

METHODOLOGIE DU DIAGNOSTIC A L'ECHELLE DU TROUPEAU APPLICATION EN ELEVAGE BOVIN LAITIER

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2003
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Delphine, Marie FERRE
Née, le 3 janvier 1978 à LAVAUUR (Tarn)

Directeur de thèse : **M. le Professeur François SCHELCHER**

JURY

PRESIDENT :
M. Henri DABERNAT

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :
M. François SCHELCHER
M. Guy-Pierre MARTINEAU

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

Table des matières

TABLE DES MATIÈRES.....	11
TABLE DES ILLUSTRATIONS ET DES TABLEAUX.....	15
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	15
TABLE DES TABLEAUX.....	16
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	19
INTRODUCTION.....	21
PARTIE 1 : PROLÉGOMÈNES À LA RÉOLUTION DE TROUBLES SANITAIRES	25
1. LE CONTEXTE D'INTERVENTION : L'EXPLOITATION AGRICOLE, UN SYSTÈME COMPLEXE.	27
2. LA MÉDECINE DE TROUPEAU : SITUATION ACTUELLE.....	30
2.1. <i>Modalités d'intervention.....</i>	<i>30</i>
2.2. <i>La pratique de la médecine de troupeau dans les pays industrialisés.....</i>	<i>32</i>
3. MÉDECINE INDIVIDUELLE - MÉDECINE DE POPULATION.....	33
3.1. <i>La maladie appliquée au troupeau.....</i>	<i>33</i>
3.1.1. Conditions d'apparition des maladies.....	33
3.1.1.1. Maladie en éco-pathologie et en épidémiologie.....	33
3.1.1.2. Notion de facteur de risque et de facteur causal : l'étiologie des troubles du troupeau.....	35
3.1.1.3. Notion de « pathocénose ».....	36
3.1.2. Expression d'une maladie à l'échelle du troupeau.....	37
3.1.2.1. Spectre de sévérité de la maladie.....	37
3.1.2.2. Concept de l'iceberg.....	38
3.1.2.3. Modalités d'évolution des maladies dans une population.....	39
3.2. <i>L'impact économique des maladies.....</i>	<i>39</i>
3.2.1. Au plan individuel.....	39
3.2.2. Au plan du troupeau.....	41
3.3. <i>Le niveau d'investissement.....</i>	<i>41</i>
4. LE DIAGNOSTIC ET LA MÉDECINE DE TROUPEAU.....	43
4.1. <i>La notion de diagnostic.....</i>	<i>43</i>
4.1.1. Définition.....	43
4.1.2. Les différents types de diagnostic.....	44
4.1.2.1. Typologie des diagnostics.....	44
4.1.2.2. Diagnostic et certitude.....	44
4.1.3. Les méthodes de diagnostic.....	44
4.2. <i>Etapas du raisonnement : le raisonnement hypothético-déductif.....</i>	<i>46</i>

4.2.1. Description du problème.....	46
4.2.2. Génération d'hypothèses ou phase inductive.....	46
4.2.2.1. Description	46
4.2.2.2. Limites.....	46
4.2.3. Vérification des hypothèses ou phase déductive.....	47
4.2.3.1. Description	47
4.2.3.2. Limites.....	48
PARTIE 2 : MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE LA RÉOLUTION D'UN	
PROBLÈME DE SANTÉ.....	49
1. PROTOCOLE GÉNÉRAL DE L'ANALYSE DE SITUATION À PROBLÈME	51
1.1. <i>Les étapes</i>	51
1.2. <i>Résumé de la démarche globale</i>	53
2. DESCRIPTION DE LA SITUATION	54
2.1. <i>Les données utilisées</i>	54
2.1.1. Les informations subjectives.....	54
2.1.2. Les données objectives	55
2.1.2.1. Type de données disponibles.....	55
2.1.2.2. Sources de données objectives	56
2.1.3. La visite de l'élevage	56
2.2. <i>Orientation du problème : approche épidémioclinique</i>	56
2.2.1. Les animaux affectés : Qui ?.....	57
2.2.2. La description clinique : A quoi ?	57
2.2.3. L'évolution temporelle : Quand ?	57
2.2.4. L'évolution spatiale : Où ?.....	57
2.2.5. Les premières mesures : Comment ?.....	58
2.2.6. Le nombre : Combien ?	58
2.3. <i>La quantification des troubles</i>	58
2.3.1. La présentation et la description des données	58
2.3.1.1. Présentation des données.....	58
2.3.1.2. Description des données.....	59
2.3.2. Qualité des indices utilisés.....	60
2.3.3. Les différents types d'indicateurs.....	61
2.3.3.1. Indicateurs primaires / indicateurs secondaires.....	61
2.3.3.2. Spécificité des indicateurs.....	62
2.3.4. Le calcul des indices.....	63
2.3.4.1. Prévalence / Incidence	63
2.3.4.2. Un exemple de calcul d'intervalle : l'IV-IAF	69
3. EVALUATION DES DONNÉES, ANALYSE DES FACTEURS DE RISQUE.....	70
3.1. <i>Evaluation des données</i>	70
3.1.1. Evaluation par rapport à quelles références ?	70
3.1.1.1. Normes et normal.....	70
3.1.1.2. Base de comparaison.....	71
3.1.2. Déviation par rapport aux objectifs	72
3.1.2.1. Calcul de l'intervalle de confiance	72
3.1.2.2. Comparaison de deux pourcentages	73

3.1.2.3. Comparaison de deux moyennes	75
3.1.2.4. Méthode des graphiques de contrôle.....	76
3.2. <i>L'interprétation des résultats de laboratoire</i>	78
3.2.1. Données nécessaires pour l'interprétation des résultats de laboratoire	78
3.2.2. Interprétation d'un test diagnostique au plan individuel	78
3.2.3. Interprétation d'un test diagnostique au plan du troupeau.....	82
3.3. <i>Analyse des facteurs de risques</i>	83
3.3.1. La notion de facteur de risque.....	83
3.3.2. Approche ALARME.....	84
3.3.3. Approche statistique	85
4. MISE EN PLACE D'UN PLAN D'ACTION.....	88
4.1. <i>Qualités d'un plan d'action</i>	88
4.2. <i>L'analyse de décision</i>	90
4.3.1. Phase 1 : construction de l'arbre de décision.....	90
4.3.2. Phase 2 : choix de l'option optimale	91
4.3.3. Phase 3 : analyse de sensibilité	92
4.3.4. Avantages et inconvénients.....	92
5. EVALUATION DES RÉSULTATS	93
PARTIE 3 : LA VISITE DE L'EXPLOITATION.....	95
1. PRÉPARATION DE LA VISITE.....	97
1.1. <i>Aspects pratiques</i>	97
1.1.1. Le temps.....	97
1.1.2. Les participants	98
1.1.3. Matériel et hygiène	98
1.1.3.1. Le matériel.....	98
1.1.3.2. Hygiène	99
1.2. <i>Objectifs professionnels de l'exploitation</i>	99
1.3. <i>Le contexte de l'exploitation</i>	100
1.3.1. Le type de production	100
1.3.2. Les moyens de production	102
1.3.2.1. La disponibilité en main-d'œuvre.....	102
1.3.2.2. Les surfaces agricoles	102
1.3.2.3. Le bâti	103
1.3.2.4. Les animaux.....	103
1.3.2.5. Le matériel et les ressources financières.....	104
1.3.3. La conduite d'élevage.....	104
1.3.3.1. Conduite de la reproduction	104
1.3.3.2. Conduite du renouvellement	104
1.3.3.3. Conduite de l'alimentation	106
1.3.3.4. Gestion du système fourrager.....	106
1.3.3.5. Le plan sanitaire d'élevage.....	106
1.3.3.6. La gestion des effluents.....	107
1.3.3.7. Conduite du pré-troupeau.....	107
1.3.3.8. Modalités d'enregistrement / traçabilité des informations.....	107

2. ACTIVITÉS DURANT LA VISITE	108
2.1. <i>Animaux</i>	108
2.1.1. Comportement des animaux.....	108
2.1.1.1. Comportement dans l'environnement.....	108
2.1.1.2. Comportement alimentaire.....	110
2.1.1.3. Comportement social	111
2.1.2. Etat du pelage – Présence de blessures.....	112
2.1.2.1. Etat du pelage	112
2.1.2.2. Présence de blessures.....	112
2.1.3. Etat de propreté	113
2.1.4. Etat corporel.....	115
2.1.5. Examen des bouses.....	117
2.1.5.1. Couleur.....	117
2.1.5.2. Consistance.....	118
2.1.5.3. Fraction non digérée	119
2.1.5.4. Mesure du pH fécal.....	120
2.1.6. Locomotion	121
2.3. <i>Alimentation</i>	121
2.3.1. Recommandations d'apport aux vaches laitières	122
2.3.1.1. Eau	122
2.3.1.2. Apports énergétiques et protéiques recommandés	122
2.3.1.3. Apports recommandés en minéraux, vitamines et oligo-éléments.....	122
2.3.1.4. Cas particulier de la ration complète	122
2.3.2. Ration calculée	124
2.3.2.1. Conception de la ration	124
2.3.2.2. Composition de la ration	124
2.3.3. Ration distribuée.....	125
2.3.3.1. Caractéristiques et qualité des aliments distribués	125
2.3.3.2. Séquence de distribution	130
2.3.3.3. Evaluation des quantités distribuées	130
2.3.4. Ration ingérée	130
2.2.5. Ration assimilée	131
2.2.6. L'évaluation de la ration	131
2.4. <i>Le logement</i>	134
2.4.1. Ambiance des bâtiments	134
2.4.2. Caractéristiques structurales du logement des animaux	138
2.4.3. Entretien du bâtiment.....	140
3. RAPPORT DE VISITE.....	141
3.1. <i>Forme générale</i>	141
3.1.1. Lisibilité	141
3.1.2. Compréhensibilité.....	141
3.1.3. Exhaustivité.....	141
3.2. <i>Plan d'organisation</i>	142
3.3. <i>Remarques</i>	143
CONCLUSION.....	145
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	151

Table des illustrations et des tableaux

Table des illustrations

Figure 1 : Schématisation des interactions entre le système de gestion et le système de production d'un troupeau laitier	28
Figure 2 : Stabilisation d'un système	29
Figure 3 : Les interactions Hôte – Agent – Environnement - Gestion	35
Figure 4 : Facteurs de risque postulés des troubles métaboliques cliniques chez les vaches en péripartum.	37
Figure 5 : La notion de partie émergente de l'iceberg et son impact en terme de coût économique	38
Figure 6 : La cascade des effets de la maladie sur la productivité des animaux	40
Figure 7 : Protocole pour l'analyse des problèmes	52
Figure 8 : Classification des différents types de données	55
Figure 9 : Méthodes de calcul de la moyenne arithmétique (m), de la variance (s^2), de l'écart-type (s) et du coefficient de variation (CV)	60
Figure 10 : Diagramme des épisodes de maladie pour tous les individus de la population en fonction du temps	64
Figure 11 : Période de calcul et critères d'inclusion et d'exclusion des animaux dans le calcul de l'IV-IAF par le logiciel DSA.	69
Figure 12 : Comptages des cellules du lait de tank de juillet 2001 à novembre 2002	77
Figure 13 : Calcul des valeurs prédictives positive (VPP) et négative (VPN)	79
Figure 14 : Evolution de la valeur prédictive positive (VPP) en fonction de la prévalence de la maladie pour plusieurs valeurs de spécificité (Sp) du test. $Se = 0,9$	80
Figure 15 : Evolution de la valeur prédictive négative (VPN) en fonction de la prévalence de la maladie pour plusieurs valeurs de sensibilité (Se) du test. $Sp = 0,9$	80
Figure 16 : Valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN) selon la prévalence estimée d'une maladie pour des valeurs de $Se = 0,9$ et $Sp = 0,9$.	81
Figure 17 : VPP et VPN en fonction de la prévalence estimée pour un test de sensibilité de 0,8 et de spécificité de 0,97.	81
Figure 18 : Types d'association entre la maladie et les facteurs causaux hypothétiques	83
Figure 19: Diagramme de l'approche ALARME	85
Figure 20 : Arbre de décision simplifié avec un seul nœud de décision et deux nœuds de chance	91
Figure 21 : Méthode de calcul des taux annuels de renouvellement et de réforme	105
Figure 22 : Séquences des mouvements lors du lever (A) et du coucher (B) de la vache	110
Figure 23 : Zones anatomiques à considérer pour la notation de l'état de propreté des animaux (1, 2, 3 et 4) et de la stabulation (5)	114
Figure 24 : Critères de notation de l'état de propreté des différentes régions anatomiques	114
Figure 25 : Localisation des ouvertures d'entrée et de sortie d'air selon le type de bâtiment	135
Figure 26 : Position des cartouches de fumigène et points de mesure de la vitesse du vent sur l'aire de vie des animaux	137
Figure 27 : Circuit de l'air observé dans un bâtiment fermé (A) vue en coupe et dans un bâtiment semi-ouvert (B) vue en plan	137
Figure 28 : Caractéristiques principales de la logette	140

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des modalités de services proposés par les vétérinaires	31
Tableau 2 : Différences entre médecine traditionnelle et médecine de population	34
Tableau 3 : Notion de spectre de sévérité de la maladie et de gradient d'infection	38
Tableau 4 : Paratuberculose : stades de la maladie	38
Tableau 5 : Mesures appliquées à l'individu et au troupeau lors de repeat-breeding	42
Tableau 6 : Questions posées par l'éleveur et équivalence en termes médicaux	43
Tableau 7 : Les trois catégories de diagnostic	44
Tableau 8 : Présentation de quatre méthodes de diagnostics	45
Tableau 9 : Exemples de modus ponens et de modus tollens	48
Tableau 10 : Avantages et inconvénients des différents indices de position	59
Tableau 11 : Paramètres et fréquence de distribution proposée	60
Tableau 12 : Qualités d'un indice, qualités de l'ensemble des critères utilisés pour aboutir à un diagnostic	61
Tableau 13 : Exemple d'indicateurs primaires pour l'évaluation de l'élevage des génisses de remplacement	61
Tableau 14 : Exemple d'indicateurs secondaires pour l'évaluation de l'élevage des génisses de remplacement	62
Tableau 15 : Définition des maladies cliniques	66
Tableau 16 : Signes clinique de la fièvre vitulaire selon les étapes de la maladie	67
Tableau 17 : Incidence des différents troubles rencontrés en élevage laitier du Pays de la Loire de 1995 à 1998	67
Tableau 18 : Définition des nouveaux cas	68
Tableau 19 : Seuils de fréquence des troubles de santé en élevage bovin laitier pouvant être utilisés dans l'évaluation de la santé d'un troupeau laitier	72
Tableau 20 : Calcul de l'intervalle de confiance d'une moyenne et d'un pourcentage selon la taille n de l'échantillon	72
Tableau 21 : Valeurs de $t_{n-1, \alpha/2}$ selon la taille n de l'échantillon pour $\alpha = 5\%$.	73
Tableau 22 : Table de contingence pour la comparaison d'un pourcentage à un pourcentage théorique	73
Tableau 23 : Table de contingence pour la comparaison de deux pourcentages	74
Tableau 24 : Table de contingence pour la comparaison de deux pourcentage	75
Tableau 25 : Règles pratiques pour la comparaison d'une moyenne à une valeur théorique	75
Tableau 26 : Règles pratiques pour la comparaison de deux moyennes	76
Tableau 27 : Présentation des critères de sensibilité (Se), spécificité (Sp), valeur prédictive positive (VPP), valeur prédictive négative (VPN), prévalence apparente (Pa) et prévalence réelle (Pr)	79
Tableau 28 : Illustration du gradient de causalité à travers l'exemple de la paratuberculose	84
Tableau 29 : Données utilisées pour le calcul du risque relatif et de l'odds ratio	85
Tableau 30 : Présentation des différents types d'études épidémiologiques	86
Tableau 31 : Les sous-systèmes de l'exploitation agricole	100
Tableau 32 : Définitions de la taille de l'atelier lait et de son degré de spécialisation	101
Tableau 33 : Equivalence en UGB et en EVL des animaux présents sur l'exploitation	104
Tableau 34 : Gestion des effluents selon leur nature	107
Tableau 35 : Classification des stabulations selon la note d'état de propreté	113
Tableau 36 : Critères de notation de l'état corporel	116
Tableau 37 : Notes d'état corporel en fonction du stade de lactation	117
Tableau 38 : Score fécal et éléments d'interprétation	118

<i>Tableau 39 : Critères utilisés pour évaluer un score de boiterie et une description clinique du troupeau</i>	<i>121</i>
<i>Tableau 40 : Recommandations pour la formulation d'une ration complète par kg MS</i>	<i>122</i>
<i>Tableau 41 : Apports énergétiques et protéiques recommandés</i>	<i>123</i>
<i>Tableau 42 : Apports recommandés et seuil toxique en minéraux majeurs, oligo-éléments et vitamines</i>	<i>123</i>
<i>Tableau 43 : Système de conception de ration</i>	<i>124</i>
<i>Tableau 44 : Gestion de l'apport de concentrés en péripartum</i>	<i>124</i>
<i>Tableau 45 : Estimation de la teneur en matière sèche de l'ensilage de maïs</i>	<i>125</i>
<i>Tableau 46 : Valeur alimentaire de l'ensilage de maïs</i>	<i>126</i>
<i>Tableau 47 : Séparation des particules de l'ensilage de maïs selon deux méthodes : méthode de l'ITCF (Institut Technique des Fourrages) avec un tamis secoueur et méthode de l'Université de Pennsylvanie</i>	<i>126</i>
<i>Tableau 48 : Recommandations pour la taille des particules de la ration complète</i>	<i>127</i>
<i>Tableau 49 : Analyse de la qualité de conservation des ensilages</i>	<i>127</i>
<i>Tableau 50 : Variations de la coloration de l'ensilage d'herbe en fonction de la température du silo</i>	<i>128</i>
<i>Tableau 51 : Valeur alimentaire des principaux concentrés fermiers</i>	<i>129</i>
<i>Tableau 52 : Rythme de distribution du complément de production pour un fourrage distribué à volonté et un complément de production à 1 UFL / kg</i>	<i>129</i>
<i>Tableau 53 : Exemple de séquence de distribution de la ration des vaches en lactation</i>	<i>130</i>
<i>Tableau 54 : Consommation des fourrages à volonté, critères d'obtention et de contrôle</i>	<i>131</i>
<i>Tableau 55 : Apports recommandés pour les vaches en lactation et au tarissement</i>	<i>132</i>
<i>Tableau 56 : Equations de vérification de l'équilibre de la ration</i>	<i>133</i>
<i>Tableau 57 : Volume d'air statique recommandé</i>	<i>135</i>
<i>Tableau 58 : Surfaces d'entrées et de sorties d'air recommandées</i>	<i>136</i>
<i>Tableau 59 : Entrées et sorties d'air selon le type de bâtiment</i>	<i>138</i>
<i>Tableau 60 : Surfaces d'aire de vie pour les vaches laitières</i>	<i>139</i>
<i>Tableau 61 : Surfaces d'aire de vie pour les génisses de remplacement</i>	<i>139</i>

Liste des abréviations

A.M.V. = aliment minéral et vitaminé
A.S.T.L.Q. = Amélioration de la santé des troupeaux laitiers du Québec

BHV1 = bovine herpes virus de type 1
BVD = Bovine virus diarrhoea

CI = capacité d'ingestion

D.S.A. = Dossier santé animale

EC = état corporel
ELISA =
E.N.V.T. = Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
EVL = équivalent vache laitière

GMQ = gain moyen quotidien

HSe = herd sensibility (sensibilité troupeau)
HSp = herd specificity (spécificité troupeau)

IA = insémination artificielle
IAF = insémination artificielle fécondante
IBR =
IC = intervalle de confiance
IV-IAF = intervalle vêlage – insémination artificielle fécondante

MB = matière brute
MS = matière sèche

PDI = protéines digestibles intestinales
PDIE = protéines digestibles intestinales (d'origine microbienne) permise par l'énergie

PDIN = protéines digestibles intestinales (d'origine microbienne) permise par l'azote

OR = odds ratio

QCV = quotient de confort des vaches

RA = risque attribuable
RR = risque relatif

SAU = surface agricole utile
Se = Sensibilité
SFP = surface fourragère principale
SFT = surface fourragère totale
Sp = spécificité
STH = surface toute en herbe

TI = taux d'incidence
TRIA1 = taux de réussite en première insémination

UEL = unité d'encombrement lait
UFL = unité fourragère laitière
UGB = unité gros bovin
UTH = unité travailleur humain

VEC = valeur d'encombrement du (des) concentré(s)
VEF = valeur d'encombrement du (des) fourrage(s)
VMA = valeur monétaire attendue
VP = valeur prédictive
VPN = valeur prédictive négative
VPP = valeur prédictive positive

Introduction

Tout un pan de la médecine des animaux de rente reste sous-exploité. Alors que l'approche de groupe, aussi appelée médecine de population, s'est développée dans les productions dites « industrielles » (porc et volaille), elle reste encore à ses balbutiements dans la pratique en élevage bovin laitier. L'objet initial de notre travail était le recensement des normes existantes en élevage bovin laitier afin de réaliser un audit sanitaire. Nous entendions par audit sanitaire une visite d'exploitation suffisamment approfondie pour pouvoir déceler les points forts et les points faibles d'une exploitation vis-à-vis de troubles sanitaires affectant le troupeau. Au fur et à mesure de nos lectures et des visites auxquelles nous participions, il nous est apparu essentiel de poser les bases de la médecine de population et de proposer une approche rationnelle des troubles sanitaires en élevage bovin avant de pouvoir décrire les points à observer. Il ne s'agira donc aucunement de proposer une méthode pour chaque type de problème rencontré en élevage bovin laitier (troubles de la reproduction, mammites, troubles locomoteurs, troubles métaboliques ou chutes de production, etc. ...) mais d'apporter des éléments de réflexion et d'aide pour une approche consciente et structurée du diagnostic à l'échelle du troupeau. Pour réaliser ce travail, nous sommes donc parti du postulat qui prétend que le praticien connaît les pathologies de groupe et les facteurs de risques qui leur sont associés. Pour cette même raison, nous ne détaillerons pas, par exemple, l'interprétation des résultats du contrôle laitier ou des profils métaboliques. Pour l'étude spécifique des troubles sanitaires en élevage bovin laitier nous renvoyons le lecteur à deux livres : *Herd health. Food animal production medicine* de RADOSTITS et al. (RADOSTITS, 2001), et *Herd health and production management in dairy practice* de BRAND (BRAND, 1996).

La première partie est donc consacrée aux principes de base de la médecine de population. Nous verrons tout d'abord en quoi la notion de système constitue la fondation sur laquelle est édifiée toute approche d'une exploitation agricole. Ensuite nous présenterons les différentes modalités de pratique de médecine de population. Le troisième chapitre est consacré à la présentation des principales différences et similitudes entre la médecine de population et la médecine individuelle du point de vue épidémiologique, étiologique et économique. Enfin, une présentation des différentes méthodes de diagnostic et la description du raisonnement hypothético-déductif sert d'introduction à la partie suivante.

La seconde partie expose les étapes à observer pour identifier la ou les cause(s) des troubles sanitaires présents dans un troupeau et les facteurs de risque associés. Quatre étapes sont proposées. La première consiste à décrire les troubles présents sur l'exploitation à la fois à travers la perception du producteur et les données disponibles sur les performances du troupeau. La seconde étape correspond à la confrontation des données recueillies à une base de comparaison afin d'identifier les anomalies. A partir de cette identification, un plan d'action comportant à la fois des mesures correctives et préventives constitue la troisième étape. Enfin, la dernière étape consiste à vérifier la réalisation effective du plan d'action, les résultats obtenus et à identifier les causes d'un éventuel échec pour rectifier les mesures proposées.

La troisième partie traite de manière plus pratique de la visite de l'exploitation. Après avoir posé les différents points nécessaires à la préparation de la visite, les trois principaux éléments à observer dans toute visite d'élevage bovin laitier sont développés. Le premier concerne les animaux du troupeau. Ensuite, une méthode d'évaluation de l'alimentation en quatre étapes est présentée. En dernier lieu, les bases de l'évaluation d'un bâtiment d'élevage sont développées. Enfin, le dernier chapitre est consacré à la rédaction du rapport de visite.

Partie 1 :

Prolégomènes à la résolution de troubles sanitaires

Par souci didactique nous allons dans un premier temps expliciter quelques notions fondamentales susceptibles de nous aider à mieux comprendre comment résoudre les troubles sanitaires à l'échelle du troupeau. Pour cette raison, nous nous pencherons d'abord sur le contexte d'intervention, l'exploitation agricole, puis nous exposerons la situation actuelle de la médecine de population ainsi que les différences principales avec la médecine individuelle. Enfin, une mise au point sur la notion de diagnostic clôturera cette partie.

1. Le contexte d'intervention : l'exploitation agricole, un système complexe

Pour aborder de manière efficace un problème de troupeau, il faut garder présent à l'esprit que le troupeau n'est qu'une partie d'un écosystème, l'« exploitation agricole » (NIELSEN, 1992).

Joël de Rosnay (DE ROSNAY, 1975) définit un système comme étant « *un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but* ». Les termes de cette assertion doivent être explicités dans le cas des exploitations laitières.

La première partie de la définition caractérise l'aspect structurel du système. En effet, « *un ensemble d'éléments* » implique un lien (**inter-relation**) entre des éléments de nature variée et pouvant être dénombrés, assemblés en catégories ou en populations (ex. : animal, lot, troupeau, parcelle, système fourrager, systèmes de gestion...). Par exemple, dans l'élément troupeau, on peut dénombrer les animaux et les classer selon leur rang de lactation, leur stade physiologique ou en fonction des lots physiques... Ces éléments revêtent une importance particulière lorsque l'on cherche à définir des sous-populations d'animaux affectés par une maladie et/ou exposés à un ou plusieurs facteurs de risques. De plus, tout système, ainsi que chacun de ses composants, est délimité par des frontières qui peuvent être réelles (ex. : situation géographique) ou virtuelles (ex. : délimitation du système de gestion : qui fait quoi, par exemple).

La seconde partie de la définition met en valeur l'aspect fonctionnel :

- « *éléments en interaction dynamique* »

Une modification même légère dans un domaine particulier peut avoir des conséquences importantes sur tout le système et inversement. Par exemple, en alimentation, des variations de composition de la ration peuvent être à l'origine d'un déséquilibre d'apports nutritionnels et provoquer des troubles sanitaires importants. Ainsi la figure 1 présente une schématisation des interactions (rétro-contrôles) entre le système de production et le système de gestion d'un troupeau laitier : selon les résultats de performance du système de production, l'exploitant, qui constitue le pilote majeur du système (SAUVANT, 1999), met en place des mesures correctives et vérifie les résultats de ces mesures.

La notion d'interaction implique une dimension spatiale mais aussi temporelle. Cette composante temporelle doit être prise en compte lors de suivis de troupeau. Elle donne ainsi un aperçu de l'évolution et des tendances de l'élevage. Au contraire, lors de visites simples ou de diagnostic-bilans ponctuels, la vision reste statique ou ne couvre, selon les données disponibles, qu'un petit intervalle de temps (tableau 1, p31).

