le bassin Savoie (moins en Franche-Comté).

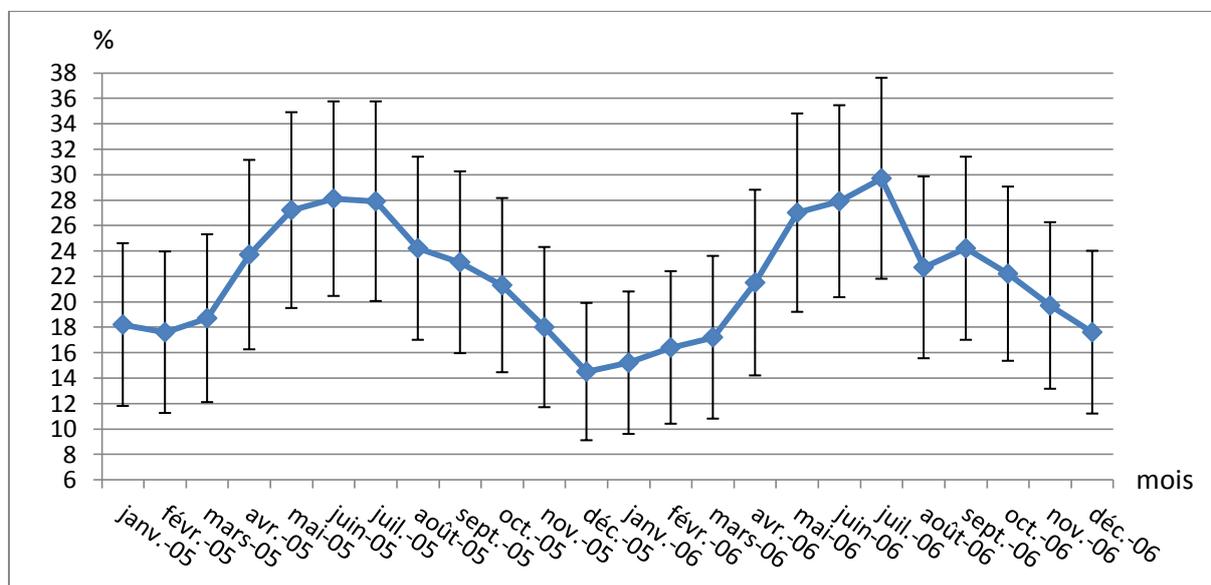
Les bassins Grand-Ouest, Rhône-Alpes et dans une moindre mesure le bassin Est apparaissent dans des teintes bleutées en 2005 et 2006 (Figures 27 et 28).

Les profils géographiques de l'indicateur  $TB \leq 35$  suivent également ceux des indicateurs inversion des taux et taux rapprochés, à l'exception de deux régions : (i) le Nord Pas de Calais (situation proche de  $0 < TB - TP < 3$ ), (ii) la Franche-Comté (situation proche de  $TB/TP < 1$ ).

On ne constate que très peu d'évolutions entre 2005 et 2006, malgré une légère diminution des régions avec les pourcentages les plus bas (accentuation de la teinte bleue des régions déjà dans des tons bleus). La médiane est stable 19,3% et 19,2% en 2005 et 2006.

La moyenne nationale par exploitation est en très légère diminution entre 2005 et 2006 (- 0,06 point) tout comme la moyenne nationale communale (- 0,1 point). Cette diminution n'est suivie que par 6 des 11 bassins laitiers français (Tableau 24).

### 3.8.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle du  $TB \leq 35$  : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 29 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un  $TB \leq 35$  en 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle est caractérisée par un minimum hivernal (de décembre à mars), suivi d'une augmentation rapide pour atteindre un plateau maximal de mai à juillet avant de décroître progressivement jusqu'en décembre (Figure 29).

Des différences cependant en 2006, où le minimum hivernal descend sous la barre des 15% et le plateau estival est sous la forme d'un pic, plus prononcé en juillet. La valeur d'août 2006

est sans doute biaisée du fait du petit effectif contrôlé (vacances des contrôleurs) et d'un écart type élevé (15,8%).

Cette évolution est globalement similaire à celle des deux autres indicateurs d'acidose ruminale chronique.

Les écarts types varient de 10,8% (décembre 2005) à 15,8% (août 2006).

#### 3.8.4. Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation

	TB $\leq$ 35 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	22,3	22,4
<b>Tout stade de lactation</b>	20,5	20,4

**Tableau 25 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB $\leq$ 35 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.**

La moyenne nationale communale est supérieure de 1,8 points en 2005 (2,0 points en 2006) pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 25).

La tendance à l'augmentation de la prévalence en début de lactation retrouvée pour l'indicateur TB $\leq$ 35 est opposée à celle des deux autres indicateurs d'acidose ruminale chronique (Tableaux 19 et 22).

Le début de lactation semble donc plus propice à une chute du TB.

### 3.9. CETOSE SUBCLINIQUE ET RAPPORT TB/TP>1,5

#### 3.9.1. TB/TP>1,5 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB/TP>1,5 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB/TP>1,5 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	8,65 (5,57)	8,61 (5,43)	- 0,04
Montbéliarde	267 308	6,41 (5,10)	6,51 (5,09)	+ 0,10
Normande	156 128	7,79 (6,47)	7,42 (6,18)	- 0,37
Abondance	11 789	8,55 (5,57)	8,60 (5,67)	+ 0,05
Simmental	8 534	7,55 (5,05)	7,93 (4,43)	+ 0,38
Brune	8 497	6,55 (4,78)	6,98 (4,52)	+ 0,43
Tarentaise	4 311	11,49 (7,34)	10,52 (6,24)	- 0,97
Pie Rouge des Plaines	3 003	9,67 (5,66)	9,61 (5,01)	- 0,06

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB/TP>1,5 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 26 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,5 en 2005 et 2006**

Exception faite de la Tarentaise, les écarts entre les races ne sont pas très importants (2 à 3 points) avec cependant des écarts types très élevés.

Les races qui se distinguent par des pourcentages élevés sont : la Tarentaise, la Pie Rouge des Plaines, la Prim'holstein et l'Abondance (Tableau 26).

A l'inverse, les deux races dont les pourcentages sont les plus faibles (< 7%) sont la Montbéliarde et la Brune.

Les variations entre 2005 et 2006 sont légères, excepté pour la Tarentaise (- 0,97 point), et de sens variable selon les races.

### 3.9.2. Analyse géographique

- TB/TP>1,5 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB/TP>1,5 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB/TP>1,5 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
France entière	2 209 919	8,32 (4,91)	8,25 (4,95)	- 0,07
Grand-Ouest	796 371	10,26 (6,13)	9,91 (5,91)	- 0,35
Normandie	319 930	7,19 (5,41)	7,00 (5,15)	- 0,19
Nord	191 159	6,94 (4,23)	6,29 (3,89)	- 0,65
Est	209 211	6,74 (4,42)	7,14 (4,53)	+ 0,40
Centre	48 278	6,48 (4,33)	7,18 (4,76)	+ 0,70
Poitou	81 077	6,61 (4,69)	7,44 (5,44)	+ 0,83
Massif-Central	108 189	8,56 (5,58)	9,26 (5,84)	+ 0,70
Rhône-Alpes	130 694	8,77 (6,14)	8,71 (5,99)	- 0,06
Sud-Ouest	169 346	8,19 (5,52)	8,46 (5,45)	+ 0,27
Franche-Comté	113 936	4,31 (2,92)	4,39 (3,00)	+ 0,08
Savoie	41 728	6,85 (4,64)	6,87 (4,45)	+ 0,02

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB/TP>1,5 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 27 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,5 en 2005 et 2006**

La Franche-Comté se distingue nettement des autres bassins laitiers avec un pourcentage de TB/TP>1,5 très faible (< 5%), et presque de moitié inférieur à la moyenne nationale (Tableau 27).

Le bassin Grand-Ouest a les pourcentages les plus élevés. Le Massif-Central et le Rhône-Alpes suivent ensuite avec des pourcentages supérieurs à 8,5%.

- Répartition de l'indicateur TB/TP>1,5 en France

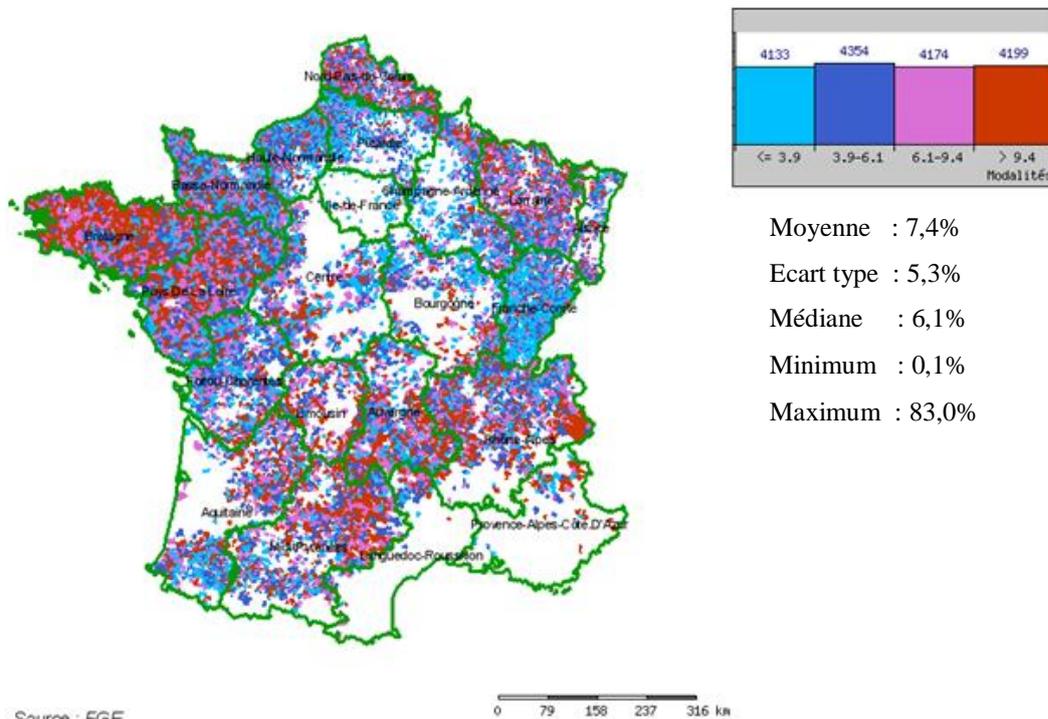


Figure 30 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,5 en 2005

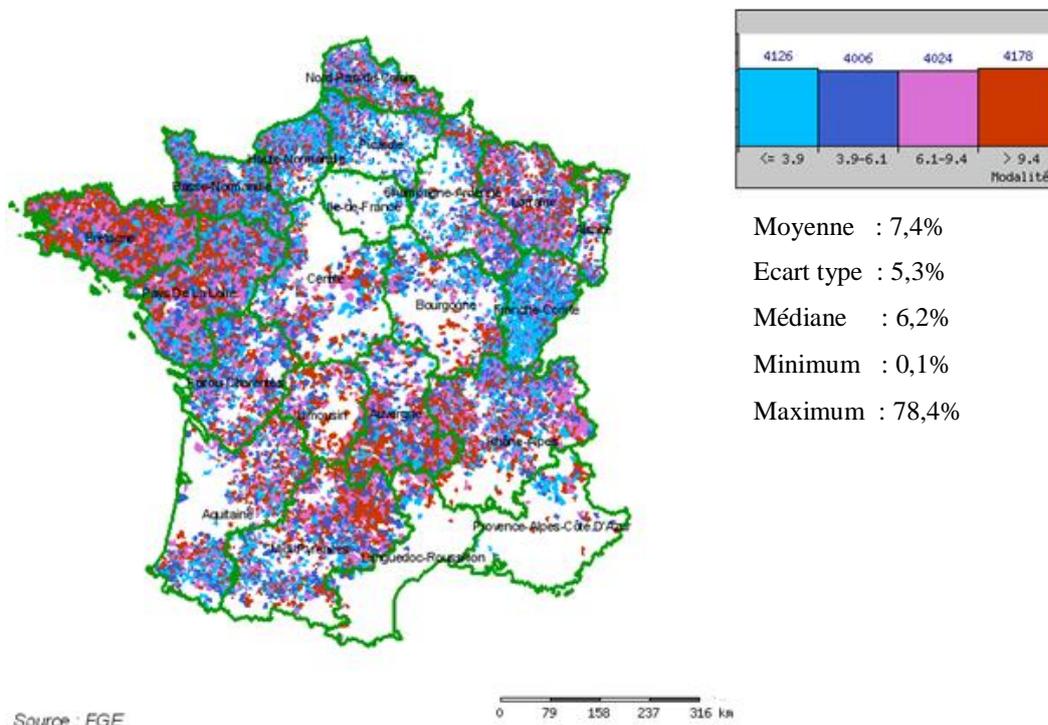


Figure 31 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,5 en 2006

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur TB/TP>1,5 : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur TB/TP>1,5 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

Deux grands ensembles se distinguent dans des teintes rouges et bleues sur les figures 30 et 31 avec chacun trois sous parties :

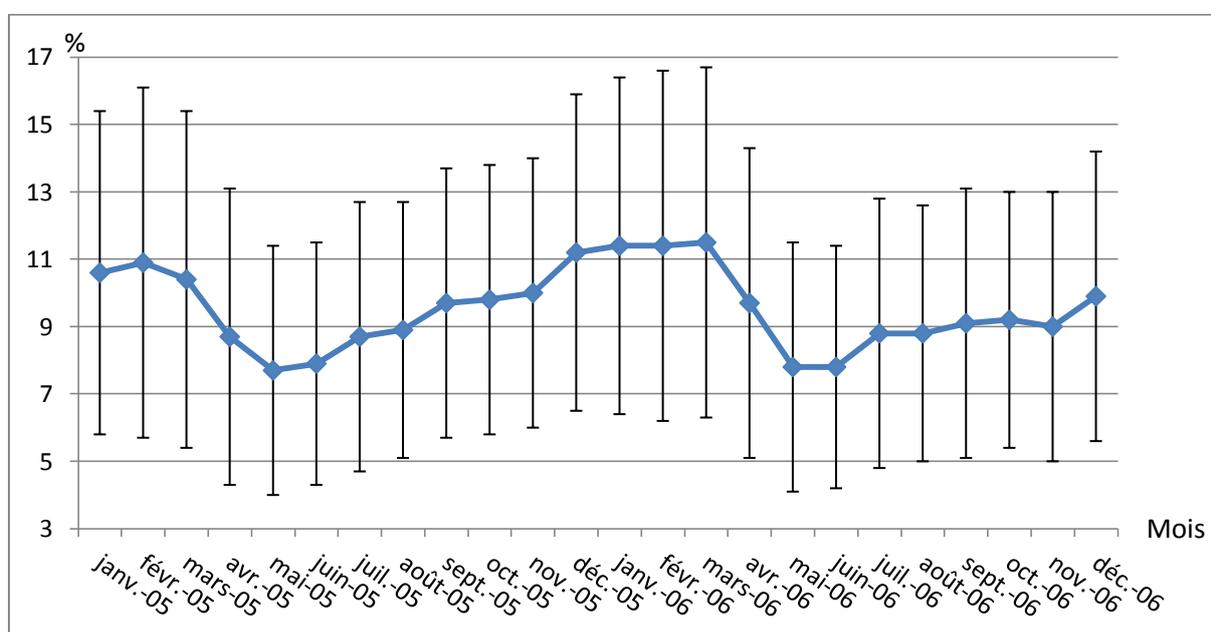
- pour les pourcentages bas (< 4% ; teinte bleutée) : (i) le bassin Normandie et la Picardie, (ii) la Franche-Comté et (iii) la partie pyrénéenne du bassin Sud-Ouest.
- pour les pourcentages élevés (> 9% ; teinte rouge) : (i) le bassin Grand-Ouest, (ii) le Massif-Central, le Nord-Est du bassin Sud-Ouest, les bassins Rhône-Alpes et la Savoie, (iii) l'Est et la région Nord Pas de Calais.

Le reste de la carte apparaît dans des teintes plus hétérogènes.

La moyenne nationale communale annuelle est stable (7,4% en 2005 et 2006). Elle est cette fois bien inférieure à la moyenne nationale par exploitation (8,32% et 8,25% en 2005 et 2006 ; Tableau 27).

Exception faite du bassin Savoie qui apparaît dans des tons plus rouges en 2005 qu'en 2006, peu de changements dans la représentation cartographique des moyennes communales entre 2005 et 2006.

### 3.9.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle du rapport TB/TP > 1,5 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 32 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TB/TP > 1,5 en 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle montre un pourcentage maximal de décembre à mars, suivi d'une diminution rapide de mars à mai pour atteindre un minimum en mai-juin. Le pourcentage augmente ensuite très progressivement de juillet à décembre (Figure 32).

Cette évolution saisonnière est similaire en 2005 et 2006 avec cependant un plateau maximal plus haut en 2006 (> 11%).

Les écarts types varient de 7,2% (juin 2006) à 10,5% (mars 2006).

### 3.9.4. Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation

	TB/TP>1,5 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	9,9	10,0
<b>Tout stade de lactation</b>	7,4	7,4

**Tableau 28 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,5 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.**

La moyenne nationale communale est supérieure de 2,5 points en 2005 (2,6 points en 2006) pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 28).

Le début de lactation semble plus propice à un rapport TB/TP>1,5.

### 3.10. CETOSE SUBCLINIQUE ET RAPPORT TB/TP>1,33

#### 3.10.1. TB/TP>1,33 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB/TP>1,33 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB/TP>1,33 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	32,89 (12,29)	33,18 (11,95)	+ 0,29
Montbéliarde	267 308	24,62 (11,83)	24,72 (11,72)	+ 0,10
Normande	156 128	27,98 (13,56)	27,07 (13,06)	- 0,91
Abondance	11 789	32,61 (11,49)	32,60 (10,97)	- 0,01
Simmental	8 534	27,49 (11,41)	27,84 (10,11)	+ 0,35
Brune	8 497	24,52 (11,12)	25,26 (10,82)	+ 0,74
Tarentaise	4 311	35,88 (11,76)	34,86 (11,18)	- 0,84
Pie Rouge des Plaines	3 003	32,55 (10,17)	32,51 (10,17)	- 0,04

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB/TP>1,33 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 29 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,33 en 2005 et 2006**

Les pourcentages pour cet indicateur sont nettement plus élevés que pour l'indicateur TB/TP>1,5 (autour de 30% contre 8% précédemment).

Comme pour l'indicateur TB/TP>1,5, les races avec les pourcentages les plus élevés sont la Tarentaise, la Prim'holstein, l'Abondance, la Pie Rouge des Plaines avec des pourcentages dépassant les 32% (Tableau 29).

La Montbéliarde et la Brune ont une nouvelle fois les pourcentages les plus bas.

Aucune tendance globale n'apparaît entre 2005 et 2006, l'évolution la plus importante concerne la Tarentaise (- 0,84 point).

### 3.10.2. Analyse géographique

- TB/TP>1,33 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB/TP>1,33 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB/TP>1,33 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
<b>France entière</b>	2 209 919	31,20 (11,39)	31,27 (11,28)	+ 0,07
<b>Grand-Ouest</b>	796 371	36,44 (12,15)	36,14 (11,82)	- 0,30
<b>Normandie</b>	319 930	27,14 (11,79)	26,93 (11,44)	- 0,21
<b>Nord</b>	191 159	27,27 (10,48)	26,38 (9,89)	- 0,89
<b>Est</b>	209 211	29,37 (11,55)	30,54 (11,56)	+ 1,17
<b>Centre</b>	48 278	28,95 (11,66)	31,13 (11,93)	+ 2,18
<b>Poitou</b>	81 077	28,17 (11,25)	30,59 (11,74)	+ 2,42
<b>Massif-Central</b>	108 189	31,91 (11,85)	33,15 (11,76)	+ 1,24
<b>Rhône-Alpes</b>	130 694	33,34 (13,54)	33,07 (13,29)	- 0,27
<b>Sud-Ouest</b>	169 346	29,91 (11,87)	30,17 (11,38)	+ 0,26
<b>Franche-Comté</b>	113 936	19,57 (8,96)	19,52 (9,03)	- 0,05
<b>Savoie</b>	41 728	22,36 (10,19)	22,61 (10,21)	+ 0,25

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB/TP>1,33 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

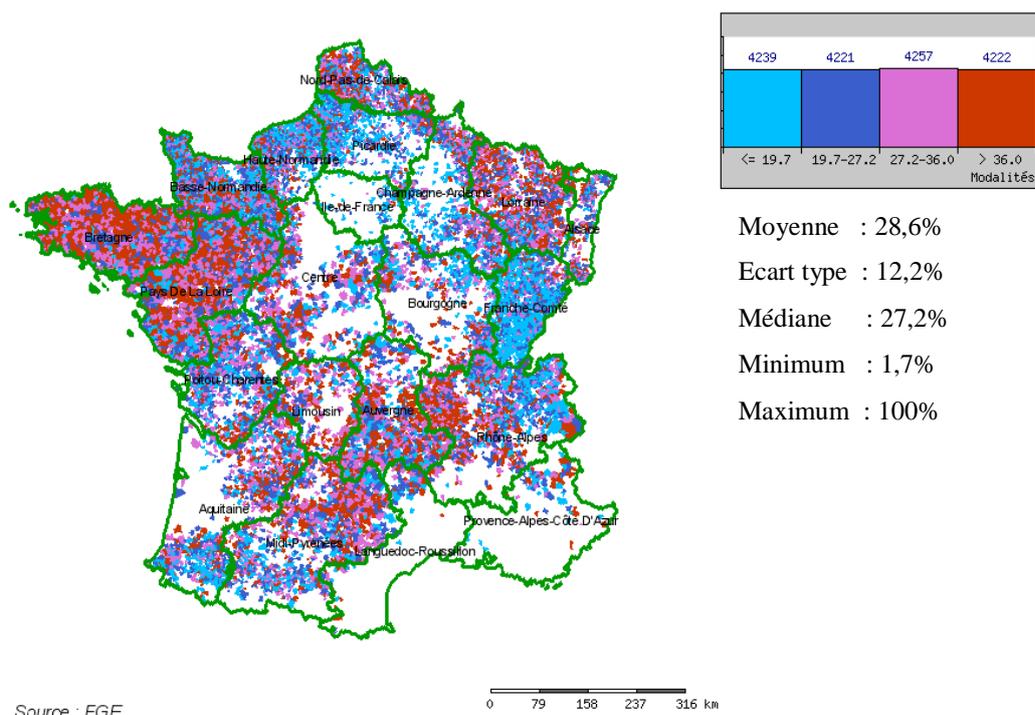
**Tableau 30 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,33 en 2005 et 2006**

Les différences de pourcentages par bassin laitier et les évolutions entre 2005 et 2006 sont globalement identiques à ceux de l'indicateur précédent (TB/TP>1,5), avec un pourcentage moyen beaucoup plus élevé.