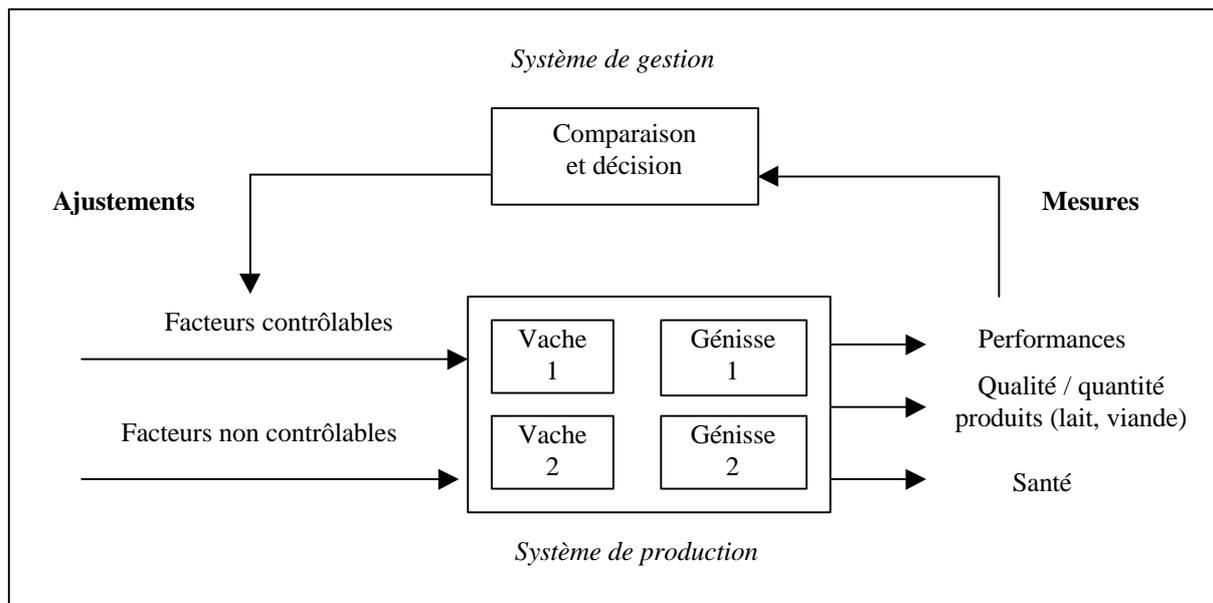


Figure 1 : Schématisation des interactions entre le système de gestion et le système de production d'un troupeau laitier (d'après ØSTERGAARD, 1998)

Des interactions peuvent exister ou non entre le système et son environnement (système ouvert *versus* système fermé). L'exploitation laitière peut vivre avec très peu d'interactions avec l'extérieur (auto-renouvellement, autarcie) ou, au contraire en avoir de nombreuses (introduction d'animaux, achat d'aliments, vente de génisses...). Ceci peut jouer un rôle majeur dans le type de maladies et leur évolution dans l'élevage.

Cette première partie de la définition met en évidence la caractéristique principale de tout système : **la complexité**. Un système est dit complexe lorsque l'ensemble des éléments qui le compose ne se laisse pas appréhender facilement par l'esprit. On en déduira un comportement difficilement prévisible, avec possibilité d'émergence de propriétés nouvelles (création de nouvelles pratiques par exemple) ainsi qu'une grande résistance au changement (DE ROSNAY, 1975).

- « *organisés* » : l'ensemble des éléments et de leurs interactions est structuré en un tout, « *composé de sous-systèmes hiérarchisés et interdépendants* » (MAZOYER, 2002).

La notion d'interdépendance permet de souligner les différences entre **l'approche globale** qui prend en compte tous les secteurs ayant un lien avec la pathologie, la reproduction et/ou la production (dont l'alimentation et la zootechnie) (ENNUYER, 1999) et **l'approche sectorielle** qui ne tient compte que d'un ou de quelques domaines de l'exploitation de manière indépendante afin de limiter le nombre de facteurs de risques pris en compte (par exemple, troubles de la mamelle, gestion de la reproduction...). L'approche sectorielle, moins lourde que l'approche globale, peut être limitée dans ses conclusions, en termes économiques, par exemple (NORDLUND, 1989). Toutefois, dans l'approche globale, on ne cherche pas à optimiser simultanément tous les paramètres : l'optimum global constitue forcément un compromis (SAUVANT, 1999). Dans un projet interdisciplinaire mené par l'université du Maryland, 70 % des éleveurs participant à l'étude (soit 25/36) considèrent que l'approche intégrée, avec amélioration de deux à quatre domaines de gestion (mammites, alimentation, production fourragère, reproduction), et non la modification d'un seul domaine, peut conduire

à une augmentation de la production laitière observée suite à la mise en place du projet (PETERS, 1994).

- « *en fonction d'un but* ». Tout système a une notion de finalité qui ne peut parfois être déduite qu'*a posteriori*.

Dans le cas de l'exploitation laitière, la finalité est de faire vivre le producteur ou un ou plusieurs foyers. Elle se définit donc par la **rentabilité** de l'exploitation. Ceci est à prendre en compte dans toute intervention, qu'elle soit pour effectuer des examens complémentaires en vue d'établir un diagnostic ou pour mettre en place des mesures correctives. L'exploitation laitière est une entreprise.

Le second objectif, moins évident, correspond à la **pérennité** du système.

L'intégration de la composante temporelle dans la vision du système permet donc de « *faire apparaître le relationnel et le devenir* » (DE ROSNAY, 1975). Le système oscille autour d'une situation d'équilibre sans jamais l'atteindre (fig. 2). Lors de l'évaluation des résultats, surtout lors de suivi en continu, cette notion de fluctuation naturelle sera à intégrer. En effet, dans tout système existe une déviation minimale pour laquelle aucune intervention n'est nécessaire (BRAND, 1996). La difficulté sera de définir à quel moment une déviation est significative ou non. Les statistiques s'avèrent alors un outil appréciable.

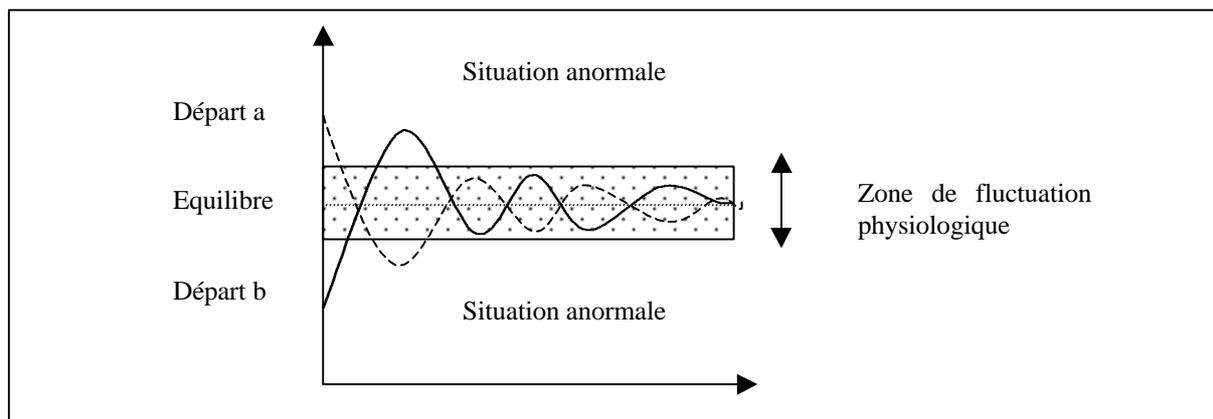


Figure 2 : Stabilisation d'un système (d'après DE ROSNAY, 1975)

Toutes ces notions sont à garder en mémoire lors d'une intervention en exploitation. En effet, la santé des animaux constitue, selon cette approche, le reflet de la santé de l'ensemble du système (NIELSEN, 1992).

2. La médecine de troupeau : situation actuelle

2.1. Modalités d'intervention

Plusieurs types de services ont été développés par les vétérinaires pour répondre aux problèmes rencontrés dans les exploitations en terme de santé et de production (NOORDHUIZEN, 2001). On peut dégager quatre modalités principales d'intervention sachant qu'en pratique l'une peut aboutir à l'autre et que les définitions peuvent se chevaucher sur certains points.

Pour rendre ces définitions plus précises, quelques modifications ont été apportées aux définitions présentes dans les articles cités. De plus, il faut signaler qu'il existe une certaine distorsion entre les définitions proposées et la réalité de terrain où toutes les situations intermédiaires peuvent exister.

– **visite ponctuelle** (BEDOUE, 1994) = visite unique suite à l'apparition d'un problème dans une exploitation ;

– **diagnostic-bilan d'élevage** (SEEGERS, 1994) = visite approfondie avec mise en évidence des points faibles et des points forts de l'exploitation en vue d'améliorer la gestion ou de résoudre un problème (BEDOUE, 1994).

– **suivi de troupeau** (BEDOUE, 1994) ou **suivi de production** (SEEGERS, 1994) appelé aussi programme de gestion de la santé et de la production du troupeau (herd health and production management) (BRAND, 1996), d'autres termes sont employés : *production-oriented medicine*, *performance medicine*, *preventive veterinary medicine* (RADOSTITS, 2001), *production medicine* (LEAN, 1991) = visites régulières et programmées pour maintenir et optimiser la gestion de la production et de la santé. Elles peuvent aussi permettre de rétablir une situation initialement dégradée (ENNUYER, 1999).

– **audit de santé et de production** (GERNEZ, J, 1999 ; SEEGERS, 2001). L'audit *sensu stricto* est un « *examen méthodique et indépendant en vue de déterminer si les activités et les résultats relatifs au champ d'activité choisi satisfont aux dispositions pré-établies et si ces dispositions sont mises en œuvre de façon efficace et apte à atteindre les objectifs* ». Il se définit donc à la fois en terme de méthode et d'objectifs. D'une part, il s'agit d'un examen par un individu indépendant, la base étant l'écoute, d'autre part, l'objectif est l'évaluation de l'adéquation entre des normes pré-établies et les pratiques, afin de conduire l'éleveur à une prise de conscience de ses pratiques pour les améliorer. Les solutions sont apportées par l'éleveur lui-même, il n'y a pas d'aspect correctif apporté par l'auditeur (GERNEZ, 1999).

Le démarche d'assurance qualité peut être appliquée à la santé animale, à l'efficacité du système de production, à la qualité des produits, au bien-être des animaux ou au respect des normes environnementales.

Ce terme est de plus en plus utilisé dans le milieu vétérinaire dans le sens du diagnostic-bilan d'élevage (DROUET, 2001 ; SEEGERS, 2001).

Ces quatre types d'intervention comportent des éléments communs (tableau 1) :

- l'objectif premier est d'améliorer la **rentabilité** de l'exploitation en réalisant un diagnostic de troupeau pour mettre en place un plan d'action efficace et rapide,
- en se basant sur les **objectifs et les attentes du producteur**,

Tableau 1 : Caractéristiques des modalités de services proposés par les vétérinaires

	Visite ponctuelle	Diagnostic – bilan d'élevage	Suivi de troupeau Programme de gestion de la santé et de la production du troupeau	Audit de santé et de production
<i>Principes de base Objectifs</i>	Résolution d'un problème de troupeau	Mise en évidence points faibles / forts de l'exploitation pour améliorer la gestion ou résoudre un problème	Mise en place d'un programme de gestion pour maintenir et optimiser la santé et la production du troupeau	Evaluation du respect des procédures, dans le domaine de la santé et de la production Evaluation des déviations par rapport à des normes pré-établies
<i>Intervenants</i>	Vétérinaire de l'élevage Vétérinaire consultant	Vétérinaire de l'élevage Vétérinaire consultant	Vétérinaire de l'élevage Vétérinaire impliqué uniquement dans le suivi	Auditeur
<i>Degré d'implication dans l'exploitation</i>	Variable selon l'intervenant		Forte implication	Indépendant
<i>Fréquence des visites</i>	Une ou plusieurs selon le problème, ponctuelles, pas forcément régulières	Une ou plusieurs selon le ou les secteurs pris en compte	Régulières, le plus souvent mensuelles (suivi en continu)	Une à deux fois par an, régulier
<i>Secteurs pris en compte rencontré (approche intégrée tout de même)</i>	Restriction au problème	Sectoriel ou global	Tous les secteurs peuvent être considérés dont une analyse économique, au choix de l'éleveur	Audit global ou sectoriel intégrant systématiquement une analyse économique
<i>Moment de l'intervention / au problème</i>	Intervention décalée : problème assez avancé	Intervention après, pendant ou avant un problème	Intervention en continu, donc précoce (sauf 1 ^{ère} intervention)	En tout temps : évaluation de la conformité des dispositions
<i>Validité des données collectées (qualité / quantité)</i>	Dépend du système d'enregistrement de l'éleveur : souvent imprécis, incomplet	Variable	Données précises et relativement fiables : mise en place d'un système d'enregistrement des données	Système d'enregistrement prévu en fonction des secteurs pris en compte (précis et fiable)
<i>Vision de l'exploitation</i>		Instantanée		Dynamique (évolution au cours du temps)

- par des visites de l'exploitation, l'analyse et l'évaluation des données disponibles par rapport à des données de référence (littérature, base de données, données de l'exploitation),
- les actions proposées sont essentiellement basées sur la conduite de troupeau : l'éleveur est incité à changer ses pratiques,
- le rôle de la communication et de la confiance est primordial dans le suivi des recommandations par le producteur.

2.2. La pratique de la médecine de troupeau dans les pays industrialisés

La situation est très disparate en fonction des pays.

Certains pays ont développé depuis plusieurs années déjà des systèmes de suivi de troupeaux, appliqués par un nombre élevé de vétérinaires libéraux (Québec, Pays-Bas) (BOUCHARD, 2002 ; NORDHUIZEN, 2001).

Au Québec, des aides du Ministère de l'Agriculture et des Pêcheries favorisent l'accès des exploitations aux services de suivis de troupeaux. Un logiciel de suivi commun : le DSA (Dossier de Santé Animale) a été mis en place à l'aide du projet de recherche ASTLQ (Amélioration de la Santé des Troupeaux Laitiers du Québec) (BOUCHARD, 2002).

Aux Pays-Bas se développent aussi des systèmes d'assurance qualités avec des audits d'élevages au sens strict (NORDHUIZEN, 2001).

Aux Etats-Unis, les universités des différents états ont développé des systèmes de consultations regroupant tous les domaines de l'agriculture (production animale, végétale, économie..) appelés « Extension Service ». Ils proposent aussi des formations individuelles ou collectives aux agriculteurs. Ils utilisent aussi Internet comme support de formation et d'information ainsi que la publication de revues.

En Suisse, un modèle intéressant a été développé afin de fournir à la fois des services aux éleveurs en terme de suivi ou de consultation et de former les étudiants ainsi que les vétérinaires libéraux intervenant couramment dans ces exploitations à travers des contrats spécifiques. L'objectif de ce modèle est d'intégrer le vétérinaire dans le processus de production agricole (EICHER, 2002).

Des suivis de troupeaux ont aussi été mis en place en Grande-Bretagne, en Nouvelle-Zélande, en Australie...

En France, en dehors des suivis de reproduction qui ont eu un essor relatif à partir des années 80, c'est un domaine en cours de développement en pratique libérale. Les écoles vétérinaires proposent des services de type consultation pour des problèmes particuliers en fonction des champs d'expertise des enseignants impliqués.

3. Médecine individuelle - médecine de population

Nordlund résume bien les différences entre l'approche de la médecine de population (ou médecine de troupeau) et celle de la médecine dite « traditionnelle », en fait médecine individuelle :

« La médecine " traditionnelle " se focalise sur le diagnostic et le traitement d'animaux pris individuellement, avec l'hypothèse que, si chaque animal va bien, on obtiendra un troupeau sain. La médecine de production se focalise sur le système de gestion sous-jacent en faisant l'hypothèse que, si le système de production qui conduit au problème est amélioré, on obtiendra un troupeau sain. L'objectif est donc similaire dans les deux disciplines. » (NORDLUND, 1998)

L'objectif est similaire mais l'approche est différente (tableau 2). La médecine de troupeau n'est pas la somme de « médecine individuelle » appliquée à un groupe d'animaux. La différence principale réside dans l'utilisation d'indicateurs¹ qui permettent d'avoir une vue d'ensemble des performances globales du troupeau ou plus spécifiques d'un domaine (reproduction, santé...). C'est la prise en compte du système de production, comme potentiellement générateur, de troubles qui est à la base de la médecine de population.

3.1. La maladie appliquée au troupeau

Il est parfois plus simple de définir une notion par son contraire. La définition de la santé nous permet ainsi d'appréhender les situations de maladie.

Santé = « état de bien-être et d'équilibre entre un organisme et son milieu, lui permettant d'optimiser son potentiel génétique. » (TOMA 1991)

D'après cette définition les performances suboptimales en production laitière et en reproduction seront considérées comme des maladies subcliniques au même titre que les mammites, les cétooses, l'acidose ruminale et certains troubles parasitaires ou infectieux de manifestation subclinique (ROLLIN, 2001). Ceci s'applique à l'individu autant qu'au troupeau.

3.1.1. Conditions d'apparition des maladies

3.1.1.1. Maladie en éco-pathologie et en épidémiologie

- **Maladie et éco-pathologie**

Dans l'approche éco-pathologique, la maladie est le fruit d'inadéquations entre « les possibilités d'adaptation d'un animal, les contraintes qu'exerce sur l'animal le système de production et la conscience qu'a l'éleveur de l'hygiène et de la santé animale. » (BARNOUIN, 1994). Les maladies peuvent être divisées en deux catégories (BARNOUIN, 1994) :

¹ La notion d'indicateur sera développée dans le chapitre 2.3. de la seconde partie.

Tableau 2 : Différences entre médecine traditionnelle et médecine de population (adapté de GAY, 2002)

	Médecine de troupeau	Médecine individuelle
<i>Rôle de l'intervenant</i>	Evalue les informations	Applique directement les techniques
<i>Motif de visite</i>	Visites pré-programmées	Appel du producteur pour un besoin (« pompier »)
<i>Unité considérée</i>	L'exploitation en tant que système, groupes d'animaux → examen physique d'individus et du troupeau	L'individu en tant que système → examen physique d'individus
<i>Détection du problème</i>	Lors d'une visite initiale : problème clinique détecté par l'éleveur, puis détection basée sur des données enregistrées de problème sub-clinique et/ou de production sub-optimale (intervention précoce) par le vétérinaire ou l'éleveur	L'éleveur observe des cas cliniques = détection de la maladie = problème clinique (intervention plus tardive)
<i>Manifestation du problème ou de la maladie</i>	Spectre de problèmes dans un groupe d'animaux (performances affectées) → définition du problème par l'examen physique des animaux affectés et par les questions : qui, à quoi, où, quand, combien ?	Cas individuels (cliniques en général)
<i>Exécution</i>	Producteurs / employés traitent les cas de routine et appliquent le protocole établi par le vétérinaire qui a aussi un rôle de formateur	Vétérinaire, traite les cas de routine et exécute
<i>Evaluation</i>	Performances économiques Souvent non visible directement	Statut sanitaire de l'individu Différence perceptible
<i>Comparaison normal/anormal</i>	Troupeaux contemporains Objectifs de performance	Littérature / anamnèse Objectifs de santé
<i>Analyse quantitative des données troupeau</i>	Rôle de l'épidémiologie (incidence, risque relatif...)	1 seul animal ou nombre d'animaux infectés
<i>Impact économique des interventions</i>	Potentiellement important → réduction puis prévention des pertes potentielles	Réduction de la perte de valeur d'un animal
<i>Confiance producteur - vétérinaire pour l'application des recommandations</i>	Très élevée	Modérée

- maladies de type « entrantes » : c'est-à-dire reliées à la dissémination dans un élevage d'agents transmissibles (ex. : BVD, néosporose, paratuberculose...);
- maladies de type « résultantes » : c'est-à-dire produite par le système d'élevage du fait de l'inadéquation entre le système et les caractéristiques des animaux (ex. : fourbures...).

- **Maladie et épidémiologie**

L'approche épidémiologique suggère que la maladie est le fruit d'interactions complexes (et déséquilibrées) entre l'hôte, l'agent pathogène et l'environnement (GAY, 2001a). Dans le contexte de l'exploitation laitière, on y ajoute l'effet prépondérant de la gestion par le producteur qui agit sur tous ces facteurs (fig. 3).

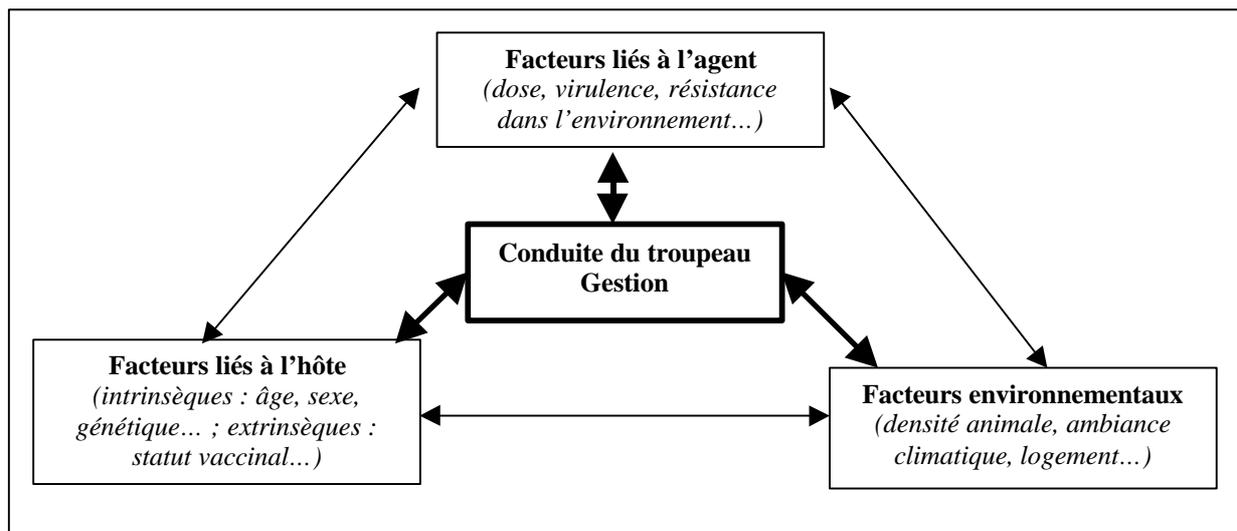


Figure 3 : Les interactions Hôte – Agent – Environnement - Gestion (d'après GAY, 2001a)

Radostits considère que :

« la majorité des cas d'apparition de maladies et de performances sub-optimales en terme de production laitière résultent de fautes ou de dysfonctionnements dans le complexe des interactions au sein d'un groupe d'animaux ou entre les groupes d'animaux et leur mode de conduite, leur environnement et leur alimentation. » (RADOSTITS, 2000a)

Ces définitions permettent de dégager le rôle prépondérant de la conduite d'élevage sur l'apparition de maladies cliniques ou subcliniques dans un troupeau.

3.1.1.2. Notion de facteur de risque et de facteur causal : l'étiologie des troubles du troupeau

Un **facteur de risque** correspond à « tout facteur associé à l'augmentation de la probabilité d'apparition ou de développement d'un phénomène pathologique » (TOMA, 1996). Un **facteur causal** se définit comme un « facteur responsable de l'apparition ou du développement d'un phénomène pathologique » (TOMA, 1996). Ces notions seront développées plus précisément dans la seconde partie (chapitre 3.3.).

Les troubles les plus fréquemment rencontrés dans les élevages bovins sont de nature multifactorielle (FAYE, 1996 ; HANCOCK, 1988a ; RENEAU, 2001) (un ensemble de facteurs doit être présent pour que les troubles apparaissent). Une combinaison donnée de facteurs pourra ainsi constituer la cause suffisante pour l'apparition d'un trouble particulier. Inversement, différentes combinaisons de facteurs de risque au niveau du troupeau peuvent être à l'origine d'un même type de manifestation (RENEAU, 2001).

Il est donc rare, même pour des maladies infectieuses, qu'un seul facteur soit à l'origine des manifestations observées (HANCOCK, 1988a). Certaines maladies, comme la paratuberculose, peuvent toutefois être classées dans les maladies monofactorielles. Toutefois, le plus souvent, l'agent infectieux seul ne suffit pas à provoquer la maladie (cause nécessaire mais pas suffisante). Des facteurs inhérents à l'hôte ou à l'environnement doivent être présents.

Pour le contrôle, un objectif sera donc la modification de la répartition des facteurs de risques afin d'éviter l'expression des troubles (RENEAU, 2001).

3.1.1.3. Notion de « pathocénose »

Une notion intéressante et sûrement fondamentale dans l'approche des maladies présentes dans une population est celle de « pathocénose » présentée par GRMEK, par analogie avec le terme biocénose. La pathocénose correspond à l'« *ensemble qualitativement et quantitativement défini des états pathologiques présents dans une population donnée à un certain moment* ». Il établit que :

« La fréquence et la répartition de chaque maladie dépendent, non seulement de divers facteurs endogènes et écologiques, mais aussi de la fréquence et de la répartition de toutes les autres maladies à l'intérieur d'une même population. » (GRMEK, 2001)

Un exemple d'illustration de ce phénomène correspond au complexe alimentation – santé – production. En effet, mis à part l'effet direct de l'alimentation sur la production, il existe un réseau complexe de relations entre l'alimentation et les maladies qui lui sont reliées, entre les maladies mêmes et entre les maladies et la production (OSTERGAARD, 1998) (fig. 4).

L'alimentation constitue l'un des facteurs écologiques (ou environnementaux) présentés par GRMEK dans sa définition de la pathocénose. Un autre facteur environnemental ayant une influence sur ce complexe alimentation – santé – production est la saison (OSTERGAARD, 1998).

Les facteurs endogènes, c'est-à-dire individuels, comportent la parité, le stade de lactation, le niveau de production potentiel et l'occurrence de maladies au cours de la lactation précédente.

Enfin, en ce qui concerne les autres maladies, le rôle de leur fréquence et leur répartition est aussi démontré. La nature des relations entre les maladies est variée : une maladie peut causer une autre maladie directement (effet direct) ou par l'intermédiaire d'une autre maladie (effet indirect) ; deux ou plusieurs maladies peuvent faire varier le niveau de prédisposition aux autres maladies (interaction). Enfin, il existe des possibilités de récurrence d'une lactation sur l'autre. Par exemple le risque d'avoir une fièvre vitulaire lors d'une lactation n est deux à cinq fois plus élevée si l'animal a déjà eu une fièvre vitulaire à la lactation $n - 1$ (OSTERGAARD, 1998). Un exemple de facteur direct est le rôle de la fièvre vitulaire comme facteur de risque pour les autres maladies métaboliques (déplacement de caillette, cétose,

tétanie) mais aussi pour les troubles de la reproduction (dystocie, rétention placentaire, métrites...) (fig. 4).