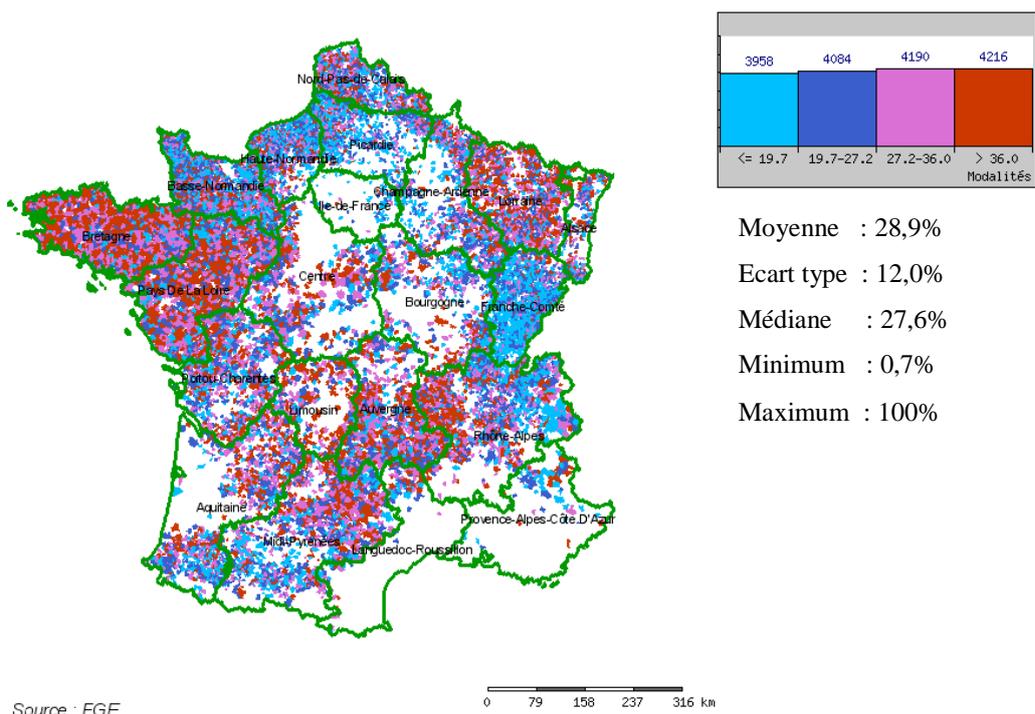
Comme pour l'indicateur TB/TP>1,5, les pourcentages les plus faibles se retrouvent dans les zones AOP : Franche-Comté et Savoie (Tableau 30).

Seuls trois bassins dépassent la moyenne nationale en 2005 et 2006 : le Grand-Ouest, le Massif-Central et le Rhône-Alpes. Les autres bassins oscillent entre 27% et 30%.

- Répartition de l'indicateur TB/TP>1,33 en France



**Figure 33 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,33 en 2005**



**Figure 34 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB/TP>1,33 en 2006**

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur TB/TP>1,33 : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

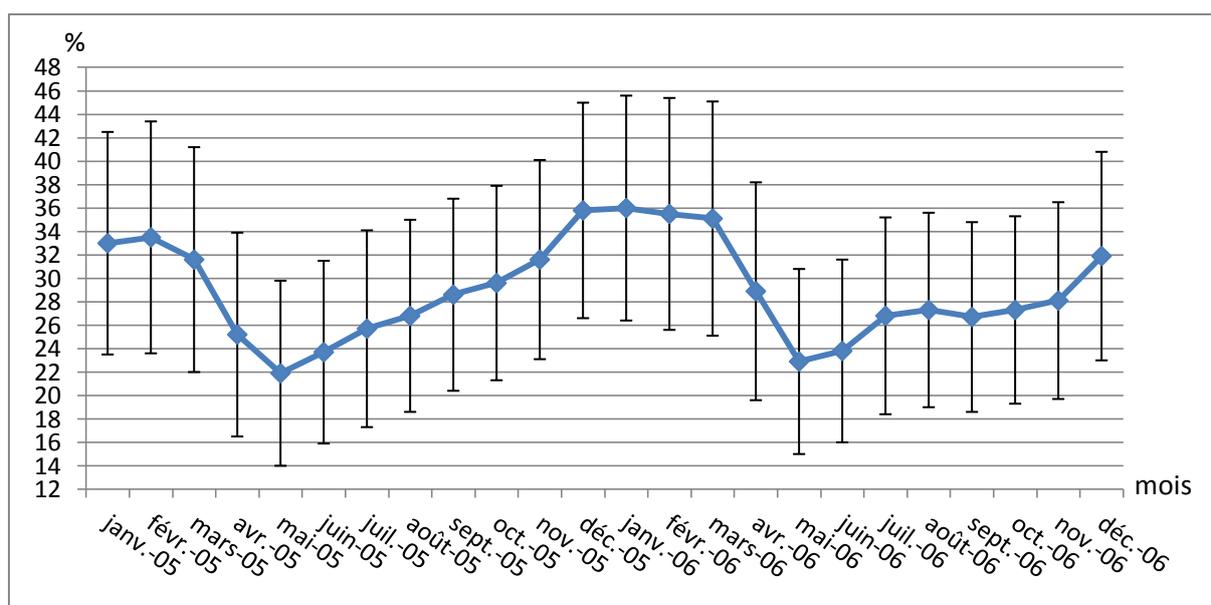
Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur TB/TP>1,33 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

Comme pour l'indicateur précédent, les deux grands ensembles se retrouvent sur les figures 33 et 34, en ce qui concerne :

- des pourcentages bas (< 20% ; teinte bleue) : (i) la Normandie et la partie picarde du bassin Nord, (ii) la Franche-Comté, et (iii) la partie pyrénéenne du bassin Sud-Ouest.
- des pourcentages élevés (>35% ; teinte rouge) : (i) le bassin Grand-Ouest, (ii) le Massif-Central et le Rhône-Alpes, (iii) l'Est et le Nord Pas de Calais.

La moyenne communale est en très légère augmentation entre 2005 et 2006 (+ 0,3 point), tout comme la moyenne nationale des exploitations (+ 0,07 point). Cette augmentation ne se retrouve cependant pas sur les données cartographiques.

### 3.10.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle du rapport TB/TP>1,33 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 35 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TB/TP>1,33 en 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle est similaire à celle observée pour le rapport TB/TP>1,5 (Figure 32) avec un plateau maximal de décembre à mars autour des 35% (légèrement en dessous en 2005 et au dessus en 2006), une diminution rapide jusqu'à un minimum en mai proche des 22%, enfin une augmentation progressive et constante (si l'on excepte la valeur de septembre 2006) de juin à décembre (Figure 35).

Les écarts types varient de 15,8% (juin 2006) à 20,1% (mars 2006).

### 3.10.4. Evolution au cours des 4 premiers mois de la lactation

	TB/TP>1,33 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	29,4	29,6
<b>Tout stade de lactation</b>	28,6	28,9

**Tableau 31 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB/TP>1,33 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.**

La moyenne nationale communale est supérieure de 0,8 point en 2005 (0,7 point en 2006) pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 31).

La même tendance est donc retrouvée pour l'indicateur TB/TP>1,33 que pour l'indicateur TB/TP>1,5 avec cependant un écart bien plus faible (0,8 point contre 2,5 points en 2005). Le début de lactation semble également plus propice au rapport TB/TP>1,33 et donc plus largement, à l'éloignement des taux.

### 3.11. CETOSE SUBCLINIQUE ET TAUX EXTREMES : TP<31 et TB>41

#### 3.11.1. TP<31 et TB>41 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TP<31 et TB>41 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TP<31 et TB>41 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	9,54 (4,91)	9,59 (4,79)	+ 0,05
Montbéliarde	267 308	8,62 (4,88)	8,86 (4,86)	+ 0,24
Normande	156 128	8,75 (5,57)	8,33 (5,32)	- 0,42
Abondance	11 789	9,99 (5,23)	10,17 (5,13)	+ 0,18
Simmental	8 534	8,09 (4,67)	8,68 (3,96)	+ 0,59
Brune	8 497	7,73 (4,64)	8,53 (5,08)	+ 0,80
Tarentaise	4 311	11,07 (5,73)	10,40 (5,44)	- 0,67
Pie Rouge des Plaines	3 003	9,52 (4,32)	9,74 (4,39)	+ 0,22

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TP<31 et TB>41 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 32 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TP<31 et TB>41 en 2005 et 2006**

Les valeurs obtenues avec cet indicateur sont globalement similaires aux valeurs de l'indicateur TB/TP>1,5 (Tableau 26).

La Tarentaise est la race qui présente le pourcentage de contrôles avec un TP<31 et un TB>41 le plus élevé comme pour les deux indicateurs précédents, viennent ensuite, par ordre décroissant, l'Abondance, la Pie Rouge des Plaines et la Prim'holstein (Tableau 32).

La Montbéliarde et la Brune ont avec la Simmental les pourcentages les plus faibles.

A la différence des deux précédents indicateurs, les pourcentages de toutes les races de cette étude ont augmenté en 2006 par rapport à 2005, à l'exception de la Tarentaise et la Normande.

### 3.11.2. Analyse géographique

- TP<31 et TB>41 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TP<31 et TB>41 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TP<31 et TB>41 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
France entière	2 209 919	9,39 (4,57)	9,41 (4,62)	+ 0,02
Grand-Ouest	796 371	10,76 (5,13)	10,45 (4,92)	- 0,31
Normandie	319 930	8,18 (4,87)	8,02 (4,73)	- 0,16
Nord	191 159	8,47 (4,29)	7,84 (4,01)	- 0,63
Est	209 211	8,60 (4,48)	9,19 (4,61)	+ 0,59
Centre	48 278	7,24 (3,93)	8,21 (4,33)	+ 0,97
Poitou	81 077	7,32 (3,91)	8,40 (4,44)	+ 1,08
Massif-Central	108 189	9,88 (5,00)	10,72 (5,14)	+ 0,84
Rhône-Alpes	130 694	10,62 (5,70)	10,68 (5,54)	+ 0,04
Sud-Ouest	169 346	8,70 (4,90)	9,18 (4,94)	+ 0,48
Franche-Comté	113 936	7,03 (3,61)	7,26 (3,77)	+ 0,23
Savoie	41 728	8,37 (4,44)	8,61 (4,38)	+ 0,24

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TP<31 et TB>41 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

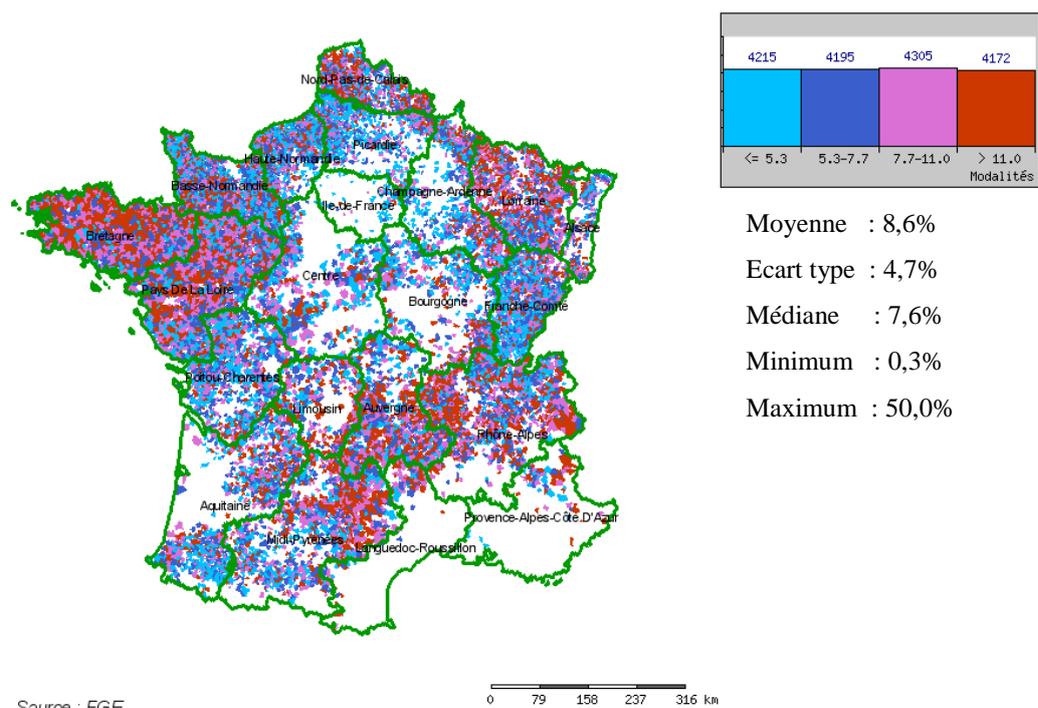
**Tableau 33 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TP<31 et TB>41 en 2005 et 2006**

La Franche-Comté reste le bassin avec les pourcentages les plus faibles en 2005 comme en 2006 comme pour les deux indicateurs précédents (TB/TP>1,5 et 1,33) mais de manière moins marquée.

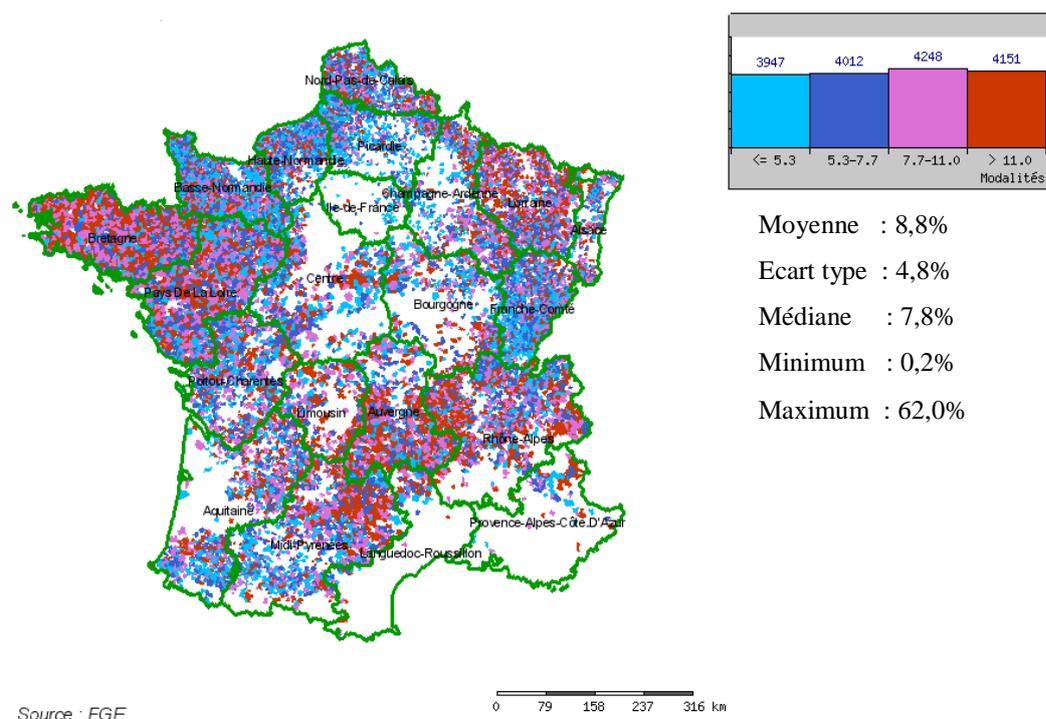
A nouveau, les bassins Grand-Ouest et Rhône-Alpes sont les bassins avec les pourcentages les plus élevés (Tableau 33).

Le Massif-Central, le Centre et le Poitou sont en forte progression entre 2005 et 2006, ce qui se retrouve également avec les autres indicateurs.

- Répartition de l'indicateur TP<31 et TB>41 en France



**Figure 36 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP<31 et un TB>41 en 2005**



**Figure 37 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP<31 et un TB>41 en 2006**

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur TP<31 et TB>41 : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur TP<31 et TB>41 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

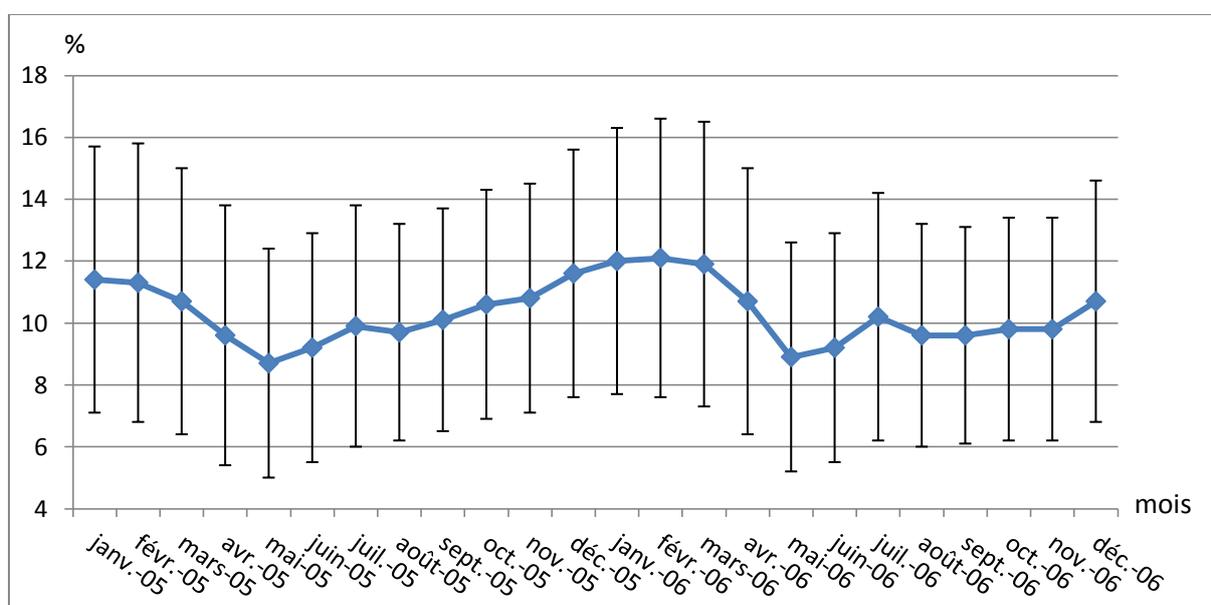
A la différence des précédents indicateurs, les contrastes entre les bassins sont moins francs et les bassins apparaissent plus hétérogènes sur les figures 36 et 37. Les deux ensembles définis pour les deux indicateurs précédents sont retrouvés :

- les pourcentages sont bas en (i) Normandie et Picardie, en (ii) Franche-Comté et (iii) dans la partie pyrénéenne du bassin Sud-Ouest
- les pourcentages sont élevés : dans le (i) bassin Grand-Ouest, (ii) le Massif-Central et le Rhône-Alpes et +/-la Savoie, (iii) l'Est et la région Nord pas de Calais.

Les écarts types sont plus importants que pour les indicateurs précédents.

La moyenne nationale des exploitations est de 9,39% et 9,41%, la moyenne nationale communale est de 8,6% et 8,8%, respectivement en 2005 et 2006, soit un écart de 0,8 et 0,6 point. Ces deux moyennes sont en très légère augmentation. Cette augmentation ne se retrouve cependant pas sur les données cartographiques.

### 3.11.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle de l'indicateur TP<31 et TB>41 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 38 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TP<31 et TB>41 en 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle est une nouvelle fois similaire à celle observée pour les indicateurs précédents avec un plateau maximal de décembre à mars autour des 12% (plateau un peu plus élevé en 2006), suivi d'une diminution rapide jusqu'à un minimum en mai proche des 8%, enfin une augmentation très progressive et constante (si l'on excepte la valeur de juillet 2006) de mai à décembre (Figure 38).

Les écarts types sont plus élevés proportionnellement que les autres indicateurs, ils varient de 7% (septembre 2006) à 9,2% (mars 2006).

### 3.11.4. Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation

	TP<31 et TB>41 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	12,8	12,9
<b>Tout stade de lactation</b>	8,6	8,8

**Tableau 34 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TP<31 et TB>41 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.**

La moyenne nationale communale est supérieure de 4,2 points en 2005 (4,1 points en 2006) pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 34).

La même tendance est donc retrouvée que pour les indicateurs TB/TP>1,5 et TB/TP>1,33. L'écart est cependant plus important pour l'indicateur TP<31 et TB>41 que pour les deux précédents indicateurs.

### 3.12. CETOSE SUBCLINIQUE ET CHUTE DU TAUX PROTEIQUE : TP $\leq$ 28

#### 3.12.1. TP $\leq$ 28 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TP $\leq$ 28 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TP $\leq$ 28 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	10,24 (5,37)	10,50 (5,34)	+ 0,26
Montbéliarde	267 308	8,09 (5,57)	8,62 (5,56)	+ 0,53
Normande	156 128	8,00 (4,90)	8,71 (4,77)	+ 0,71
Abondance	11 789	9,81 (6,43)	9,79 (6,12)	- 0,02
Simmental	8 534	6,82 (4,47)	7,57 (4,48)	+ 0,75
Brune	8 497	5,47 (4,98)	5,88 (5,22)	+ 0,41
Tarentaise	4 311	9,92 (6,02)	9,31 (5,62)	- 0,61
Pie Rouge des Plaines	3 003	9,49 (5,57)	9,94 (3,68)	+ 0,45

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TP $\leq$ 28 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 35 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TP $\leq$ 28 en 2005 et 2006**

Les résultats obtenus sont légèrement différents de ceux des indicateurs précédents.

Les quatre races avec les pourcentages les plus élevés sont une nouvelle fois la Tarentaise, la Pie Rouge des Plaines, l'Abondance et la Prim'holstein qui est l'unique race au-dessus de la moyenne nationale (Tableau 35).

Si la Brune et la Simmental ont des pourcentages bas, la Montbéliarde à cette fois-ci des pourcentages assez élevés et nettement supérieurs aux deux races citées précédemment.

La tendance globale est, comme pour l'indicateur précédent, à la hausse entre 2005 et 2006 (excepté pour la Tarentaise et l'Abondance).

### 3.12.2. Analyse géographique

- TP $\leq$ 28 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TP $\leq$ 28 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TP $\leq$ 28 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
France entière	2 209 919	9,76 (5,51)	9,98 (5,52)	+ 0,22
Grand-Ouest	796 371	9,54 (4,85)	9,38 (4,61)	- 0,16
Normandie	319 930	8,78 (4,93)	9,50 (4,79)	+ 0,72
Nord	191 159	10,65 (4,99)	10,15 (4,96)	- 0,50
Est	209 211	9,66 (5,45)	10,36 (5,46)	+ 0,70
Centre	48 278	7,80 (4,16)	8,91 (4,55)	+ 1,11
Poitou	81 077	8,45 (4,68)	10,52 (5,24)	+ 2,07
Massif-Central	108 189	11,49 (7,38)	12,48 (7,12)	+ 0,99
Rhône-Alpes	130 694	10,01 (6,60)	10,57 (6,68)	+ 0,56
Sud-Ouest	169 346	12,36 (6,74)	13,43 (6,85)	+ 1,07
Franche-Comté	113 936	7,54 (4,95)	8,05 (4,85)	+ 0,51
Savoie	41 728	10,08 (5,89)	10,39 (5,62)	+ 0,31

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TP $\leq$ 28 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 36 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TP $\leq$ 28 en 2005 et 2006**

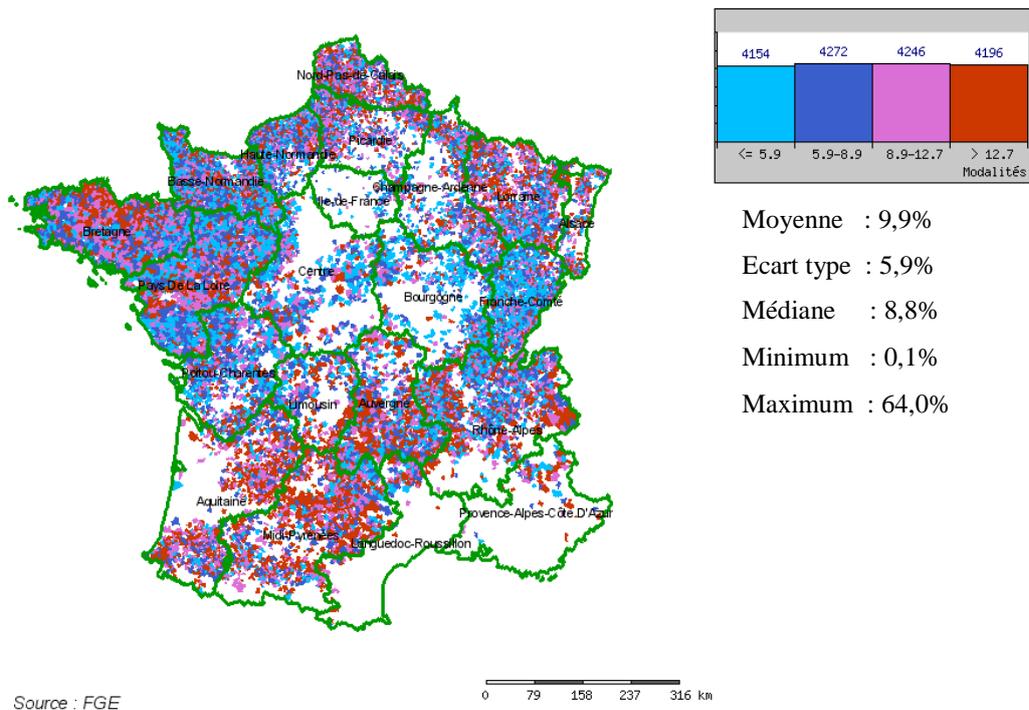
Le pourcentage moyen se situe autour des 10% comme pour les indicateurs TB/TP $>$ 1,5 et TP $<$ 31 et TB $>$ 41.

Comme pour tous les indicateurs précédents, la Franche-Comté est le bassin avec les pourcentages les plus faibles (Tableau 36).

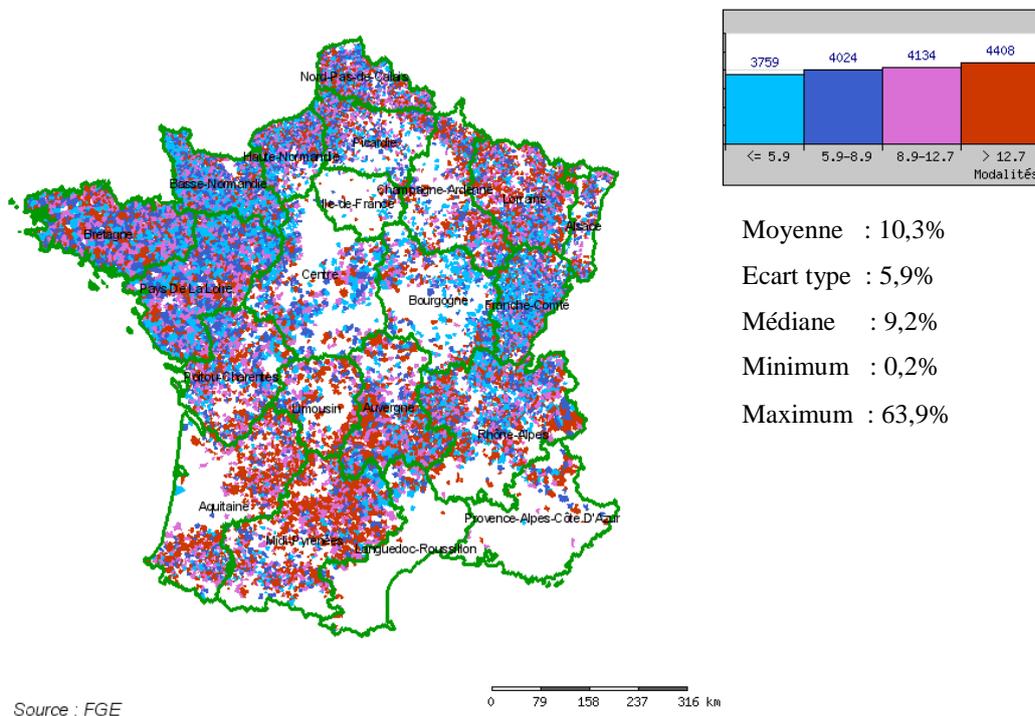
En revanche, à la différence des autres indicateurs, le bassin Sud-Ouest a les pourcentages les plus élevés suivi par le Massif-Central.

Une forte évolution des bassins Massif-Central, Poitou et Centre est une nouvelle fois reportée par cet indicateur.

- Répartition de l'indicateur TP<sub>≤28</sub> en France



**Figure 39 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP<sub>≤28</sub>**



**Figure 40 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TP<sub>≤28</sub> en 2006**

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur TP<sub>≤28</sub> : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur TP<sub>≤28</sub> : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

Les figures 40 et 41 révèlent des changements par rapport aux indicateurs précédents :

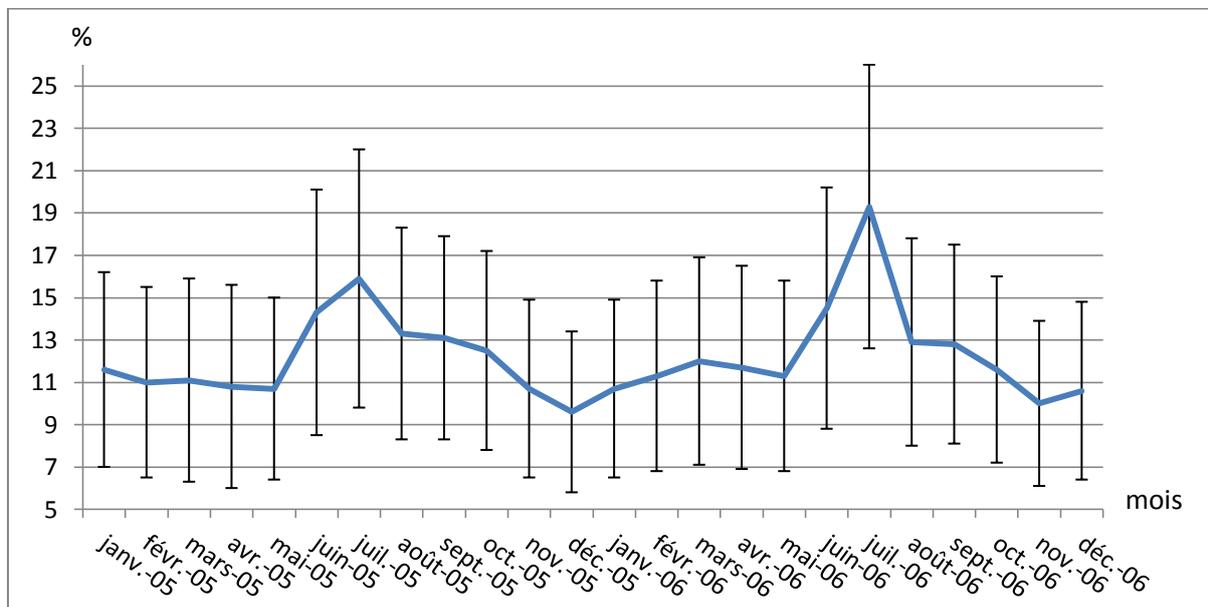
- le bassin Grand-Ouest n'apparaît plus franchement parmi les zones avec les pourcentages les plus élevés (teinte rouge). En revanche, la partie pyrénéenne du bassin Sud-Ouest ressort vivement dans des teintes rouges (teintes bleues sur les figures des indicateurs précédents).

- la Normandie apparaît plutôt hétérogène, le Poitou et le Centre plutôt dans des teintes bleutées. Le Franche-Comté reste pour sa part dans des tons bleus.

On retrouve néanmoins (i) les bassins Massif-Central et Sud-Ouest, (ii) le bassin Est et la région Nord Pas de Calais dans des tons rouges ; le bassin (i) Normandie et (ii) Franche-Comté dans des tons bleus.

La moyenne nationale des exploitations est de 9,76% et 9,98% (Tableau 36), la moyenne nationale communale est de 9,9% et 10,3%, respectivement en 2005 et 2006. Cette légère augmentation est retrouvée dans la plupart des bassins laitiers à l'exception des bassins Grand-Ouest et Nord, mais ne se retrouve pas franchement sur les données cartographiques.

### 3.12.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle de l'indicateur TP≤28 : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 41 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un TP≤28 en 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle du pourcentage moyen communal est totalement inverse aux autres indicateurs de cétose subclinique (Figure 41).

Le minimum est présent sous la forme d'un plateau couvrant toute la période hivernale et printanière (de novembre à mai). Le maximum se retrouve sous la forme d'un pic estival en juillet suivi d'une baisse brutale en août puis plus progressive au cours de l'automne.

Les écarts types sont importants et varient de 7,6% (décembre 2005) à 13,3% (juillet 2006).

### 3.12.4. Evolution au cours des 4 premiers mois de lactation

	TP $\leq$ 28 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	18,3	19,0
<b>Tous stades de lactation</b>	9,9	10,3

**Tableau 37 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TP $\leq$ 28 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.**

La moyenne nationale communale est supérieure de 8,4 points en 2005 (8,7 points en 2006) pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 37).

La même tendance que pour les indicateurs précédents est donc retrouvée. L'écart est cependant plus important pour l'indicateur TP $\leq$ 28 que pour les trois précédents indicateurs.

Le début de lactation semble plus propice à la chute du TP.

### 3.13. CETOSE SUBCLINIQUE ET HAUSSE DU TAUX BUTYREUX : TB $\geq$ 45

#### 3.13.1. TB $\geq$ 45 par race

Race	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB $\geq$ 45 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB $\geq$ 45 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
Prim'holstein	1 496 406	26,69 (9,85)	26,64 (9,81)	- 0,05
Montbéliarde	267 308	23,43 (10,62)	22,57 (10,60)	- 0,86
Normande	156 128	25,08 (10,69)	24,68 (10,45)	- 0,40
Abondance	11 789	26,01 (10,01)	25,97 (9,18)	- 0,04
Simmental	8 534	24,95 (9,64)	24,03 (8,18)	- 0,92
Brune	8 497	24,24 (10,53)	23,61 (9,48)	- 0,63
Tarentaise	4 311	27,88 (10,04)	26,94 (9,08)	- 0,94
Pie Rouge des Plaines	3 003	29,18 (9,71)	29,00 (8,84)	- 0,18

Les valeurs représentent la moyenne par race du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB $\geq$ 45 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 38 : Moyenne et évolution par race laitière du pourcentage de vaches avec un TB $\geq$ 45 en 2005 et 2006**

En accord avec les indicateurs précédents, la Tarentaise, la Pie Rouge des Plaines, l'Abondance et la Prim'holstein ont les pourcentages des plus élevés (Tableau 38).

La Montbéliarde, la Simmental et la Brune ont une nouvelle fois les pourcentages les plus bas.

L'évolution entre 2005 et 2006 est à la baisse pour toutes les races contrairement aux résultats des deux derniers indicateurs (TP $\leq$ 28 et TP $<$ 31 et TB $>$ 41).

### 3.13.2. Analyse géographique

- TB $\geq$ 45 par bassin laitier

Bassin laitier	Effectif contrôlé en 2005 (nombre de vaches)	TB $\geq$ 45 (% de vaches) en 2005 (écart type)	TB $\geq$ 45 (% de vaches) en 2006 (écart type)	Evolution entre 2005 et 2006
France entière	2 209 919	26,11 (9,22)	25,88 (9,08)	- 0,23
Grand-Ouest	796 371	30,38 (9,50)	30,38 (9,48)	+ 0,0
Normandie	319 930	23,11 (9,33)	23,16 (9,23)	+ 0,05
Nord	191 159	20,67 (8,19)	20,60 (8,00)	- 0,07
Est	209 211	23,29 (8,86)	23,20 (8,97)	- 0,09
Centre	48 278	26,17 (9,45)	26,83 (9,59)	+ 0,66
Poitou	81 077	26,60 (9,81)	26,43 (9,81)	- 0,17
Massif-Central	108 189	26,28 (10,20)	26,11 (9,81)	- 0,17
Rhône-Alpes	130 694	28,12 (10,72)	27,49 (10,37)	- 0,63
Sud-Ouest	169 346	24,76 (9,54)	23,77 (9,09)	- 0,99
Franche-Comté	113 936	18,39 (8,07)	17,07 (7,76)	- 1,32
Savoie	41 728	21,42 (7,71)	20,94 (7,80)	- 0,48

Les valeurs représentent la moyenne par bassin laitier du pourcentage annuel par exploitation du nombre de vaches avec un TB $\geq$ 45 sur le nombre de vaches contrôlées, tous contrôles de l'année confondus (méthode 1).

**Tableau 39 : Moyenne et évolution par bassin laitier du pourcentage de vaches avec un TB $\geq$ 45 en 2005 et 2006**

Les pourcentages sont plus élevés de 10 à 20 points par rapport aux autres indicateurs de cétose subclinique (exception faite de l'indicateur TB/TP>1,33).

En accord avec tous les indicateurs précédents, la Franche-Comté est le bassin avec les pourcentages les plus faibles (Tableau 39), suivent ensuite les bassins Savoie et Nord.

Le bassin Grand-Ouest est une nouvelle fois le bassin qui possède les pourcentages les plus élevés.

- Répartition de l'indicateur TB $\geq$ 45 en France

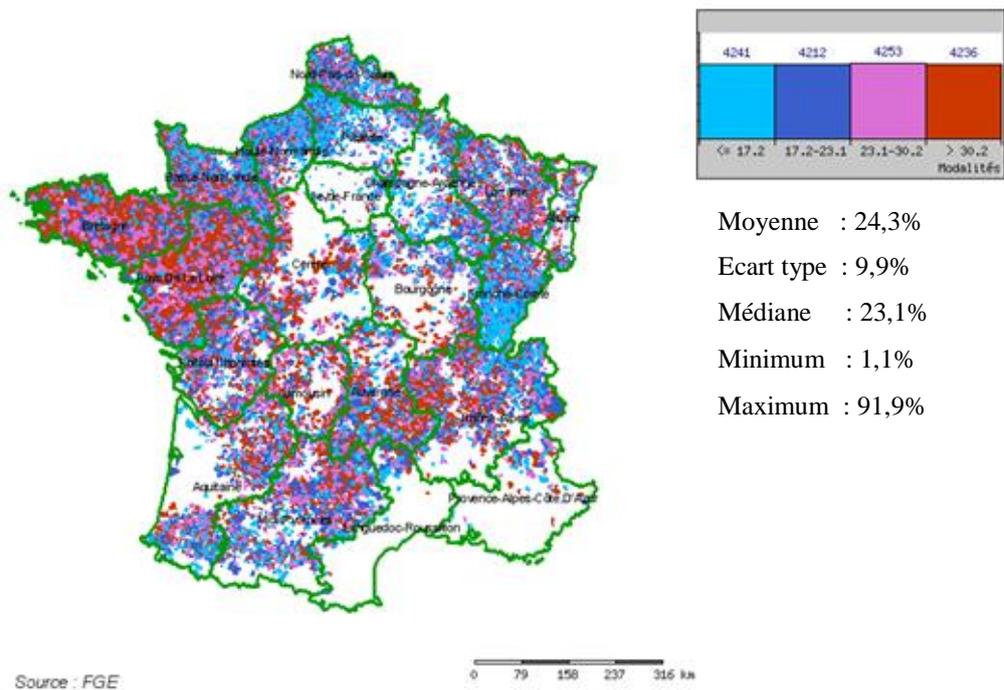


Figure 42 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB $\geq$ 45 en 2005

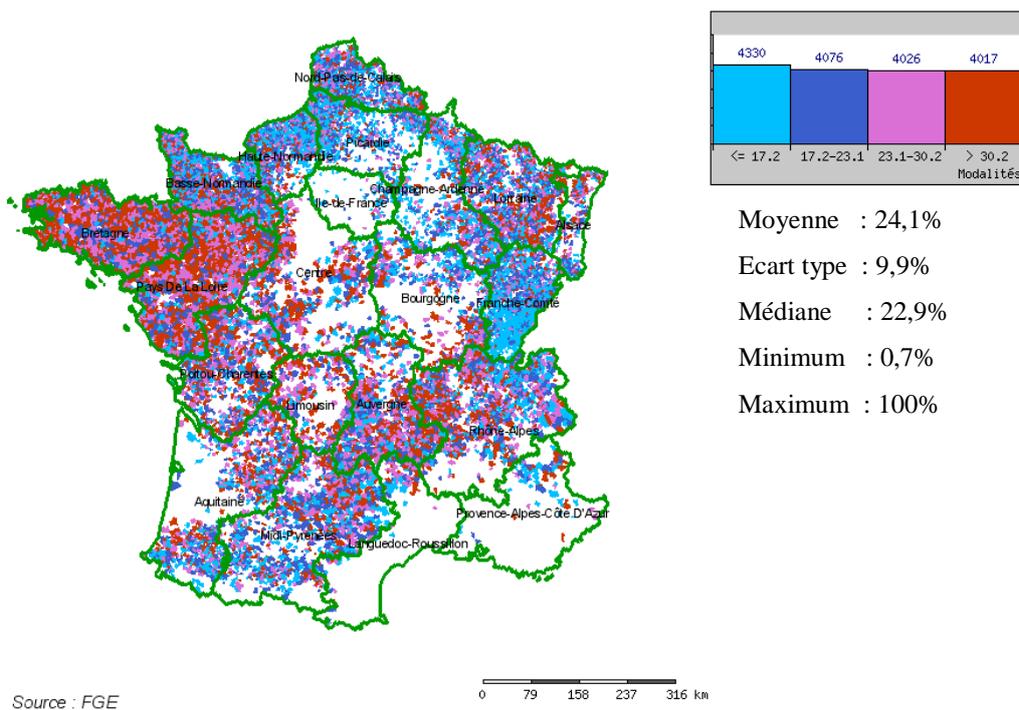


Figure 43 : Moyenne communale du pourcentage de vaches par exploitation avec un TB $\geq$ 45 en 2006

Les données cartographiques représentent les moyennes communales annuelles de l'indicateur TB $\geq$ 45 : moyenne arithmétique des pourcentages annuels des exploitations de la commune (méthode 3).

Les données chiffrées représentent la moyenne nationale communale annuelle de l'indicateur TB $\geq$ 45: moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 3).

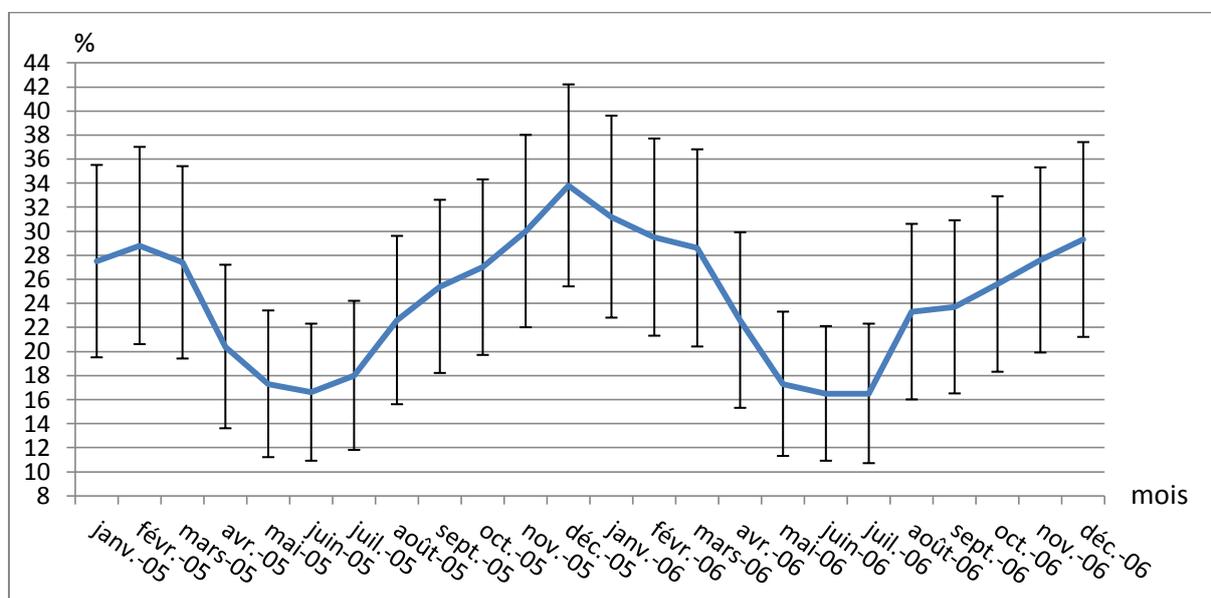
Les mêmes ensembles géographiques que pour les indicateurs précédents, excepté le  $TB \leq 28$ , sont observés sur les figures 42 et 43 :

- les tons bleus se retrouvent (i) en Normandie et Picardie, (ii) en Franche-Comté et Savoie, (iii) dans la partie pyrénéenne du bassin Sud-Ouest.
- les tons rouges se retrouvent dans (ii) le bassin Grand-Ouest, (ii) le Massif-Central et le Rhône-Alpes, (iii) l'Est.

Quelques différences sont à noter : la région Nord Pas de Calais apparait dans des tons beaucoup plus bleus que pour les indicateurs précédents, le Poitou et le Centre dans des tons plus rouges.

La moyenne nationale des exploitations est de 26,1% et 25,88% (Tableau 39), la moyenne nationale communale est de 24,3% et 24,1%, respectivement en 2005 et 2006, soit un écart léger de 1,8 et 1,7 point. Ces deux moyennes suivent une même évolution à la baisse. L'évolution générale à la baisse se retrouve sur la plupart des bassins laitiers à l'exception des bassins Centre et Normandie. Cette évolution à la baisse se ressent sensiblement sur les données cartographiques.

### 3.13.3. Evolution mensuelle



Les données représentent l'évolution entre 2005 et 2006 de la moyenne nationale communale mensuelle de l'indicateur  $TB \geq 45$  : moyenne arithmétique des pourcentages communaux (méthode 2).