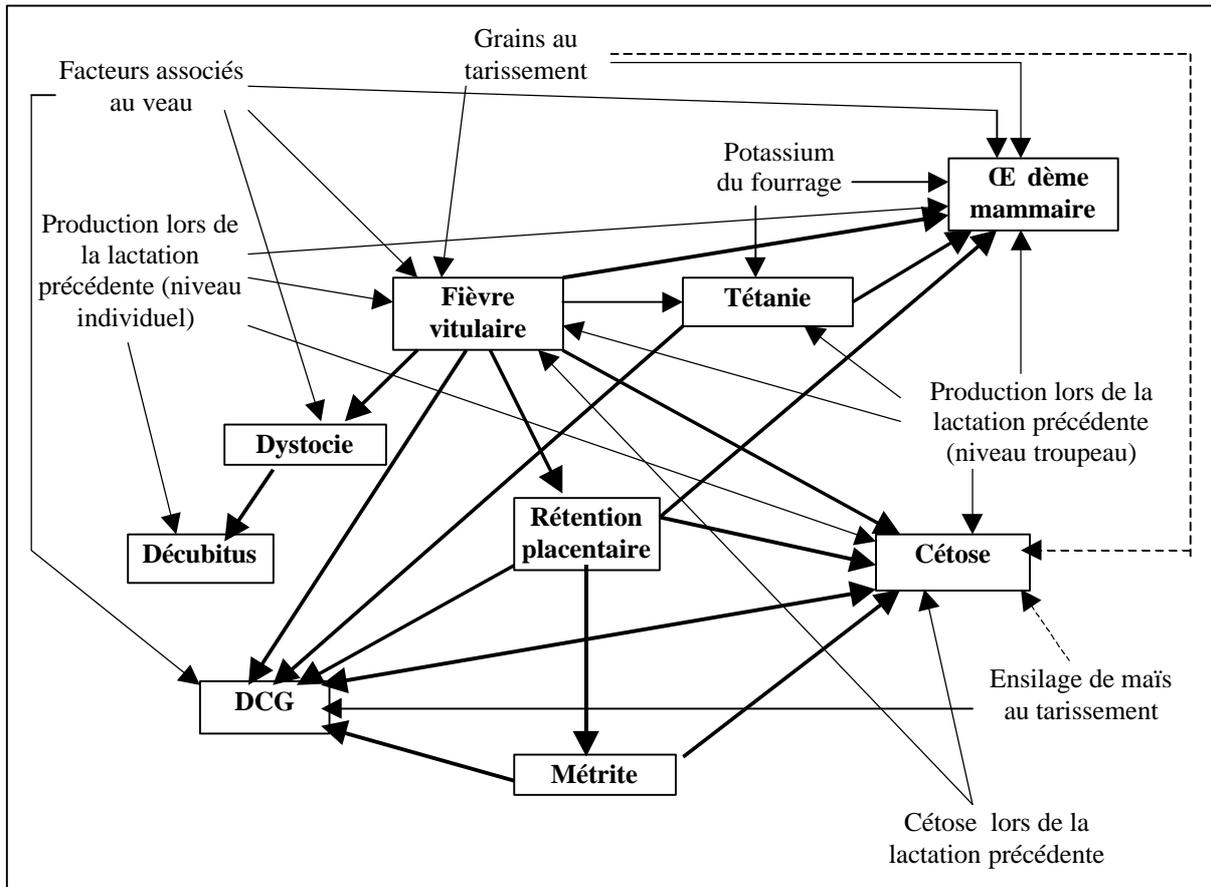


Figure 4 : Facteurs de risque postulé des troubles métaboliques cliniques chez les vaches en péripartum (d'après ØSTERGAARD, 1998). Les lignes en pointillés représentent les effets protecteurs, en gras les interactions entre les maladies et en maigre les facteurs de risques. DCG = déplacement de caillette à gauche.

3.1.2. Expression d'une maladie à l'échelle du troupeau

La notion de spectre de sévérité et le concept de l'iceberg (GAY, 2001a) sont importants pour la compréhension d'une situation à problème dans un élevage à un moment donné et en fonction du temps.

3.1.2.1. Spectre de sévérité de la maladie

Chaque membre du groupe est affecté de manière différente par un ou plusieurs des facteurs présentés précédemment. Il en résulte un spectre de manifestation très variable de la maladie (tableau 3).

Tableau 3 : Notion de spectre de sévérité de la maladie et de gradient d'infection (d'après GAY, 2001a)

Exposition	Non exposé	Exposé			
Statut infectieux		Non infecté	Infecté		Guérison
			Subclinique (inapparent)	Clinique (apparent)	
Statut sanitaire (maladie)			Morbidity		Mortality
			légère	sévère	fatal

3.1.2.2. Concept de l'iceberg

Lors d'apparition de troubles dans un élevage, seule la fraction de la population cliniquement atteinte est détectée de prime abord. Dans la majorité des maladies, les animaux malades ne représentent qu'une faible partie de la population infectée : c'est la partie émergée de l'iceberg (fig.5).

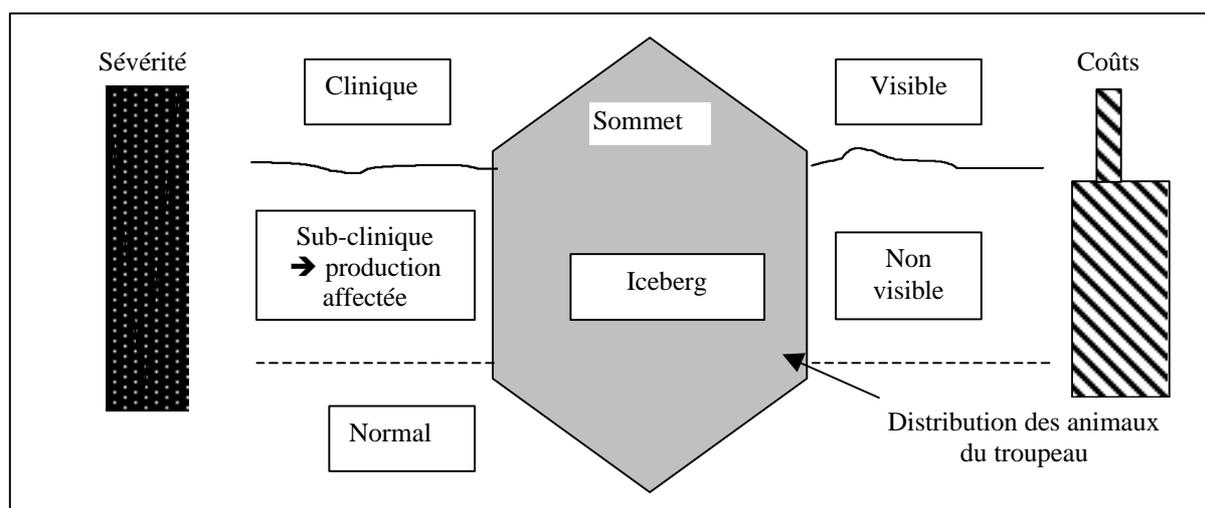


Figure 5 : La notion de partie émergente de l'iceberg et son impact en terme de coût économique (d'après Gay, 2001a).

Une plus grande proportion d'animaux est affectée de manière sub-clinique et n'est pas détectable sans examens complémentaires. Or l'impact épidémiologique (source de contamination) et économique peut être élevé.

Un exemple classique est la paratuberculose à l'état endémique dans un troupeau. Quatre stades sont décrits en fonction de la clinique et du statut infectieux (tableau 4).

Tableau 4 : Paratuberculose : stades de la maladie (d'après WHITLOCK, 1996)

Stade	Manifestation	Excrétion	Nombre d'animaux du cheptel
Stade I	Silencieuse, subclinique	Pas d'excrétion	10 - 14
Stade II	Subclinique	Excrétion	4 - 8
Stade III	Clinique	Excrétion	1 - 2
Stade IV	Clinique avancée	Excrétion	1

Ainsi, pour un animal exprimant cliniquement la maladie (stade III et IV), 10 à 20 sont infectés (WHITLOCK, 1996).

3.1.2.3. Modalités d'évolution des maladies dans une population

On peut définir plusieurs modalités d'évolution d'une maladie au sein d'un troupeau (THRUSFIELD, 1995 ; TOMA, 1996):

– **Enzootique** (endémique) : présence d'une maladie à une fréquence stable, prévisible. Le taux d'incidence est stable au cours du temps. Le niveau auquel il se situe varie en fonction des caractéristiques de l'agent pathogène (ex. : virulence d'un agent infectieux), de la période de temps (saison, année...), de la zone géographique concernée (proximité d'un cours d'eau...) et des caractéristiques de la population (hôte) (LESSARD, 1988).

– **Epizootique** (épidémique) : augmentation soudaine, imprévisible du nombre de cas d'une maladie infectieuse (augmentation du taux d'incidence) suivie d'une stabilisation puis d'une diminution du nombre de cas. Une autre définition est valable pour les maladies infectieuses et non infectieuses (THRUSFIELD, 1995) : occurrence d'une maladie dans une population à un niveau supérieur à celui attendu, c'est-à-dire endémique.

Il existe un terme spécifique en anglais, « outbreak », sans équivalence en français, qui désigne la même entité mais étendue, non plus seulement à la population avec des signes cliniques évidents, mais aussi à « *tout événement (clinique ou subclinique), groupé dans l'espace et dans le temps, qui affecte négativement la productivité* » (LESSARD, 1988).

– **Sporadique** : apparition irrégulière et accidentelle d'un ou plusieurs cas de maladie avec des taux d'incidence nuls entre les cas (TOMA, 1996).

3.2. L'impact économique des maladies

L'impact économique des maladies fait l'objet de nombreuses publications. Morris propose un résumé de l'impact des maladies sur la productivité à l'échelle individuelle puis à l'échelle du troupeau (DIJKHUIZEN, 1997 ; MORRIS, 1999) (fig. 6).

3.2.1. Au plan individuel

Sur le plan individuel, le principal effet direct concerne le métabolisme protéique, avec des effets en parallèle sur le métabolisme énergétique, minéral et vitaminique, amplifié par une baisse de l'ingestion. Les nutriments sont détournés en faveur des réactions immunitaires et du processus de régénération qui suit l'affection. Par conséquent, pour de nombreuses maladies, la dépression de la productivité dure longtemps après la guérison (DIJKHUIZEN, 1997).

Les chutes de productivité se traduisent par :

- la mort prématurée (dont le coût est souvent surestimé par rapport aux troubles subcliniques),
- la baisse de la valeur de l'animal mort et de ses produits (saisie partielle à totale à l'abattoir, conformation insuffisante...),
- la baisse du GMQ (gain moyen quotidien), ou du poids vif,

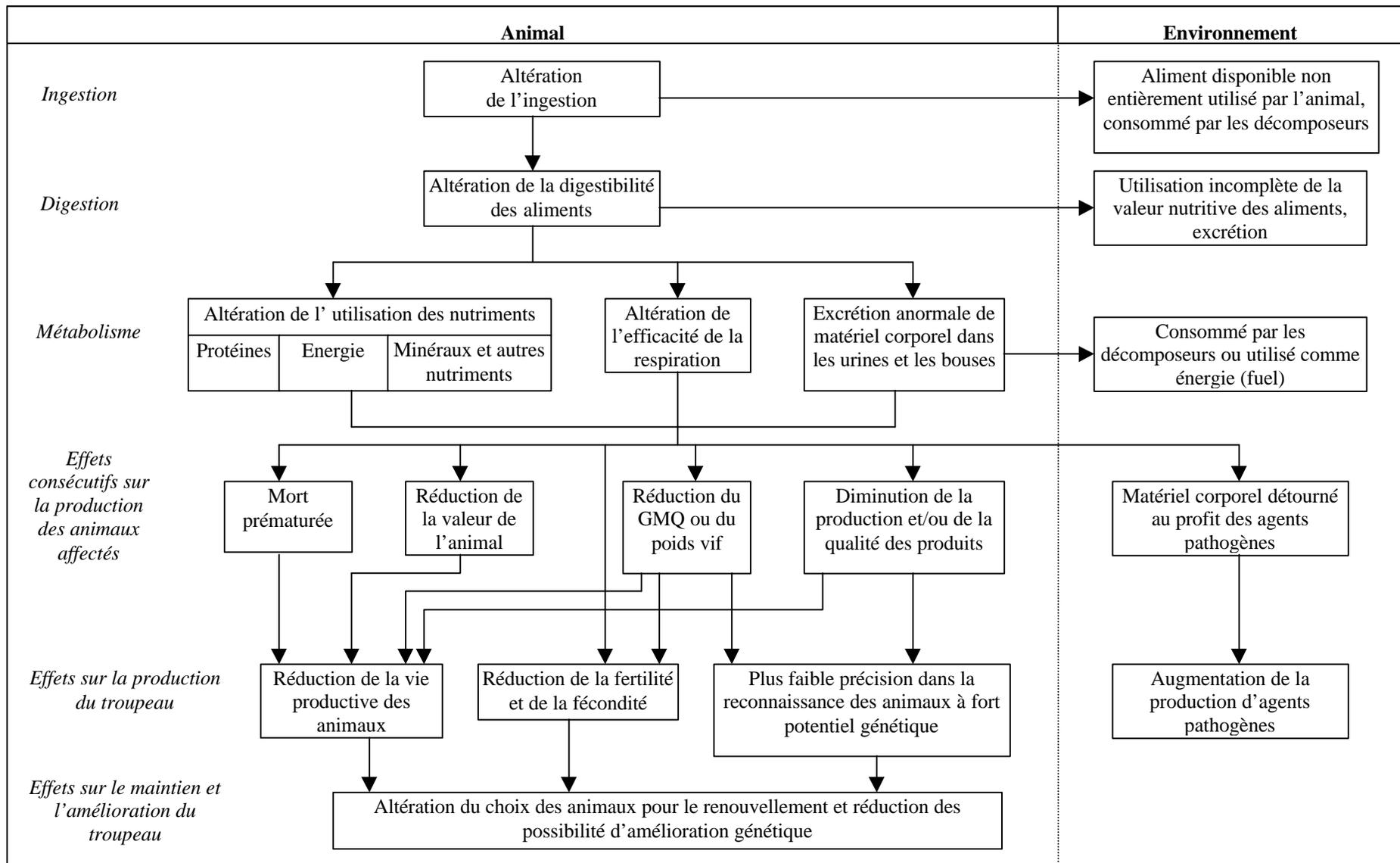


Figure 6 : La cascade des effets de la maladie sur la productivité des animaux (d'après Morris, 1999)

– la diminution de la production ou l'altération de la qualité des produits (cellules dans le lait, présence d'inhibiteurs...).

3.2.2. Au plan du troupeau

Sur le plan du troupeau, les répercussions se font ressentir en terme de :

– réduction de la vie productive des animaux : outre la mort prématurée, ces animaux ont plus de risque d'être réformés précocement.

– sélection génétique moins précise. En effet, les animaux avec un potentiel génétique supérieur ne peuvent pas être identifiés sur le critère de leur production. Une revue de littérature (FOURICHON, 1999) présente les effets de plusieurs maladies sur la production laitière. Par exemple, une rétention placentaire entraîne la plupart du temps de légères pertes de production à court-terme (de 0,3 à 0,7 kg de lait / jour durant le premier mois ou moins), aucune à long-terme. Au contraire, une boiterie provoque des pertes modérées de production à court-terme (de 1,3 à 2 kg / jour pendant le premier mois) et des pertes légères à long-terme (de 0,3 à 0,7 kg / jour après le premier mois et jusqu'à la fin de la lactation) (FOURICHON, 1999).

– réduction de la fertilité et de la fécondité. Par exemple, une cétose clinique a été associée à une légère augmentation de l'intervalle vêlage – première insémination (IV-IA₁) de 2 jours environ et une légère diminution du taux de réussite à la première insémination (TRIA₁) de 4 %. Des kystes ovariens ont été associés à une augmentation de 6 à 11 jours de l'IV-IA₁ et une réduction du TRIA₁, ce qui entraînait une augmentation de l'IV-IAF de 20 à 30 jours (FOURICHON, 2000).

Ainsi, contrairement à ce que l'on peut intuitivement supposer, ce ne sont pas toujours la mortalité ou les manifestations cliniques sévères qui causent le plus de pertes économiques, mais aussi (et parfois surtout) les troubles subcliniques ou cliniques peu sévères (MORRIS, 1999). De cette remarque découle l'intérêt pour les approches qui permettent une optimisation de la production en réduisant les troubles subcliniques.

3.3. Le niveau d'investissement

Une différence importante entre la médecine individuelle et la médecine de troupeau correspond au niveau d'investissement qu'impliquent les mesures correctives (RENEAU, 2001).

D'après GALLIGAN et al. (GALLIGAN, 1993), en médecine individuelle, l'investissement se fera sur l'animal (ou les animaux) malade(s) (traitements, temps supplémentaire...). Le retour sur l'investissement sera fonction uniquement du devenir des individus. Si l'animal est réformé ou meurt (risque compétitif) avant d'avoir exprimé son potentiel, l'investissement est perdu. En médecine de troupeau, l'investissement se fait sur le troupeau dans sa totalité ou sur un lot d'animaux (ex. : changement d'alimentation pour le groupe des vaches en lactation, amélioration du bâtiment...). Le risque compétitif est moins affecté par le devenir d'un individu du troupeau. Le retour sur investissement peut être élevé.

Prenons l'exemple d'un élevage avec plus de 15 % des vaches à plus de trois inséminations, avec des retours en chaleur réguliers (repeat-breeding). Les causes sont

nombreuses (BRUYAS, 1996a) et des mesures correctives peuvent être appliquées à la fois à l'individu et au troupeau (tableau 5).

Tableau 5 : Mesures appliquées à l'individu et au troupeau lors de repeat-breeding (d'après BRUYAS, 1996b)

Individu	Troupeau
Réforme	Détection des chaleurs
Traitement des infections utérines	Suivi de reproduction
IA "thérapeutique"	Suivi en alimentation
Traitement hormonal	

L'action qui va être menée sur un individu n'aura de répercussion que sur les performances ultérieures de ce même individu. Au contraire, l'action menée sur le troupeau profitera aussi aux animaux non repeat-breeders. L'impact de l'amélioration de l'alimentation, par exemple, pourra être ressenti sur les performances de reproduction mais aussi sur d'autres paramètres comme la production laitière, l'incidence des troubles métaboliques, etc. ...

Toutefois, des améliorations mesurables en terme de santé du troupeau ne sont pas toujours corrélées avec une amélioration du statut financier d'une exploitation, certains facteurs externes peuvent avoir des influences importantes (prix du lait, qualité de la récolte...) (GOODGER, 1996). Le risque compétitif augmente en fonction du délai entre l'action corrective et l'effet lui-même.

Le point de vue de GALLIGAN est plus difficilement étendu aux maladies infectieuses transmissibles. La dynamique des maladies infectieuses à l'intérieur d'un troupeau dépend d'individus infectés et potentiellement excréteurs (SCHUKKEN, 2002). De plus, le statut d'un individu peut modifier le statut du troupeau entier (SCHUKKEN, 2002). Par exemple un troupeau comportant un individu séropositif en BHV₁ ne peut pas avoir le statut indemne en IBR et peut se voir refuser certains débouchés commerciaux. Dans ces cas-là, le traitement de l'individu (le terme traitement comprend ici le traitement médical de l'individu, son isolement ou sa réforme) aura un impact majeur.

Cette partie nous aura permis de dégager, deux éléments essentiels. Les maladies sont essentiellement d'origine multifactorielle, avec un rôle important joué par les modalités de conduite de troupeau. Un troupeau malade est un troupeau sous-productif, c'est-à-dire que la maladie correspond à une réalité économique.

Par ailleurs, La médecine individuelle et la médecine de troupeau restent indissociables. La qualité du diagnostic individuel, la connaissance précise du statut sanitaire des individus et de leurs performances est la base du diagnostic à l'échelle du troupeau.

4. Le diagnostic et la médecine de troupeau

Lorsqu'un producteur fait appel au vétérinaire pour résoudre un problème de santé ou de performances dans son troupeau, les questions les plus fréquemment posées sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Questions posées par l'éleveur et équivalence en termes médicaux (d'après WILLIAMSON, 1987)

Questions de l'éleveur	Equivalence en termes médicaux
Quelle est la cause du problème ?	Quel est le diagnostic ?
Combien de temps faudra-t-il pour rétablir la situation ? ou Combien d'animaux seront-ils encore atteints ?	Quel est le pronostic ?
Que faire pour stopper ou contrôler le problème ?	Quels sont les traitements et les moyens de préventions disponibles ?

L'objectif principal de toute intervention réside dans la **mise en place d'un plan d'action**. Ce plan d'action sert à améliorer la situation en réduisant les pertes et enrayer les troubles, et à prévenir les récurrences et/ou de nouveaux épisodes. Le diagnostic est une étape intermédiaire et non une fin en soi (MORLEY, 1991 ; POLLOCK, 1985 a ; RADOSTIS, 2000b). Toutefois, il est le pivot qui permettra de répondre aux deux questions suivantes : « quel est le pronostic ? » et « quel plan d'action peut-on mettre en œuvre ? ».

4.1. La notion de diagnostic

4.1.1. Définition

Le terme de diagnostic se décompose en $\delta\iota\acute{\upsilon}$ (« dia ») = à travers et $\gamma\gamma\upsilon\theta\iota\sigma\kappa\omega$ (« gignosko ») = connaître, comprendre, soit étymologiquement « à travers la connaissance ». Dans le dictionnaire de la langue française², le diagnostic est défini comme l'«*identification d'une maladie d'après ses symptômes*». Le terme de symptôme doit être élargi ici à tous les résultats de l'anamnèse, des examens cliniques, des examens complémentaires, etc. ... Le diagnostic consiste donc en un processus d'identification à travers deux niveaux de connaissances :

- d'une part la connaissance des faits à étudier (description de leurs caractéristiques) ;
- d'autre part des connaissances exploitables acquises par le clinicien au cours de ses études (connaissances théoriques réactualisées), ses capacités de raisonnement et d'observation ainsi que son expérience de praticien (SOURNIA, 1961 ; TUBIANA, 1995).

Une définition plus pratique est fournie par Morley : « *un diagnostic clinique est une étiquette appliquée à un ensemble de constatations qui a prouvé une valeur pragmatique pour la gestion du cas* » (MORLEY, 1991). Nous retrouvons dans cette définition l'objectif du diagnostic qui est la gestion du cas.

² Dictionnaire de la langue française. Lexis. Paris : Larousse. 1999, 2110 p.

4.1.2. Les différents types de diagnostic

4.1.2.1. Typologie des diagnostics

Le tableau 7 résume les trois principaux niveaux de diagnostic que l'on peut atteindre. Malheureusement dans certains cas aucun facteur causal n'est mis en évidence. Dans ces situations, les actions correctives concernent uniquement les facteurs de risques identifiés.

Tableau 7 : Les trois catégories de diagnostic (d'après FABRE, 1989 ; RADOSTITS, 2000b)

	Définition	Conséquences en terme d'action	Ex. : boiteries dans un troupeau de vaches laitières
<i>Clinique Symptomatique</i>	Identification des anomalies, des symptômes	Maîtrise uniquement des conséquences de la maladie	<u>Anomalies</u> : boiteries + anomalies de la posture, mbre postérieur, origine distale (sabot) <u>Action</u> : parage fonctionnel (± curatif)
<i>Etiologique</i>	Identification des anomalies et des agents causaux	Action sur la cause du problème donc traitement et prévention possibles	<u>Anomalie</u> : ulcères de la sole, ration acidogène → fourbure <u>Action</u> : parage curatif + gestion de l'alimentation
<i>Epidémiologique</i>	Identification de la maladie et des facteurs favorisants	Action curative et préventive + action sur les facteurs favorisants	Id. + action sur le logement

4.1.2.2. Diagnostic et certitude

« ... il nous faut considérer les lois ou les théories comme hypothétiques ou conjecturales, c'est-à-dire comme des suppositions. »
Karl Popper (POPPER, 1991)

Dans quelques cas, un ou plusieurs agents pathogènes peuvent être identifiés avec certitude comme étant à l'origine d'un problème donné. Dans ces cas seulement, on pourra parler de diagnostic définitif (ex. : paratuberculose, avortement à *Neospora caninum* confirmé par histologie de l'encéphale du fœtus). La plupart du temps, le **diagnostic reste une hypothèse** (SOURNIA, 1961). On peut utiliser plusieurs termes (RADOSTITS, 2000b) :

- *diagnostic différentiel* : constitue une liste de causes ou de mécanismes probables pouvant être à l'origine du problème observé, classées selon leur probabilité d'occurrence (en général 3 à 5) ;
- *diagnostic provisoire* : diagnostic basé sur l'historique et l'examen initial afin de déterminer quels tests ou examens complémentaires seront effectués pour améliorer la précision du diagnostic ;
- *diagnostic présomptif* : diagnostic le plus probable après avoir considéré toutes les données en notre possession.

4.1.3. Les méthodes de diagnostic

Plusieurs méthodes de diagnostic ont été décrites (RADOSTITS, 2001 ; POLLOCK, 1985b) (tableau 8). Excepté la méthode par analogie - qu'il est conseillé d'éviter - toutes les autres sont des variantes de la méthode hypothético-déductive. Ce mode de raisonnement est

Tableau 8 : Présentation de quatre méthodes de diagnostics (d'après RADOSTITS, 2001)

	Définition	Avantages	Inconvénients
<i>Méthode par analogie</i>	Diagnostic établi de manière réflexe / instantanée dès la description de l'historique et/ou des symptômes	Rapide	Limitation du nombre de diagnostics différentiels Limitée en fonction de l'expérience de base du clinicien Risque d'imprécision par manque d'attention → Risques de biais importants
<i>Méthode hypothético-déductive</i>	1. Génération d'hypothèses multiples à partir d'indices initiaux (au fur et à mesure que les données deviennent disponibles) 2. Vérification des hypothèses	Structuration du raisonnement tout en restant souple Permet de prendre des décisions malgré des connaissances incomplètes	Les indices utilisés doivent être pertinents Risques d'erreur lors de problème complexe Risques d'erreur par omission
<i>Méthode par algorithmes</i>	Méthode de diagnostic utilisant des étapes séquentielles prenant en compte toutes les hypothèses possibles. Chaque étape est basée sur la division : indice présent ou absent.	Pas d'erreur par omission Utile : * pour des problèmes complexes quand le nombre d'hypothèse est importante * sur des problèmes bien caractérisés	Lourd Rigidité dans le raisonnement
<i>Méthode d'orientation par rapport au problème</i>	Examen exhaustif pour acquérir une base de données complète, à partir de laquelle on identifie les anomalies. Toutes les hypothèses sont menées en parallèle	Bonne technique lors de suivi (enregistrement exhaustif)	Risque d'attacher une importance injustifiée à un signe

le plus utilisé, même dans la vie courante (OLERON, 1996). Le chapitre 3.2. développe ses particularités.

4.2. Etapes du raisonnement : le raisonnement hypothético-déductif

Le raisonnement médical utilisé préférentiellement lors d'analyse de situation à problème est le raisonnement de type **hypothético-déductif**.