**Figure 44 : Evolution mensuelle de la moyenne nationale communale de vaches avec un  $TB \geq 45$  en 2005 et 2006**

L'évolution mensuelle de l'indicateur  $TB \geq 45$  est identique à celle des indicateurs  $TB/TP > 1,5$ ,  $TB/TP > 1,33$ ,  $TP < 31$  et  $TB > 41$  avec de plus fortes variations. Elle montre un maximum atteint en période hivernale (février et décembre 2005 ; maximum plus élevé lors de l'hiver 2005 / 2006), suivi d'une rapide baisse (chute de 6 à 8 points entre mars et avril) pour atteindre un plateau minimal en mai / juin / juillet. Le pourcentage augmente par la suite progressivement au cours de la fin d'été et de l'automne pour atteindre son maximum en décembre (Figure 44). Les écarts types varient de 11,3% (juin 2005 et 2006) à 16,7% (janvier 2006).

### 3.13.4. Influence du début de lactation

	TB $\geq$ 45 (% de vaches)	
	2005	2006
<b>4 premiers mois de lactation</b>	12,8	12,6
<b>Tout stade de lactation</b>	24,3	24,1

**Tableau 40 : Comparaison de la moyenne nationale communale annuelle du pourcentage de vaches avec un TB $\geq$ 45 entre 2005 et 2006 pour les 4 premiers mois de lactation ou tout stade de lactation.**

La moyenne nationale communale est inférieure de 11,5 points en 2005 et 2006 pour les vaches dans leurs 4 premiers mois de lactation en comparaison à la moyenne nationale communale des vaches à tout stade de lactation (Tableau 40).

La tendance très nette à une prévalence plus faible en début de lactation retrouvée pour l'indicateur TB $\geq$ 45 est inverse à la tendance rapportée par tous les autres indicateurs de cétose subclinique utilisés dans cette étude.

## 4. DISCUSSION

### 4.1. MATERIEL ET METHODES UTILISES

#### 4.1.1. Bases de données utilisées

Dans cette étude, les données du Contrôle Laitier regroupent 61% des troupeaux laitiers et 57% des vaches en lactation ce qui représente approximativement 85% de la production laitière totale française, avec toutefois des variations en fonction des zones de production laitière (Tableau 6). Cependant, ces pourcentages ont été calculés grâce aux données du Contrôle Laitier à laquelle les exploitations de moins de 6 vaches laitières ont été exclues, une légère sous-estimation est donc possible.

Il semblerait également que les unités laitières inscrites au Contrôle Laitier soient les unités avec les meilleures performances zootechniques (Bourgier, 1985). Les données présentées ne peuvent représenter qu'une partie des éleveurs. Les résultats obtenus sont donc à nuancer, les moyennes nationales toutes exploitations confondues des différents paramètres pourraient différer. L'extrapolation des résultats à tout le cheptel français est à réaliser avec précaution.

Le nombre de vaches par exploitation a augmenté de 0,6% entre 2005 et 2006 (Tableau 6). Ce nombre est à analyser dans son contexte car c'est une moyenne des exploitations (> 6 vaches en lactation) inscrites au Contrôle Laitier, c'est donc une moyenne de 61% des exploitations françaises. Il reste en accord avec la tendance actuelle connue en France et en Europe (Annexe 7.1).

#### 4.1.2. Méthodes de calcul

La moyenne nationale des exploitations et la moyenne nationale communale suivent très souvent la même évolution entre 2005 et 2006 hormis pour la production laitière et le CCSMP (hausse de la moyenne des exploitations et diminution de la moyenne communale).

La moyenne nationale communale est supérieure à celle des exploitations pour le CCSMP, les indicateurs d'acidose ruminale chronique et le  $TP_{\leq 28}$ .

Elle est inférieure pour les autres indicateurs de cétose subclinique et pour le TB. Elle est identique, en 2005 et 2006, pour le TP.

L'écart entre les moyennes est conséquent pour le CCSMP (+ 20 000 cellules pour la moyenne nationale communale), il est autour de + 0,9 à + 1,8 point pour les indicateurs d'acidose ruminale chronique et de - 2,5 à + 0,4 points pour les indicateurs de cétose subclinique.

La moyenne nationale communale est une moyenne de l'ensemble des valeurs des communes dont une ou plusieurs exploitations sont inscrites au Contrôle Laitier. C'est donc une moyenne de moyenne (soit un 'échelon' de calcul supplémentaire) d'où les sensibles différences retrouvées dans les résultats. Concrètement, lorsqu'une commune possède plusieurs exploitations, la moyenne communale est la moyenne des valeurs moyennes de chaque exploitation alors que la moyenne nationale des exploitations est la moyenne des données individuelles (détachées de leur commune).

De plus, le même poids a été donné aux exploitations d'une commune, quelle que soit leur taille ou aux communes quelle que soit le nombre d'exploitations dans la commune.

## 4.2. RESULTATS DE PRODUCTION

### 4.2.1. Production laitière

#### 1) Effet de la race

Les effets raciaux sur la production laitière sont importants. La moyenne annuelle des productions laitières journalières varie presque du simple au double (Tarentaise / Prim'holstein ; Tableau 9).

#### 2) Effet des bassins laitiers et de l'alimentation

Les différences entre les bassins apparaissent très nettement sur les cartes françaises (Figures 9 et 10) ainsi que sur le tableau des résultats par bassin (Tableau 10) avec, notamment, deux bassins faiblement productifs : le Massif-Central et la Savoie. Les bassins de plaine (Grand-Ouest, Poitou, Centre, Nord et Est) à forte production ressortent également très clairement. Plusieurs raisons expliquent cette hétérogénéité :

- la proportion de la race Prim'holstein (Tableau 8)
- le type de production (prix du lait en zone AOP par exemple)
- l'alimentation (différentes conditions climatiques, possibilité de cultures / fourrages / estives)

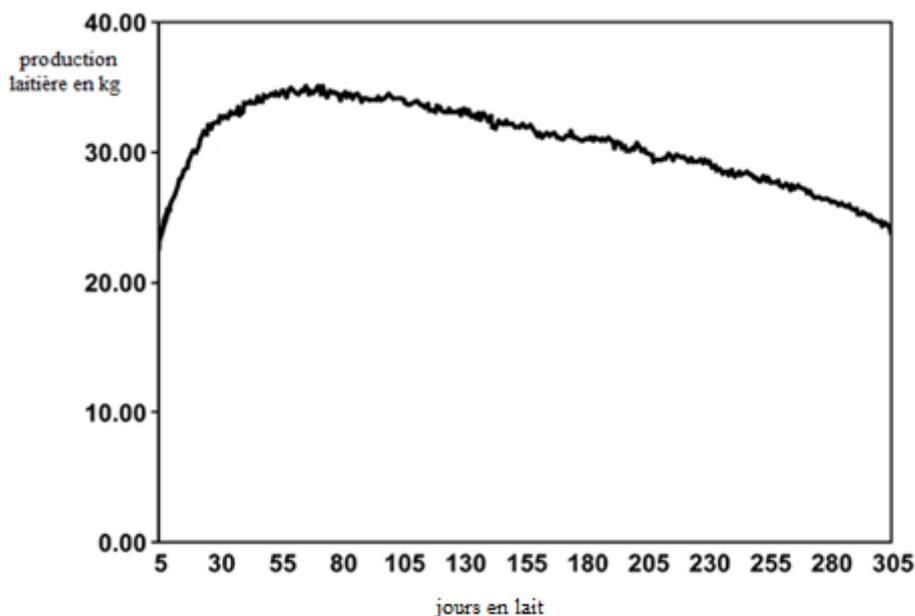
Cependant, les résultats présentés ne tiennent pas compte de l'effet croisé « race X système de production ».

#### 3) Evolution mensuelle de la production

La production laitière journalière française est minimale en été (juillet-août-septembre) et maximale en hiver / printemps (de janvier à mai ; maximum en avril ; Figure 11).

La saisonnalité des vêlages en France contribue à ce profil (Figure 8). Même si la répartition des vêlages en France s'étale sur toute l'année, on observe un pic dans la fréquence des vêlages en septembre et octobre. Un grand nombre de vaches expriment donc leur pic de lactation en hiver / printemps (Figure 45). Leur production diminue ensuite au cours de la lactation (Quist, 2007) d'où une production plus faible en période estivale.

La hausse de production obtenue en avril peut correspondre aux premières mises à l'herbe. On peut également penser que le stress thermique possède un effet néfaste sur la production laitière en été.



Production laitière (kg) moyenne obtenue sur un échantillon de 1 103 vaches Prim'holstein en 1<sup>ère</sup> lactation

**Figure 45 : Production laitière (kg) en fonction du stade de lactation (Quist, 2007)**

Les variations annuelles de productions observées dans le paysage laitier français ne se retrouvent pas dans des publications canadiennes qui reportent une production maximale en début d'été (mai-juin) ou fin d'été (août-septembre) (Ng-Kwai-Hang, 1984 ; Sargeant, 1998 ; Quist, 2008).

#### 4) Autres effets

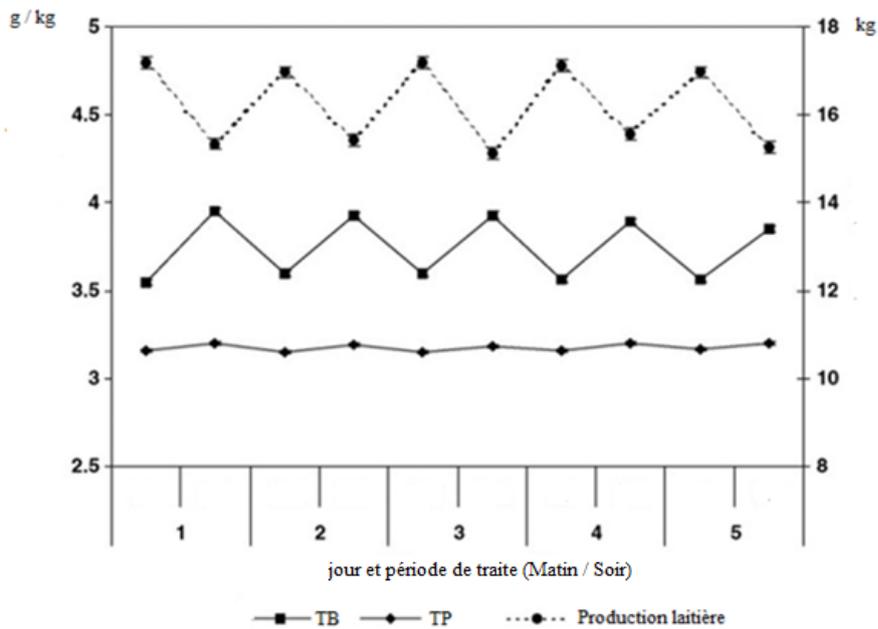
##### **Rang de lactation**

La production laitière a tendance à augmenter avec le rang de lactation (Quist, 2008). L'effet rang de lactation n'a pas été pris en compte dans cette étude. L'hypothèse faite est qu'il n'existe pas de différence de parité moyenne entre les différentes races et les différents bassins laitiers français.

##### **La traite**

La production laitière est habituellement plus élevée lors de la traite du matin que lors de celle du soir (Figure 46). Ceci s'explique en partie par un intervalle entre les traites soir / matin plus long (Quist, 2008).

La fréquence de traite influence la production laitière. Si l'on passe sur un modèle à une traite par jour, la production laitière diminue de 24% à 40%, alors qu'elle augmente d'en moyenne 14% si l'on passe à 3 traites / jour (McNamara, 2009).



**Figure 46 : Variation de la production laitière, du TB et du TP en fonction de l'heure de la traite (modèle 2 traites / jour) (Quist 2008)**

Une très grande majorité des exploitations françaises pratiquent une traite bi-journalière. Les variations de production laitière sont corrigées par un coefficient lors de protocole de contrôle AT. En revanche, elles ne sont pas prises en compte lorsque la traite est effectuée par un robot, la fréquence moyenne de traite est alors de 2,5 à 3 traites par jour. Ceci peut entraîner un biais qui n'est pas pris en compte dans cette étude.

#### 4.2.2. Comptage Cellulaire Somatique Moyen Pondéré

##### 1) Effet de la race

Le CCSMP varie presque du simple au double entre les races (166 480 cellules/mL pour l'Abondance à 276 870 cellules/mL pour la Prim'holstein ; soit + 66% ; Tableau 11). Le CCSMP est plutôt bas pour l'Abondance, la Simmental et la Montbéliarde et élevé pour la Prim'holstein, la Normande, la Pie Rouge, la Tarentaise et la Brune.

Deux effets contradictoires peuvent expliquer ces différences :

- un effet dilution : le CCS diminue avec la production laitière (Pyörälä, 2003 ; Schukken, 2003). De plus une corrélation génétique négative existe entre la production laitière et le CCS de 0,01 à 0,45 (de très faible à très fort ; Carlen, 2004). Cet effet peut expliquer les valeurs élevées de la Tarentaise (production moyenne faible 3 900 kg de lait par an et CCSMP élevé), de la Normande ou de la Brune ; et les valeurs plutôt faibles de la Montbéliarde.

- un effet risque : les mammites sont favorisées chez les vaches hautement productrices (Pyörälä, 2003 ; Carlen, 2004). Cet effet peut expliquer les valeurs élevées de la Prim'holstein, la Pie Rouge des Plaines et les valeurs faibles de l'Abondance et la Simmental.

L'effet système de production et bassin laitier sur le CCSMP par race n'a cependant pas été étudié.

##### 2) Effet des bassins laitiers et de l'alimentation

La disparité entre certains bassins est importante (+ 141 930 cellules/mL de moyenne en Poitou qu'en Savoie en 2005 ; Tableau 12). En revanche, au sein de chaque bassin les moyennes communales sont relativement homogènes (Figures 12 et 13). Les bassins avec les CCSMP les plus bas sont ceux de montagne et moyenne montagne alors que les systèmes plus productivistes des plaines ont des CCSMP plutôt élevés, exception faite du bassin Grand-Ouest.

Un effet race s'ajoute aux deux effets évoqués précédemment (dilution et risque) pour expliquer les variations entre les bassins laitiers. En effet, le CCSMP de la majorité des bassins peut s'expliquer en croisant les résultats du Tableau 8 (proportion des différentes races dans les bassins) et du Tableau 11 (CCSMP de chaque race). Par exemple 94% des vaches inscrites au Contrôle Laitier de Franche Comté sont des Montbéliardes (CCSMP de 224 090 et 224 310 cellules/mL en 2005 et 2006 ; Tableau 11), ce qui donne une moyenne du bassin à 218 540 cellules/mL en 2005 ; 222 110 cellules/mL en 2006. L'exemple se confirme également dans le bassin Nord avec la Prim'holstein.

Le seuil de paiement du lait diffère entre les bassins laitiers, ce qui contribue certainement aux différences de résultats entre bassins.

##### 3) Evolution mensuelle du CCSMP

Cette étude montre que la moyenne nationale communale du CCSMP est minimale au cours de la période hivernale et printanière (novembre à mai) et maximale en été avec un pic en

juillet. Ces résultats sont concordants avec de récentes études hollandaise (Heck, 2009) et canadienne (Quist, 2008).

Plusieurs hypothèses sont possibles pour tenter d'expliquer cette évolution :

- un effet dilution : positif en hiver (production en hausse et CCSMP en baisse) et négatif en été.

- un effet stade de lactation. Le CCS augmente globalement avec le stade de lactation (Quist, 2008). On note, en moyenne, des valeurs élevées les jours suivant la mise bas puis une diminution vers des valeurs plus basses, avant de ré-augmenter progressivement tout au long de la lactation. Cet effet et la saisonnalité des vêlages expliquerait un CCSMP plutôt faible de novembre à mai et élevé en juillet.

- la chaleur estivale peut être cause de stress et donc un facteur prédisposant à des mammites. La chaleur pourrait également expliquer des valeurs plus élevées dans les bassins du Sud de la France (risque environnemental).

#### 4) Autres effets

Les deux effets ci-dessous ne jouent probablement pas un rôle très important dans les variations du CCSMP tout comme dans celles de la production laitière.

### **Rang de lactation**

Le CCS augmente généralement avec le rang de lactation et donc avec l'âge de l'animal (Pyyrälä, 2003 ; Schukken, 2003 ; Quist, 2008).

### **La traite**

Le passage de 2 traites à 3 traites par jour entraîne une diminution du CCS du lait et de la proportion des vaches avec un CCS élevé, probablement par effet dilution. Cependant, un intervalle trop court entre 2 traites (< 4h) produit l'effet inverse et entraîne une augmentation du CCS (Pyyrälä, 2003). Ceci ne fait pas l'objet d'un consensus, certains auteurs n'observant pas de variations diurnes significatives (Quist, 2008).

### 4.2.3. Les Taux Butyreux et Protéiques

#### 1) Effet de la race et du bassin laitier

Les écarts entre les TB moyens des races laitières sont importants. Le TB le plus élevé est celui de la Normande (44,10 g/kg et 44,00 g/kg en 2005 et 2006 ; Tableau 13). Le TB le plus faible est celui de la Tarentaise (37,07 g/kg et 36,90 g/kg en 2005 et 2006). La Montbéliarde, l'Abondance et la Tarentaise sont les 3 seules races dont le TB moyen est inférieur à 40 g/kg.

Les différences de TP entre races sont beaucoup moins importantes que pour le TB (Tableau 15). La Normande et la Brune se distinguent avec des valeurs de TP élevées. L'écart maximum est de 2,59 g/kg entre la Normande et la Prim'holstein en 2006.

Les bassins Grand-Ouest et Normandie ont les TB les plus élevés et peu de disparités communales (Figures 15 et 16). Le TB le plus bas se retrouve dans les bassins Franche-Comté et Savoie.

En revanche, ces deux derniers bassins ont avec le bassin Normandie et la région Pays de Loire les TP les plus élevés. Les valeurs les plus basses se retrouvant en Bretagne, dans le Nord, l'Est et le Centre de la France (exception faite du Nord de l'Aveyron).

Plusieurs paramètres explicatifs doivent être pris en compte :

- l'effet type de production et génétique. Ces deux facteurs sont étroitement liés. La transformation du lait en France est un système régionalisé. Si, dans tous les bassins, le lait est commercialisé, au moins en partie, en lait pasteurisé ou cru. Chaque bassin a ses spécificités (Camembert et crème de Normandie, AOP Beaufort en Savoie...). Les critères recherchés sont donc différents : le TP pour une transformation fromagère optimale mais aussi un TB pour une meilleure transformation crémière. Ainsi, la sélection génétique s'effectue, principalement, sur les qualités du lait recherchées (ex : un TB élevé pour produire de la crème).

- l'effet bassin : système de production et alimentation. C'est un effet majeur sur les taux produits par les différentes races laitières. Par exemple, le bassin Nord dont la Prim'holstein constitue 99% du cheptel inscrit a un TB moyen inférieur de plus d'1 g/kg au TB moyen de la race Prim'holstein. De même, le bassin normand qui a un TB beaucoup plus bas que le TB moyen de la normande. Enfin, si l'on compare le TB et le TP de deux bassins, Grand-Ouest et Sud-Ouest dont les proportions en race laitière ne diffèrent que très peu, on retrouve des valeurs de TB et TP bien plus élevées dans le Grand-Ouest que dans le Sud-Ouest.

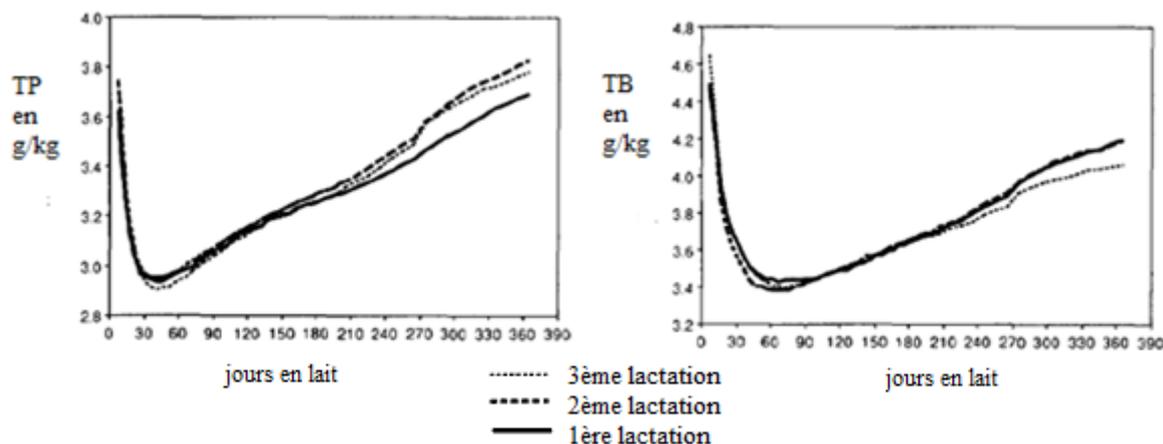
- l'effet dilution. Le TB varie de façon inverse à la production laitière dans un modèle à 2 traites / jour et suit les mêmes variations dans un modèle à 3 traites / jour (Quist, 2008). Le TP ne semble pas subir de variations diurnes (Figure 46).

#### 2) Evolution mensuelle

Le TB subit de fortes variations saisonnières (+/- 4 g/kg) avec un maximum en hiver (février 2005 et décembre 2005) et un minimum estival (juin 2005 et juillet 2006) (Figure 17).

Le TP suit la même évolution saisonnière que le TB avec un minimum en été (juillet) et un maximum en début d'hiver (novembre-décembre) (Figure 20).

Le TB et le TP diminuent fortement au cours des deux premiers mois de lactation avant de remonter progressivement tout au long de la lactation (effet dilution ; Figure 47). Cependant, les résultats observés ne concordent pas avec l'effet dilution (TB et TP bas lorsque la production laitière est maximale) que l'on pourrait s'attendre à observer et étant donné la répartition des vêlages en France (Figure 8).



**Figure 47 : Variations du TP et TB en fonction du rang et du stade de lactation (Stanton, 1992)**

Ceci suggère que les variations du TB et du TP soient dues à un réel effet saison lié à des variations alimentaires (Sargeant, 1998). Quist attribue l'origine de la variabilité du TB à 42% à un effet troupeaux (= effet bassin et alimentation dans cette étude) (Quist, 2008).

Il serait intéressant de comparer l'évolution du TB et du TP en dissociant les bassins intensifs proches du zéro pâturage, des bassins où la pâture fait partie intégrante du système.

Les résultats observés dans cette étude (TB et TP maximal en hiver et minimal en été) sont en accord avec de nombreuses publications nord américaines ou européennes (Ng-Kwai-Hong, 1984 ; Quist, 2008 ; Heck, 2009). Cependant, les variations de TB et TP sont expliqués dans ces études par des effets de dilution.

D'autre part, le TP augmenterait avec le CCSMP par augmentation des protéines sériques dans le lait (Ng-Kwai-Hong, 1984). Cet effet n'est pas retrouvé dans cette étude car le CCSMP et le TP suivent une évolution inverse.

### 3) Autres effets

#### **Rang de lactation**

Il ne semble pas exister de différences significatives dans les TB et TP moyens entre les différents rangs de lactation (pas de différences significatives entre primipares et multipares ; Quist, 2008)

## **La traite**

Si le TP ne semble pas varier en fonction de l'heure de la traite, le TB est lui plus bas en moyenne de 1,11%, lors de la traite du matin, dans un modèle à 2 traites / jour (Figure 46 ; Quist, 2008).