On distingue 3 étapes (FABRE, 1989 ; MARTINEAU, 2002b ; OLERON, 1996).

4.2.1. Description du problème

Cette première étape constitue la phase de prise de connaissance du domaine à étudier. C'est une étape indispensable pour le raisonnement qui va suivre. Toutefois, on peut signaler que lors d'investigations, l'apparition de nouveaux indices oblige de refaire une partie ou la totalité du raisonnement. Le diagnostic est un **processus récursif** (GAY, 2001b).

4.2.2. Génération d'hypothèses ou phase inductive³

4.2.2.1. Description

Cette phase permet l'élaboration d'hypothèses permettant d'expliquer la nature et/ou l'origine des troubles (TUBIANA, 1961). Pour cela, on utilise plus particulièrement des traits discriminants associés plus précisément à une condition connue, c'est à dire des symptômes pathognomoniques, évocateurs ou un ensemble de signes ou symptômes orientant vers une cause ou un mécanisme particulier.

En médecine individuelle, l'induction est utilisée pour remonter des signes/symptômes d'un individu vers des causes probables. En médecine de troupeau, on utilise ce principe dans un premier temps, puis on regroupe tous les diagnostics individuels pour remonter à une ou plusieurs causes possibles pour l'ensemble de la population.

L'objectif de cette étape est donc de se forger un ou plusieurs « scénarios » plausible (MARTINEAU, 2002b). On établit ainsi une liste de diagnostics différentiels.

4.2.2.2. Limites

Les limites de cette étape sont nombreuses :

- **Validité des données utilisées**

Les données utilisées pour générer les hypothèses peuvent être imprécises, biaisées. Deux sources principales sont décrites (SOURNIA, 1961):

- le praticien : aspect suggestif des questions posées, orientation préférentielle vers un domaine de compétence particulier...

³ L'induction au sens philosophique est une « opération mentale qui consiste à remonter à un certain nombre de propositions données, généralement singulières ou spéciales [...], à une proposition plus générale ». Le sens usuel correspond mieux au processus utilisé lors de la phase de génération d'hypothèses : « processus de pensée reconstructif, par lequel, partie en raisonnant, partie en devinant, on remonte de certains indices à des faits qu'ils rendent plus ou moins probables ». Dans ce sens, on utilise aussi le terme d'**abduction** (LALANDE, 1997).

– la personne interrogée : subjectivité par rapport aux problèmes de son troupeau, part d'irrationnel... qualité de ses enregistrements.

Ainsi, au cours du raisonnement, il faudra concilier des données imprécises, imparfaites, incertaines, parfois en contradiction les unes avec les autres. Le diagnostic est la science de l'incertitude (FABRE, 1989).

Pour pallier les imprécisions et les incertitudes, certains chercheurs ont développé des méthodes de diagnostic basées sur la logique floue (BELLAMY, 1997). Ainsi, même avec des données complexes, imprécises et incertaines, un diagnostic relativement précis pourra être établi à l'aide « d'approximateurs universels » (notion d'adhésion graduée). On utilisera les termes improbables, peu probables, probable ou tout à fait probable (on peut remplacer probable par possible ou vrai) pour un événement donné (MARTINEAU, 2002a).

- **Pertinence des critères utilisés**

Les critères utilisés pour générer des hypothèses doivent avoir été reconnus comme caractéristiques d'affections ou de maladies particulières, voire être pathognomonique.

L'inexpérience vis-à-vis de la valeur relative des indices aboutit souvent à l'utilisation d'information non pertinente qui biaise le raisonnement.

- **Limites du raisonnement humain**

Il est difficile pour un même individu d'appréhender simultanément toutes les possibilités, en corrélation aux capacités limitées de mémoire à court-terme (MORLEY, 1991 ; POLLOCK, 1985a). Toutefois, il faut prendre en compte la nature dynamique du processus diagnostique qui n'est pas une simple énumération simultanée de possibilités mais un processus de va-et-vient continu entre l'acquisition des données et la génération d'hypothèses.

Pour limiter ce phénomène, des auteurs (MORLEY, 1991 ; POLLOCK, 1985a) rapportent la technique suivante : dans un premier temps, on fait uniquement des hypothèses utilisant des termes larges qui seront affinés par la suite. Un exemple type est l'acronyme ALARME utilisé en médecine de population (cf. chapitre 3.3. de la seconde partie) pour identifier les facteurs de risque.

- **Manque de connaissances**

Il est souvent à la base de la formulation d'un ensemble incomplet d'hypothèses pouvant exclure le diagnostic correct.

4.2.3. Vérification des hypothèses ou phase déductive⁴

4.2.3.1. Description

A partir des hypothèses, on déduit les symptômes et les événements associés dans le cas où l'hypothèse serait correcte (MARTINEAU, 2002b). On recherche uniquement les causes dont les conséquences sont observées (FABRE, 1989). Il s'agit donc d'une démarche active, orientée par rapport aux hypothèses formulées.

⁴ Dédution : « opération par laquelle on conclut rigoureusement, d'une ou plusieurs propositions prises pour prémisses, à une proposition qui en est la conséquence nécessaire, en vertu des règles logiques. » (LALANDE, 1997)

Les hypothèses les plus vraisemblables sont vérifiées. L'évaluation peut être qualitative (hypothèse la plus plausible) ou quantitative (utilisation des statistiques) (OLERON, 1996).

Sans entrer dans les controverses au sujet du thème : « le diagnostic est-il un art ou une science ? », on peut préciser que ces deux étapes du raisonnement médical font parfois appel à l'intuition et nécessitent de la souplesse par rapports aux schémas de raisonnement strictement linéaires (FABRE, 1989). Par exemple, pour le raisonnement de type *modus ponens* (tableau 9), on s'aperçoit que, dans la pratique, on introduit des modulations du type : d'autres agents (viraux par exemple) peuvent être à l'origine des troubles, le prélèvement a été contaminé, etc. ...

Tableau 9 : Exemples de *modus ponens* et de *modus tollens*.

On utilise l'exemple de *Pasteurella multocida* (Pm) responsable de broncho-pneumonie à *Pasteurella multocida* (BP). p correspond à l'isolement de Pm à partir d'un écouvillonnage naso-pharyngé profond et q à la BP.

	<i>Modus ponens</i>	<i>Modus tollens</i>
	$p \rightarrow q$ Si p alors q	$p \rightarrow q$ Si q est faux, alors p est faux
<i>Exemple</i>	Pm (p) provoque BP (q)	Pm (p) provoque BP (q)
<i>d'application</i>	Le laboratoire a isolé Pm, donc c'est une BP	Si l'animal n'a pas de BP alors le laboratoire ne peut pas isoler Pm

Rq. : On ne peut pas faire de conclusion sur non p ou sur q.

4.2.3.2. Limites

Les limites de cette phase sont :

- les risques de sur-interprétation des indices en fonction de la maladie suspectée (POLLOCK, 1985a). Ainsi, le clinicien se base sur une suspicion *a priori* pour orienter l'interprétation des indices dans le sens qui lui convient ;
- l'illogisme, fondé sur des croyances, ou la logique incomplète comme tirer des conclusions par un raisonnement partiel ;
- la négation des contradictions.

Toutefois, les diagnostics des experts sont souvent précis (MORLEY, 1991). Ceci relève de deux facteurs tautologiques : les maladies fréquentes sont fréquentes avec le corollaire, les maladies rares sont rares, et les cliniciens ont l'expérience des maladies.

Partie 2 :

Méthodologie générale de la résolution d'un problème de santé

On utilisera la distinction établie par Claude Bernard : « *l'art de l'investigation [...] recherche et constate les faits, [...] l'art du raisonnement [...] les met en œuvre logiquement pour la recherche de la vérité.* » (BERNARD, 1966). L'art du raisonnement a été développé dans la partie précédente. Nous allons maintenant nous consacrer à l'art de l'investigation.

On peut différencier deux méthodes d'investigations, non systématique ou standardisée (LESSARD, 1988). La première est basée uniquement sur l'expérience du praticien et les risques de biais sont nombreux. Ils sont souvent le reflet du champ d'expertise du clinicien, de son expérience et de ses domaines d'intérêt. Afin de réduire les risques d'erreur, une procédure standardisée doit être envisagée (RENEAU, 2001 ; RUEGG, 1996). Elle se base sur les concepts déjà exposés.

1. Protocole général de l'analyse de situation à problème

1.1. Les étapes

Brand et al proposent un protocole général d'analyse (fig. 7) (BRAND, 1994).

La partie supérieure du schéma correspond aux étapes classiques de tout suivi de troupeau : on compare les résultats obtenus aux objectifs **avant** chaque intervention. Dans le cas où la situation serait déclarée normale, une visite classique est effectuée, dans le cas contraire, le processus d'analyse de problème est enclenché. Une différenciation est proposée par les auteurs entre « *la demande* » qui émane d'un exploitant qui ne participe pas à un suivi de troupeau et « *le problème* » qui est identifié dans un troupeau en suivi. Le premier cas correspond le plus souvent à des manifestations cliniques alors qu'elles seront sub-cliniques dans le second cas.

La première étape consiste à décrire le problème à partir de l'analyse de routine effectuée lors du suivi (ou des résultats de performance / sanitaires lors de visite initiale) et/ou des perceptions du producteur. Les étapes suivantes vont permettre d'une part de vérifier l'existence du problème perçu par l'éleveur (RUEGG, 1996) et, d'autre part, de le qualifier et de quantifier son extension.

L'anamnèse et l'analyse des données aboutiront à une définition plus restreinte du problème. Cette phase est extrêmement importante car une « *bien définir un problème, c'est apporter les trois-quarts de la solution* » (RIBBLE, 1998). A l'aide de ces premières données, il est souvent possible de formuler des premières hypothèses, assez larges, sur la nature des troubles ou leur origine probable. A partir de là, la visite d'élevage et l'examen clinique des animaux permettront de dégager les éléments clés pour un diagnostic différentiel.

Deux remarques importantes doivent être faites. La connaissance du problème est souvent considérée comme un préalable à la visite au sens strict de l'exploitation (MARTINEAU, 2002b), c'est-à-dire l'inspection des bâtiments, des animaux, de l'alimentation... Cibler les critères pertinents permettra un gain de temps par rapport à une visite exhaustive, et d'éviter l'oubli de points spécifiques à vérifier. Toutefois, les risques de biais sont importants, notamment si l'évaluation est orientée selon l'hypothèse de départ (TROUTT, 1991). Pour éviter cet écueil, il convient de garder les hypothèses alternatives en mémoire.

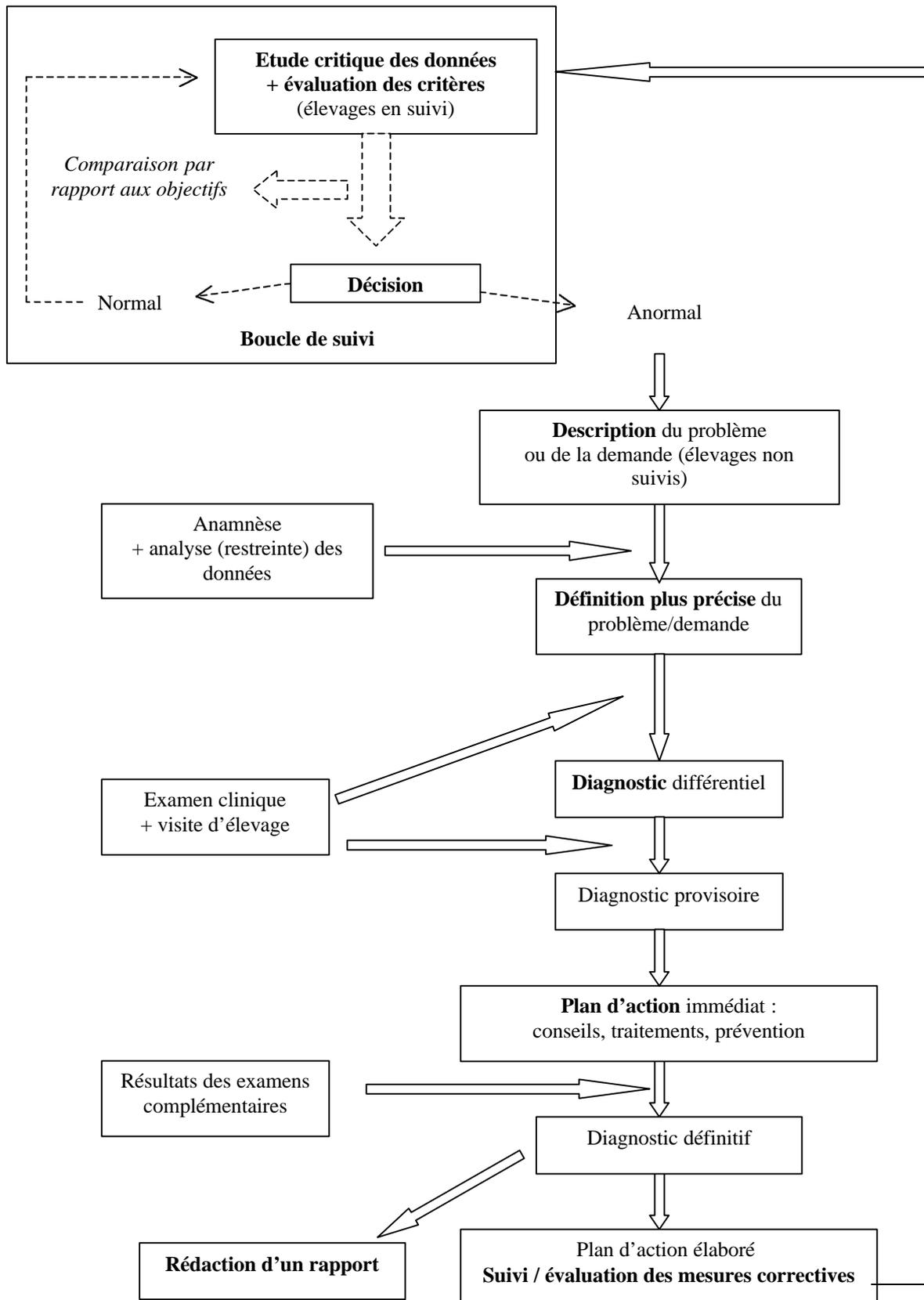


Figure 7 : Protocole pour l'analyse des problèmes (d'après BRAND, 1994)

L'étape de visite de l'élevage avec des observations réalisées in situ est **indispensable** et ne doit pas être bâclée. La visite permettra à la fois de préciser la description des troubles (ex. : animaux en phase clinique, animaux morts à autopsier...) et d'identifier les facteurs de risque potentiels. Il sera ainsi possible de confronter les dires de l'éleveur avec les observations, de détecter des anomalies supplémentaires, et de vérifier aussi la compréhension des différents points (RIBBLE, 1998).

On aboutit ensuite à un diagnostic provisoire pour le troupeau ou pour le lot. A la fin de la visite il est indispensable de fournir des conseils à l'éleveur, même à partir de connaissances incomplètes, sur la base des éléments disponibles. Un plan d'action provisoire sera donc mis en place en l'attente de résultats complémentaires ou d'une nouvelle visite qui permettront d'affiner le diagnostic et, éventuellement, d'ajuster le plan d'action.

L'évaluation de l'efficacité des mesures mises en place devra obligatoirement être prévue.

1.2. Résumé de la démarche globale

On peut résumer l'approche par les étapes suivantes :

1. Définition du problème par le producteur,
2. Description de la situation (recueil des données..)
3. Analyse des données, évaluation des résultats, identification des différents facteurs de risque
4. Mise en place d'un plan d'action réalisable
5. Evaluation du plan d'action

Toutes ces étapes seront développées dans les chapitres suivants dans l'ordre présenté ci-dessus.

Cette démarche peut être présentée sous d'autres termes. Deux méthodes existent qui se rapprochent de celle décrite. La première est une approche épidémiologique qui se divise en trois phases (FABRE, 1989) :

- phase descriptive (ou épidémiologie descriptive), qui correspond à la description objective de la situation,
- phase analytique (ou épidémiologie analytique), qui correspond à la mise en relation des données de la phase descriptive avec les éléments de conduite d'élevage, l'analyse précise des indicateurs en décomposant les facteurs de variations pour mettre en évidence celui (ou ceux) présent(s) sur l'exploitation...
- phase opérationnelle : établissement d'un diagnostic opérationnel qui met en relation les deux parties précédentes pour aboutir à un plan d'action.

Ces étapes peuvent être aussi résumées par l'acronyme SOAP qui désigne une démarche diagnostique applicable tant en médecine individuelle qu'en médecine de population (TROUTT, 1991) :

- S = informations Subjectives
- O = données Objectives
- A = Analyse
- P = Planification

2. Description de la situation

2.1. Les données utilisées

2.1.1. Les informations subjectives

« La maladie n'est pas une entité en soi, elle résulte d'une confrontation entre deux individus, l'un qui apporte le mystère de ces troubles, l'autre qui lui en propose une explication, qui fait entrer le subjectif dans l'objectivité d'un système théorique ».

Roger Bastide, cité dans CATHEBRAS, 1997

La perception du problème par l'éleveur est intéressante à plusieurs points de vue. Elle fournit des renseignements sur le problème lui-même, mais aussi des indications sur la personnalité du producteur, ses facultés d'observation et la qualité de ses enregistrements (VAGNEUR, 2002). On demande à l'éleveur les raisons qui ont motivé sa demande et d'exprimer son point de vue sur la situation sanitaire ou en terme de performances. C'est une phase d'écoute où il faut éviter de l'interrompre (sauf s'il est trop bavard) et de poser des questions orientées (RIBBLE, 1998).

Dans un second temps, les questions seront plus précises, orientées, pour compléter le tableau épidémiologique (voir chapitre suivant). Les questions devront rester ouvertes afin de ne pas influencer la réponse de l'éleveur et ne pas focaliser trop rapidement sur une hypothèse (RIBBLE, 1998).

Toutefois, le principal reproche est le caractère subjectif de ces données, avec des risques d'erreurs et de biais. Certains éleveurs seront relativement précis, avec des chiffres à l'appui (non-réalisation du quota, pourcentage d'animaux cliniquement atteints...). Pour d'autres, en revanche, les perceptions sont plus ou moins vagues, du type « mes vaches ont mauvais poil cette année » ou « elles ne prennent pas bien, il me semble voir l'inséminateur trop souvent... ».

Le degré de gravité motivant une visite est très variable selon les producteurs. Une étude menée au Danemark révèle que la définition des mammites cliniques varie beaucoup selon les éleveurs (VAARST, 2002). Différents concepts de la maladie existent en médecine humaine, traduits par trois termes différents en anglais.

Le premier terme est « *disease* » qui réfère à la maladie selon la conception rationaliste du clinicien. Le second terme est « *illness* » qui est la maladie telle qu'elle est vécue et ressentie par le patient, donc sa part subjective. Le troisième, « *sickness* », réfère à la maladie dans son sens admis par la société (CATHEBRAS, 1997). Pour chaque terme, des corrélations existent entre la médecine vétérinaire (médecine de population pour le cas précis) et ces trois perspectives de la maladie. Pour l'« *illness* », l'éleveur, n'expérimente pas directement la maladie, mais peut être affecté par les troubles qu'il perçoit chez ses animaux. L'éleveur peut alors avoir des réactions émotionnelles face à la situation dans laquelle il se trouve (CATHEBRAS, 1997). La nécessité de se disculper et de trouver une cause extérieure à soi-même peut intervenir, même de manière inconsciente, dans la façon de présenter le problème. Nombreux sont les éleveurs qui aimeraient que le vétérinaire trouve un agent pathogène qui puisse tout expliquer, sans remettre en cause leur conduite de troupeau.

Le terme « *sickness* » peut prendre tout son sens lorsque l'éleveur s'appuie sur le groupe professionnel local⁵, le groupe familial (milieu culturel), la formation professionnelle et le conseil (contrôle laitier, inséminateur, vétérinaire) ou sur le consommateur pour moduler son seuil de perception des maladies. L'influence du consommateur porte sur les pratiques

⁵ Groupe professionnel local = groupe d'individus ayant des activités professionnelles semblables et pouvant se rencontrer fréquemment (c'est-à-dire le voisinage plus ou moins proche) (DARRE, 1989)

d'élevage, notamment le bien-être animal, l'utilisation des médicaments, etc. ... (VAARST, 2002). Beaudeau et al. (BEAUDEAU, 1996) montrent que, vis-à-vis des décisions de réforme, le groupe professionnel local n'aurait qu'un faible impact. Deux hypothèses sont formulées sur ce phénomène : d'une part les groupes peuvent être hétérogènes en terme de standard technique et donc la gestion est différente entre les exploitations, d'autre part, la réforme n'est pas un problème de gestion quotidienne à la différence de l'alimentation ou des pratiques culturelles et ne serait pas négociée dans le groupe.

2.1.2. Les données objectives

2.1.2.1. Type de données disponibles

Plusieurs catégories de données peuvent être disponibles (fig. 8) (BOUYER, 1996 ; THRUSFIELD, 1995) :

- **Données qualitatives :**

Ce sont des variables regroupées en classes ou en catégories distinctes pouvant être ou non associées à une valeur numérique (code).

On différencie les données qualitatives **nominales**, lorsque les catégories ne sont pas ordonnées et **ordinales** lorsqu'il existe un ordre entre les catégories. Pour ce dernier type de variable, les distances relatives entre les rangs n'ont pas de sens et ne sont pas quantifiées.

Ex. : - variables nominales : on peut établir différentes catégories de conception de rations : ration complète, ration semi-complète, ration semi-individuelle.

- variables ordinales : les vaches d'un troupeau peuvent être classées selon leur parité de 0 (génisse) à n (n^{ième} vêlage) ; les résultats du Californian Mastitis Test (CMT) sont classés en 5 classes selon la rapidité et l'intensité de la réaction : 0, T (traces), 1, 2 et 3.

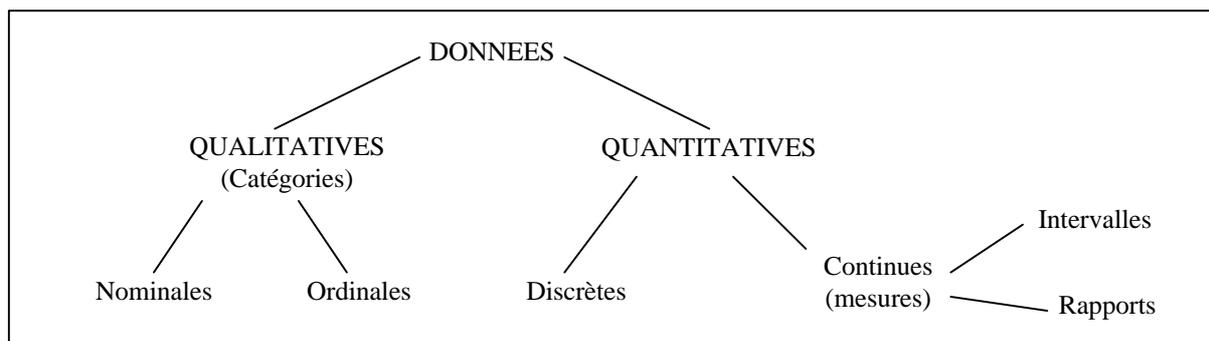


Figure 8 : Classification des différents types de données (d'après THRUSFIELD, 1995).

- **Données quantitatives**

Elles sont le résultat de mesures.

On distingue les données quantitatives **discrètes**, c'est-à-dire ayant un nombre fini, dénombrable de valeurs possibles, et les données quantitatives **continues** qui possèdent un nombre infini de valeurs possibles. L'écart entre deux valeurs d'une variable quantitative a un sens.

Ex. : - variable discrète : nombre d'événements : nombre d'infections par quartier (mammites) par exemple ; données limitées par la précision des données disponibles : âge des animaux en année ...

- variable continue : poids, taille, concentration d'un analyte, etc. ...

Savoir distinguer ces types de variables permet d'utiliser les outils statistiques adaptés et d'éviter de faire des calculs aberrants. Par exemple, on ne peut pas calculer une moyenne pour des variables qualitatives. Seuls les fréquences et les dénombrements des différentes catégories ont un sens. La médiane ne peut être utilisée que pour les variables qualitatives ordinales et les variables quantitatives.

2.1.2.2. Sources de données objectives

Les données objectives sont essentiellement constituées par les documents présents dans l'élevage. On peut distinguer deux types de documents : des documents de type analytique et des documents de type synthétique.

Les documents de type analytique correspondent au registre d'élevage, aux plannings de reproduction, à la liste du contrôle laitier présentant la production de lait par vache et la composition du lait, aux bulletins de laiterie, aux factures d'aliments ou de médicaments, etc.... Ce sont des informations brutes, non remaniées. Il est difficile d'en faire ressortir les traits principaux.

Les documents synthétiques correspondent aux documents résumant les principales caractéristiques de l'exploitation comme le bilan Optimarge du contrôle laitier.

Dans chaque cas, il faut tenir compte du mode d'enregistrement des données et des méthodes de calculs des indices synthétiques. Par exemple, les données sur les mammites cliniques peuvent n'inclure que les événements dont se rappelle l'éleveur. S'ils n'ont pas été enregistrés sur un document, la sous-estimation des événements cliniques sera fréquente.

2.1.3. La visite de l'élevage

Une troisième catégorie de données, intermédiaires entre les deux précédentes correspondent à toutes les données semi-objectives récoltées lors de la visite des bâtiments de l'exploitation, de l'examen des animaux et des entretiens avec l'éleveur. Le praticien peut percevoir des éléments qui lui serviront dans sa démarche diagnostique comme la qualité des relations entre les associés d'une exploitation par exemple. Certains critères, comme la notation de l'état corporel des animaux, sont basés sur des critères bien définis mais qui restent soumis à une part de subjectivité.

2.2. Orientation du problème : approche épidémioclinique

L'approche épidémioclinique permet d'être relativement exhaustif et de prendre en compte la majorité des événements. C'est une phase indispensable (MARTINEAU, 2002 ; SCHELCHER, 2002). Elle permet de dégager les **circonstances d'apparition** des troubles (SCHELCHER, 2002) ainsi que leur intensité et leur quantification.

Les anglo-saxons utilisent les 5W : qui (who), à quoi (what), quand (when), où (where) et pourquoi (why) (LESSARD, 1988). On rajoute à ces cinq éléments : « combien ? » qui correspond à l'appréciation quantitative de la maladie et « comment ? » dans le sens : « comment l'éleveur a-t-il géré le problème avant l'intervention ? » (MARTINEAU, 2002b). A la question « pourquoi ? » correspond l'identification des facteurs de risque qui sera présentée dans le chapitre suivant.

2.2.1. Les animaux affectés : Qui ?

Les caractéristiques des animaux affectés doivent être établies : âge, parité, stade physiologique... L'éleveur peut ne pas percevoir l'existence de sous-populations atteintes. Leur identification peut fournir des orientations causales.

Les caractéristiques des animaux non affectés ont aussi un intérêt pour établir des comparaisons de résultats afin d'identifier statistiquement des facteurs de risque (RADOSTITS, 2001).