Dans une étude canadienne, l'origine de la variabilité du TB provenait à 22% de la traite (matin / soir) et à 0% du jour de traite (Quist 2008).

Les variations journalières du TB et TP lors de protocole de contrôle AT ne sont pas corrigées par le Contrôle Laitier et ne sont donc pas prises en compte dans cette étude. Ils peuvent cependant poser problème dans le calcul des rapports TB/TP.

### 4.3. L'ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE

Le diagnostic de l'acidose ruminale à partir des composants du lait est basé sur la diminution du TB et une stabilité ou une légère hausse du TP.

Un rapport fourrages / concentrés faible ou en diminution rapide est un des principaux éléments à l'origine de la baisse du pH ruminal et de la situation d'acidose ruminale chronique.

Le pH ruminal subit, cependant, des fluctuations physiologiques. Il est minimal dans les 2 à 4 heures après le repas lors de deux distributions journalières et dans les 6 à 12 heures lors de ration complète mélangée distribuée *ad libitum* (Krause, 2005 et 2006).

#### 4.3.1. Mécanismes physiopathologiques à l'origine d'une diminution du TB

##### Une situation de déséquilibre

La gamme de pH caractéristique, bien que discutable, de l'acidose ruminale chronique (5,2 à 6) n'offre pas les conditions favorables à la prolifération des lactobacilles. Il n'y a donc pas d'accumulation de lactates dans le sang (lors d'acidose ruminale chronique), mais une accumulation d'Acides Gras Volatils (AGV) dans le rumen (Khafipour, 2008).

Deux situations sont alors possibles :

- lorsque le pH reste supérieur à 5,5 : le nombre de protozoaires augmente généralement et oriente la fermentation de l'amidon vers la production de butyrate (C4), induisant une acidose dite butyrique (Goad, 1998 ; Nagaraja, 2007).
- lorsque le pH est compris entre 5,2 et 5,5 : une diminution des protozoaires est observée aux dépens d'une flore productive (*Streptococcus bovis*, lactobacilles) et surtout utilisatrice (*Selenomonas ruminantium*, *Megasphaera elsdenii*) de lactates évitant son accumulation. Les fermentations ruminales sont alors orientées vers la formation de propionate (C3), induisant une acidose dite propionique (Ghozo, 2005 ; Nagaraja, 2007 ; Khafipour, 2008).

L'accumulation de solutés aux propriétés hygroscopiques importantes issus de la fermentation de concentrés (glucides en excès...) semble provoquer une augmentation de la pression osmotique lors d'acidose ruminale chronique (Martin, 2006).

##### Diminution du TB

Lors d'acidose ruminale chronique, plusieurs mécanismes contribuent à la diminution du TB.

Premièrement : la diminution du rapport fourrages / concentrés entraîne un déficit en AGV de type C2 et C4 (apport fourrager) et donc une diminution de la synthèse d'AG courts (< 14 C) et moyens (14-16 C) par la mamelle.

Deuxièmement : les glucides rapidement et facilement fermentescibles orientent les fermentations ruminales vers la production d'AGV en C3 (acide propionique). L'augmentation de C3 aurait comme conséquence une sécrétion accrue d'insuline, ce qui

entraînerait (i) une diminution de la lipolyse, (ii) une augmentation de la lipogénèse, (iii) une diminution du prélèvement sanguin d'AG par la mamelle (Rulquin, 2007). Ceci entraîne donc une diminution de la synthèse d'AG longs (> 18 C) et moyens (14-16 C)

Troisièmement : la diminution de l'ingestion et l'accélération du transit, conséquence de l'acidose ruminale chronique, sont à l'origine d'une diminution des fermentations ruminales et renforcent la baisse en proportion des AGV de type C2 et C4.

Enfin, la baisse du pH ruminal conduit : (i) à une diminution de la digestibilité de la cellulose et de l'absorption de tous les AGV, et (ii) à une orientation de la biohydrogénation ruminale des acides polyinsaturés vers la voie  $trans\Delta^{10}$ , conduisant à l'augmentation de la production d'isomères spécifiques  $trans^{10}cis^{12}$  de l'acide linoléique (C18:2) (Glasser, 2008 ; Kleen, 2009). Ces isomères sont des dérivés de l'acide linoléique conjugué (CLA). Ils inhiberaient la synthèse des AG par la mamelle et donc la production d'AG courts et moyens (Bauman, 2003 ; Glasser, 2008 ; Kleen, 2009).

Au final, ces différents mécanismes entraînent une baisse de la synthèse de tous les AG (courts, moyens et longs) par la mamelle et donc une baisse du TB.

### **Un TP très peu perturbé**

Les déséquilibres fermentaires engendrés par l'acidose ruminale chronique n'affectent que très peu le TP qui peut être très légèrement augmenté, sans doute par action de l'insuline qui augmenterait le prélèvement artériel des acides aminés par la mamelle (Mackle, 2000). Cependant, la diminution d'ingestion induite par l'acidose ruminale chronique conduirait rapidement à une réduction du TP proche des valeurs initiales.

Ces mécanismes physiopathologiques justifient donc l'utilisation de la baisse du TB, du rapprochement des taux ou de leur inversion comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique.

### 4.3.2. Utilisation pratique des taux du lait comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique

#### 1) Facilité

La lecture des taux du lait peut s'effectuer directement sur la fiche de résultat du contrôle laitier. Les trois indicateurs proposés sont facilement visualisable :  $TB \leq 35$  (lecture des résultats de TB) ;  $TB/TP < 1 \Leftrightarrow TB < TP$  (comparaison des deux colonnes) ; seul l'indicateur  $0 < TB - TP < 3$  demande un effort de calcul.

#### 2) Sensibilité / spécificité

Aucune étude n'a été réalisée à ce jour pour confronter les résultats d'analyse des taux du lait à la mesure du pH ruminal (Gold Standard). Nous ne disposons donc d'aucune information sur la sensibilité et la spécificité des trois indicateurs utilisés. Les prévalences reportées seront donc des prévalences apparentes dépendantes des sensibilités et des spécificités des tests utilisés (même si inconnues).

#### 3) Limites

#### La parité

Le rapport TB/TP semble varier en fonction du rang et du stade de lactation. Il tend à augmenter avec la parité indépendamment du stade de lactation (Tableau 41 ; Quist, 2008).

Cet effet n'a pas été pris en compte dans la présente étude, l'hypothèse implicite avancée est donc que la parité moyenne des vaches des exploitations est la même partout en France.

	L1	L2	$\geq L3$
<b>Début de lactation</b>	1,24	1,26	1,30
<b>Milieu de lactation</b>	1,13	1,16	1,16
<b>Fin de lactation</b>	1,12	1,14	1,15

Etude réalisée sur 16 fermes canadiennes (n=1913 vaches) ; début de lactation=5-60 jours en lait, milieu de lactation=61-120 jours en lait, fin de lactation=121-305 jours en lait

**Tableau 41 : Evolution du rapport TB/TP en fonction du rang et du stade de lactation (Quist 2008)**

Les différences du rapport TB/TP entre primipares (de 1,12 à 1,24) et multipares (de 1,14 à 1,30) suggéreraient d'analyser séparément ces deux catégories d'animaux et de diminuer le seuil du ratio utilisé pour les primipares. Les corrections à apporter resteraient cependant minimes.

Le rang de lactation n'a pas été étudié mais il semblerait que les vaches primipares présenteraient une prévalence d'acidose ruminale chronique plus élevée que les multipares (29% contre 19%) et également plus tôt au cours de la lactation (Krause, 2006).

## Le stade de lactation

Le rapport TB/TP tend à diminuer avec le stade de lactation (Tableau 41 ; Figure 48). Plus précisément, il tend à augmenter au cours du premier mois, avant de diminuer progressivement le second mois de lactation. Le rapport TB/TP ne varie que très peu au-delà du second mois de lactation (Friggens, 2007).

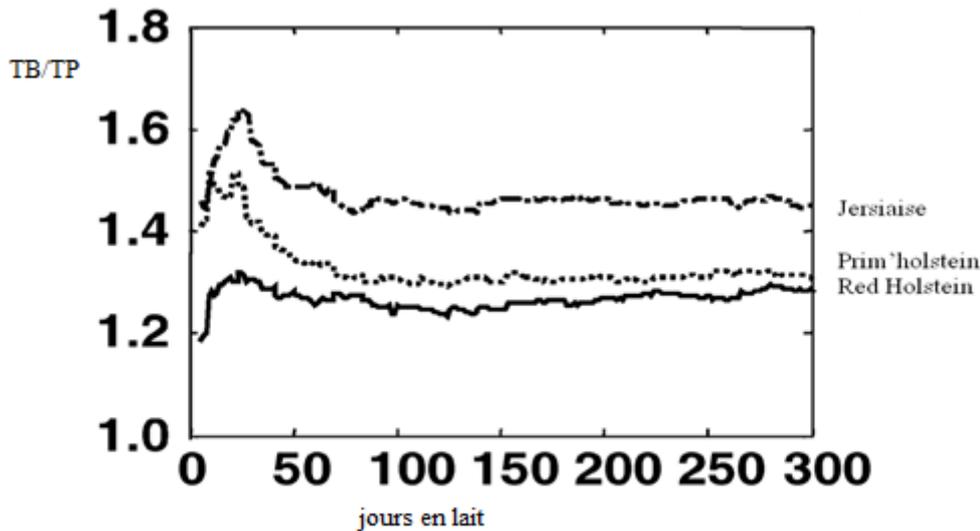


Figure 48 : Variations du rapport TB/TP en fonction du stade de lactation (Friggens, 2007)

Les deux indicateurs utilisant le TB et le TP ( $TB/TP < 1$  et  $0 < TB - TP < 3$ ) reportent une prévalence apparente plus faible en début de lactation (4 premiers mois). Ce résultat est en contradiction avec les données de la littérature qui présentent une prévalence plus importante en début de lactation (60% des cas d'acidose ont lieu dans les deux premiers mois suivant le vêlage, Gröhn, 1990). De plus Plaizier reporte que les vaches laitières ont en moyenne un pH ruminal inférieur à 6 pendant 1 h/jour 3 semaines avant la mise bas et 4 h/jour au cours des 3 semaines suivantes indiquant un risque acidotique élevé immédiatement après le vêlage (Plaizier, 1999).

Cependant, d'autres études suggèrent que l'augmentation de la capacité d'ingestion au cours de la lactation jouerait un plus grand rôle dans les risques d'acidose qu'une mauvaise adaptation alimentaire au début de lactation (Garret, 1997 ; Krause, 2006). L'acidose se déclarerait alors plutôt en milieu de lactation lorsque l'ingestion de concentrés est maximale (Enemark, 2002). Les résultats de cette étude confortent cette dernière hypothèse.

L'adoption de plus en plus fréquente des remorques mélangeuses en France pourrait contribuer à l'augmentation de la prévalence de l'acidose en milieu de lactation. En effet, le risque d'une ration avec un manque de fibrosité est élevé lors d'utilisation d'une mélangeuse.

L'indicateur  $TB \leq 35$  reporte lui une prévalence de l'acidose ruminale chronique plus importante au cours des 4 premiers mois de lactation (Tableau 25) et donc inverse aux deux autres indicateurs. Un élément d'explication de ce résultat est le fait que le TB est plus faible en début de lactation par effet dilution (Figure 47) d'où une valeur plus élevée en début de

lactation. De plus, la complémentation lipidique des rations pour vache laitière a différents effets sur le TB (augmentation du TB si apport d'AG insaturés < 1 à 2% MS ingérée et baisse du TB si apport en AG insaturés > 1 à 2% MS ingéré) et peut donc 'mimer' une situation d'acidose (chute du TB).

Dans ce contexte, l'utilisation de l'inversion des taux ou des taux rapprochés permettrait une meilleure précision probablement en corrigeant pour partie l'effet dilution.

### **La race**

Un facteur correctif a été appliqué à chaque race en prenant les valeurs de la Prim'holstein comme référence (Tableau 5).

Les différences des taux observées entre races malgré les ajustements justifient une correction sur les valeurs moyennes de chaque race. Cependant, aucune correction n'est réalisée sur les variations de taux, sous l'hypothèse que l'intensité de la réponse des animaux, à travers la composition du lait, est la même pour toutes les races pour une maladie métabolique donnée. Cette hypothèse est rediscutée dans la synthèse des effets (4.5.Limites et perspectives de l'utilisation des taux comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique et la cétose subclinique).

### **Le protocole AT**

Une forte variabilité des taux du lait est attribuable à l'heure de traite et au type de protocole utilisé par le contrôle laitier. Les contrôles alternés (contrôle de la traite du matin puis celle du soir au contrôle suivant) se développent : protocole AT (quantité de lait et taux sur 1 seule traite) ou A (quantité de lait sur 2 traites et taux sur 1 traite). Ces protocoles avec intervalles de traites inégaux conduisent à des résultats avec un TB largement plus élevé le soir (intervalle précédent court) que le matin, alors que le TP reste plus stable entre les 2 traites. Dans un récent essai, la variation du TB provenait pour 22% de l'effet « matin ou soir ». Le ratio TB/TP était de 1,20-1,23 le soir et 1,12-1,14 le matin (Quist, 2008).

Cet effet peut être important à l'échelle du troupeau sur un contrôle mais moins à l'échelle d'une année sur un troupeau (car lissé par l'alternance des contrôles) ou pour un mois donné sur un territoire (valeur moyenne du matin et du soir des différentes exploitations contrôlées). Cet effet peut, cependant, occulter un pic mensuel d'acidose ou une forte saisonnalité.

### 4.3.3. Bilan de l'utilisation du TB et du TP comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique

L'objectif de l'utilisation des trois indicateurs ( $TB/TP < 1$ ,  $0 < TB-TP < 3$ ,  $TB \leq 35$ ) comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique est de décrire une prévalence apparente ainsi que des variations saisonnières en France entre 2005 et 2006. Le protocole ne visait pas à définir le meilleur indicateur diagnostique.

#### 1) Prévalences apparentes

Prévalence apparente (% de vaches)	TB/TP < 1		0 < TB-TP < 3		TB ≤ 35	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<b>Par exploitation</b>	6,77	6,45	11,01	10,85	18,72	18,66
<b>Par commune</b>	7,6	7,3	12,0	11,7	20,5	20,4

Les prévalences apparentes obtenues ne tiennent compte que des exploitations avec plus de 6 vaches en lactation inscrites au Contrôle Laitier en 2005 et 2006. Elles ont été calculées tous rangs et tous stades de lactation confondus.

**Tableau 42 : Prévalences apparentes par exploitation et par commune de l'acidose ruminale chronique à partir de l'analyse du TB et TP en France en 2005 et 2006.**

Les prévalences obtenues sont des prévalences apparentes (englobant les Faux Positifs (FP) et les Vrais Positifs (VP)) qui dépendent des sensibilités et spécificités des tests utilisés. Les prévalences vraies n'ont pu être calculées car elles utilisent les sensibilités et spécificités qui ne sont pas définies pour l'acidose ruminale chronique (Tableau 42).

La prévalence apparente de l'acidose ruminale chronique dans les troupeaux français varie, selon l'indicateur utilisé et le type de moyenne calculé, entre 6,45% et 20,5% (Tableau 42). Cette prévalence apparente est une prévalence tous rangs et tous stades de lactation confondus.

Les prévalences apparentes obtenues sont souvent un peu plus faibles que les valeurs retrouvées dans la littérature, notamment pour les indicateurs  $TB/TP < 1$  et  $0 < TB-TP < 3$ . Dans des études menées dans le Wisconsin, 19% (prélèvement par voie orale) à 26% (prélèvement par ruminocentèse) des vaches laitières nourries en ration complète se trouvaient en acidose ruminale chronique (seuil utilisé : 5,5 ; Garret, 2007). En Irlande, près de 11% des vaches nourries à l'herbe (pâturage extérieur exclusif) de 12 élevages différents se sont révélées en acidose ruminale chronique par mesure de pH via ruminocentèse, avec un seuil de pH à 5,5. De plus 42% des vaches avaient un pH marginal de 5,6 à 5,8 (O'Grady, 2008).

#### 2) Pouvoir discriminant et concordance des indicateurs

Toutes les cartes (2005 et 2006 des 3 indicateurs) ont un même profil. On retrouve les mêmes teintes dans les mêmes bassins (Grand-Ouest et Rhône-Alpes dans des teintes bleues par exemple). La concordance entre les cartes de l'indicateur  $TB/TP < 1$  et de  $TB \leq 35$  sont quasi

parfaites, seules quelques différences entre ces deux précédents indicateurs et l'indicateur  $0 < TB-TP < 3$  apparaissent (Tableau 43).

	<b>TB/TP&lt;1</b>	<b>0&lt;TB-TP&lt;3</b>	<b>TB≤35</b>
<b>Grand-Ouest</b>	-	-	-
<b>Normandie</b>	+	+	+
<b>Nord</b>	+	+	+
<b>Est</b>	-	-	-
<b>Centre</b>	-	-	-
<b>Poitou</b>	-	+/-	-
<b>Massif-Central</b>	+	+/-	+
<b>Rhône-Alpes</b>	-	-	-
<b>Sud-Ouest</b>	+	+	+
<b>Franche-Comté</b>	+/-	+	+/-
<b>Savoie</b>	+	+/-	+

Prévalence de l'acidose ruminale chronique dans les différents bassins laitiers exprimée par des sigles (+, +/-, -) d'après les résultats cartographiques.

Le signe – signifie que le bassin est représenté dans des tons bleus ; le signe +/- que le bassin est représenté dans des tons mitigés (mélange de bleu et de rouge) ; le signe + que le bassin est représenté dans des tons rouges.

**Tableau 43 : Concordance des 3 indicateurs d'acidose ruminale chronique entre les différents bassins laitiers**

Les tracés cartographiques sont par ailleurs en accord avec les résultats bruts par bassin laitier, avec par exemple des valeurs élevées pour la Normandie, le Nord, la Savoie et la Franche-Comté pour les 3 indicateurs (Tableaux 18, 21 et 24).

La concordance mensuelle des indicateurs est également bonne. Les prévalences apparentes mensuelles suivent le même profil pour les 3 indicateurs avec cependant une prévalence apparente qui reste élevée jusqu'en septembre pour l'indicateur TB/TP<1, élément que l'on ne retrouve pas chez les 2 autres indicateurs.

Notons, qu'en accord avec les données bibliographiques (production laitière diminuée lors d'acidose ruminale chronique ; Stone, 1999), la production laitière suit une évolution opposée à l'acidose ruminale chronique, elle est maximale lorsque la prévalence apparente de l'acidose est minimale (en hiver).

La concordance avec les valeurs par race est plus ambiguë. En effet, les écarts par races restent limités pour les indicateurs  $TB/TP < 1$  et  $0 < TB-TP < 3$ , alors qu'ils sont marqués pour le  $TB \leq 35$ .

L'analyse croisée des données par bassin (ou cartes) et des données par race permet une analyse plus fine des résultats.

Ainsi, si la prévalence de l'acidose ruminale chronique est élevée pour le bassin Normandie, seule une faible partie semble liée à la présence de la race Normande. En effet, les prévalences par races sont seulement légèrement plus élevées pour la Normande que pour la Prim'holstein (excepté pour l'indicateur  $0 < TB-TP < 3$ ) et les valeurs de la Normande sont même inférieures à celle de la Prim'holstein pour l'indicateur  $TB \leq 35$ .

Par ailleurs, la comparaison des prévalences obtenues par race montre des prévalences qui peuvent être élevées pour un indicateur et plus faibles pour un autre, même si les deux indicateurs sont liés aux mêmes mécanismes physiopathologiques. Par exemple, en comparaison à la Prim'holstein, la Montbéliarde a des prévalences d'acidose ruminale chronique élevées pour l'indicateur  $0 < TB-TP < 3$  et faibles pour l'indicateur  $TB/TP < 1$ . De la même manière, les variations géographiques observées pour les bassins Savoie et Franche-Comté entre les indicateurs semblent à relier aux différences observées pour l'Abondance et la Tarentaise.

Ceci suggère que la correction des taux par une règle de trois telle qu'elle est réalisée pour les races autres que la Prim'holstein, ne suffit probablement pas à apporter une solution à l'utilisation des taux du lait pour le diagnostic de l'acidose ruminale chronique chez les races autres que la Prim'holstein. Il est par ailleurs possible que la composition biochimique du lait suite à la présence d'acidose ne varie pas uniformément entre les races, en accord avec les différences de métabolisme entre races.

La discordance dans les résultats comparatifs 4 premiers mois de lactation / tout stade de lactation entre les indicateurs  $TB/TP < 1$ ,  $0 < TB-TP < 3$  d'une part et  $TB \leq 35$  d'autre part suggérerait que l'utilisation d'un seul des taux soit moins précis car plus sujet aux variations (alimentaires et stade de lactation). L'utilisation du rapport  $TB/TP$  permet de s'affranchir de certaines de ces variations car le TB et le TP suivent par exemple une évolution similaire au cours de la lactation (Figure 47).

A l'échelle nationale, la concordance des 3 indicateurs reste très bonne, même si les valeurs moyennes sont parfois fortement éloignées. Ceci suggère une certaine robustesse de ces indicateurs, en accord avec les mêmes mécanismes physiopathologiques sur lesquels ces trois indicateurs s'appuient. Cependant, leurs sensibilités et spécificités respectives restent à déterminer. L'utilisation des TB et TP comme outil diagnostique de l'acidose ruminale chronique devra toujours analysée dans son contexte (race / saison / complémentation lipidique éventuelle).

## 4.4. LA CETOSE SUBCLINIQUE

Le diagnostic de la cétose subclinique est basé sur la diminution du TP et la hausse du TB.

La cétose subclinique correspond à une accumulation de CC dans le sang (> 1000 à 1400  $\mu\text{mol/L}$ ). Elle intervient surtout en début de lactation (Heuer, 2000 ; Madouasse, 2010) et plus rarement au cours de la lactation lorsque un évènement perturbe l'ingestion de la vache laitière (stress, maladie intercurrente...).

### 4.4.1. Mécanismes physiopathologiques à l'origine d'une baisse du TP et d'une hausse du TB

#### Baisse de la production laitière

C'est la conséquence principale de la cétose subclinique. La relation entre énergie et production laitière n'est pas linéaire (Figure 49) et suit la loi :

$$\text{Variation (PL)} = -5,07 + 3,15 \ln (\text{variation (UFL)} + 5)$$

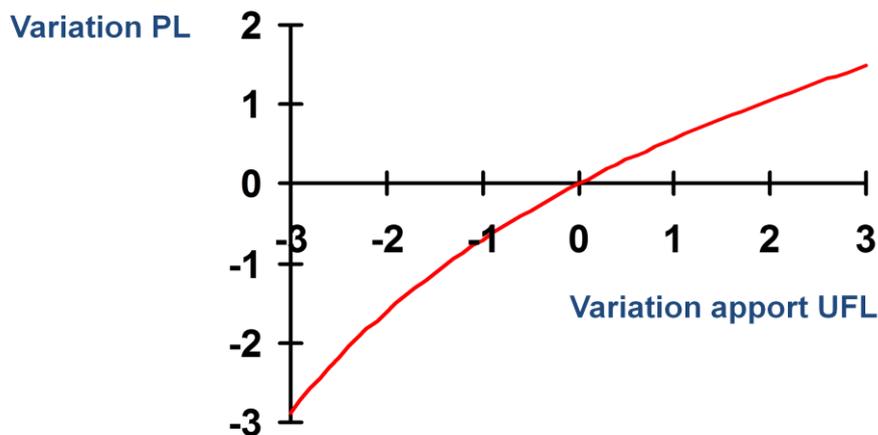


Figure 49 : Variation de la production laitière en fonction de l'apport en UFL (INRA, 1987)

Ainsi, la diminution de 2 UFL d'une ration ingérée par la vache laitière, induit une baisse de production de 1,5 L de lait (Figure 49). Sachant qu'un litre de lait équivaut à 0,44 UFL (donc 1,5 L à 0,66 UFL) la vache puisera donc 1,34 UFL (2 – 0,66) dans ses réserves pour produire les 1,5 L de lait. D'autre part, 1 kg de tissu adipeux représente environ 4 UFL. Une sous-alimentation de 2 UFL/j entrainera donc une perte d'environ  $1,34 / 4 = 335$  g de tissu adipeux/j.