2.2.2. La description clinique : A quoi ?

La description exacte des troubles observés sur chaque animal atteint doit être fournie : date d'apparition des premiers symptômes, âge de l'animal à l'apparition des symptômes, description de ces symptômes, traitement effectué, évolution... Eventuellement, un diagnostic peut avoir été établi par un vétérinaire sur des troubles affectant quelques individus. Dans la mesure du possible, des autopsies seront effectuées. Toutefois, dans les productions bovines, il est difficile d'euthanasier un animal pour autopsie contrairement aux productions porcines ou aviaires.

Lorsque les troubles sont anciens et échelonnés dans le temps, la reprise des données individuelles à partir du cahier d'élevage est indispensable, bien que fastidieuse (SCHELCHER, 2002).

2.2.3. L'évolution temporelle : Quand ?

La connaissance de la séquence temporelle des événements est indispensable. Elle fournit des indications sur la dynamique du processus impliqué dans l'élevage (SLENNING, 2001). On peut ainsi replacer sur une « frise événementielle » la chronologie des cas (SCHELCHER, communication personnelle) avec ultérieurement les éléments marquants de la conduite d'élevage.

En effet, l'un des principes nécessaires pour confirmer l'existence d'un lien de cause à effet entre un facteur de risque et une maladie énonce que la cause doit précéder l'effet (THRUSFIELD, 1995 ; TOMA, 1996). Replacer les événements sur une droite représentant le temps peut permettre d'éviter quelques erreurs d'interprétation. Un graphique sous forme de barres horizontales peut aussi être utilisé (RADOSTITS, 2001).

L'utilisation de graphe retraçant l'occurrence des cas en fonction du temps permet aussi de définir le schéma épidémiologique de la maladie (épidémie, enzootie...) (LESSARD, 1988). Ces graphes peuvent fournir des informations orientant sur la durée d'incubation de la maladie ou sur la source de l'infection.

2.2.4. L'évolution spatiale : Où ?

Les animaux affectés doivent être aussi replacés dans leur contexte géographique : localisation au moment du début des symptômes, nature du lot, déplacements au sein de l'exploitation...

Toutes ces données peuvent permettre de mettre en évidence des facteurs liés par exemple à une source d'eau ou un point d'un pâturage qu'il conviendra d'examiner plus attentivement. L'utilisation de cartes représentant l'exploitation peut être un outil efficace pour la détermination des zones à risque (LESSARD, 1988). Ceci est important, par exemple, lors

d'intoxication végétale ou avec des substances toxiques qui ne sont déposées qu'à un seul endroit... ou lors d'infestation par des parasites ayant un biotope particulier.

Cette question prend aussi en compte le type d'élevage concerné par les troubles : élevage spécialisé ou non, caractéristiques structurales... Ces aspects seront développés dans la troisième partie.

2.2.5. Les premières mesures : Comment ?

La connaissance des traitements, des mesures correctives mis en place et des résultats obtenus peut être précieuse. Dans ce cadre, la présence d'un registre d'élevage correctement tenu est appréciable.

2.2.6. Le nombre : Combien ?

Dans cette section, la quantification permet d'avoir des données relativement objectives et de calculer des indices pour connaître la situation du troupeau : incidence / prévalence de la maladie... Le calcul des indices et leur interprétation sont développés dans le chapitre suivant.

2.3. La quantification des troubles

La quantification des événements observés est un outil précieux pour déterminer le degré de sévérité du problème de l'exploitation, interpréter les résultats, les événements observés ou pour justifier une intervention.

2.3.1. La présentation et la description des données

2.3.1.1. Présentation des données

Les données peuvent être présentées sous plusieurs formes :

- **Listes** : comme par exemple les résultats individuels des vaches au contrôle laitier. Les listes sont difficilement interprétables par une lecture rapide. Un traitement des données est souvent nécessaire pour faire ressortir les tendances.

- **Tableaux** : les tableaux sont plus faciles à aborder mais les évolutions en fonction du temps ou certaines variations sont difficilement discernables. De plus, ils ne sont lisibles que lorsqu'ils ne contiennent que peu de données ou des données synthétisées.

- **Graphes** : c'est le mode de représentation le plus expressif. Toutefois, on ne peut représenter que 3 dimensions au maximum. Plusieurs types de graphes peuvent être utilisés couramment :

- histogrammes : adaptés aux variables quantitatives discrètes et continues. Une variante, le diagramme en barres (horizontales ou verticales), permet de représenter les variables qualitatives ordinales ;

- courbes : adaptées aux variables quantitatives continues. Les courbes les plus fréquemment utilisées sont des courbes chronologiques avec le temps en abscisse pour

évaluer les évolutions au cours du temps de certaines variables comme la production laitière, les taux de matière utile, les comptages cellulaires de lait de tank...

- **Camembert** : permet de représenter les fréquences relatives de différentes catégories de variables qualitatives nominales, par exemple, la répartition des surfaces agricoles en fonction du type de culture ...

2.3.1.2. Description des données

Plusieurs indices permettent de décrire la tendance centrale et la dispersion des données (BOUYER, 1996 ; THRUSFIELD, 1995).

a. Description de la tendance centrale (paramètres de position)

La plupart du temps, on décrit la tendance centrale grâce à la **moyenne** arithmétique (m), le calcul est présenté dans la figure 9. Il peut être complété par le calcul de la médiane et du mode. La **médiane** est la valeur de la variable telle que 50 % des sujets ont une valeur supérieure et 50 % des sujets ont une valeur inférieure. Ce calcul n'est valide que pour les variables ordonnées. Le **mode** correspond à la valeur de la variable prise par le plus grand nombre d'individus. Il n'est valable que pour les variables en classe et n'est utilisé qu'à but descriptif. Le tableau 10 résume les avantages et les inconvénients de chaque indice.

Tableau 10 : Avantages et inconvénients des différents indices de position (d'après BOUYER, 1996)

	Avantages	Inconvénients
Moyenne	Facile à calculer Très utilisée	Sensible aux valeurs extrêmes Peu représentative des populations hétérogènes
Médiane	Peu sensibles aux valeurs extrêmes Bon indicateur pour des variables à distribution asymétrique	Difficile à calculer
Mode	Peu sensible aux valeurs extrêmes Permet de présenter des populations hétérogènes avec plusieurs valeurs dominantes (il peut y avoir plusieurs modes)	Difficile à calculer Varie beaucoup selon la largeur des classes

On utilise aussi des quartiles (Q_1 , Q_2 , Q_3) qui divisent la population en quatre, ou des percentiles (Q_1 correspond au 25^{ème}, Q_2 au 50^{ème} et Q_3 au 75^{ème} percentile). Q_2 correspond aussi à la médiane.

b. Description de la dispersion des données

La **variance** est fréquemment utilisée. Le calcul est présenté dans la figure 9, il correspond à l'estimation de la variance d'une population à partir d'un échantillon. Lorsque les valeurs de l'ensemble de la population sont disponibles, le dénominateur est n au lieu de $1 - n$. Deux autres indices de dispersion sont utilisés : l'**étendue**, qui est l'écart entre la plus grande et la plus faible valeur, et le **coefficient de variation (CV)**, qui exprime la variabilité en termes relatifs. L'écart-type (standard déviation (SD) en anglais) correspond à la racine carrée de la variance.

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n m^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n-1}$$

$$\sigma = \sqrt{s^2}$$

$$CV = \frac{100s}{m}$$

Figure 9 : Méthodes de calcul de la moyenne arithmétique (m), de la variance (σ^2), de l'écart-type (σ) et du coefficient de variation (CV). Avec $x_1, \dots, x_{i-1}, x_i, \dots, x_n$ les différentes valeurs de la variable X étudiée sur les n sujets. Pour la variance, plusieurs expressions sont disponibles pour faciliter le calcul.

c. Description de la distribution des variables

Pour réaliser certains calculs, une hypothèse de normalité doit être établie. Les critères simplifiés pour vérifier si la loi suivie par une variable est normale sont (SLENNING, 2001) :

- moyenne = médiane = mode ;
- variance comprise entre la valeur maximale et la valeur minimale.

Toutefois, certains paramètres mesurés ou calculés d'utilisation fréquente suivent une loi différente. Le tableau 11 issu de SCHUKKEN et al. (SCHUKKEN, 1994) proposent des distributions de variables.

Tableau 11 : Paramètres et fréquence de distribution proposée (SCHUKKEN, 1994)

Distribution	Moyenne	Variance	Paramètres
<i>Binomiale</i>	np	pq/n	Pourcentage : - de vaches gestantes - de réforme
<i>Poisson</i>	λ	λ	Incidence mammites Incidence boiteries Incidence des avortements
<i>Normale</i>	$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$	$\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2$	Production laitière Age au premier vêlage
<i>Lognormale</i>	Normale après transformation		Comptage cellules somatiques IVV

Avec n le nombre de sujets de la population ou de l'échantillon étudié, p le pourcentage de sujets présentant un caractère donné et $q = 1 - p$, I la constante de la loi de poisson, m la moyenne des valeurs x_i de la variable X.

2.3.2. Qualité des indices utilisés

Les indices (ou indicateurs ou critères) (tableau 12) sont des indicateurs de certaines caractéristiques de la population. Ils sont calculés à partir de données qualitatives ou quantitatives.

Tableau 12 : Qualités d'un indice, qualités de l'ensemble des critères utilisés pour aboutir à un diagnostic (d'après FABRE, 1989)

Qualités d'un indice	Qualités d'un ensemble de critères
<ul style="list-style-type: none"> • exact : juste, vérifiable et indiscutable <ul style="list-style-type: none"> • précis : sans ambiguïté • pertinent : en rapport avec le problème <ul style="list-style-type: none"> • facile à interpréter • récent 	<ul style="list-style-type: none"> • complets : permettent d'avoir une vue la plus exhaustive possible sur une situation ; • économiques : sans lourdeur ou redondance ; • cohérents : pas de contradiction entre les critères

Dans toute définition d'un indice, on doit connaître (KELTON, 1998 ; TOMA, 1996) :

- la définition de l'événement mesuré ;
- la définition des animaux à risque et/ou de la population concernée ;
- la définition de la période de calcul ;
- la méthode de calcul.

Ces données sont nécessaires à une interprétation fiable des résultats.

2.3.3. Les différents types d'indicateurs

2.3.3.1. Indicateurs primaires / indicateurs secondaires

Les indicateurs peuvent être scindés en indicateurs primaires et indicateurs secondaires (BRAND, 1996 ; SEEGERS, 2001), des exemples sont présentés dans les tableaux 13 et 14 :

– les *indicateurs primaires* sont des indicateurs de résultats systématiques à forte signification économique, présents en nombre limités ;

Tableau 13 : Exemple d'indicateurs primaires pour l'évaluation de l'élevage des génisses de remplacement (BRAND, 1996)

Indices primaires	Objectifs de performances
Age minimum prédit au premier vêlage	≤ 24 mois
Poids vif après le vêlage	570 kg
Taille au garrot	142 cm
% de mortalité (sur toute la période d'élevage)	< 10
% avortement chez les génisses	< 4

– les *indicateurs secondaires* sont explicatifs dans la formation d'un indicateur primaire. Ils permettent une analyse plus fine en vue de l'établissement d'un diagnostic (BRAND, 1996).

Tableau 14 : Exemple d'indicateurs secondaires pour l'évaluation de l'élevage des génisses de remplacement (BRAND, 1996)

Indices secondaires	Objectifs de performances
% de mortalité	
- 0 – 24 heures	< 6
- 1 – 30 jours	< 2
- 31 – 60 jours	< 1
- 3 – 24 mois	< 1
% de morbidité (prévalence/parc)	
% de diarrhée clinique	< 20
% de maladie respiratoire clinique	< 6
% de boiterie clinique	< 5
% de mammite clinique	< 5
Gain moyen quotidien (g / jour)	
- pré-pubertaire (\leq 10 mois)	800
- post-pubertaire ($>$ 10 mois)	825
Performances de reproduction	
- âge à la mise à la reproduction (mois)	\leq 15
- % de gestation suite à la première IA	70
- nombre d'IA par gestation	1,3
- % de dystocie pour les génisses	< 5

2.3.3.2. Spécificité des indicateurs

On peut distinguer arbitrairement plusieurs types d'indicateurs.

Tout d'abord, les **indicateurs pathologiques** ou indicateurs de santé qui permettent d'évaluer l'état de sanitaire du troupeau (SCHELCHER, 1998). Les plus connus sont la prévalence et/ou l'incidence des maladies (variables quantitatives) (chapitre suivant). On peut aussi utiliser tous les critères d'évaluation de la santé recherchés au niveau individuel puis étendu à l'échelle du troupeau comme l'aspect des bouses, l'état de remplissage ruminal (notés en fonction d'une grille (ZAAIJER, 2001)), ou des notations de la démarche et de la posture (SPRECHER, 1997) pour l'évaluation des troubles locomoteurs (variables qualitatives ordinales).

Les **indicateurs de production** se rapportent aux productions des animaux comme le GMQ, la production laitière, le taux de matière utile du lait ; le taux protéique (TP) et le taux butyreux (TB) (variables quantitatives), ou la note d'état corporel ou état d'engraissement des vaches (variable qualitative ordinale).

Les **indicateurs biologiques** sont des données quantitatives correspondant à la mesure de concentration de diverses molécules dans le sang ou dans le lait (urée, béta-hydroxybutyrate...).

On peut aussi utiliser des **indicateurs de fertilité** ou de fécondité qui peuvent être des intervalles de temps (intervalle vêlage – vêlage, intervalle vêlage – première insémination...) ou des proportions (% de réussite en première, seconde ou troisième insémination, taux de gestation, taux de conception...) ou des dénombrements (nombre d'insémination nécessaire pour obtenir une fécondation).

Enfin, les **indicateurs technico-économiques** (VALLET, 1996) permettent d'évaluer l'état sanitaire du troupeau par l'intermédiaire des dépenses engagées ou des pertes de revenu. Ces indicateurs sont représentés par exemple par les frais vétérinaires.

Cette classification n'est pas mutuellement exclusive, certains indicateurs peuvent évaluer plusieurs domaines simultanément.

2.3.4. Le calcul des indices

A partir de deux catégories d'indicateurs : pathologiques (prévalence / incidence de maladie) et de fertilité/fécondité (intervalle vêlage – vêlage et intervalle vêlage – insémination fécondante), on indiquera les principales modalités de calcul et les pièges à éviter.

Un préalable indispensable au calcul de ces indices est la connaissance de la **démographie** de l'élevage le jour de la visite mais aussi au cours des mois précédents.

2.3.4.1. Prévalence / Incidence

a. Quelques rappels...

Trois types de fractions du type $\frac{a}{b}$ sont utilisés assez couramment : les ratios, les proportions ou pourcentages et les taux.

Un **ratio** se définit comme une fraction dont le numérateur n'est pas inclus dans le dénominateur.

Un **pourcentage** a son numérateur inclus dans le dénominateur. On devrait écrire la fraction sous la forme $\frac{a}{a+b}$.

Un **taux** se calcule comme un pourcentage mais sur une période de temps définie.

Dans le langage courant les deux derniers types de fraction sont souvent confondus.

b. Définition et calcul de la prévalence et de l'incidence

Soit n le nombre total d'animaux présents sur la période, m le nombre de nouveaux cas pendant la période, M le nombre total de cas pendant la période, M_0 le nombre de cas au début de la période et M_n le nombre de cas à la fin de la période, on définit la prévalence et l'incidence comme suit :

- **Prévalence**

La **prévalence** est le **nombre total de cas** d'une maladie dans une population donnée :

- à un moment donné, c'est la **prévalence instantanée**, par exemple M_0 ou M_n ;
- sur une période donnée, elle est égale à M . C'est aussi la somme de la prévalence instantanée au premier jour de la période (M_0) et de l'incidence sur la période (m) :

$$M = M_0 + m$$

Le **taux de prévalence** est la prévalence sur la période de temps donnée (M) divisée par le nombre total d'animaux (n), soit :

$$\text{Taux de prévalence} = \frac{M}{n} \times 100 = \frac{M_0 + m}{n} \times 100$$

A partir de l'exemple de la figure 10, avec : $n = 15$, $M = 7$, $M_0 = 3$, $M_n = 2$, on obtient :

- Prévalence à $t_0 = 3$ individus
- Prévalence annuelle (entre t_0 et t_n) = 7 individus (ou 8 épisodes de maladie)
- Prévalence à $t_n = 2$ individus
- Taux de prévalence = $\frac{7}{15} \times 100 = 47\%$

La prévalence fournit le bilan de la maladie à un moment donné ou sur une période, elle ne renseigne pas sur l'évolution de la maladie. Elle varie selon l'incidence, la durée moyenne de la maladie et le taux de mortalité.

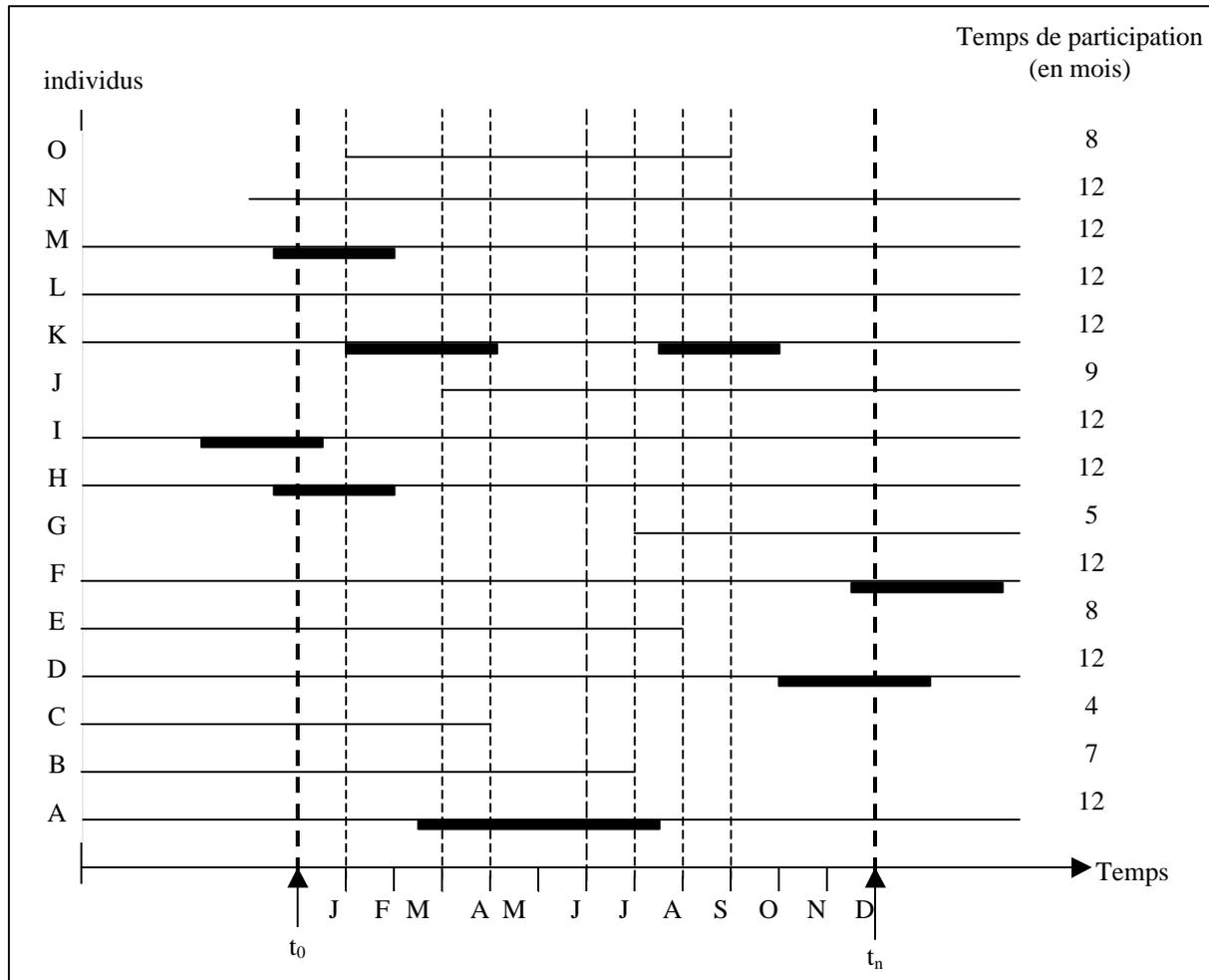


Figure 10 : Diagramme des épisodes de maladie pour tous les individus de la population en fonction du temps. Le temps est en abscisse et les 15 individus présents dans la population en ordonnées (individus A, B, ..., O). La période de calcul se situe entre t_0 et t_n , soit entre le 1^{er} janvier (t_0) et le 31 décembre (t_n). Les mois sont représentés. Les segments symbolisent les épisodes cliniques de maladie pour chaque individu.

- **Incidence**

L'**incidence** est le nombre de **nouveaux cas** dans une population donnée au cours d'une période donnée, soit m.

On peut calculer :

– le **taux d'incidence** (TI) qui mesure la vitesse moyenne d'apparition de nouveaux cas, soit :

$$TI = \frac{m}{n}$$

– l'**incidence cumulative** (IC) qui est la proportion d'animaux sains présents au début de la période d'étude qui deviennent malades au cours de la période (THRUSFIELD, 1995). C'est une indication de la moyenne du risque de développer la maladie pendant une période particulière. Au vu du mode de calcul, elle est surtout appropriée pour des populations relativement statiques ou pour des périodes à risque très courtes dans des populations dynamiques.

$$IC = \frac{\text{nombre d'individus devenant malades pendant la période donnée}}{\text{nombre d'individus sains présents au début de la période}}$$

Elle peut aussi être estimée à partir du taux d'incidence : $IC = 1 - e^{-TI}$

Dans l'exemple présenté, l'incidence cumulative sur l'année est égale à 62,5 % (5/8 X 100).

La difficulté consiste souvent à comptabiliser le nombre d'individus à risque présents sur une période de temps relativement longue comportant des introductions (achats) et des retraits d'individus (vente, réforme) de la population. Trois méthodes de calcul de précision croissante sont développées :

– méthode 1 : on recense la population à un moment donné de la période et on fait l'hypothèse qu'elle correspond à la moyenne de la population au cours de cette même période. On peut utiliser par exemple le nombre d'animaux présents au milieu de la période (SLENNING, 2001), ou encore au début ou à la fin.

– méthode 2 : on recense la population au début puis à la fin de la période et on établit la moyenne des deux résultats (THRUSFIELD 1995) ;

– méthode 3 : on recense unité de temps (jour, mois, année...) le nombre d'individus à risque présents que l'on ramène à une unité du type : nombre d'individu-jours à risque ou individu-mois ou individu-année.

Pour démontrer la précision relative de ces différentes méthodes, on utilise les données de la figure 10 :

– méthode 1 : le milieu de la période correspond au 31 juin, on recense 13 individus. Le taux d'incidence sera égal à **38,5 %** ($5/13 \times 100$). Au début de la période : $n = 12$ donc $TI = 41,7 \%$; à la fin de la période : $n = 11$ donc $TI = 45,4 \%$.

– méthode 2 : au début de la période, on recense 12 individus et à la fin 11 individus, soit une moyenne de 11,5 individus sur l'année. Le taux d'incidence sera égal à **43,5 %** ($5/11,5 \times 100$).

– méthode 3 : Les temps de participation de chaque individu sont indiqués sur le graphe. Leur somme est de 149 mois et 5 nouveaux cas sont notés. On aura donc 0,03 malades par individu-mois (ou 3,3 malades pour 100 individus-mois). En traduisant les mois

en années (149 mois = 12,4 années) on obtient un taux d'incidence de **40,2** malades pour 100 individus-année.

Les résultats de taux d'incidence sont donc différents selon le mode de calcul. Sans conteste la troisième méthode est la plus précise, mais aussi la plus lourde. Dans les autres cas, il peut y avoir des risques non négligeables de surestimation ou sous-estimation du nombre d'individus présents sur la période.

- **Mortalité, morbidité, létalité**

Trois indicateurs de la fréquence et de la gravité de la maladie dérivant de ces calculs sont couramment utilisés (TOMA, 1996).

$$\text{Taux de mortalité} = \frac{\text{nombre d'animaux morts}}{\text{nombre d'animaux soumis au risque}} \quad (\text{pour la période de temps donnée})$$

$$\text{Taux de morbidité} = \frac{\text{nombre d'animaux malades}}{\text{nombre d'animaux soumis au risque}} \quad (\text{pour la période de temps donnée})$$

$$\text{Taux de létalité} = \frac{\text{nombre d'animaux morts}}{\text{nombre de malades}} \quad (\text{pour la période de temps donnée})$$

Selon les cas inclus au numérateur, ces taux peuvent être soit des taux d'incidence (nombre de cas apparus pendant la période), soit des taux de prévalence (nombre total de cas au cours de la période).

Tous les calculs présentés peuvent être réalisés pour l'ensemble du troupeau (plus précisément des animaux à risque) ou pour des sous-populations.

Tableau 15 : Définition des maladies cliniques (d'après KELTON, 1998)

Fièvre vitulaire (FV)	Apparition de signes cliniques pertinents du stade 1, 2 ou 3* de la maladie dans les 72 h suivant la mise-bas
Rétention placentaire (RP)	Membranes fœtales visibles à la vulve ou identifiées dans l'utérus ou le vagin par examen vaginal plus de 24 h après la mise-bas
Métrite	Présence après le vêlage d'un écoulement cervical et/ou vaginal anormal à l'exception des lochies et des écoulements muqueux clairs de l'œstrus
Cétose	Cétose primaire = diminution de l'appétit, augmentation des corps cétoniques dans le lait, l'urine ou l'haleine en l'absence de toute autre maladie
DCG**	Diminution de l'appétit, ping audible par percussion sur le flanc gauche entre la 9 ^{ème} et la 12 ^{ème} côte. Exclusion DCD.
Kyste ovarien (KO)	Structure lisse et ronde, > 25 mm de diamètre présent sur un ou les deux ovaires sur une vache non encore diagnostiquée gravide
Boiterie	Démarche anormale attribuable au pied ou au membre
Mammite clinique	Sécrétion de lait anormale d'un ou plusieurs quartiers accompagnée ou non de signes inflammatoires des tissus mammaires.

* cf. tableau 16 pour les stades de la fièvre vitulaire

** DCG = déplacement de la caillette à gauche, DCD = dilatation de la caillette à droite

c. Application au calcul des maladies cliniques en péripartum (d'après KELTON 1998)

Quatre éléments doivent être précisés.

- **Définition de l'événement**

Il s'agit des critères cliniques de la maladie (tableau 15).