#### Baisse du TP

Les protéines du lait sont synthétisées par la glande mammaire à partir d'acides aminés prélevés directement dans le sang (Linzell, 1971). Différentes études ont montré une diminution du TP lors de cétose subclinique (Grieve, 1986 ; Duffield, 1997 ; De Vries, 2000 ;

Heuer, 2000). La diminution du TP vient principalement d'un apport alimentaire énergétique insuffisant et reste assez indépendante d'un défaut d'apport protéique (Figure 50).

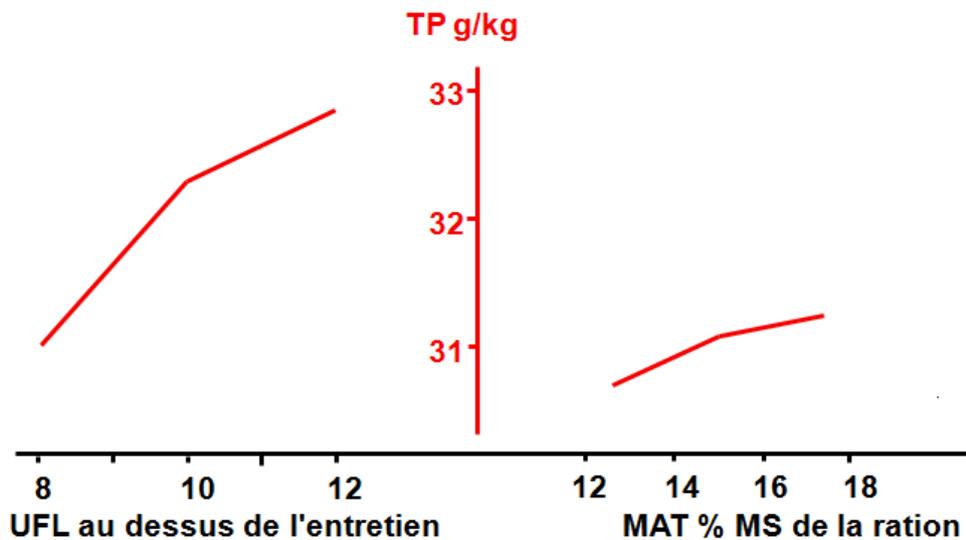


Figure 50 : Effet des apports énergétiques et azotés sur le TP (g/kg) (Rémond, 1985)

En effet, une ration déficitaire en énergie provoque une baisse de la production d'acide propionique (AGV en C3), principale source de glucose (néoglucogénèse hépatique), ainsi qu'une diminution de la Matière Organique Fermentescible (MOF), substrat des dégradations microbiennes aboutissant à la synthèse des PDIM (Protéines Digestibles dans l'Intestin d'origine Microbienne)). La baisse des PDIM, entraîne celle des PDI (Protéines Digestibles dans l'Intestin) ainsi que des acides aminés absorbés et par conséquent la synthèse des protéines dans la mamelle, il en résulte une chute du TP (Figure 2).

D'autre part, lors de déficit énergétique, les acides aminés sont également utilisés par le foie pour la néoglucogénèse.

Enfin, l'insuline favoriserait également le prélèvement artériel des acides aminés et par conséquent participerait à l'augmentation du TP. Lors d'hypoglycémie, situation souvent rencontrée lors de cétose subclinique, la teneur en insuline a tendance à être basse ce qui contribuerait à la baisse du TP (Mackle, 2000).

### Hausse du TB

Pour combler le déficit énergétique lors de cétose subclinique, la vache laitière puise dans ses réserves : le tissu adipeux (Bobe, 2004). L'hydrolyse des TG permet la libération de glycérol et d'AGNE qui peuvent être directement utilisés par la mamelle et conduire à l'augmentation du TB (Figure 3).

De plus, l'estérification hépatique des AGNE en TG conduit à leur accumulation dans le foie et leur exportation vers la mamelle et donc à une augmentation du TB.

Lors de cétose de subclinique, les principaux AG produits par la mamelle sont donc des AG longs (> 18 C) et moyens (14-16 C).

#### 4.4.2. Utilisation pratique du TB et du TP comme outil diagnostique de la cétose subclinique

##### 1) Facilité

L'utilisation du rapport TB/TP > 1,5 et 1,33 nécessite un calcul sommaire, limitant partiellement l'utilisation de ces indices. Les ajustements appliqués par races autres que la Prim'holstein compliquent encore plus leur utilisation. Au contraire la lecture des TB ou TP seuls est, très rapide et directement réalisable sur la feuille de données du Contrôle Laitier d'où l'inclusion de ces deux catégories d'indicateurs dans la présente étude.

##### 2) Sensibilité / spécificité

#### TP bas

Le TP est corrélé positivement avec le bilan énergétique (de 0,12 à 0,47 selon alimentation / parité / stade de lactation / race ; Grieve, 1986). Une augmentation d'1 g/kg du TP est associée à une diminution de 50% du risque de cétose subclinique (Duffield, 1997).

Dans une étude portant sur 1333 vaches, la sensibilité du critère TP ≤ 28 g/kg a été évaluée à 48% et la spécificité à 80% pour un Gold Standard défini par une concentration sérique en BHB > 1200 μmol/L (Duffield, 1997). La sensibilité diminue très fortement avec la diminution du seuil du TP à 27 g/kg ou 26 g/kg, la spécificité n'augmentant que légèrement. L'augmentation du seuil de TP à 29 g/kg ne permet pas de gagner en sensibilité (≈ 50%), mais réduit la spécificité (60%) (Figure 51).

Dans une seconde étude utilisant le même critère (TP < 29 g/kg), une sensibilité de 17% et 18% et une spécificité de 85% et 86% a été rapportée. Cependant, le Gold Standard utilisé était un déficit énergétique d'au moins 10% et 25% des besoins d'une vache en lactation (Heuer, 2000).

Au final, le seuil de 28 g/kg semble le seuil le plus efficace pour le diagnostic de la cétose subclinique. Bien qu'étant d'un bon pronostic (spécificité élevée), le TP varie assez peu en fonction du bilan énergétique.

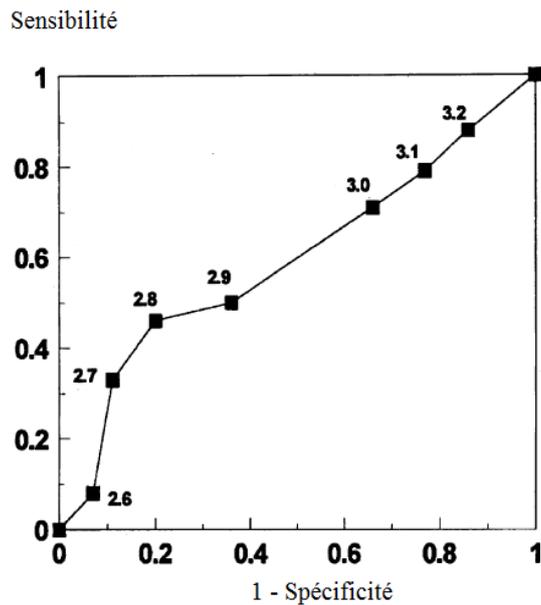


Figure 51 : Courbe de sensibilité / spécificité de l'utilisation du TP comme outil diagnostique de cétose subclinique (BHB > 1200 µmol/L) (Duffield, 1997)

### TB élevé

Le TB est corrélé négativement avec le bilan énergétique même si la corrélation reste très variable (de - 0,07 à - 0,65 selon alimentation / parité / stade de lactation / race ; Grieve, 1986). Une augmentation d'1 g/kg du TB est associée à un risque de cétose subclinique doublé, soit + 100% (Duffield, 1997). Ainsi, la variation d'1 g/kg du TB a un pouvoir discriminant supérieur à la variation d'1 g/kg du TP dans le cadre du diagnostic de la cétose subclinique.

Dans une étude portant sur 1333 vaches, la sensibilité du critère  $TB \geq 45$  g/kg a été évaluée à 20% et la spécificité à 80% pour un Gold Standard défini par une concentration sérique en  $BHB > 1200$  µmol/L (Duffield, 1997). La sensibilité ne varie presque pas en abaissant le seuil à 44 g/kg ou 43 g/kg mais réduit la spécificité (Figure 52).

Dans une seconde étude utilisant le critère ( $TB > 48$  g/kg), une sensibilité de 39% et 28% et une spécificité de 87% et 89% a été rapportée. Cependant, le Gold Standard utilisé était un déficit énergétique d'au moins 10% et 25% des besoins d'une vache en lactation (Heuer, 2000).

Au final, le seuil de 45 g/kg semble le plus efficace pour le diagnostic de la cétose subclinique.

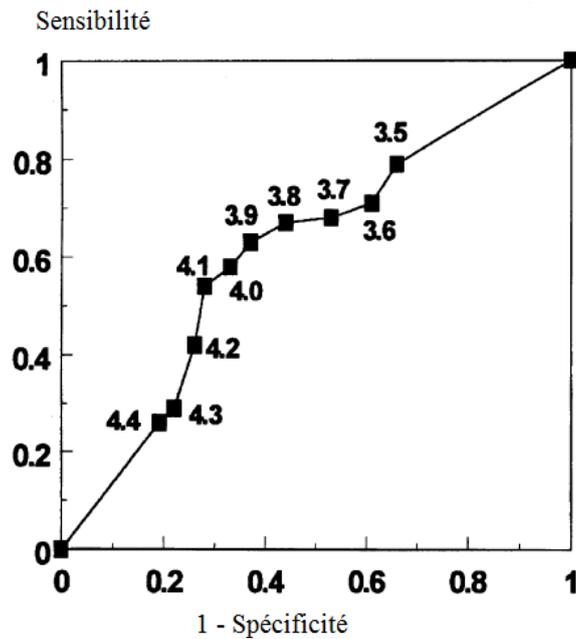


Figure 52 : Courbe de sensibilité / spécificité de l'utilisation du TB comme outil diagnostique de cétose subclinique (BHB > 1200 µmol/L) (Duffield, 1997)

### Combinaison du TB et du TP

Dans un modèle expérimental, l'association de la hausse du TB et de la baisse du TP permettait d'augmenter très sensiblement la part du déficit énergétique expliqué par la variation de ces taux à partir d'un modèle de base composé du stade de lactation, de la parité et de la production laitière. La part du déficit énergétique expliqué par la variation des TB et TP était de : 19% pour le modèle de base avec le TP ; 24,7% pour le modèle de base avec le TB ; 24,8% pour le modèle de base avec le TB et le TP et 25,1% pour le modèle de base avec le rapport TB/TP et le TP (Heuer, 2000). L'amélioration permise par l'association du TP et du TB reste donc faible. Au final, ces résultats suggèrent que les outils mobilisant le TB, le TB et TP, le TB/TP ont un pouvoir explicatif du même ordre de grandeur.

L'utilisation en série d'un TP < 31 (forte sensibilité) et d'un TB > 41 (forte spécificité) permet l'obtention d'une sensibilité globale de 42% et d'une spécificité globale de 85% (Duffield, 1997). Elle apparaît potentiellement plus utile pour diagnostiquer un fort taux de déficit énergétique autour des 30% que l'utilisation du TB/TP, du TB ou du TP (Duffield, 1997).

Le rapport TB/TP est négativement corrélé avec le bilan énergétique (de - 0,36 à - 0,74 selon alimentation / parité / stade de lactation / race ; Grieve, 1986). Ceci signifie également que plus le déficit énergétique est élevé (= bilan énergétique négatif) plus le rapport TB/TP est élevé. Il serait le meilleur indicateur d'une cétose subclinique que tout autre composant du lait (Grieve, 1986).

Dans une étude portant sur 1333 vaches, la sensibilité du critère TB/TP > 1,5 a été évaluée à 22% et la spécificité à 87% pour un Gold Standard défini par une concentration sérique en BHB > 1200 µmol/L (Duffield, 1997). La sensibilité et la spécificité varient proportionnellement d'un seuil de 1,66 à 1,33 (Figure 53). Dans cette même étude, la

sensibilité du critère  $TB/TP > 1,33$  a été évaluée à 60% et la spécificité à 68% (Gold Standard et nombre de vaches identiques).

Dans une seconde étude utilisant le même critère ( $TB/TP > 1,5$ ) et le même Gold standard ( $BHB > 1200 \mu\text{mol/L}$ ), une sensibilité de 67% (soit 3 fois supérieure à l'étude précédente) et une spécificité de 84% a été rapportée. Dans cette même étude, une sensibilité de 51% et 41% et une spécificité de 87% et 91% a été décrite pour le même critère ( $TB/TP > 1,5$ ) avec comme Gold Standard un déficit énergétique d'au moins 10% et 25% des besoins d'une vache en lactation, respectivement (Heuer, 2000).

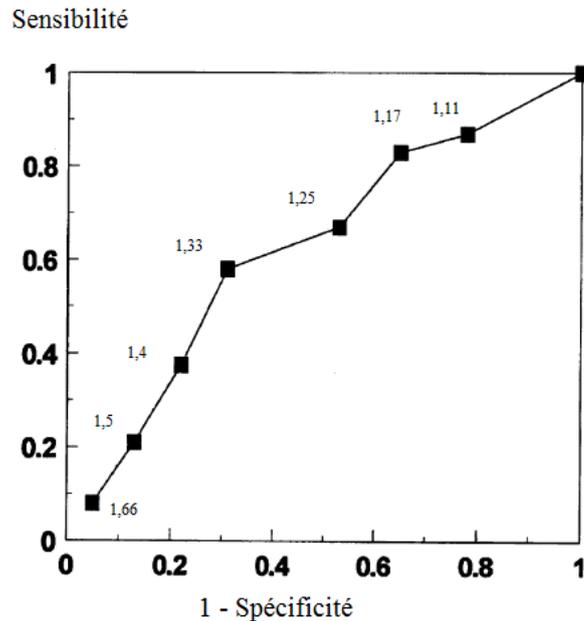


Figure 53 : Courbe de sensibilité / spécificité de l'utilisation du rapport TB/TP comme outil diagnostique de cétose subclinique ( $BHB > 1200 \mu\text{mol/L}$ ) (Duffield 1997)

L'ensemble de ces résultats est synthétisé dans le tableau 44.

Rapport TB/TP	Sensibilité / spécificité (%)	étude (Gold standard utilisé)
TB/TP>1,11	88 / 23	Duffield 1997 (BHB>1200 $\mu\text{mol/L}$ )
TB/TP>1,25	67 / 55	
TB/TP>1,33	60 / 68	
TB/TP>1,4	40 / 75	Heuer 2000 (DE<10%)
	66 / 68	
	61 / 73	Heuer 2000 (DE<25%)
TB/TP>1,5	22 / 87	Duffield 1997 (BHB>1200 $\mu\text{mol/L}$ )
	67 / 84	Heuer 2000 (BHB>1200 $\mu\text{mol/L}$ )
	51 / 87	Heuer 2000 (DE<10%)
	41 / 91	Heuer 2000 (DE<25%)
TB/TP>1,6	17 / 90	Duffield 1997 (BHB>1200 $\mu\text{mol/L}$ )
	29 / 96	Heuer 2000 (DE<10%)
	19 / 98	Heuer 2000 (DE<25%)

**Tableau 44 : Sensibilité et spécificité du rapport TB/TP utilisé comme critère de diagnostic de cétose subclinique, en fonction du Gold Standard utilisé (Duffield, 1997 ; Heuer, 2000)**

### 3) Limites

#### La parité

Ce facteur n'a pas été inclus dans notre étude. Le rapport TB/TP semble augmenter avec la parité mais ces variations sont minimales : 1,12 à 1,15 (fin de lactation) et 1,24 à 1,30 (début de lactation) respectivement pour les primipares et les '3<sup>ème</sup> lactation' (Tableau 41 ; Quist, 2008). Cet effet n'a pas été pris en compte, l'hypothèse formulée est donc que la parité moyenne des vaches des exploitations est la même partout en France.

Les différences du rapport TB/TP entre primipares et multipares suggéreraient d'analyser séparément ces deux catégories d'animaux et de diminuer le seuil du ratio pour les primipares. De plus, la cétose subclinique serait positivement liée à la parité (Duffield, 1997 ; Santschi, 2011). Cependant les avis sur ce précédent point divergent, certains auteurs reportent une prévalence de cétose plus élevée chez les primipares que chez des vaches en seconde ou troisième lactation (Heuer, 2000).

#### Le stade de lactation

Le rapport TB/TP tend à diminuer avec le stade de lactation (Tableau 41 ; Figure 48). Plus précisément, il tend à augmenter au cours du premier mois, avant de diminuer

progressivement le second mois de lactation. Le rapport TB/TP ne varie que très peu au-delà du second mois de lactation (Friggens, 2007).

Dans la présente étude, le pourcentage de vaches avec un rapport TB/TP > 1,5 ou 1,33 est plus élevé en début de lactation (4 premiers mois). Cela signifie que soit la cétose subclinique est mieux détectée par ces deux indicateurs en début de lactation, soit il y a réellement un pourcentage plus élevé de cétose subclinique en début de lactation.

Toutes les études s'accordent sur une incidence plus élevée en début de lactation, avec un pic en seconde semaine de lactation (Duffield, 1997) et un bilan énergétique qui redevient positif autour de la 7<sup>ème</sup> (Friggens, 2007) ou 8<sup>ème</sup> semaine de lactation (Duffield, 1997 ; Heuer, 2000).

### **La durée de tarissement**

Sur des vaches en seconde lactation, une durée de tarissement plus courte est associée à une prévalence de cétose subclinique plus faible : 16,4% pour un tarissement de 35 jours contre 27,1% pour un tarissement de 60 jours (Santschi, 2011). Ce facteur n'a pas été inclus dans notre analyse.

### **Le protocole AT**

Les variations journalières des taux ont été développées précédemment et ne sont pas prises en compte par le protocole de contrôle AT proposé par le contrôle laitier.

#### 4.4.3. Bilan de l'utilisation du TB et du TP comme outil diagnostique de la cétose subclinique

##### 1) Prévalence réelle et apparente

Les prévalences apparentes obtenues autorisent, en théorie, le calcul de prévalences réelles, la sensibilité et la spécificité de certains indicateurs ayant été évaluées dans plusieurs études (Duffield, 1997 ; Heuer, 2000) (Prévalence réelle = [prévalence apparente – (1 – spécificité)] / [sensibilité + spécificité -1]).

Cependant, le calcul des prévalences réelles conduit à des résultats aberrants avec certaines valeurs très basses ou très élevées, d'autres négatives. Ces résultats ne seront donc pas présentés.

Ces difficultés de calcul des prévalences réelles sont liées aux faibles sensibilités et spécificités des indicateurs utilisés dans la présente étude. En effet, lorsque les prévalences apparentes sont trop basses et les sensibilités et spécificités non proches de 1, le calcul des prévalences réelles à partir des prévalences apparentes est techniquement impossible.

Généralement l'impossibilité de calculer la prévalence réelle à partir de la prévalence apparente provient du fait que les sensibilités et les spécificités décrites ne sont pas adaptées à la population (Brand, 1996).

Ceci suggère fortement la redéfinition des sensibilités et spécificités de ces indicateurs dans le contexte français.

Prévalence apparente (en % de vaches)	TB/TP>1,5		TB/TP>1,33		TP<31 et TB>41		TP≤28		TP≥45	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
<b>Sensibilité</b>	22%		60%		42%		48%		20%	
<b>Spécificité</b>	87%		68%		85%		80%		80%	
<b>Par exploitation</b>	8,32	8,25	31,20	31,27	9,39	9,41	9,76	9,98	26,11	25,88
<b>Par commune</b>	7,4	7,4	28,6	28,9	8,6	8,8	9,9	10,3	24,3	24,1

Les prévalences apparentes obtenues ne tiennent compte que des exploitations avec plus de 6 vaches en lactation inscrites au contrôle laitier. Les sensibilités et spécificités reportées sont tirées des travaux de Duffield.

**Tableau 45 : Prévalences apparentes par exploitation et par commune de la cétose subclinique à partir de l'analyse du TB et TP en France en 2005 et 2006.**

Les prévalences apparentes obtenues varient fortement selon les indicateurs. Cependant, elles semblent concorder avec les sensibilités et spécificités des indicateurs. Ainsi la plus forte prévalence apparente (31,20%) est obtenue avec l'indicateur (TB/TP>1,33) le plus sensible (60%) alors que les indicateurs peu sensibles sont associés à des prévalences plus faibles (exception faite du TB≤45).

La comparaison de nos résultats avec la littérature est difficile, en raison des comparaisons de prévalences apparentes et réelles, et des évolutions des prévalences réelles dans le temps.

En effet, les prévalences rapportées dans la littérature sont de l'ordre de 10% (14,1% / 5,3% / 3,2% pour les vaches respectivement en début / milieu / fin de lactation selon Duffield, 1997 : 6,9-10% selon Heuer, 2000 ; Gold Standard : BHOH sériques  $\geq 1200$  ou  $1400 \mu\text{mol/L}$ ) dans les études menées au cours des années 90 et 2000, contre 15% à 43% dans de plus récentes études (Krogh, 2011 ; Santschi, 2011 ; McArt, 2012).

Aussi, les résultats de prévalence calculés avec les indicateurs  $\text{TB/TP} > 1,33$  et  $\text{TB} \geq 45$ , sont proches des valeurs de prévalence réelles de la littérature. Les sensibilités et spécificités moyennes de l'indicateur  $\text{TB/TP} > 1,33$  conduisent vraisemblablement à des valeurs de prévalence apparente proches des prévalences réelles et par conséquent en accord avec la littérature récente.

## 2) Pouvoir discriminant et concordance des indicateurs

Les 10 cartes obtenues à partir des 5 indicateurs offrent un profil proche, avec cependant des valeurs moyennes et écarts types très variables selon les indicateurs.