Tableau 16 : Signes clinique de la fièvre vitulaire selon les étapes de la maladie (d'après KELTON, 1998)

Stade	Signes cliniques
Stade 1	Excitation ou tétanie légère sans décubitus - Nervosité ou hypersensibilité - hyporexie - FC rapide - Augmentation de la température rectale (>39°C)
Stade 2	Décubitus sternal, secondaire à une paralysie flasque – Dépression - Trémulations musculaires - Extrémités froides - FC rapide avec diminution de l'intensité des sons - Diminution de la température rectale (35,6 à 37,8 °C) - Diminution de l'activité gastro-intestinale Pupilles dilatées ne répondant pas à la lumière
Stade 3	Décubitus latéral progressant vers une perte de conscience - Météorisation sévère - Atonie gastro-intestinale profonde - FC rapide - Pouls difficile à détecter

Lorsque l'on compare les définitions du tableau 15 et du tableau 17, on note quelques variations. Par exemple, la limite de temps pour définir la rétention placentaire correspond à plus de 12 h de la mise-bas pour FOURICHON et à plus de 24 h pour KELTON. Pour la fièvre vitulaire, seuls les signes cliniques sont pris en compte par KELTON alors que FOURICHON introduit la notion de diagnostic thérapeutique (réponse favorable à la thérapie calcique). Ainsi, les résultats obtenus varieront selon la définition retenue.

Tableau 17 : Incidence des différents troubles rencontrés en élevage laitier du Pays de la Loire* de 1995 à 1998 (FOURICHON, 2001b)

	Médiane	Moyenne	Définition de la maladie
Mammite clinique**	40, 2 %	44,1 %	grumeaux dans le lait ou inflammation de la mamelle avec ou sans signes généraux
Rétention placentaire***	8,1 %	8,8 %	rétentions des membranes fœtales plus de 12 heures
Troubles locomoteurs**	7,6 %	10,9 %	boiterie clinique quelle que soit la raison
Dystocie***	5,2 %	6,6 %	assistance au vêlage avec vèleuse ou 2 personnes pour tirer le fœtus ou intervention chirurgicale (césarienne, fœtotomie)
Fièvre vitulaire***	4,9 %	5,6 %	diagnostic vétérinaire ou parésie péripartum avec réponse favorable à la thérapie calcique
Troubles digestifs**	3,3 %	5,1 %	tout signe digestif, quelle que soit la raison exceptés les déplacements de caillette

* N = 205 fermes sur des périodes de 700 à 794 jours (médiane = 730)

** calculé en cas pour 100 vaches-an

*** calculé en cas pour 100 vêlages

Il est aussi possible de différencier le premier épisode de maladie pour un individu d'une récurrence. Pour cela, la définition du nouveau cas est nécessaire (à partir de quand considère-t-

on que l'animal a une nouvelle fois la maladie et qu'elle est indépendante du premier épisode ?) KELTON et al. ont fourni des définitions pour trois des maladies citées (tableau 18).

Tableau 18 : Définition des nouveaux cas (d'après KELTON 1998)

Métrite	Dernier épisode datant de plus de 30 jours
Acétonémie	Dernier épisode datant de plus de 30 jours
Kyste ovarien (KO)	Pas de kyste depuis plus de 30 jours ou structure présente sur un autre ovaire
Boiterie	Dernier épisode datant de plus de 30 jours
Mammite clinique	Symptômes dans le même quartier lors de la même lactation mais séparés de 8 jours ou dans un quartier différent

- **Définition des animaux à risque**

Pour les maladies citées, les animaux à risque seront les vaches en péripartum, en lactation et/ou au tarissement selon le cas. Par exemple, pour l'acétonémie, la période à risque inclura les 60 premiers jours de lactation, pour les métrites les animaux à risque seront les vaches en lactation mais non gravides.

- **Période de calcul**

Selon les besoins et les résultats disponibles, on pourra effectuer une analyse rétrospective ou une analyse de l'état actuel. Les dates de début et de fin d'étude seront à préciser.

- **Méthode de calcul**

Enfin, définir la méthode de calcul permet une interprétation plus fiable des résultats. La modalité de calcul de la fréquence des maladies cliniques la plus utilisée est le calcul de l'incidence. En fonction du type d'analyse qui sera choisie, on utilisera deux modalités :

– pour une **analyse rétrospective** (analyse des données historiques), on calcule l'incidence lactationnelle :

$$\textit{Incidence lactationnelle} = \frac{\text{nombre de lactations affectées}}{\text{nombre de lactations à risque}}$$

Les lactations en cours seront exclues du calcul. Toutefois, les maladies fortement associées au vêlage et pour lesquelles la période à risque est courte (FV, RP) peuvent avoir une analyse basée sur le nombre de lactations initiées (par le vêlage ou par un avortement tardif). Même si la période à risque pour chaque maladie varie considérablement, la lactation est l'unité de choix pour calculer et interpréter les données aussi simplement et précisément que possible.

– pour une **analyse de l'état actuel** (connaissance du statut sanitaire actuel de l'élevage / des tendances de gestion), on calculera le taux d'incidence en comptabilisant les introductions et les sorties d'animaux dans la population.

$$\text{Taux d'incidence} = \text{nombre de cas pour 100 vache-jours à risque}$$

La période d'analyse étant courte, les calculs incluent des parts de lactations initiées, en cours ou terminées. En conséquence, certains cas seront inclus au début de la période sans leurs jours à risques respectifs, ce qui diminuera l'incidence.

Pour les FV et les RP qui sont étroitement associées au vêlage et ont donc de courtes périodes à risque, on calcule le nombre de lactations affectées pour 100 lactations à risque.

2.3.4.2. Un exemple de calcul d'intervalle : l'IV-IAF

L'intervalle vêlage – insémination (ou saillie) fécondante (IV – IAF) se définit par la moyenne des jours compris entre la date de vêlage et la date de l'IA fécondante (présumée ou établie). Cette définition explique le mode de calcul.

• Définition de l'événement

Trois définitions d'une insémination fécondante peuvent être utilisées :

- insémination suivie d'une gestation attestée par le vêlage ou par un diagnostic de gestation positif,
- insémination suivie d'une gestation supposée lors de non-retour en chaleur détecté dans les 60 jours suivant la dernière IA (= tardif),
- dernière IA. Dans ce cas, le calcul inclut toutes les vaches sauf celles de 0 à 45 jours de lactation.

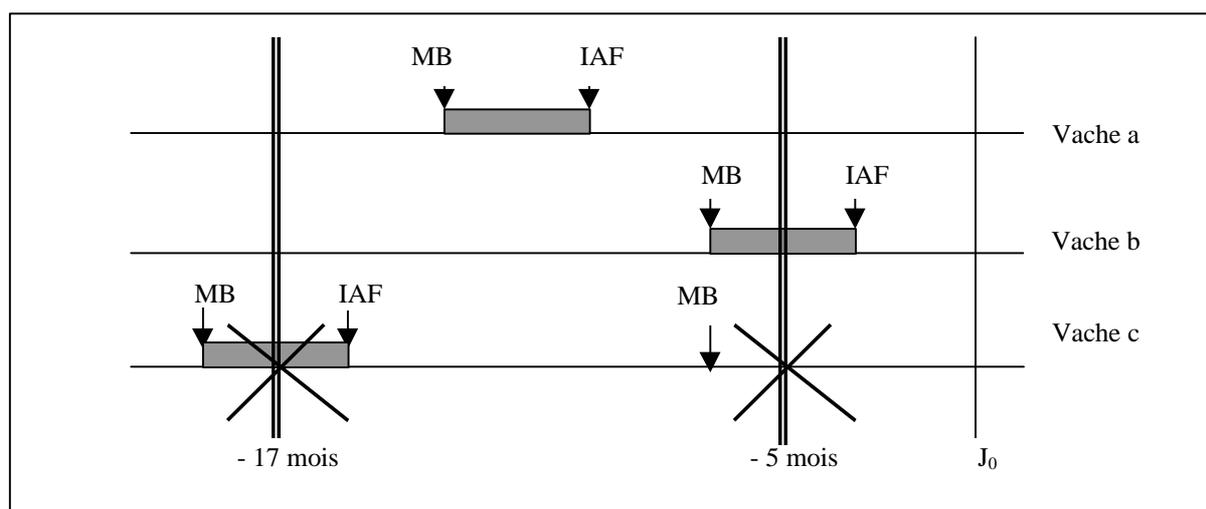


Figure 11 : Période de calcul et critères d'inclusion et d'exclusion des animaux dans le calcul de l'IV-IAF par le logiciel DSA.

Pour les autres éléments caractérisant l'IV-IAF nous prendrons l'exemple du calcul de ce paramètre dans le logiciel de suivi de troupeau canadien (le DSA). La définition de l'IA fécondante dans ce logiciel correspond à insémination suivie d'une gestation avérée par le diagnostic de gestation.

• Période de calcul

La période s'étend de 5 à 17 mois avant la date d'émission du résultat (fig. 11).

- **Définition des animaux concernés**

Les animaux inclus dans le calcul doivent avoir mis-bas sur la période de calcul et posséder une date d'IAF (les primipares seront prises en compte dans le calcul). Ainsi, ni les animaux qui ont mis-bas hors de cet intervalle ni les vaches qui ont mis-bas mais sans date d'IAF, ne sont pris en compte. L'intervalle calculé est biaisé et inférieur à l'IV-IAF réel. Les animaux à problèmes récurrents ne sont pas pris en compte, ni les vaches réformées. Le taux de réforme et le nombre ou le pourcentage de vaches non gravides seront donc à déterminer en parallèle.

Dans les grands troupeaux, le calcul peut être effectué par tranche d'âge ou par niveau de production.

3. Evaluation des données, analyse des facteurs de risque

*Pour agir, il faut au moins localiser
Canguilhem G. (CANGUILHEM, 1966)*

3.1. Evaluation des données

3.1.1. Evaluation par rapport à quelles références ?

3.1.1.1. Normes et normal

*« Le concept de normal n'est pas un concept d'existence, susceptible en soi d'une mesure objective.[...] le pathologique doit être compris comme une espèce du normal, l'anormal n'étant pas ce qui n'est pas normal, mais ce qui est un autre normal. »
Canguilhem G. (CANGUILHEM, 1966)*

La notion de normalité semble être comprise par la majorité des gens. Toutefois, lorsque l'on cherche à la définir plus précisément, se révèle l'écueil de la référence : la normalité est une valeur relative. Le terme « normal » est souvent utilisé dans le langage courant comme synonyme d'habituel, de naturel, sans jugement de valeur associé. La perception, l'identification d'une anomalie pourra donc être différente selon le sujet, éleveur ou technicien.

Qu'est-ce qui peut être considéré comme normal ?

Normal = « *ce qui se rencontre dans la majorité des cas d'une espèce déterminée, ou ce qui constitue soit la moyenne, soit le module d'un caractère mesurable.* » (LALANDE, 1997)

La majorité des études réalisées en médecine repose sur cette définition où les termes de normal et de moyenne ont un sens probabiliste (CANGUILHEM, 1966). Pour être qualifié de normal, un caractère devra être inclus dans des normes qui, pour une variable quantitative continue, sont bornées par les valeurs prises par la moyenne ± 2 écart-types.

Le concept de norme peut toutefois être défini comme suit :

Norme = « *type concret ou formule abstraite de ce qui doit être, en tout ce qui admet un jugement de valeur : idéal, règle, but, modèle suivant le cas.* » (LALANDE, 1997)

Cette définition met en avant les termes d'idéal, de but. Dans la langue médicale l'état normal recouvre donc deux éléments : d'une part l'état normal au sens statistique des

constantes physiques, biologiques, etc. ... ; d'autre part un état idéal à atteindre suite à la mise en place de mesures correctives (CANGUILHEM, 1966).

3.1.1.2. Base de comparaison

Les données recueillies et synthétisées peuvent en pratique être comparées à quatre types de références.

a. Par rapport à l'expérience acquise par le clinicien

Le premier réflexe du clinicien va être de comparer les résultats obtenus avec ceux qu'il a l'habitude de voir dans sa clientèle. La base de comparaison va donc dépendre de son champ d'expertise, de ses capacités de mémorisation et de son expérience à la fois en terme de quantité et de qualité. Nonobstant les capacités critiques du vétérinaire à choisir les élevages qu'il prend pour référence, on se rapproche ici de la définition du « normal » au sens usuel.

b. Par rapport au troupeau lui-même

La comparaison des données peut se faire par rapport aux résultats antérieurs de performance ou de production du troupeau. Ceci implique la présence d'un système efficace et fiable d'enregistrement en continu des données de l'exploitation. Par exemple les données du contrôle laitier pour les élevages inscrits permettent de disposer de données rétrospectives exploitables.

c. Par rapport aux troupeaux contemporains

Une autre base de comparaison est constituée par les troupeaux contemporains. La présence d'une base de données comportant les mêmes types d'enregistrement pour chaque troupeau est alors indispensable. Ce type de référence existe, par exemple, au Québec avec la banque de données de l'ASTLQ⁶ qui permet de situer les élevages les uns par rapport aux autres et de fournir l'incidence de troubles de la reproduction, et de diverses maladies à l'échelle de la province (BOUCHARD, 2002a). Pour la région Midi-Pyrénées, les résultats du contrôle laitier (« Optilait ») sont regroupés pour quatre départements (Ariège, Haute-Garonne, Gers et Hautes-Pyrénées).

d. Par rapport aux données publiées

Enfin, les données publiées constituent souvent la seule source de référence. Toutefois, l'interprétation reste soumise à de nombreux paramètres (nombre d'animaux inclus dans l'étude, analyses statistiques, critères d'inclusion, définition des maladies prises en compte...). La revue réalisée par Kelton et al (KELTON, 1998) met en évidence deux limites principales pour l'incidence des maladies cliniques : l'absence de définition standard des maladies et le mode de présentation des données.

Toutefois, on peut utiliser des seuils de fréquences (tableau 19).

⁶ ASTLQ = amélioration de la santé des troupeaux laitiers du Québec

Tableau 19 : Seuils de fréquence des troubles de santé en élevage bovin laitier pouvant être utilisés dans l'évaluation de l'état sanitaire (d'après SEEGER, 2001)

Troubles	Distribution des fréquences		Modalité d'expression de la fréquence
	Centile 25*	Médiane**	
Avortement tardif	1	2	pour 100 vêlages
Vêlage difficile	2	5	
Non-délivrance	5	8	
Fièvre vitulaire	3	5	
Métrite aiguë	0	2	
Cétoses cliniques	0	1	
Déplacement de la caillette	0	0	
Métrite chronique	0	1	pour 100 Vache par an
Troubles digestifs	1	3	
Troubles locomoteurs	4	8	
Troubles respiratoires	0	0	
Mammite clinique	24	40	
CCSI > 200 000	21	27	pour 100 contrôles
Mortalité veaux	5	7	pour 100 veaux nés
Morbidité veau 2 –15 j	6	12	pour 100 veaux vivants à 24 h

* le centile 25 = valeur de fréquence séparant le quart inférieur des élevages des trois autres quarts ; au-dessous et jusqu'à cette valeur, la situation peut être considérée comme techniquement satisfaisante

** la médiane = valeur de la fréquence qui sépare en deux les élevages ; au-dessous de cette valeur, la situation peut être considérée comme améliorable.

3.1.2. Déviation par rapport aux objectifs

Lorsque les données diffèrent des objectifs ciblés, ou des performances habituelles du troupeau, la tendance est de conclure à l'existence d'un problème réel. Toutefois, un système complexe est soumis à des fluctuations qui restent dans le cadre du « normal ». Ainsi, afin de décider si une valeur est significativement différente de la valeur de référence ou des valeurs habituelles, plusieurs méthodes statistiques sont utilisables.

3.1.2.1. Calcul de l'intervalle de confiance

Une première méthode pour vérifier si une valeur diffère significativement de la valeur de référence est de calculer l'intervalle de confiance (tableau 20) de la variable étudiée et vérifier si la valeur de référence est incluse ou non dans cet intervalle (SCHUKKEN, 1994).

Tableau 20 : Calcul de l'intervalle de confiance d'une moyenne et d'un pourcentage selon la taille n de l'échantillon (d'après BOUYER, 1996)

		Grands échantillons	Petits échantillons
Pourcentage (p)	Calcul	$p \pm z_{a/2} \sqrt{\frac{pq}{n}}$	Table spécifique
	Conditions d'application	$np_i, np_s, nq_i \text{ et } nq_s \geq 5$	
Moyenne (m)	Calcul	$m \pm z_{a/2} \sqrt{\frac{s^2}{n}}$	$m \pm t_{n-1, a/2} \sqrt{\frac{s^2}{n}}$
	Conditions d'application	$n \geq 30$	La variable X doit suivre une loi normale

$z_{a/2} = 1,96$ pour $a = 5\%$

Pour le calcul de l'intervalle de confiance d'un pourcentage on réalise en premier le calcul, avec $q = 1 - p$. On obtient un intervalle $[p_i ; p_s]$ puis on vérifie si les conditions d'application sont remplies. Si les conditions ne sont pas satisfaites, on utilise des tables spécifiques.

Lorsque l'échantillon comprend moins de trente sujets pour le calcul de l'intervalle de confiance d'une moyenne, on utilise la loi de Student à $(n - 1)$ degré de liberté. $t_{n-1, \alpha/2}$ est donné dans une table de la loi de Student (exemple de valeurs dans le tableau 21).

Tableau 21 : Valeurs de $t_{n-1, \alpha/2}$ selon la taille n de l'échantillon pour $\alpha = 5\%$.

n	5	10	15	20	25	30
$d.d.l.^*$	4	9	14	19	24	29
$t_{n-1, \alpha/2}$	2,776	2,262	2,145	2,093	2,064	2,045

- $d.d.l. = \text{degré de liberté} = n - 1$

3.1.2.2. Comparaison de deux pourcentages (BOUYER, 1996)

a. Comparaison d'un pourcentage à une valeur théorique

Lorsque l'on obtient un pourcentage pour une population ou un échantillon étudié (par exemple le taux de prévalence (p) d'une maladie dans un troupeau de taille n et que l'on souhaite savoir s'il diffère de la valeur de référence fournie par la littérature (p_0) **dans les mêmes conditions**, on réalise un test du χ^2 (chi-deux).

On construit tout d'abord un tableau de contingence présentant le nombre d'individus pour chaque catégorie (tableau 22), puis on calcule le χ^2_0 .

Tableau 22 : Table de contingence pour la comparaison d'un pourcentage à un pourcentage théorique.

On prend l'exemple d'un échantillon avec O_1 , le nombre d'individus malades (M+) observé et O_2 , le nombre d'individus non malades (M-) observés. On calcule C_1 et C_2 qui sont respectivement le nombre d'individus qui seraient malades si la fréquence de la maladie était de p_0 et le nombre d'individus qui seraient non malades, avec $q_0 = 1 - p_0$.

	M+	M-
Effectif observé	O_1	O_2
Effectif calculé	$C_1 = np_0$	$C_2 = nq_0$

$$\chi^2_0 = \frac{(O_1 - C_1)^2}{C_1} + \frac{(O_2 - C_2)^2}{C_2}$$

Les hypothèses sont choisies et la règle de décision est appliquée selon les critères suivants :

Test bilatéral

Hypothèse nulle : $H_0 : p = p_0$

Hypothèse alternative : $H_1 : p \neq p_0$

On rejette H_0 , au risque α , si

$$\chi^2_0 \geq \chi^2_{1, \alpha}$$

En pratique, $\alpha = 5\%$ et $\chi^2_{1, \alpha} = 3,84$.

On rejette H_0 , au risque α , si $\chi^2_0 \geq \chi^2_{1, 2\alpha}$ et si $p > p_0$
(ou $p < p_0$)

En pratique, $\alpha = 5\%$, $\chi^2_{1, 2\alpha} = 2,71$.

Test unilatéral

Hypothèse nulle : $H_0 : p = p_0$

Hypothèse alternative : $H_1 : p > p_0$

(ou $p < p_0$)

Conditions d'application : valeur de chaque cellule ≥ 5

b. Comparaison de deux pourcentages

Dans ce cas, on souhaite comparer les pourcentages p_1 et p_2 , obtenus dans deux échantillons provenant d'une population donnée.

L'exemple classique va être la comparaison entre la fréquence d'une maladie dans un échantillon exposé à un facteur donné (p_1) et la fréquence de la même maladie dans un échantillon non exposé (p_2). Comme précédemment, on construit une table de contingence comme celle du tableau 23 puis on calcule le χ^2_0 .

Tableau 23 : Table de contingence pour la comparaison de deux pourcentages. On prend l'exemple d'une étude deux échantillons (E_1 et E_2) pour lesquels on dénombre le nombre de malades (M+) et de non malades (M-) présentés dans le tableau de gauche (effectifs observés). A partir de ces données, on calcule les effectifs théoriques qui sont présentés dans le tableau de droite.

	Effectifs observés			Effectifs théoriques			
	E_1	E_2	Somme des rangées	E_1	E_2	Somme des rangées	
M+	O_{11}	O_{21}	m_1	M+	$C_{11} = \frac{n_1 m_1}{n}$	$C_{21} = \frac{n_2 m_1}{n}$	m_1
M-	O_{12}	O_{22}	m_2	M-	$C_{12} = \frac{n_1 m_2}{n}$	$C_{22} = \frac{n_2 m_2}{n}$	m_2
Somme des colonnes	n_1	n_2	n	Somme des colonnes	n_1	N_2	n

$$c_0^2 = \sum_{i,j} \frac{(O_{ij} - C_{ij})^2}{C_{ij}} \text{ avec } C_{ij} = \frac{n_i m_j}{n}$$

Les hypothèses sont choisies et la règle de décision est appliquée selon les critères suivants :

Test bilatéral

Hypothèse nulle : $H_0 : p_1 = p_2$
 Hypothèse alternative : $H_1 : p_1 \neq p_2$
 On rejette H_0 , au risque α , si $c_0^2 \geq c_{1,\alpha}^2$
 En pratique, $\alpha = 5 \%$ et $c_{1,\alpha}^2 = 3,84$

Test unilatéral

Hypothèse nulle : $H_0 : p_1 = p_2$
 Hypothèse alternative : $H_1 : p_1 > p_2$ (ou $p_1 < p_2$)
 On rejette H_0 , au risque α , si $c_0^2 \geq c_{1,2\alpha}^2$ et si $p_1 > p_2$ (ou $p_1 < p_2$)
 En pratique, $\alpha = 5 \%$, $c_{1,2\alpha}^2 = 2,71$.

Conditions d'application : $C_{ij} \geq 5$

Pour calculer la valeur du χ^2 , on réalise le calcul présenté dans le tableau 23.

Une autre modalité de calcul, plus pratique, est présentée dans le tableau 24. Ce calcul n'est valable que lorsque les conditions d'application précédentes sont réunies.

Tableau 24 : Table de contingence pour la comparaison de deux pourcentages.

	C ₁	C ₂	Somme des rangées
R1	a	b	m ₁
R2	c	d	m ₂
Somme des colonnes	n ₁	n ₂	N

$$c_0^2 = \frac{(ad - bc)^2 n}{n_1 n_2 m_1 m_2}$$

Lorsque les effectifs sont trop faibles (conditions d'application non remplies), on utilise les corrections suivantes :

- si au moins un des C_{ij} < 5 et si tous les C_{ij} ≥ 3, on utilise la correction de Yates :

$$c_c^2 = \sum_{i,j} \frac{(|O_{ij} - C_{ij}| - 0,5)^2}{C_{ij}}$$

- lorsque au moins l'un des C_{ij} < 3, la correction de Yates n'est plus applicable, on utilise alors un test de Fischer.

3.1.2.3. Comparaison de deux moyennes

On peut comparer une moyenne m avec une valeur théorique m₀ (par exemple le GMQ des génisses sur une période donnée avec la valeur attendue sur la même période), ou comparer les moyennes obtenues dans deux groupes différents : m₁ et m₂ (par exemple, les GMQ moyens de deux groupes de génisses élevés de manières différentes).

Selon la taille des effectifs, plusieurs tests sont à envisager.

a. Comparaison d'une moyenne avec une valeur théorique

Hypothèse nulle : H₀ : m = m₀ *Hypothèse alternative* : H₁ : m ≠ m₀ (test bilatéral)
ou H₁ : m > m₀ ou m < m₀ (test unilatéral)

Pour un échantillon de grande taille, on utilise Z (approximation par la loi normale). Pour α = 5 %, z_α = 1,645, z_{α/2} = 1,96 et z_{1-α} = - 1,645.

Pour un échantillon de petite taille, la variable doit suivre une loi normale. Pour n < 30, on utilisera une loi de Student. Les valeurs de comparaison seront à chercher dans une table donnant les valeurs de t en fonction du degré de liberté (= n - 1) et α.

Tableau 25 : Règles pratiques pour la comparaison d'une moyenne à une valeur théorique (d'après BOUYER, 1996)

Effectif	Quantité à calculer	Condition de rejet de H ₀		Conditions d'application
N ≥ 30	$z_0 = \frac{m - m_0}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$	Test bilatéral	$ z_0 \geq z_{\alpha/2}$	Aucune
		Test unilatéral	$\begin{matrix} m > m_0 & z_0 \geq z_{\alpha} \\ m < m_0 & z_0 \leq z_{1-\alpha} \text{ soit } -z_{\alpha} \end{matrix}$	
N < 30	$t_0 = \frac{m - m_0}{\sqrt{\frac{s^2}{n}}}$	Test bilatéral	$ t_0 \geq t_{n-1;\alpha/2}$	Distribution normale de la variable
		Test unilatéral	$\begin{matrix} m > m_0 & t_0 \geq t_{n-1;\alpha} \\ m < m_0 & t_0 \leq t_{n-1;1-\alpha} \end{matrix}$	

b. Comparaison de deux moyennes

Plusieurs tests sont applicables en fonction de la taille des échantillons et de la distribution de la variable étudiée. Le tableau 26 résume les règles à utiliser pour des tests bilatéraux.

Test bilatéral : Hypothèse nulle : $H_0 : m_1 = m_2$

Hypothèse alternative : $H_1 : m_1 \neq m_2$

Tableau 26 : Règles pratiques pour la comparaison de deux moyennes (d'après BOUYER, 1996)

Effectif	Distribution de X	Quantité à calculer	Seuil de signification (test bilatéral)	Remarques
$n_1 \geq 30$ $n_2 \geq 30$	Inconnue	$z_0 = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$	$Z_{\alpha/2}$	Aucune condition d'application
n_1 et n_2 quelconques	Normales dans les deux populations et variances égales	$t_0 = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$	$t_{n_1+n_2-2; \alpha/2}$	Test robuste à un écart à la normalité
n_1 ou $n_2 < 30$ et $n_1 \neq n_2$	Variances de X dans les deux populations différentes	$t'_0 = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$	$t_{k'; \alpha/2}$	k' est l'entier le plus proche de k
Avec $s^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$;		$k = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{1}{n_1 - 1} \left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2 + \frac{1}{n_2 - 1} \left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}$		

Une méthode de calcul plus abordable peut être utilisée pour comparer les moyennes obtenues dans deux groupes à travers le calcul de l'intervalle de confiance de la différence entre les deux moyennes (SLENNING, 2001). Le calcul est le suivant :

$$\text{Intervalle de confiance} = (m_1 - m_2) \pm z_a \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

La valeur de z varie selon le degré de confiance que l'on souhaite avoir. On rejette l'hypothèse de l'existence d'une différence entre les deux moyennes, si la valeur 0 est incluse dans l'intervalle de confiance.