	<b>TB/TP&gt;1,5</b>	<b>TB/TP&gt;1,33</b>	<b>TP&lt;31 et TB&gt;41</b>	<b>TP≤28</b>	<b>TB≥45</b>
<b>Grand-Ouest</b>	+	+	+	+/-	+
<b>Normandie</b>	+/-	-	-	+/-	-
<b>Nord</b>	+	+/-	+/-	+	+/-
<b>Est</b>	+	+	+	+	+
<b>Centre</b>	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
<b>Poitou</b>	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
<b>Massif-Central</b>	+	+	+	+	+
<b>Rhône-Alpes</b>	+	+	+	+/-	+
<b>Sud-Ouest</b>	+/-	+/-	+/-	+	+/-
<b>Franche-Comté</b>	-	-	-	-	-
<b>Savoie</b>	+/-	-	+/-	+/-	+/-

Prévalence de la cétose subclinique dans les différents bassins laitiers exprimée par des sigles (+, +/-, -) d'après les résultats cartographiques.

Le signe - signifie que le bassin est représenté dans des tons bleus ; le signe +/- que le bassin est représenté dans des tons mitigés (mélange de bleu et de rouge) ; le signe + que le bassin est représenté dans des tons rouges.

**Tableau 46 : Concordance des 5 indicateurs de cétose subclinique entre les différents bassins laitiers**

La concordance entre les indicateurs  $\text{TB/TP} > 1,5$ ,  $\text{TB/TP} > 1,33$ ,  $\text{TP} < 31$  et  $\text{TB} > 41$  et  $\text{TB} \geq 45$  est bonne à très bonne (Tableau 46). Elle reste légèrement plus faible pour l'indicateur  $\text{TP} \leq 28$ , avec une hétérogénéité communale marquée et une tendance à des valeurs plus élevées dans le Sud-Ouest ou dans le Grand-Ouest.

La concordance entre les résultats cartographiques et les résultats par bassin laitier est également bonne. Les différences observées entre le critère  $TP \leq 28$  et les quatre autres indicateurs sur les cartes sont retrouvées.

Une certaine asymétrie apparaît aussi entre les cartes cétose et acidose, les zones avec les prévalences les plus fortes pour l'un sont celles avec les prévalences les plus faibles pour l'autre, et inversement. Les tendances sont en accord avec les critères utilisés (rapport des taux bas ou hauts) et les mécanismes physiopathologiques impliqués dans ces deux maladies métaboliques, pour partie en relation (couverture énergétique de la ration par exemple).

La concordance temporelle entre les 4 indicateurs  $TB/TP > 1,5$ ,  $TB/TP > 1,33$ ,  $TP < 31$  et  $TB > 41$ ,  $TB \geq 45$  est très bonne avec une évolution mensuelle marquée par une prévalence apparente maximale en hiver (de novembre à mars) et minimale en début d'été (mai-juin). L'indicateur  $TP \leq 28$  est totalement discordant avec les autres indicateurs, il montre une prévalence apparente maximale en été et minimale tout le reste de l'année.

Notons que l'évolution saisonnière de l'indicateur  $TP \leq 28$  est identique à celle du CCSMP et que, logiquement, l'indicateur  $TP \leq 28$  est maximal lorsque le TP est minimal (en été).

Globalement, tous les indicateurs attribuent à la Tarentaise, la Pie Rouge, l'Abondance et la Prim'holstein les prévalences apparentes les plus élevées et à la Brune et la Simmental les plus faibles. Contrairement à l'acidose, le classement des races par prévalence est identique pour les indicateurs de cétose subclinique, suggérant la possibilité de l'utilisation des taux du lait comme outil diagnostique pour toutes les races, lorsque corrigé par une règle de trois par rapport à la Prim'holstein. De nouvelles études restent cependant nécessaires pour valider cette hypothèse.

A l'échelle nationale, la concordance des 5 indicateurs reste bonne, même si l'indicateur  $TP \leq 28$  semble légèrement dévier. Comme pour l'acidose, l'utilisation de ces indicateurs diagnostiques semble robuste, même si les sensibilités et spécificités restent à être déterminées dans le système français.

### 3) Stade de lactation et variations saisonnières

Les résultats des 4 indicateurs  $TB/TP > 1,5$ ,  $TB/TP > 1,33$ ,  $TP < 31$  et  $TB > 41$ ,  $TP \leq 28$  sont concordants et montrent une prévalence apparente de la cétose subclinique plus élevée en début de lactation.

Ce résultat est en accord avec les données bibliographiques qui reportent une prévalence plus élevée en début de lactation (14,1% de cétose subclinique de 0 à 65 jours de lactation, 5,3% de 65 à 149 jours, 3,2% après 149 jours, Duffield, 1997) et une période où la vache hautement productrice est en déficit énergétique en début de lactation de 50 jours en moyenne (Heuer, 2000 ; Friggens, 2007).

L'indicateur utilisant le TB seul ( $TB \geq 45$ ) donne des résultats discordants comme pour l'acidose ruminale chronique. La prévalence de la cétose subclinique obtenue avec cet indicateur est nettement moins élevée en début de lactation (Tableau 40). Il est intéressant de noter que, logiquement, le TB et l'indicateur  $TB \geq 45$  suivent les mêmes variations saisonnières (maximum hivernal minimum estival). Cependant, le fait que l'indicateur  $TB \geq 45$  soit concordant avec les autres indicateurs sur les races, les bassins et la cartographie, suggère

qu'il ne serait simplement pas adapté à la détection de la cétose subclinique en début de lactation ou que la valeur seuil utilisée serait mal choisie. Un élément explicatif est l'effet dilution du début de lactation propice à des TB faibles (Figure 47).

L'évolution mensuelle des rapports TB/TP (maximum hivernal et minimum estival) ne peut pas être expliquée par les variations du TB et du TP séparément car ils suivent les mêmes variations conduisant à un TB/TP moyen stable toute l'année.

Le fait que les deux indicateurs  $TP \leq 28$  et  $TB \geq 45$  suivent les mêmes variations saisonnières que le TB et le TP ( $TP \leq 28$  minimal quand TP maximal et  $TB \geq 45$  maximal quand TB maximal) peut conduire à s'interroger sur l'interdépendance entre ces deux indicateurs et les variations saisonnières du TB et du TP.

#### **4.5. LIMITES ET PERSPECTIVES DE L'UTILISATION DES TAUX COMME OUTIL DIAGNOSTIQUE DE L'ACIDOSE RUMINALE CHRONIQUE ET DE LA CETOSE SUBCLINIQUE**

La principale limite de ce travail est son incapacité à distinguer les effets liés au système de production, incluant race et alimentation, de ceux liés à la prévalence réelle des deux maladies métaboliques étudiées. Ainsi, les résultats de ce travail ne devront pas être utilisés en écartant cette limite majeure.

Les différences géographiques de prévalence observées suggèrent la nécessité de conduire des études de sensibilité et de spécificité des différents indicateurs, pour chaque zone géographique avec une prise en compte du système fourrager. Une déclinaison par ration d'été et d'hiver est aussi nécessaire.

La nécessité de définir des indicateurs pour chaque race est plus difficile à déterminer. En corrigeant par une règle de trois les seuils retenus pour la Prim'holstein, la dispersion des données semble être équivalente entre la Prim'holstein et les autres races pour les critères de cétose subclinique, alors que le pouvoir discriminant semble différent entre les différents indicateurs d'acidose ruminale chronique et les différentes races.

Au delà de l'effet race, la concordance géographique des résultats reste bonne pour tous les indicateurs de maladies métaboliques, avec quelques sensibles nuances pour l'indicateur  $TP \leq 28$ .

Les indicateurs utilisant le TB seul ( $TB \leq 35$  pour l'acidose ruminale chronique et  $TB \geq 45$  pour la cétose subclinique) sont discordants des autres indicateurs en ce qui concerne les prévalences en début de lactation et ne semblent pas être adaptés au diagnostic des maladies métaboliques en début de lactation.

Considérés ensemble, ces éléments suggèrent un intérêt certain de l'utilisation des taux du lait comme outil diagnostique de maladies métaboliques chez les bovins, mais mettent en avant la nécessité de travaux supplémentaires pour définir des seuils adaptés par système de production (voire par race) et les sensibilités et spécificités associées.



## 5. CONCLUSION

L'analyse des constituants du lait en France en 2005 et 2006 révèle des disparités raciales et géographiques importantes, ainsi que des variations saisonnières : la production laitière, le TB et le TP sont globalement plus élevés en hiver alors que le CCSMP est lui plus élevé en été.

La prévalence apparente de l'acidose ruminale chronique dans les exploitations françaises, estimée à partir de l'analyse des taux du lait ( $TB/TP < 1$ ,  $0 < TB - TP < 3$ ,  $TB \leq 35$ ), varie entre 6,45% et 18,66% des vaches laitières en lactation. Elle apparaîtrait ici plus importante en milieu et fin de lactation qu'en début de lactation (d'après les indicateurs  $TB/TP < 1$  et  $0 < TB - TP < 3$ ). Ceci pourrait être lié au développement récent des mélangeuses, et donc à l'augmentation de la prévalence d'un 'nouveau' facteur de risque d'acidose en élevage. L'acidose ruminale chronique observée à partir des taux du lait suit des variations saisonnières. Sa prévalence apparente est plus élevée en période estivale (de mai à juillet) et plus faible au cours de l'hiver (de décembre à janvier).

La prévalence apparente de la cétose subclinique des exploitations françaises, estimée à partir de l'analyse des taux du lait ( $TB/TP > 1,5$  ;  $TB/TP > 1,33$  ;  $TP < 31$  et  $TB > 41$  ;  $TP \leq 28$  ;  $TB \geq 45$ ), varie entre 8,25% et 31,27%. Elle est plus élevée en début de lactation.

La cétose subclinique observée à partir des taux du lait suit des variations saisonnières. Sa prévalence apparente est plus élevée en hiver (de décembre à mars) et plus faible en fin de printemps (mai / juin).

L'utilisation des taux du lait comme outil de diagnostic de l'acidose ruminale chronique et de la cétose subclinique apparaît être un outil d'avenir, peu coûteux et facile à mettre en œuvre. Il semblerait que l'étude de la combinaison du TB et du TP soit plus adaptée à la détection de ces troubles métaboliques car moins sujet aux variations au cours de la lactation notamment. L'utilisation des TB et TP seuls montre quelques faiblesses et renforce l'hypothèse d'une meilleure efficacité de la combinaison de ces deux taux.



## 6. BIBLIOGRAPHIE

- BAUMAN DE, CURRIE WB, 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.*63:1514-1529
- BAUMAN DE, GRIINARI JM, 2003. Nutritional regulation of milk synthesis. *Annu rev Nutr* 2003:23:203-227
- BOBE G, YOUNG YW, BEITZ DC, 2004. Invited review : Pathology, etiology, prevention and treatment of fatty liver in dairy cows. *J. Dairy Sci.*87:3105-3124
- BOURGIER JP, 1985. Innovation et production laitière, le contrôle laitier dans le département de la Loire. Centre d'études Foreziennes. *ECONOMIE RURALE* n°168, juillet-août 1985
- BRAND A, NOORDHUIZEN JPTM, SCHUKKEN YH, 1996. Herd health and production management in dairy practice. Edition Wageningen pers. Pages 45-47
- BROSSARD L, MARTIN C, CHAUCHEYRAS-DURAND F, 2004. Protozoa involved in butyric rather than lactic fermentative pattern during latent acidosis in sheep. *Reprod Nutr. Dev.*44:195-206
- CARLEN E, STRANDBERG E, ROTH A, 2004. Genetic parameters for clinical mastitis, somatic cell score, and Production in the first three lactations of swedish holstein cows. *J. Dairy Sci.*87(9):3062-3070
- COMMUN L, ALVES DE OLIVEIRA L, 2006 Les examens complémentaires réalisables dans le cadre d'une visite d'élevage orientée 'troubles'. Recueil des journées nationales de la SNGTV
- DE VRIES MJ, VEERKAMP RF, 2000. Energy Balance of Dairy Cattle in Relation to Milk Production Variables and Fertility. *J. Dairy Sci.*83:62-69
- DETILLEUX JC, KEHRLI Jr ME, STABEL JR, FREEMAN AE, KELLEY D, 1995. Study of immunological dysfunction in periparturient Holstein cattle selected for high and average milk production. *Vet. Immunol. Immunopathol.*44:251-267
- DJABRI B, BAREILLE N, BEAUDEAU F, SEEGER H, 2002. Quarter milk somatic cell count in infected dairy cows : a meta-analysis. *Vet. Res.*33:335-357
- DOHME F, DEVRIES TJ, BEAUCHEMIN KA, 2008. Repeat ruminal acidosis challenges in lactation dairy cows at high and low risk for developing acidosis : ruminal pH. *J. Dairy Sci.* May;91(9):3554-3567
- DUFFIELD T, KELTON D, LESLIE K, LLSSEMORE K, LUMSDEN J, 1997. Use of test day milk fat and protein to detect subclinical ketosis in dairy cattle in Ontario. *Can Vet J.*38:713-18
- DUFFIELD T, 2000. Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary clinics of north America. Food Animal Practice.*16:231-253

- ENEMARK JM, JORGENSEN RJ, ENEMARK P, 2002. Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects on subclinical rumen acidosis: a review. ISSN 1392-2130 veterinarija ir zootechnika. 20(42):16-29
- ENEMARK JM, 2009. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA) : a review. Vet J.176:32-43
- ENJALBERT F, VIDEAU Y, NICOT MC, TROEGELER-MEYNARDIER A, 2008. Effects of induced subacute ruminal acidosis on milk fat content and milk fatty acid profile. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. Jun.92(3):284-91
- ENJALBERT F, 2012. Alimentation de la vache laitière, cours de T1 pro pathologie du bétail, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
- FERRE D, AUBADIE-LADRIX M, 2004. Pratique de la biochimie sanguine chez la vache laitière au sein d'un cabinet vétérinaire. SNGTV. Thérapeutique : actualités, outils de prescription. Journées Nationales des GTV, Tours 26-28 Mai 2004, 443-454
- FRIGGENS NC, RIDDER C, LOVENDAHL P, 2007. On the Use of Milk Composition Measures to predict the Energy Balance of Dairy Cows. J. Dairy Sci.90(12):5453-5467
- GARRETT EF, NORDLUND KV, GOODGER WJ, OETZEL GR, 1997. A cross-sectional field study investigating the effect of periparturient dietary management on ruminal pH in early lactation dairy cows. J. Dairy Sci.80(Suppl. 1):169-184
- GENDRE C, 2010. Création d'un serveur de données : l'Observatoire du développement rural ([http://www.prodinra.inra.fr/prodinra/pinra/data/2010/07/PROD2010eaba69eb\\_20100713113851297.pdf](http://www.prodinra.inra.fr/prodinra/pinra/data/2010/07/PROD2010eaba69eb_20100713113851297.pdf))
- GIESY JG, MCGUIRE MA, SHAFII B, HANSON TW, 2002. Effect of dose of calcium salts of conjugated linoleic acid (CLA) on percentage and fatty acid content of milk fat in midlactation Holstein cows. J. Dairy Sci.85(8):2023-2029
- GLASSER F, SCHMIDELY P, SAUVANT D, DOREAU M, 2008. Digestion of fatty acids in ruminants : a metanalysis of flows and variation factors:2. C18 fatty acids. Animal.2:691-704
- GOAD DW, GOAD CL, NAGARAJA TG, 1998. Ruminant microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers. J. Anim. Sci.76:234-241
- GOZHO NG, PLAIZIER JC, KRAUSE DO, KENNEDY AD, WITTENBERG KM, 2005. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. J. Dairy Sci.88:1399-1403
- GRIEVE DG, KORVER S, RIJKEMA YS, HOF G, 1986. Relationship between milk composition and some nutritional parameters in early lactation. Livestock Production Science. 14:139-254

- GROHN YT, BRUSS ML, 1990. Effect of diseases, production and season on traumatic reticuloperitonitis and ruminal acidosis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*73:2355-2363
- HENKE R, SARDONE R. 2003. The reorientation process of the CAP support: modulation of direct payments. *Role of Institutions in Rural Policies and Agricultural Markets*, pages: 93-106
- HEUER C, SCHUNKKEN Y, DOBBELAAR P, 1999. Post partum body score and results from the first test day milk as predictors of diseases , fertility, yield and culling in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.*82:295-304
- HEUER C, VAN STRAALEN WM, SCHUKKEN YH, DIRKZWAGER A, NOORDHUIZEN JPTM, 2000. Prediction of energy balance in a high yielding dairy herd in early lactation : model development and precision. *Livestock Production Science.*65 (2000):91-105
- HODEN A, COULON J.B, 1991 Maîtrise de la composition chimique du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la qualité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRA Prod. Anim.* 4 (5), 361-367
- HUIJPS K, LAM TJGM, HOGEVEN H, 2008. Costs of Mastitis : Facts and Perception. *J. Dairy Sci.*75:113-120
- HUPPERTZ T, FOX P, KELLY A, 2004. Plasmin activity and proteolysis in high pressure-treated bovine milk. *Dairy. Sci and Tech.* Vol 84 ; 3:297-304
- IWERSEN M, FALKENBERG U, VOIGTSBERGER R, FORDERUNG D, 2009. Evaluation of an electronic cow side test to detect subclinical ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 92, Issue 6, Pages 2618-2624
- KHAFIPOUR E, LI S, PLAIZIER JC, 2009. Rumen microbiome composition determined using two nutritional models of subacute ruminal acidosis. *App Environ Microbiol.*75:7115-24
- KLEEN JL, HOOIJER GA, REHAGE J, NOORDHUIZEN JP, 2003. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med* 50(8):406-414
- KRAUSE KM, OETZEL GR, 2005. Inducing subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*88:3633–3639
- KRAUSE KM, OETZEL GR, 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*126:215–236
- KROGH MA, TOFT N, ENEVOLDSEN C, 2011. Latent class evaluation of a milk test, a urine teste, and the fat-tot-protein percentage ratio in milk to diagnose ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.*94:2360-2367
- LINZELL JL, PEAKER M, 1971. Mechanism of milk secretion. *Physiol. Rev.* 51:564-597

- MACKLE TR, DWYER TA, INGWARSEN KL, CHOUINARD PY, ROSS DA, BAUMAN DE, 2000. Effects of insulin and postruminal supply of protein on amino acids by the mammary gland for milk protein synthesis. *J. Dairy Sci.*83(1):93-105
- MADOUASSE A, HUXLEY JN, BROWNE WJ, BRADLEY AJ, DRYDEN L, GREEN MJ, 2010. Use of individual milk date at the start of lactation to predict the calving to conception interval. *J. Dairy Sci.*03:4677-4690
- MARTIN C, BROSSARD L, DOREAU M, 2006. Mécanismes d'apparition de l'acidose ruminale latente et conséquences physiopathologiques et zootechniques. *INRA Prod. Anim.*19 :93-108
- MARTIN C, FERNANDEZ I, ROCHETTE Y, 2000. Is ruminal viscosity involved in the microbial fibrolytic activity decrease with high cereal diets? XXVtb conference on rumen function, Chicago, Illinois. 25
- MCART JAA, NYDAM DV, OETZEL GR, 2012. A field trial on the effect of propylene glycol on displaced abomasums, removal from herd, and reproduction in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. *J. Dairy Sci.*95(5);2505-2512
- MCNAMARA S, MURPHY JJ, O'MARA FP, 2008. Effect of milking frequency in early lactation on energy metabolism, milk production and reproductive performance of dairy cows. *Livest. Sci.*117:70-78
- NAGARAJA TG, CHENGAPPA MM, 1998. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.*76:287-298
- NAGARAJA TG, TITGEMEYER EC, 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *J. Dairy Sci.*90:E17-E38
- NG-KWAI-HANG KF, HAYES JF, MOXLEY JE, MONARDES HG, 1984. Variability of test-day milk production and composition and relations of somatic cell counts with yield and compositional changes of bovine milk. *J. Dairy Sci.*67:361-366
- NOCEK JE, 1997. Bovine acidosis : implication on laminitis. *J. Dairy Sci.*80(5):1005-1028
- OETZEL GR, NORDLUND KV, GARRETT EF, 1997. Effect of ruminal pH and stage of lactation on ruminal lactate concentration in dairy cows. *J. Dairy Sci.*82(Suppl. 1):35;(Abstr.)
- OETZEL GR, 2000. Clinical aspects of ruminal acidosis in dairy cattle. *The ABPP proceedings.*33:46-53
- OETZEL GR, 2003. Subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Advances in dairy technology. J. Dairy. Sci.*15:307-317
- O'GRADY L, DOHERTY ML, MULLIGAN FJ, 2008. Subacute ruminal acidosis (SARA) in grazing Irish dairy cows. *Vet. J.*176:44-49
- OWENS FN, SECRISTS DS, HILL WJ, GILL DR, 1998. Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.*76:275-286

PALMQUIST DL, DENISE BEAULIEU A, BARBANO DM, 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*76(6):1753-1771

PLAIZIER JC, KRAUSE DO, GOZHO GN, MCBRIDE BW, 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.*176:21–31

PYORALA S, 2003. Indicators of inflammation in the diagnostic of mastitis. *Vet. Res.* 34(2003):565-578

QUIST MA, LEBLANC SJ, HAND KJ, LAZENBY D, MIGLIOR F, KELTON DF, 2007. Agreement of predicted 305-Day milk yields relative to actual 305-Day milk weight yields. *J. Dairy Sci.*90:4684-4692

QUIST MA, LEBLANC SJ, HAND KJ, LAZENBY D, MIGLIOR F, KELTON DF, 2008. Milking-to-Milking variability for milking yield, fat and protein percentage, and somatic cell count. *J. Dairy. Sci.*91(9) :3412-3423

RABOISSON, D, 2004. Evolution raciale du cheptel bovin français des années 1970 aux années 2000 : analyse à partir des données des recensements généraux agricoles de 1979, 1888 et 2000. Page 172 in Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse. UPS Toulouse, Toulouse

RABOISSON, D, 2010. Approche institutionnelle de la santé animale : place des compétences, des territoires et des collectifs dans la gestion des bovins laitiers en France. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse

RADOSTITS, 2006. A textbook of the diseases of cattle, horses, sheep, pigs and goats. 10th Edition, chapter 15, p 686

REMOND B, 1985. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de vaches. 2. Taux protéique : facteurs généraux. *Bull. Tech. CRZV Theix. INRA*

ROUQUETTE JL, PFLIMLIN A, 1995. Major livestock production regions: a zoning proposal for France. In *SINH. Clermont-Ferrand, France*

RUEGG PL and TABONE TJ, 2000. The relationship between antibiotic residue violations and somatic cell counts in Wisconsin dairy herds. *J. Dairy Sci.*83(12):2805-2809

RULQUIN H, HURTAUD C, LEMOSQUET S, PEYRAUD JL, 2007. Effet des nutriments énergétiques sur la production laitière et la teneur en matière grasse du lait de la vache laitière. *INRA. Prod. Anim.*20(2):163-176

SANTSCHI DE, LEFEBVRE DM, CUE RI, GERARD CL, PELLERIN D, 2011. Incidence of metabolic disorders and reproductive performance following a short (35-d) or a conventional (60-d) dry period management in commercial Holstein herds. *J. Dairy Sci.*94(7):3322-3330

- SARGEANT JM, LESLIE KE, SHOUKRI MM, MARTIN SW, LISSEMORE KD, 1998. Trends in milk component production in dairy herds in Ontario: 1985–1994. *Can. J. Anim. Sci.*78:413–420
- SARZEAUD P, BECHEREL F, PERROT C, 2008. A classification of European beef farming systems. Pages 23-31 in *EU beef farming systems and CAP regulations*. Vol 9. SARZEAUD P, DIMITRIADOU A, ZJALIC M, ed. EAAP Technical series, Paris
- SAUVANT D, GIGER-REVERDIN S, MESCHY F, 2006. Le contrôle de l'acidose ruminale latente. *INRA Prod. Anim.*19 :69-78
- SEEGERS H, FOURICHON C, BEAUDEAU F, 2003. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Vet. Res.*34(5):475-491
- SERIEYS F, 1985. Interprétation des concentrations cellulaires du lait individuel de vache pour le diagnostic de l'état d'infection mammaire. *An. Rech. Vet.*16 :163-269
- SCHUKKEN YH, WILSON DJ, WELCOME F, GARRISON L, GONZALEZ RN, 2003. Monitoring udder health and milk quality using somating cell counts. *Vet. Res.*34:579-596
- SORDILLO LM, SHAFER-WEAVER K, DE ROSA D, 1997. Immunobiology of the mammary gland. *J. Dairy Sci.*80:1851-1865
- STANTON TL, JONES LR, EVERETT KW, KACHMAN SD, 1992. Estimating Milk, fat, and protein lactation curves with a test day model. *J. Dairy Sci.*75(6):1691-1700
- STONE WC, 1999. The effect of subclinical rumen acidosis on milk components. In: *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.* Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY.40–46
- STONE WC, 2004. Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*87:E13–E26
- SUTTON JD, 1989. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*72(10):2801-2814
- TOWNE G, NAGARAJA TG, BRANDT RT, KEMP KE, 1990. Dynamics of ruminal ciliated protozoa in feedlot cattle. *Applied environmental microbiology.*56:3174-3178

## 7. ANNEXES

Annexe 1 : Caractéristiques de la taille de quelques troupeaux laitiers (vaches) en Europe  
(Sources : Eurostat ; Traitement : D. Raboisson, INP-ENVY ODR)

En milliers	2000			2005			Variation taille 2000- 2005
	Nombre de vaches	Nombre exploitations	Taille moyenne exploitation	Nombre de vaches	Nombre exploitations	Taille moyenne exploitation	
<b>Belgique</b>	629	18	34,9	548			
<b>République tchèque</b>	529			437	7	62,4	
<b>Danemark</b>	644	10	64,4	558	7	79,7	1,23
<b>Portugal</b>	354	24	14,8	324	18	18,0	1,21
<b>Finlande</b>	357	21	17,1	312	16	19,5	1,14
<b>Suède</b>	425	11	38,7	390	9	43,4	1,12
<b>Pays-Bas</b>	1532	31	49,4	1486	27	55,1	1,11
<b>France</b>	4153	121	34,3	3895	103	37,8	1,10
<b>Allemagne</b>	4563	132	34,5	4163	110	37,8	1,09
<b>Royaume-Uni</b>	2339	30	77,9	2007	26	77,1	0,99
<b>Hongrie</b>	355			285	16	17,8	
<b>Slovaquie</b>	242			198	17	11,6	
<b>Pologne</b>	2982			2754	697	3,9	
<b>Irlande</b>	1152	31	37,2	1101			
<b>Espagne</b>	1140	67	17,1	1017			
<b>Italie</b>	1772	97	18,2	1842			
<b>Autriche</b>	621	74	8,4	534			
<b>Total</b>	25318,8	689		24883	2605		
<b>Moyenne</b>	1012	45,9	33,2	957	153,2	32,1	0,96

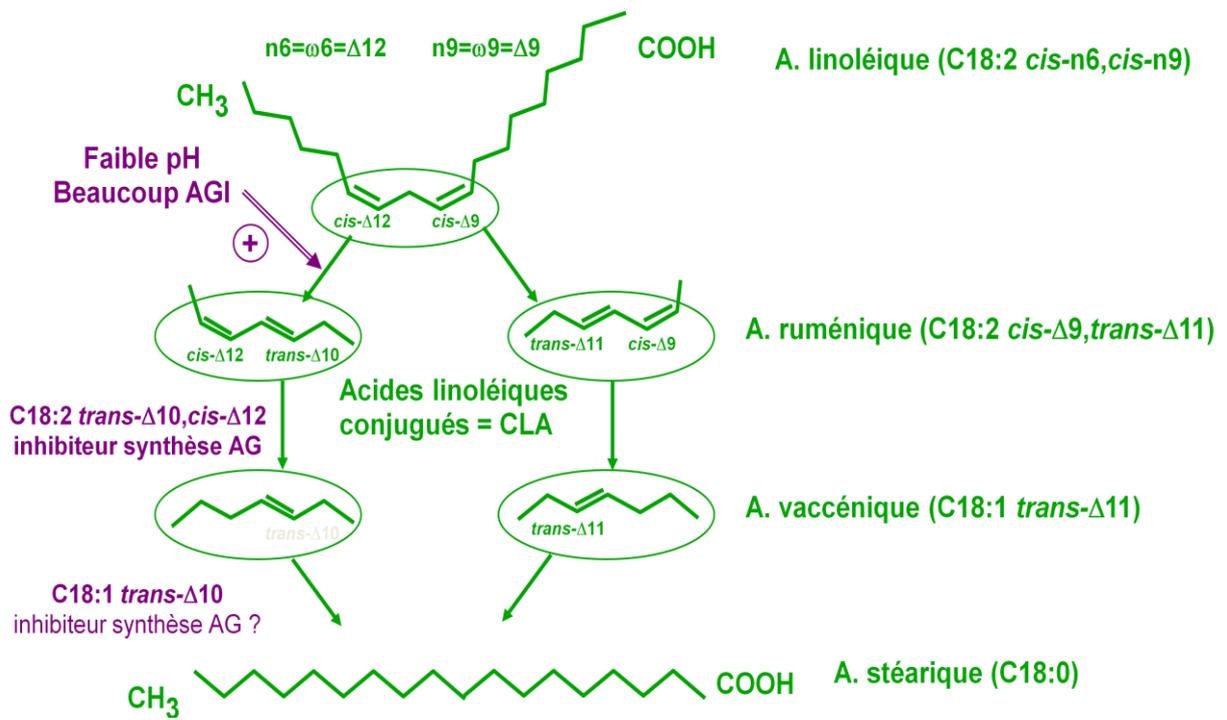
Annexe 2 : Exemple d'une grille de saisonnalité proposée par le CRIEL Charentes-Poitou ses éleveurs (janvier 2011)

<b>Mois</b>	<b>Saisonnalité</b>
<b>Janvier</b>	<b>-10</b>
<b>Février</b>	<b>-15</b>
<b>Mars</b>	<b>-20</b>
<b>Avril</b>	<b>-20</b>
<b>Mai</b>	<b>-20</b>
<b>Juin</b>	<b>5</b>
<b>Juillet</b>	<b>20</b>
<b>Août</b>	<b>20</b>
<b>Septembre</b>	<b>20</b>
<b>Octobre</b>	<b>20</b>
<b>Novembre</b>	<b>10</b>
<b>Décembre</b>	<b>5</b>

Annexe 3: exemple de grille de paiement du lait

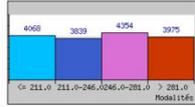
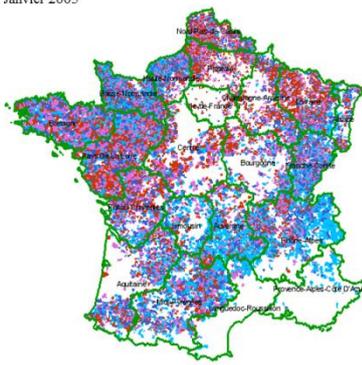
<b>CILAISUD</b>			
<b>Accord du 19 novembre 2010 en vigueur au 1 avril 2011</b>		<b>Paiement par points, et en €</b>	
<b>CRITERES et FREQUENCES</b>		<b>Point(s)</b>	<b>Euros pour 1 000 litres</b>
<b>Germes (3 analyses par mois)</b> moyenne arithmétique			
- < ou = 50 000 germes/ml :	• Super A	+1	+3,049
- < ou = 100.000 germes/ml :	• A	0 = référence	0 = référence
- > 100.000 et < ou = 250.000 germes/ml :	• B	-5	-15,245
- > 250.000 germes/ml :	• C	-20	- 60,980
<b>Cellules (3 analyses par mois)</b> moyenne arithmétique			
- 3 analyses par mois < ou = 300 000/ml	• Super A	+ 1	+3,049
- < ou = 300.000 cellules /ml	• A	0 = référence	0 = référence
- > 300.000 et < ou = 400.000 cellules/ml :	• B	- 2	- 6,098
- > 400.000 cellules / ml :	• C	- 4	- 12,196
<b>Spores de butyrique (2 analyses par mois)</b> moyenne arithmétique à partir des deux résultats mensuels :			
- < ou = 1.000 spores / l :	• A	0 = référence	0 = référence
- > 1.000 et < ou = 2.000 spores / l :	• B	- 1	- 3,049
- > 2.000 spores / l :	• C	- 2	- 6,098
- > 9 200 spores / l :	• D	- 5	- 15,245
<b>Lipolyse (1 analyse/mois)</b>			
• < ou = 0,88 meq d'AGL/ 100g MG		0 = référence	0 = référence
• > 0,88 meq d'AGL/100g MG		- 1	- 3,049
<b>Cryoscopie (3 analyses/mois)</b> déterminé sur le résultat mensuel le plus pénalisant.			
• supérieur à -0,506°C		- 3	- 9,147
<b>Inhibiteurs / Antibiotiques :</b>			
Test de balayage et test de confirmation		0 = absence	0 = référence
		positifs	- 15 % du prix base sur le litrage livré dans le mois
<b>TAUX en moyenne pondérée mensuelle (bonus / malus par gramme par rapport à la référence )</b>			
• Matière grasse (3 analyses par mois) -		Pour un Taux < 38g/l :	-2.45/gr
Pour un Taux > 38g/l :			
Pour les grammes compris entre 38 à 42 g/l inclus			+2.70/gr
Pour les grammes au delà de 42 g/l			+2.45/gr
• Matière protéique (3 analyses par mois) -		référence = 32 g/l	+ / - 5.488/gr
<b>Primes régies par accord interprofessionnel</b>			
Prime «adhésion contrôle laitier» : minimum 2.20€/1 000 litres			
Jean Louis JAVEL FNIL Sud-Ouest	Thierry LANUQUE FRCL	Thierry LANUQUE CILAISUD	Thierry ROQUEFEUILLE FRPL

Annexe 4 : Biohydrogénation ruminale des lipides : exemple de l'acide linoléique (Enjalbert, 2012)



# Annexe 5 : Cartographie mensuelle de la production laitière française en 2005

Janvier 2005

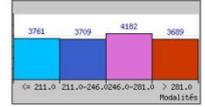
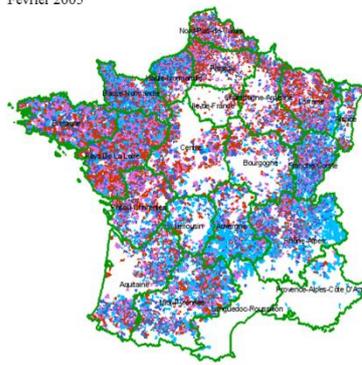


Nombre de géocodes 16236  
 Somme 3971863.0  
 Mini 36.0  
 Maxi 451.0  
 Moyenne 244.6  
 Ecart-type 61.3  
 Mediane 248

Source : FGE

0 79 158 237 316 km  
 Produit le 26/10/2010 par Cerio Dynamique INRA 2005

Février 2005

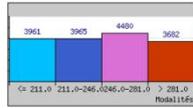
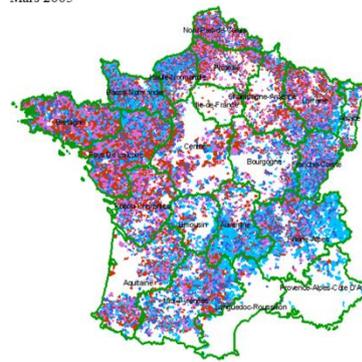


Nombre de géocodes 15341  
 Somme 3756018.0  
 Mini 41.0  
 Maxi 474.0  
 Moyenne 244.8  
 Ecart-type 49.9  
 Mediane 248

Source : FGE

0 79 158 237 316 km  
 Produit le 26/10/2010 par Cerio Dynamique INRA 2005

Mars 2005

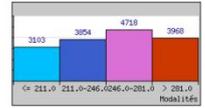
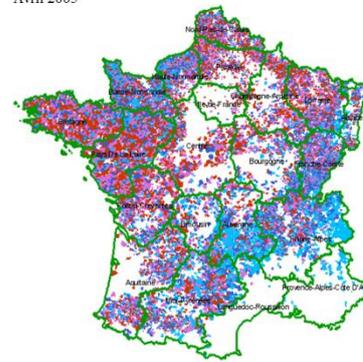


Nombre de géocodes 16088  
 Somme 3926466.5  
 Mini 40.0  
 Maxi 459.0  
 Moyenne 244.1  
 Ecart-type 48.6  
 Mediane 247

Source : FGE

0 79 158 237 316 km  
 Produit le 26/10/2010 par Cerio Dynamique INRA 2005

Avril 2005

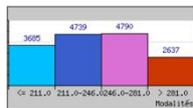
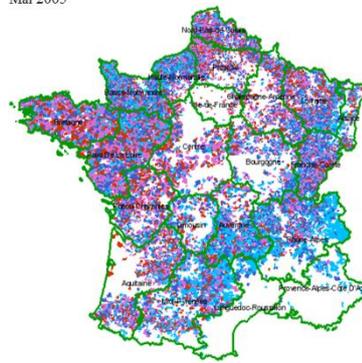


Nombre de géocodes 15643  
 Somme 3909145.0  
 Mini 44.0  
 Maxi 488.0  
 Moyenne 249.9  
 Ecart-type 46.0  
 Mediane 253

Source : FGE

0 79 158 237 316 km  
 Produit le 26/10/2010 par Cerio Dynamique INRA 2005

Mai 2005

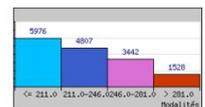
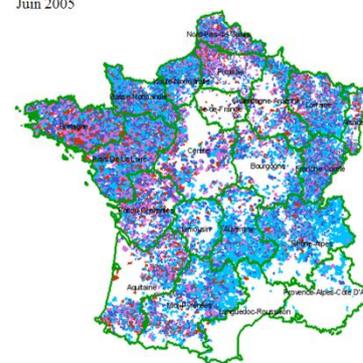


Nombre de géocodes 15851  
 Somme 3829481.0  
 Mini 47.0  
 Maxi 471.0  
 Moyenne 241.6  
 Ecart-type 41.9  
 Mediane 243

Source : FGE

0 79 158 237 316 km  
 Produit le 26/10/2010 par Cerio Dynamique INRA 2005

Juin 2005

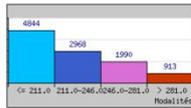


Nombre de géocodes 15753  
 Somme 3543037.0  
 Mini 63.0  
 Maxi 429.0  
 Moyenne 224.9  
 Ecart-type 44.0  
 Mediane 225

Source : FGE

0 79 158 237 316 km  
 Produit le 26/10/2010 par Cerio Dynamique INRA 2005

Juillet 2005

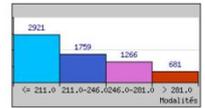


**Nombre de géocodes** 10715  
**Somme** 2320458.5  
**Mini** 58.0  
**Maxi** 399.0  
**Moyenne** 216.6  
**Ecart-type** 47.6  
**Mediane** 217

Source : FGE

Produit le 26/10/2010 par Cereto Dynamique INRA 2005

Août 2005

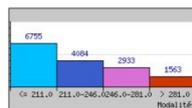
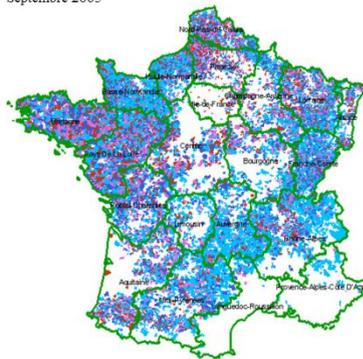


**Nombre de géocodes** 6627  
**Somme** 1446830.0  
**Mini** 55.0  
**Maxi** 409.0  
**Moyenne** 218.3  
**Ecart-type** 50.1  
**Mediane** 220

Source : FGE

Produit le 26/10/2010 par Cereto Dynamique INRA 2005

Septembre 2005

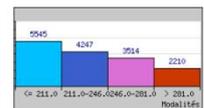
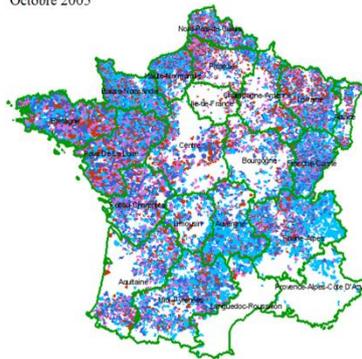


**Nombre de géocodes** 15335  
**Somme** 3341420.5  
**Mini** 37.0  
**Maxi** 403.0  
**Moyenne** 217.9  
**Ecart-type** 50.2  
**Mediane** 219

Source : FGE

Produit le 26/10/2010 par Cereto Dynamique INRA 2005

Octobre 2005

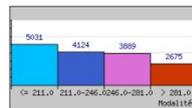
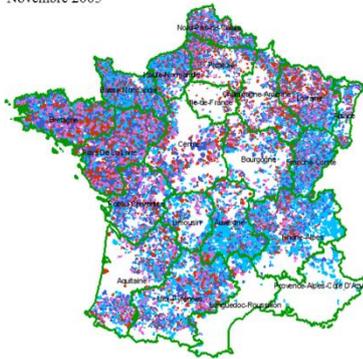


**Nombre de géocodes** 15516  
**Somme** 3596961.5  
**Mini** 45.0  
**Maxi** 409.0  
**Moyenne** 228.0  
**Ecart-type** 50.5  
**Mediane** 230

Source : FGE

Produit le 26/10/2010 par Cereto Dynamique INRA 2005

Novembre 2005

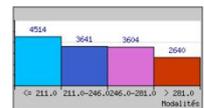


**Nombre de géocodes** 15719  
**Somme** 3659886.0  
**Mini** 37.0  
**Maxi** 414.0  
**Moyenne** 232.8  
**Ecart-type** 51.6  
**Mediane** 236

Source : FGE

Produit le 26/10/2010 par Cereto Dynamique INRA 2005

Décembre 2005



**Nombre de géocodes** 14399  
**Somme** 3375878.0  
**Mini** 33.0  
**Maxi** 426.0  
**Moyenne** 234.5  
**Ecart-type** 52.2  
**Mediane** 237

Source : FGE

Produit le 26/10/2010 par Cereto Dynamique INRA 2005







Toulouse, 2012

NOM : HERMAN

PRENOM : Nicolas

**TITRE : Analyse de la composition du lait en France en 2005 et 2006 : caractéristiques des productions et estimation de la prévalence de l'acidose ruminale chronique et la cétose subclinique à partir de l'étude des taux butyreux et protéiques**

RESUME : Cette étude vise à caractériser la production laitière française et à estimer la prévalence de deux maladies métaboliques (l'acidose ruminale chronique et la cétose subclinique) à partir des taux butyreux (TB) et protéiques (TP) en 2005 et 2006. Les indicateurs de maladies métaboliques utilisés ont été ajustés sur le TB et le TP de chaque race par une règle de trois avec la Prim'holstein comme référence.

La production laitière française révèle des disparités raciales et géographiques importantes, ainsi que des variations saisonnières : la production laitière (quantité), le TB et le TP sont globalement plus élevés en hiver alors que le CCSMP est lui plus élevé en été.

La prévalence estimée de l'acidose ruminale chronique à partir des indicateurs  $TB/TP < 1$ ,  $0 < TB - TP < 3$  et  $TB \leq 35$  se situe entre 6,45% et 18,66%, selon les indicateurs. De nombreuses disparités raciales et géographiques sont observées. Sa prévalence est plus importante en période estivale.

La prévalence estimée de la cétose subclinique à partir des indicateurs  $TB/TP > 1,5$ ,  $TB/TP > 1,33$ ,  $TP < 31$  et  $TB > 41$ ,  $TP \leq 28$  et  $TB \geq 45$  se situe entre 8,25% et 31,27%, selon les indicateurs. De nombreuses disparités raciales et géographiques sont également observées. Sa prévalence est plus importante en hiver qu'en été.

La concordance (raciale et géographique) entre les indicateurs de chaque maladie métabolique est bonne à très bonne. Les prévalences géographiques des deux maladies métaboliques sont en opposition : lorsque la prévalence de l'acidose ruminale chronique est élevée dans une région, celle de la cétose subclinique est faible et inversement.

L'utilisation des taux butyreux et protéiques pour le diagnostic des maladies métaboliques apparaît utile, mais des seuils par race et zone géographique semblent nécessaires. La combinaison du TB et du TP semble plus adaptée à la détection de ces troubles métaboliques.

MOTS-CLES : Lait, acidose ruminale chronique, cétose subclinique, TB, TP

---

**ENGLISH TITLE : Analysis of the milk composition in France in 2005 and 2006 : characteristics of productions and estimated prevalence of subacute ruminal acidosis and subclinical ketosis from the study of milk fat and protein**

ABSTRACT : This study aims to characterize the french milk production and to estimate the prevalence of two metabolic diseases (subacute ruminal acidosis and subclinical ketosis) from milk fat and protein in 2005 and 2006. Indicators of metabolic disease used were adjusted for the milk fat and protein of each race by a rule of three with Prim'Holstein reference.

French milk production reveals significant racial and geographic disparities, as well as seasonal variations : milk production, milk fat and milk protein are generally higher in winter while CCSMP is higher in summer. The estimated prevalence of subclinical ruminal acidosis from indicators fat-protein ratio  $< 1$ ,  $0 < \text{milk fat} - \text{milk protein} < 3$  and  $\text{milk fat} \leq 35$  is between 6.45% and 18.66%, according to the indicators. Many racial and geographic disparities are observed. Its prevalence is higher in summer.

The estimated prevalence of subclinical ketosis from indicators fat-protein ratio  $> 1.5$ , fat-protein ratio  $> 1.33$ , milk protein  $< 31$  and milk fat  $> 41$ , milk protein  $\leq 28$  and milk fat  $\geq 45$  is between 8.25% and 31.27%, according to the indicators. Many racial and geographic disparities are also observed. Its prevalence is higher in winter than in summer.

The concordance (racial and geographic) between indicators of each metabolic disease is good to very good. The geographical prevalences of both metabolic diseases are in opposition: when the prevalence of subacute ruminal acidosis is high in a region, that of subclinical ketosis is low and vice versa.

The use of milk fat and protein for the diagnosis of metabolic diseases is useful, but the thresholds by race and region seem necessary. The combination of milk fat and protein seems more suited to the detection of these metabolic disorders.

KEYWORDS : Milk, subacute ruminal acidosis, subclinical ketosis, milk fat, milk protein