3.1.2.4. Méthode des graphiques de contrôle (RENEAU, 2001)

Lorsque les données sont représentées sous forme de graphique avec en abscisse une échelle de temps, les changements sont faciles à visualiser. En revanche, il est difficile de différencier les valeurs normales, les variations aléatoires et les données qui indiquent un changement significatif. Une méthode d'analyse des séries chronologiques a été développée à partir de 1920.

Etapes pour établir un graphique de contrôle :

1. Tracer un graphique de série chronologique ($y = f(t)$)

2. Ajouter une ligne ajustée sur la moyenne = référence centrale
3. Ajouter les limites de contrôles, de chaque côté et équidistantes de la ligne centrale
4. Appliquer les tests de contrôle pour différencier les variations aléatoires des variations spécifiques.

Les limites de contrôles sont calculées à partir de la variation des données présentes pour une période de temps appelée la « période de contrôle ». Un minimum de vingt points est nécessaire pour calculer les limites de contrôle. Trois zones sont représentées sur le graphique (figure 12) :

- Zone A : moyenne ± 3 écart-types (σ) (le calcul de σ est présenté dans le chapitre 2.3.1.)

- Zone B : moyenne $\pm 2 \sigma$

- Zone C : moyenne $\pm 1 \sigma$

Plusieurs tests peuvent être appliqués. Une version simplifiée stipule qu'un manque de contrôle (ou une variation non aléatoire) est observé(e) lorsque :

- Règle 1 : un seul point est à plus de 3σ de la ligne centrale (hors de la zone A)
- Règle 2 : au moins 2 de 3 points consécutifs se trouvant du même côté sont à plus de 2σ de la ligne centrale (dans la zone A)
- Règle 3 : au moins 4 de 5 points consécutifs sont du même côté à plus d' 1σ de la ligne centrale (dans la zone B)
- Règle 4 : au moins 8 points consécutifs sont du même côté de la ligne centrale.

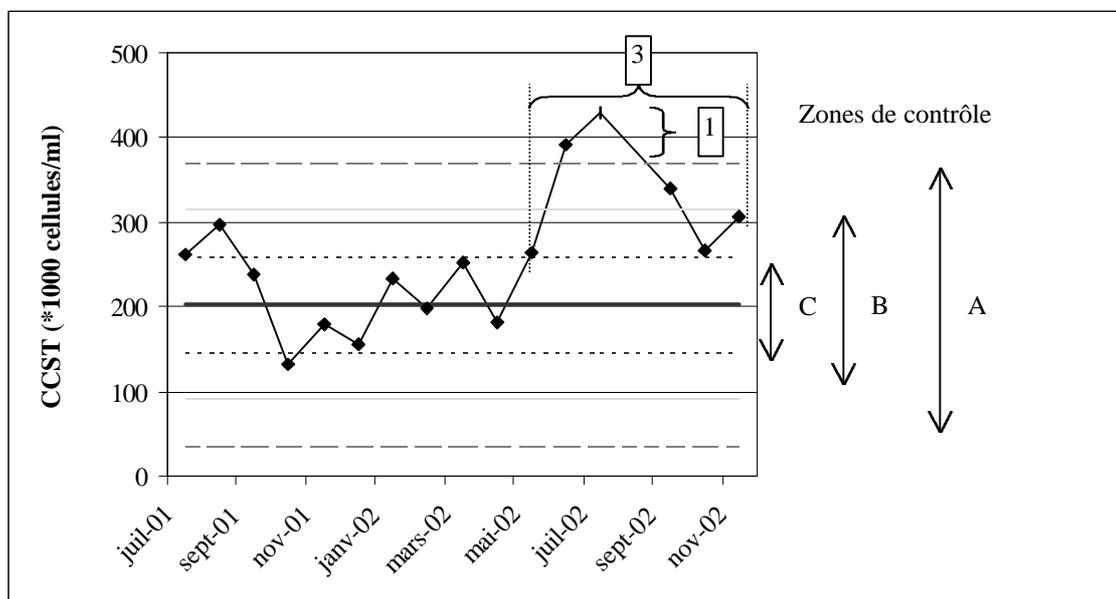


Figure 12 : Comptages des cellules du lait de tank de juillet 2001 à novembre 2002 (source : bulletin de laiterie). En gras la moyenne calculée à partir des données de juillet 2001 à fin janvier 2002 (= période de contrôle), en pointillés les limites de contrôle. Les zones de contrôles sont identifiées à droite du graphe. Les numéros présents sur le graphique signalent la règle observée, les accolades les points concernés.

3.2. L'interprétation des résultats de laboratoire

Les examens complémentaires ne servent qu'à étayer ou infirmer une hypothèse diagnostique. Les analyses réalisées sans hypothèse(s) préalable(s) produisent rarement des résultats interprétables pour résoudre le problème étudié (HANCOCK, 1988b). Plusieurs objectifs peuvent être avancés pour leur mise en œuvre :

- aide à la définition du problème et/ou à l'établissement du diagnostic. Les analyses peuvent à la fois mettre en évidence des troubles subcliniques et donner une indication sur leur origine ou simplement démontrer l'existence d'affection subclinique sans permettre une plus grande précision.
- détection des individus positifs (c'est-à-dire malades, infectés, séropositifs, immuns ou gravides selon les tests) dans un troupeau déclaré positif;
- dépistage d'une infection.

3.2.1. Données nécessaires pour l'interprétation des résultats de laboratoire

Un bilan des analyses réalisées est nécessaire. Pour chaque résultat, il faut identifier :

- le laboratoire qui a effectué les analyses (certains laboratoires ne disposent que de réactifs utilisés en humaine ou ne font pas certains types de recherche) ;
- la date du prélèvement (souvent différente de celle de l'analyse ou de celle de réception du colis) ;
- le numéro d'identification (n° de travail) du ou des animaux concernés et leurs caractéristiques : âge, stade physiologique (sevré/non sevré, gravide ou non...), rang de lactation, état sanitaire, etc. ...

Le groupe d'origine ainsi que le mode d'échantillonnage lors de prélèvement de plusieurs animaux d'un même groupe doivent être précisés (au hasard, animaux malades...). Le nombre d'animaux prélevés doit être suffisant pour interpréter les résultats selon les objectifs choisis (quantification ou qualification).

- la nature du (des) prélèvement(s) (sang, sérum, fragment de placenta, fœtus, bouses, aliment...) ainsi que l'éventuel mélange de prélèvements provenant d'animaux différents pour faire un pool ;
- la technique d'analyse utilisée (ELISA, hémagglutination, fixation du complément ou immunofluorescence par exemple pour la recherche d'anticorps) ;
- les éventuelles remarques faites par le laboratoire par rapport à l'état de conservation du prélèvement ;
- les résultats par animal ;
- les commentaires éventuels du laboratoire concernant la fiabilité ou l'interprétation des résultats.

3.2.2. Interprétation d'un test diagnostique au plan individuel

Les caractéristiques intrinsèques d'un test doivent être connues à travers deux paramètres : la sensibilité et la spécificité (tableau 27). Leur valeur varie de 0 à 1, mais sont plus fréquemment présentées sous la forme de pourcentages, soit de 0 à 100 %.

La **sensibilité** (Se) correspond à l'aptitude d'un test à fournir une réponse positive quand l'individu est infecté, soit Proba (T+/M+). La **spécificité** (Sp) correspond à l'aptitude du test à fournir une réponse négative quand l'animal est indemne, soit Proba (T-/M-).

Tableau 27 : Présentation des critères de sensibilité (Se), spécificité (Sp), valeur prédictive positive (VPP), valeur prédictive négative (VPN), prévalence apparente (Pa) et prévalence réelle (Pr) (d'après TOMA, 1996)

		Situation réelle		Valeurs prédictives	
		Infectés (M+)	Indemnes (M-)	Total	
Réponse au test	Positif (T+)	VP	FP	VP + FP $Pa = \frac{VP + FP}{N}$	$VPP = \frac{VP}{VP + FP}$
	Négatif (T-)	FN	VN	FN + VN	$VPN = \frac{VN}{VN + FN}$
Total		VP + FN	VN + FP	N	

$$Pr = VP/N$$

Caractéristiques du test

$$Se = \frac{VP}{VP + FN} \quad Sp = \frac{VN}{VN + FP}$$

FN = faux négatif, FP = faux positif, VP = vrai positif, VN = vrai négatif

Les facteurs de variation des performances des tests sont, entre autres (SMITH, 2000) :

- les erreurs systématiques et randomisées inhérentes aux procédures de test,
- les valeurs seuil utilisées pour différencier le normal de l'anormal,
- l'hétérogénéité biologique de la population testée.

La question souvent posée est la fiabilité d'un résultat positif ou d'un résultat négatif. Les valeurs prédictives (fig. 13), calculées à l'aide des probabilités conditionnelles (théorème de Bayes), permettent d'estimer la confiance que l'on peut avoir dans un résultat. Ces deux valeurs, contrairement à la sensibilité et à la spécificité du test, dépendent de la prévalence de la maladie.

$VPN = \frac{Se \cdot Pe}{Se \cdot Pe + (1 - Sp) \cdot (1 - Pe)}$	$VPP = \frac{Sp \cdot (1 - Pe)}{Sp \cdot (1 - Pe) + (1 - Se) \cdot Pe}$
-------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

Figure 13 : Calcul des valeurs prédictives positive (VPP) et négative (VPN)

La **valeur prédictive positive** (VPP) est la probabilité qu'une réponse positive corresponde à un individu réellement infecté, soit Proba (M+/T+). La figure 14, met en évidence que la VPP dépend de la spécificité du test, et surtout de la prévalence de la maladie dans une population. Plus la maladie est rare, plus la VPP est faible.

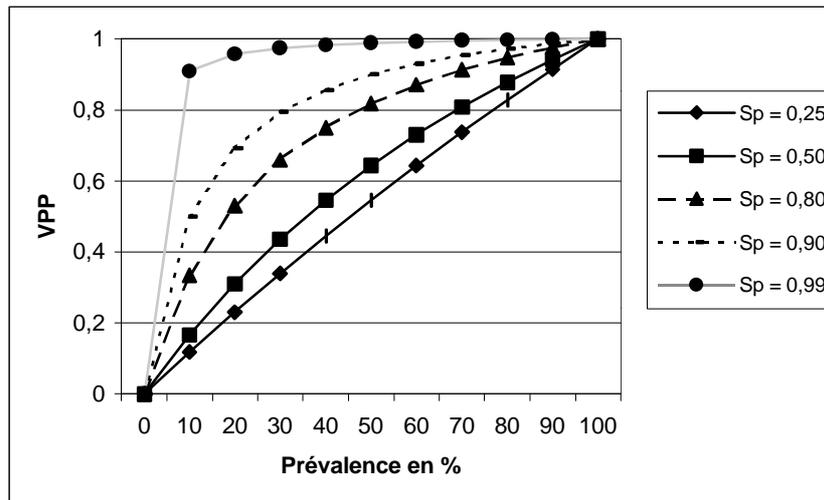


Figure 14 : Evolution de la valeur prédictive positive (VPP) en fonction de la prévalence de la maladie pour plusieurs valeurs de spécificité (Sp) du test. Se = 0,9

La **valeur prédictive négative (VPN)** est la probabilité qu'une réponse négative corresponde à un individu réellement indemne, soit Proba (M-/T-). La figure 15, montre que la VPN dépend de la sensibilité du test, et surtout de la prévalence de la maladie dans une population. Plus la maladie est rare, plus la VPN est élevée.

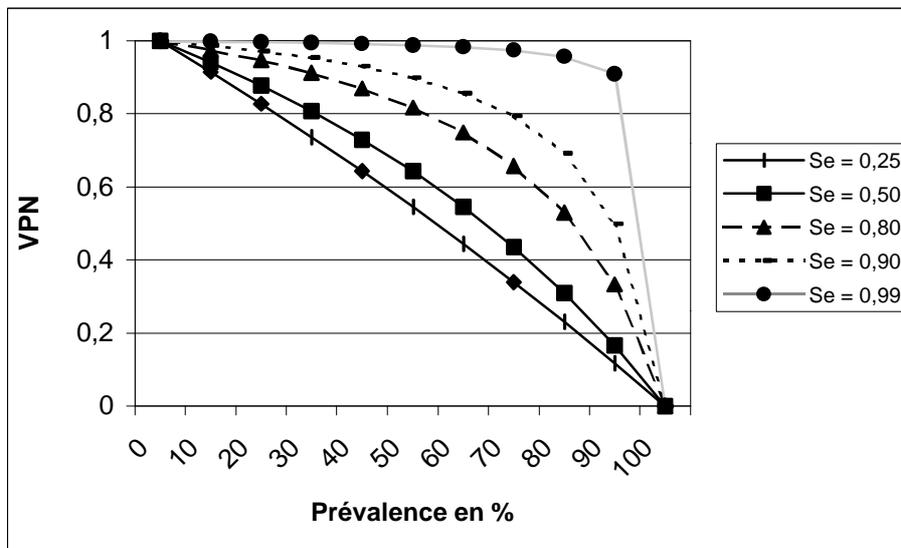


Figure 15 : Evolution de la valeur prédictive négative (VPN) en fonction de la prévalence de la maladie pour plusieurs valeurs de sensibilité (Se) du test. Sp = 0,9

Les valeurs prédictives varient de 0 à 1 (ou de 0 à 100 %). Lorsque l'on compare l'évolution des valeurs prédictives positives et négatives et fonction de la prévalence, on note qu'elles sont inversées (fig. 16).

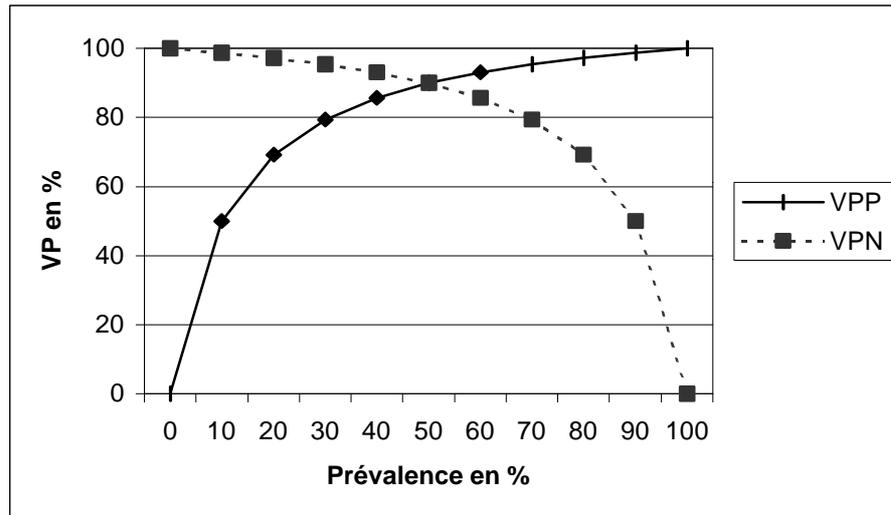


Figure 16 : Valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN) selon la prévalence estimée d'une maladie pour des valeurs de $Se = 0,9$ et $Sp = 0,9$.

La prévalence de la maladie joue donc un rôle important dans l'interprétation du test. Or la prévalence réelle est souvent inconnue. On utilise alors une probabilité pré-test issue de la littérature lors de situation comparable ou qui provient de l'expérience personnelle. Cette connaissance de la probabilité pré-test qu'un animal soit infecté est importante pour l'interprétation d'un résultat. L'exemple présenté ci-après permet de souligner l'importance du jugement clinique pour l'interprétation des résultats (SMITH, 2002).

*Prenons l'exemple d'une vache adulte atteinte de diarrhée chronique. D'après l'anamnèse, l'examen clinique et son expérience, le praticien évalue la probabilité pré-test que cet animal soit infecté par *Mycobacterium paratuberculosis* à 50 %. Une prise de sang est effectuée et une recherche d'anticorps par ELISA est demandée au laboratoire départemental. Le laboratoire déclare que la sensibilité de sa technique pour les animaux en phase clinique est de 80 %, et que la spécificité est de 97 %.*

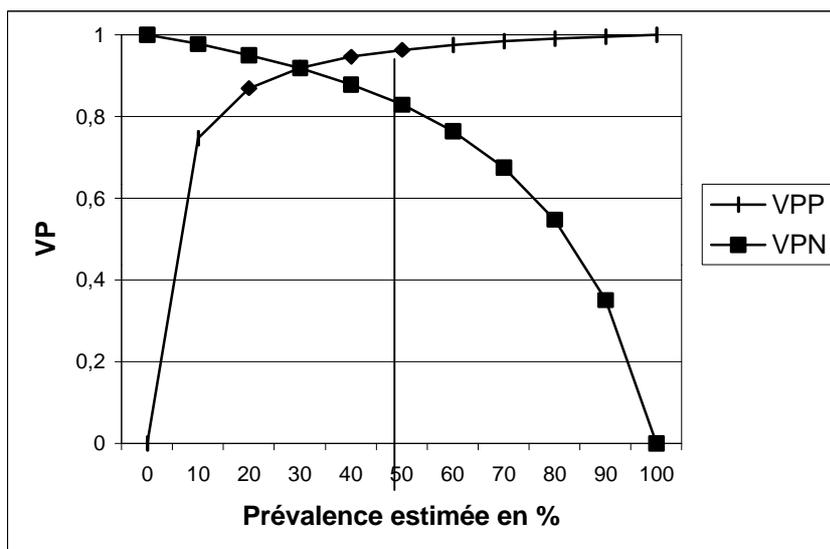


Figure 17 : VPP et VPN en fonction de la prévalence estimée pour un test de sensibilité de 0,8 et de spécificité de 0,97.

Si le résultat est positif, la probabilité que l'animal soit réellement positif est de 96 % (fig. 17). Ce résultat conforte le praticien dans son diagnostic de paratuberculose. Si le résultat est négatif, la probabilité que l'animal soit indemne est de 83 %, c'est-à-dire qu'il a 17 % de risque d'être infecté ce qui est nettement inférieur à la probabilité pré-test. Dans ce cas, d'autres diagnostics potentiels sont à considérer.

A partir des résultats d'analyses effectuées sur un échantillon ou une population, seule la **prévalence apparente** (Pa) est disponible (tableau 26). Elle correspond au nombre total d'animaux positifs au test dans la population ou l'échantillon. La connaissant, on peut calculer la **prévalence réelle** (Pr), correspondant au nombre total d'animaux réellement infectés dans une population de N animaux, par le calcul suivant :

$$Pa = (Se \times Pr) + [(1 - Sp)(1 - Pr)] \quad \text{d'où} \quad Pr = \frac{Pa + (Sp - 1)}{Se + Sp - 1}$$

On peut aussi calculer l'efficacité du diagnostic, c'est-à-dire le pourcentage d'individus classés correctement par le test :

$$EFFIC = Se \times P + Sp (1 - P) \quad \text{avec } P = \text{prévalence estimée}$$

3.2.3. Interprétation d'un test diagnostique au plan du troupeau

Un « test de troupeau » constitue l'évaluation d'un échantillon (ou de la totalité) du troupeau à l'aide de règles de décision qui permettent de classer le troupeau comme positif ou négatif d'après les résultats individuels. La qualification d'un troupeau de positif (c'est-à-dire infecté ou séropositif, immun, malade, ou exposé) exige la connaissance de plusieurs paramètres : la spécificité (Sp) et la sensibilité (Se) des tests individuels, la prévalence (P), le nombre d'animaux testés (n) ainsi que le nombre d'animaux positifs au test, nécessaires pour qualifier le troupeau de positif (valeur seuil : 1, 2 ou 3) (CHRISTENSEN, 2000).

On définit la « sensibilité troupeau » HSe (herd sensitivity) comme la probabilité d'obtenir un résultat positif (c'est-à-dire au moins un individu positif si le seuil retenu est 1) dans un cheptel infecté. En général, la sensibilité troupeau est supérieure à la sensibilité individuelle du test, sauf lorsqu'un seul individu est infecté dans le troupeau : dans ce cas, elle lui est égale (TOMA, 1996). Pour un nombre d'animaux prélevé (n) fixe, la sensibilité troupeau augmente avec la prévalence, c'est-à-dire avec le nombre d'individus réellement positifs. Lorsque n augmente, la sensibilité troupeau n'augmente parallèlement que pour une prévalence ≤ 40 % (CHRISTENSEN, 2000).

La « spécificité troupeau » HSp (herd specificity) est la probabilité d'obtenir un résultat négatif pour un troupeau négatif. Contrairement à la sensibilité troupeau, la spécificité troupeau est toujours inférieure à la spécificité individuelle du test (TOMA, 1996). De plus, lorsque le nombre d'animaux prélevés dans une population indemne augmente, la probabilité d'avoir au moins un faux positif augmente aussi, d'où une diminution de la spécificité troupeau. Cette diminution de la spécificité troupeau est d'autant moindre que la spécificité individuelle est importante (CHRISTENSEN, 2000). Ainsi, HSp va être fonction de la spécificité du test individuel et de la taille du troupeau alors que HSe va dépendre essentiellement de la prévalence et de la taille de l'échantillon.

Les valeurs prédictives positives et négatives à l'échelle du troupeau se calculent de la même manière que pour les valeurs prédictives individuelles.

Plusieurs moyens sont disponibles pour augmenter HSe (CHRISTENSEN, 2000) :

- faire des mélanges de prélèvements de même nature, provenant de plusieurs individus différents. Cette méthode peut toutefois aboutir à l'effet inverse par effet de dilution. Le résultat dépend de plusieurs facteurs : prévalence réelle, taille du mélange, nombre d'individus participant au mélange, performances du test pour le mélange comparativement aux performances individuelles. Cette technique sera intéressante surtout lors de prévalence réelle faible mais entraînera, parallèlement à une augmentation de HSe, une diminution concomitante de HSp.

- effectuer des prélèvements orientés sur des individus choisis en fonction de leur âge, stade physiologique, ou statut sanitaire pour augmenter les chances de détecter des individus positifs. Dans ce cas, HSe augmentera sans diminution de HSp, qui ne dépend pas de la prévalence.

- effectuer une combinaison de tests. Le principal inconvénient de cette méthode est d'être coûteuse.

3.3. Analyse des facteurs de risques

3.3.1. La notion de facteur de risque

L'un des objectifs de l'investigation est la mise en évidence de facteurs de risque associés à la maladie. Les facteurs que l'on suspecte peuvent donc être associés statistiquement à la maladie, ou non. S'ils sont associés, ils peuvent être causaux, ou non (fig. 18). Lorsque le facteur est associé statistiquement à la maladie mais n'est pas causal, on le définit comme un **indicateur de risque** (TOMA, 1996).

Pour établir le lien de cause à effet en pratique, trois principes doivent être démontrés (règle des trois A) (TOMA, 1996):

- Antériorité : la cause doit précéder l'effet
- Association : la force de l'association doit être évaluée
- Absence d'autres facteurs.

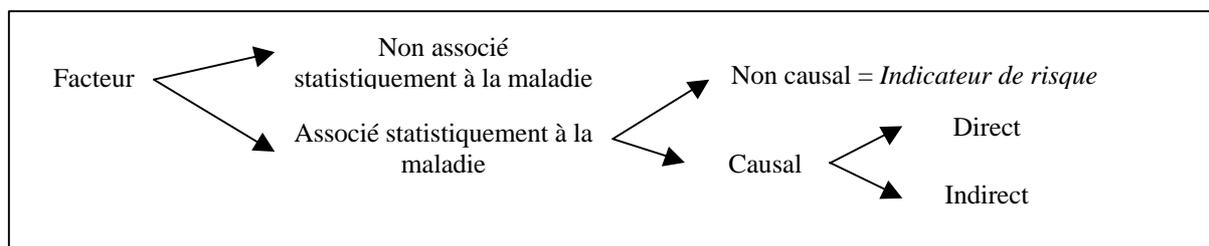
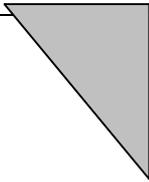


Figure 18 : Types d'association entre la maladie et les facteurs causaux hypothétiques (d'après THRUSFIELD, 1995 et TOMA, 1996)

Différents gradients de causalité peuvent être illustrés (tableau 28).

Tableau 28 : Illustration du gradient de causalité à travers l'exemple de la paratuberculose (d'après TOMA, 1996)

Facteur	Effet	Qualification du facteur	Degré de certitude de causalité
<i>M. paratuberculosis</i>	Paratuberculose	Cause	Maximale
Achat de bovin porteur de <i>M. paratuberculosis</i>	Apparition de la paratuberculose	Facteur causal	
Achat de bovin provenant d'un troupeau infecté		Facteur de risque	
Achat d'un bovin		Indice de risque	

Pour être considérés dans un plan d'action comportant des mesures de contrôle et de prévention, ces facteurs doivent être modifiables. Vis-à-vis des interventions, on distinguera donc trois catégories principales de facteurs associés à la maladie (LESSARD, 1988) :

- *facteurs non contrôlables* : âge, sexe, altitude de l'exploitation, climat...
- *facteurs contrôlables mais non modifiables* pour des raisons économiques (nécessitant de forts investissements) : structure des bâtiments d'exploitation...
- *facteurs contrôlables* : composition de la ration, nature de la litière, séquence de distribution de la ration, aménagement des ouvertures du bâtiment pour améliorer l'ambiance...

De plus, la hiérarchisation de ces facteurs de risque en fonction de la probabilité de leur implication dans l'apparition des troubles (RADOSTITS, 2001) permet de se focaliser sur des facteurs pertinents pour la mise en place de mesures correctives et préventives.

En conclusion, lors de mise en évidence d'un facteur de risque, il est prudent de le considérer comme un facteur circonstanciel et non d'emblée comme un facteur causal. L'intérêt de travailler sur les facteurs associés aux troubles est la possibilité d'intervention même lorsque les effecteurs et les mécanismes d'apparition de la maladie ne sont pas connus (diagnostic opérationnel) (ALNO, 2002).

3.2.2. Approche ALARME

Toutes les variables à examiner dans un troupeau sont dans l'acronyme ALARME (fig. 19).

La variable Alimentation intègre l'abreuvement. La variable Microbisme inclut les maladies et/ou les traitements. La Régie est un terme canadien qui correspond à la conduite d'élevage ; ce sont les règles et la connaissance de la conduite du troupeau, alors que la variable Eleveur intègre la manière d'appliquer la conduite de troupeau et la manière de faire sur un plan général (MARTINEAU, 2002b).

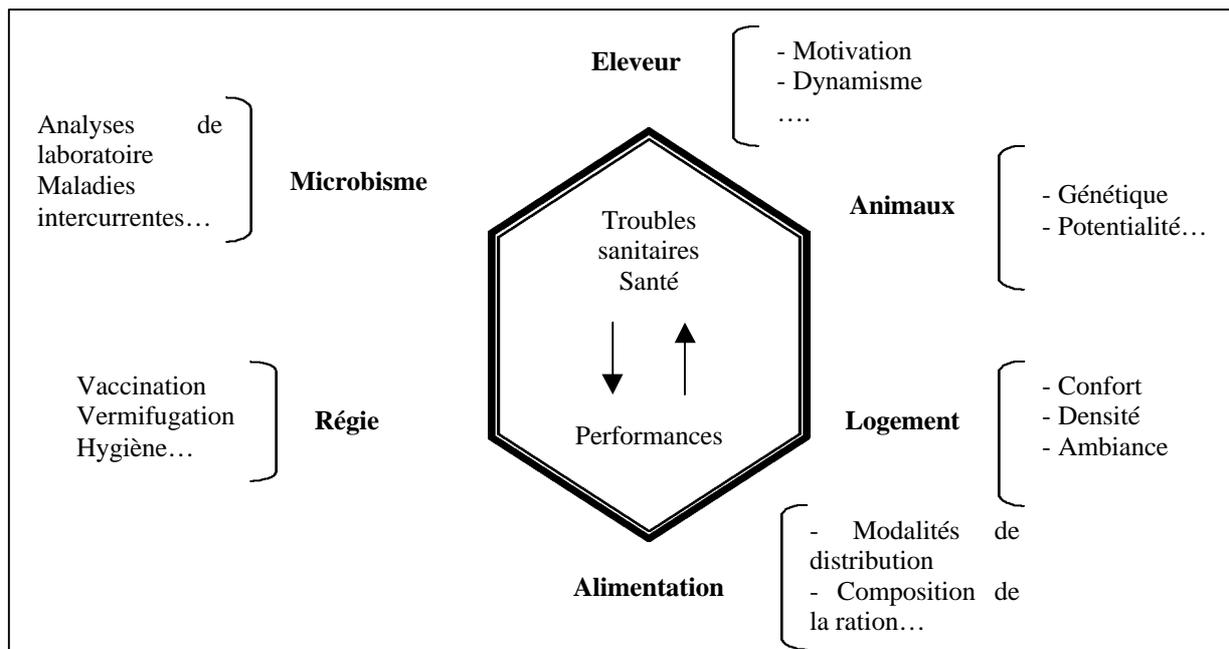


Figure 19: Diagramme de l'approche ALARME (d'après TILLON, 1980, GP MARTINEAU, 2002 et ALNO 2002)

Cette approche implique une bonne connaissance des facteurs de risque correspondant à chaque variable associée avec la (les) maladie(s) du diagnostic différentiel. L'utilisation de ce diagramme permet un abord méthodique et évite de sur-représenter une catégorie.

3.2.3. Approche statistique

Afin de mettre en évidence l'association entre un facteur de risque supposé de la maladie, on réalise une étude correspondant, en fonction des données disponibles, à une étude de cohorte, cas-témoin ou transversale (tableau 30). On calcule ensuite soit le risque relatif soit l'odds ratio selon les modalités qui sont présentées dans ce chapitre. Les données nécessaires au calcul sont représentées dans le tableau 29.

Tableau 29 : Données utilisées pour le calcul du risque relatif et de l'odds ratio

	Animaux malades	Animaux non malades	Total		
Animaux exposés au facteur de risque	a	b	a + b	$I_e = a / (a + b)$	Etude de cohorte
Animaux non exposés au facteur de risque	c	d	c + d	$I_{ne} = c / (c + d)$	
Total	a + c	b + d	n = a + b + c + d		
	Etude cas-témoin			Etude transversale	

I_e = Incidence de la maladie chez les animaux exposés ; *I_{ne}* = Incidence de la maladie chez les animaux non exposés

Tableau 30 : Présentation des différents types d'études épidémiologiques

	Etude de cohorte (<i>cohort study</i>)	Etude cas-témoin (<i>case-control study</i>)	Etude transversale (<i>cross-sectional study</i>)
<i>Définition</i>	Comparaison de l'incidence d'une maladie chez des sujets, indemnes au début de l'étude, exposés et non exposés	Comparaison de la fréquence d'exposition pour des sujets malades (cas) et non malades (témoins)	Echantillon provenant de l'ensemble de la population sans sélection sur les critères de maladie ou d'exposition
<i>Avantages</i>	Pas de biais pour la mesure de l'exposition	Rapide, simple Eude de plusieurs facteurs de risque Pas de mesure	Simple et rapide Evite les biais
<i>Inconvénients</i>	Effectif nécessaire élevé, long si l'incubation de la maladie est longue	d'incidence, biais possibles (mesure de l'exposition et risque de non-représentativité du groupe témoin)	Exposition et statut sanitaire déterminés à un seul et même moment
<i>Indication</i>	Maladie fréquente, exposition rare Incubation courte	Maladie rare, nombreux facteurs de risque Incubation longue	
<i>Fréquence maladie</i>	Taux d'incidence Incidence cumulative		Prévalence
<i>Calcul de la force de l'association maladie / facteur de risque</i>	RR = I_e/I_{ne} RA = $[(RR-1)P_e]/RR$	OR = $(a/c)/(b/d) = ad/bc$ RA = $[(OR-1)/OR]$	OR = ad/bc
<i>Variance</i>	$var(\ln RR) = (b/a) / (a + b) + (d/c)/(c + d)$	$Var(\ln OR) = 1/a + 1/b + 1/c + 1/d$	$Var(\ln RR) = 1/a + 1/c$

• **Calcul et interprétation du risque relatif (RR)**

Le risque relatif ne se calcule que pour les études de cohorte (présence de deux sous-échantillons de la population étudiée : individus exposés et individus non exposés) et pour les études transversales (étude d'un échantillon représentatif de la population). Pour vérifier si les pourcentages obtenus sont réellement différents ou dus à des fluctuations d'échantillonnage, il est indiqué de calculer le χ^2 , préalablement au calcul du risque relatif (TOMA, 1996).

✓ **Calcul :**

$$RR = \frac{\frac{a}{a+b}}{\frac{c}{c+d}} = \frac{\text{Incidence de la maladie chez les sujets exposés}}{\text{Incidence de la maladie chez les sujets non exposés}} = \frac{I_e}{I_{ne}}$$

L'intervalle de confiance à 95 % doit être calculé :

$$= \left[RR \exp\left(-1,96 \sqrt{\text{var} \ln RR}\right); RR \exp\left(+1,96 \sqrt{\text{var} \ln RR}\right) \right] \quad (\text{var} = \text{variance})$$

avec $\text{var}(\ln RR) = \frac{b}{a+b} + \frac{d}{c+d}$ (Rq. : pour une étude transversale $\text{var}(\ln RR) = \frac{1}{a} + \frac{1}{c}$)

✓ **Interprétation :**

- $RR < 1$ et l'intervalle de confiance n'inclut pas la valeur 1 : le facteur considéré est un facteur de protection

- $RR = 1$ ou l'intervalle de confiance inclut la valeur 1 : le facteur considéré n'est pas associé à la maladie étudiée

- $RR > 1$ et l'intervalle de confiance n'inclut pas la valeur 1 : le facteur considéré est un facteur de risque, la valeur du risque relatif indique la force de l'association entre l'exposition au facteur et la maladie. Le facteur de risque est donc le facteur par lequel le risque de la maladie est multiplié lors d'exposition.

Dans les situations rencontrées en exploitation, l'interprétation du rôle d'un seul facteur est à prendre avec précaution lors d'étude de problèmes d'origine multifactorielle. Il peut exister des facteurs de confusion qui biaisent l'estimation de RR. Des précautions sont aussi à prendre lorsque le nombre d'individus inclus dans le calcul est faible.

Ce calcul ne constitue qu'un guide pour la recherche des facteurs de risque. L'interprétation ne se fait qu'à la lumière de l'ensemble des données et des observations (BRAND, 1996).

• **Calcul et interprétation de l'odds ratio**

✓ **Calcul :**

L'odds ratio se calcule pour tout types d'étude. Il correspond à la probabilité d'avoir la maladie selon l'existence ou non du facteur de risque.

$$OR = \frac{ab}{cd} = \frac{\frac{a}{c}}{\frac{b}{d}} \left. \begin{array}{l} \text{Odds d'exposition chez les cas} \\ \text{Odds d'exposition chez les témoins} \end{array} \right\}$$

$$\text{Intervalle de confiance à 95 \%} = \left[OR \exp(-1,96 \sqrt{\text{var ln OR}}); OR \exp(+1,96 \sqrt{\text{var ln OR}}) \right]$$

$$\text{Avec var (ln OR)} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \frac{1}{d}$$

Lorsque l'incidence de la maladie est très faible, l'odds ratio se calcule comme le risque relatif. Toutefois pour la plupart des maladies animales, la prévalence est $> 5\%$ (BEAUDEAU, 1998).

✓ **Interprétation :**

- $OR \leq 1$ et l'intervalle de confiance inclut la valeur 1 : le facteur considéré n'est pas associé à la maladie étudiée

- $OR > 1$ et l'intervalle de confiance n'inclut pas la valeur 1 : le facteur considéré est un facteur de risque, la valeur de l'odds ratio indique la force de l'association entre l'exposition au facteur et la maladie.

Lorsqu'une case de la table de contingence comprend le chiffre 0, un test du χ^2 et le calcul de l'intervalle de confiance remplacera le calcul de l'odds ratio.

L'intérêt de calculer un risque relatif ou un odds ratio au lieu ou en plus du chi-deux permet d'avoir, outre le degré de signification de l'association, le sens et la force de l'association.

- **Risque attribuable (RA)**

Il indique quelle proportion des individus ne seraient pas malades en cas de non-exposition au facteur de risque, ou la proportion de cas de la maladie que l'on peut attribuer au facteur de risque dans l'ensemble de la population.

RA = Incidence de la maladie chez les sujets exposés - Incidence de la maladie chez les sujets non exposés

$$RA = \frac{P_{e+} (RR - 1)}{(P_{e+} \times RR) + (1 - P_{e+})} = \frac{P_{e+} (RR - 1)}{(P_{e+} \times RR) + (1 - P_{e+})}$$

avec P_{e+} = proportion de sujets exposés au facteur de risque dans la population, soit :

$$P_{e+} = \frac{a + b}{n}$$

L'utilisation des statistiques n'est pas systématique lors d'évaluation des résultats d'un troupeau. Il peut toutefois exister des situations où la mise en évidence de facteurs de risque par cette méthode peut présenter des intérêts. De plus, il peut arriver que, pour clarifier une situation, une étude épidémiologique soit mise en place sur l'exploitation (RADOSTITS, 2001).

4. Mise en place d'un plan d'action

4.1. Qualités d'un plan d'action

- Le plan d'action doit répondre à des objectifs établis avec l'éleveur par rapport au(x) problème(s) détecté(s). Dans le même ordre d'idée, il doit aussi répondre au motif d'appel qui a motivé la consultation dans le cas où d'autres problèmes sont détectés au cours de la visite. Les **objectifs** doivent (NORDLUND, 1999, SEEGERS, 1996):

- être **peu nombreux** : un ou deux objectifs (trois au maximum) avec des notions de priorités (hiérarchisation).

- être un **engagement mutuel** du praticien et de l'éleveur. En effet, si le praticien fixe les objectifs mais que l'éleveur n'adhère pas à son point de vue, les mesures sont vouées à l'échec.

- être **exprimés** (ou traduits) **en termes économiques** pour renforcer l'adhésion de l'éleveur.

- être **définis dans le temps et mesurables**. Un ou plusieurs critères (indices) doivent être choisis pour surveiller l'évolution de la situation. Ils doivent être spécifiques du problème et être sensibles aux variations précoces afin d'avoir une réponse rapide au changement. En parallèle un système d'enregistrement des données doit être mis en place.

- être **réalistes**, c'est-à-dire accessibles, atteignables.
- **bénéficiaire d'un plan** cohérent ou d'un programme spécifique pour les atteindre (plan d'action).
 - Le plan d'action doit comporter des actions à court, moyen et long terme (BRAND, 1996 ; MARSH, 1999) :
 - **actions à court-terme (ou plan opérationnel)** : actions à mettre en place dans les jours ou les semaines suivant la visite, comme la mise en place de traitements médicaux (vermifugation, synchronisation des chaleurs), de changement des proportions des aliments dans la ration ou de réforme d'animaux malades...

Le plan opérationnel doit réduire l'impact direct des troubles mais aussi permettre de conserver la motivation de l'éleveur. Les relations entre la mise en place d'actions à moyen et long terme et leurs effets sont difficilement évaluées par les éleveurs, contrairement aux effets des actions à court-terme (SEEGERS, 1996).
 - **actions à moyen-terme (ou plan tactique)** : actions à mettre en place dans les mois qui suivent la visite, comme par exemple la mise en place de tests systématiques pour identifier les animaux porteurs de *Staphylococcus aureus* afin de faire une ségrégation des animaux pour la traite et éventuellement une réforme progressive dans l'objectif de diminuer les cellules somatiques dans le tank... mais aussi la mise en place de structures lourdes en investissement : distribution automatisée de l'alimentation, construction d'un nouveau bâtiment pour les vaches en lactation ou pour les génisses...
 - **actions à long-terme (ou plan stratégique)** : elles définissent les lignes d'actions pour les années à venir comme des plans de vaccination, d'éradication de maladie (ex. : réforme anticipée des animaux séropositifs et renouvellement orienté pour la néosporose lorsque la séroprévalence est importante dans le troupeau), ou le changement progressif de système fourrager...
 - Le plan d'action doit être compris et accepté par l'exploitant et ses employés ou ses collaborateurs. Toutes les personnes concernées par les mesures doivent être impliquées, y compris les intervenants extérieurs (contrôleur laitier, technicien de chambre d'agriculture...). Dans les systèmes familiaux (type GAEC), la capacité de prise de décision commune est primordiale. Dans le projet interdisciplinaire de l'université du Maryland (PETERS, 1994), l'incapacité de certaines familles à prendre des décisions collectives stoppait le processus d'adoption et de changement des pratiques d'élevage. Plusieurs types de situations conflictuelles peuvent exister, avec à titre d'exemple :
 - différence d'opinion entre deux partenaires concernant l'emploi d'une personne extérieure,
 - manque d'accord dans une exploitation gérée par deux familles
 - le transfert imminent de l'exploitation des parents à la génération suivante,
 - incapacité ou mauvaise disposition des parents à renoncer à l'autorité sur la gestion de l'exploitation au profit des descendants.
 - Le plan d'action doit être adapté aux structures existant dans l'exploitation et aux disponibilités en terme économique, technique et ergonomique.

- Le bénéfice rapporté par la mise en place des mesures correctives doit être supérieur aux coûts de mise en place. Deux techniques peuvent être utilisées pour effectuer ces calculs : la méthode d'analyse de décision développée dans le troisième chapitre de cette partie et la méthode par budget partiel (FOURICHON, 2001c).

- La motivation à la fois du vétérinaire et des personnes qui vont appliquer les mesures est primordiale (NORDLUND, 1989).

4.2. L'analyse de décision

L'analyse de décision consiste en toute stratégie de manipulation de décisions complexes afin qu'elles deviennent plus facilement évaluables par l'esprit humain (NGATEGIZE, 1986).

La prise de décision, au sujet de la mise en place d'une vaccination ou d'un traitement dans un troupeau avec plusieurs alternatives possibles en terme de choix de vaccin et de risque de maladie peut être complexe. En plus des résultats potentiels, des critères économiques doivent souvent être inclus dans le choix d'une alternative. Afin d'évaluer la solution optimale en terme de rapport coût-bénéfice, plusieurs méthodes fournissant une approche systémique sont disponibles (MARSH, M., 1999, SMITH, 2000) Il existe une littérature en essor sur la prise en compte des données économique dans la prise de décision (DIJKHUIZEN, 1997 ; RADOSTITS, 2001 ; SEEGERS, 2001 ; TOMA, 1996).

L'analyse de décision, à travers l'arbre de décision, n'est valable, que lorsque le coût et les résultats des différentes alternatives sont bien différenciés.

4.3.1. Phase 1 : construction de l'arbre de décision (DARGATZ, 1990 ; FETROW, 1985)

- **Etape 1 : les préalables**

Le contexte de décision, c'est-à-dire la situation réelle à partir de laquelle une décision particulière est à prendre, doit être spécifié.

Plusieurs données sont à rechercher (dans l'ordre) :

1. Liste de toutes les décisions possibles et du coût qui leur est associé.
2. Liste de tous les événements incertains associés à chaque décision avec leur probabilité d'occurrence.
3. Valeur de chaque résultat potentiel, c'est-à-dire valeur de l'animal (gain) ou différence de valeur par rapport à sa valeur initiale (perte) après l'événement incertain.

- **Etape 2 : construction de l'arbre de décision**

Un arbre de décision est un diagramme horizontal qui se construit de gauche à droite, dans l'ordre séquentiel des événements. Il est composé de branches et de nœuds.

Les **nœuds** représentent des événements. Ils sont représentés différemment selon le type d'événement qui leur est associé :

- nœud de décision : représente le choix entre plusieurs options. Un arbre de décision commence toujours par un nœud de décision.
- O nœud de chance : représente les événements incertains pouvant aboutir à plusieurs résultats

– ◁ ou □ nœud terminal (optionnel) : représente le résultat final. On leur assigne une valeur (coût ou profit).

Les **branches** symbolisent :

– à partir d'un nœud de décision : les options du clinicien. On leur associe le coût de la décision ;

– à partir d'un nœud de chance : les résultats possibles. On y associe leur probabilité d'occurrence. La somme des probabilités associées à chaque nœud de chance doit être égale à 1 (ou à 100 %).

Dans l'arbre présenté dans la fig. 20, la notion de favorable et défavorable est relative.

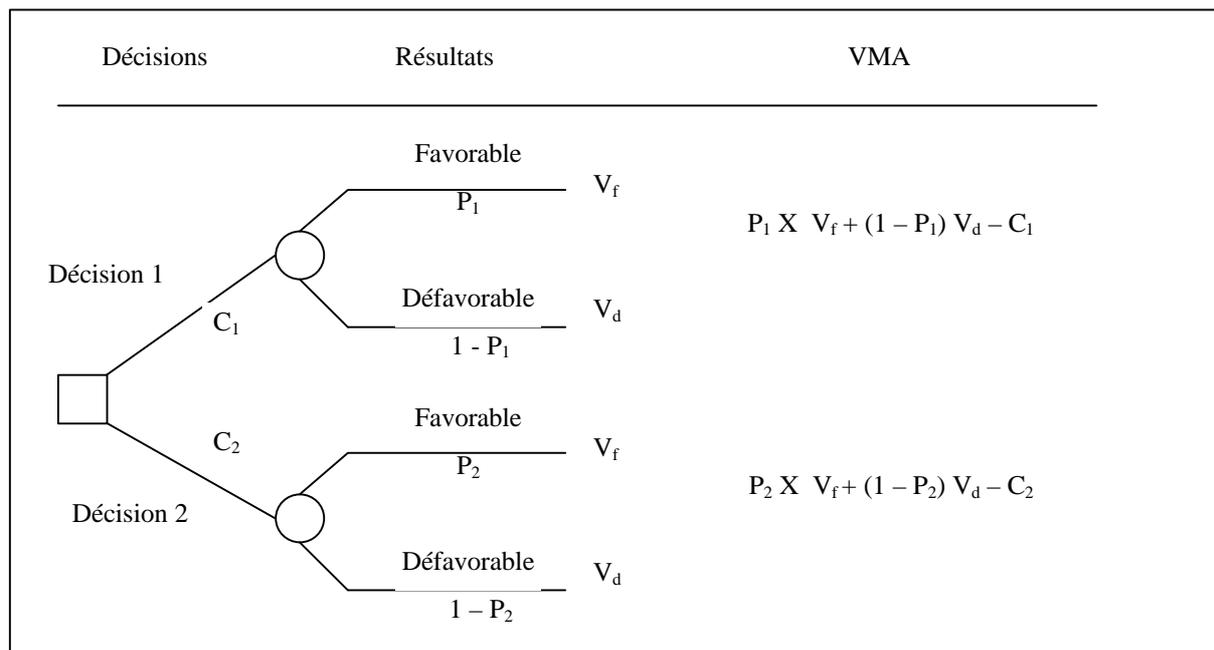


Figure 20 : Arbre de décision simplifié avec un seul nœud de décision et deux nœuds de chance. Les valeurs pronostiques (P₁, 1 - P₁, P₂ et 1 - P₂), les valeurs des réponses (V_f et V_d) et le coût des alternatives (C₁ et C₂) sont représentés. La valeur monétaire attendue (VMA) de chaque scénario est calculée.

4.3.2. Phase 2 : choix de l'option optimale

L'objectif est de choisir l'option pour laquelle la perte est minimale (ou le gain maximal). Pour cela, on utilise la méthode de rabattement (« folding-back »). On utilise l'arbre de décision que l'on a construit mais en partant de la droite vers la gauche. Pour chaque décision, on calcule la valeur monétaire attendue (VMA), qui correspond au coût (ou à la perte) attendue si le scénario se produit, en utilisant l'équation suivante :

$$\text{VMA (décision } i) = \sum [P(i) \times V_m(i)] - C(i)$$

On multiplie donc la valeur monétaire de chaque résultat (V_m (i)) par la probabilité (P_i) que l'événement se produise pour chaque événement incertain. On additionne ces valeurs pour tous les événements suivant le nœud de chance associé à la décision i. A cette valeur, on soustrait le coût de la décision i.

Ce calcul est réalisé pour tous les scénarios possibles associés à une décision. Lorsque l'arbre comporte plusieurs décisions successives, on remonte ainsi jusqu'au nœud de décision

initial (toujours de droite à gauche). Sur la branche de décision qui est rejetée, on place deux barres perpendiculaires.

La valeur monétaire attendue d'un scénario correspond donc à un calcul de probabilité (modèle déterministe). Elle correspond à la valeur moyenne obtenue pour un grand nombre d'individus.

4.3.3. Phase 3 : analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité répond à la question : est-ce que la décision optimale varie avec la variation des variables choisies ? Elle a pour objectif de vérifier si, pour un changement plausible de la valeur d'une des variables, la solution optimale est toujours la même. Elle donne donc le degré de confiance que l'on peut avoir dans une alternative.

Par exemple, la différence de VMA entre les décisions peut être maîtrisée en diminuant le coût de la solution sub-optimale. La valeur pronostique de la solution 2 devra être la suivante :

$$P_2 = P_1 - [(C_1 - C_2) / (V_f - V_d)]$$

4.3.4. Avantages et inconvénients

- **Avantages** (NGATEGIZE, 1986) :

L'analyse de décision permet :

- de définir et de structurer le problème,
- d'établir les alternatives et de prendre en compte les incertitudes,
- de vérifier plusieurs hypothèses en modifiant le modèle (flexibilité) et d'effectuer une analyse de sensibilité pouvant aboutir à un affinement du modèle,
- de sensibiliser l'éleveur aux alternatives et à la notion d'incertitude, car il est le décideur final (MARSH, 1999).

- **Inconvénients** :

- Nécessite une quantification des événements (coûts / probabilités) qui n'est pas toujours directement disponible. Dans un premier temps, la valeur finale d'un animal après différents événements incertains est difficile à apprécier : valeur en cas de réforme, en cas de guérison... (prise en compte de sa valeur génétique, de son niveau de production ou simplement de sa valeur bouchère ?) Dans un second temps, le choix des probabilités en l'absence de données disponibles ne peut être que subjective (NGATEGIZE, 1986).

- Utilisation de probabilités valables pour un grand nombre d'individus (valeurs moyennes), parfois difficilement adaptables à un cas particulier (DARGATZ, 1990);

- Les critères de choix sélectionnés influent sur la décision finale : maximisation du risque, minimisation du coût, optimisation de la décision en terme de coût-bénéfice... (NGATEGIZE, 1986)

- Fournit une valeur pronostique médiocre (DARGATZ, 1990). Afin d'avoir un aperçu de la fourchette, le compromis serait de calculer le pronostic dans le pire puis dans le meilleur des scénarios possibles.

- Prend du temps (NGATEGIZE, 1986).

5. Evaluation des résultats

A la fin de la visite, une date d'échéance est établie pour effectuer une nouvelle visite de l'exploitation et une analyse de l'évolution des critères fixés lors de la définition des objectifs.

Cette nouvelle visite aura deux fonctions principales (ALNO, 2002) : d'une part, elle permettra de vérifier l'observance de l'éleveur (les mesures ont-elles été appliquées et bien intégrées par l'éleveur ?), d'autre part, elle fournira une évaluation de la pertinence des mesures proposées et de leur impact.

On mesurera donc le niveau de satisfaction du ou des objectifs sélectionnés à partir des critères choisis lors de la mise en place du plan d'action. A partir des résultats, on mettra en évidence les points forts pour entretenir la motivation de l'éleveur. Enfin, on pourra éventuellement, si les objectifs ont été atteints donner de nouveaux objectifs, redéfinir de nouvelles actions et de nouvelles échéances. Dans le cas où les objectifs n'auraient pas été atteints une analyse des dysfonctionnements sera mise en œuvre et les corrections appropriées apportées. L'analogie avec la balistique permet de comprendre ces éléments. Lorsque les conditions de tir sont complexes (envoi d'une fusée dans l'espace), il est nécessaire de réajuster continuellement la trajectoire (MARTINEAU, 2002b). Il en est de même lors de suivi de troupeau et même entre deux visites.

Parmi les facteurs limitants on peut citer (SEEGERS, 1996) :

- la disponibilité des participants et leur implication volontaire ;
- la disponibilité de l'information, un enregistrement minimal des données doit être mis en place et suivi,
- la remise en cause de certaines conduites de troupeau peut être difficile à admettre de la part du producteur,
- adhésion et motivation diminuent au cours du temps : elles sont à entretenir,
- motivation du vétérinaire et ses interactions avec l'éleveur. Le vétérinaire devient non plus un exécutant mais un « motivateur » (NORDLUND, 1989),
- l'aptitude à l'écoute et à la communication (BEDOUET, 1994).

Un autre facteur de réussite des mesures mises en place concerne la conception que l'éleveur a de son élevage et de lui-même en tant que professionnel, c'est-à-dire l'image de ce qu'il peut ou ne pas faire (REDLUS, 1987).

Partie 3 :

La visite de l'exploitation

La visite de l'exploitation consiste à se rendre dans l'élevage pour collecter des informations à partir des éléments en place et pour identifier les facteurs requis.

Le premier chapitre aborde les aspects pratiques de préparation de la visite, puis identifie les éléments à recueillir pour comprendre le fonctionnement de l'exploitation. Le second chapitre est consacré à la sémiologie du troupeau, c'est-à-dire à l'étude des signes à observer à l'échelle du troupeau et de l'exploitation. Nous nous focaliserons sur les trois points essentiels que sont les animaux, l'alimentation et le logement, le premier pouvant aussi nous donner des indications sur les deux suivants. Ces trois points sont facilement accessibles lors d'une visite et leur évaluation révèle souvent des dysfonctionnements, quel que soit le motif de visite. Il s'agira donc de présenter les éléments à observer et de fournir quelques recommandations ou normes. Enfin, le troisième chapitre sera consacré à la rédaction du rapport de visite.

1. Préparation de la visite

La préparation de la visite consiste en la première prise de contact avec l'éleveur. Elle peut se faire au bureau, par contact téléphonique ou sur l'exploitation avant la visite *sensu stricto*. Elle correspond à deux éléments : d'une part, se familiariser avec le contexte de l'exploitation, d'autre part, fournir des informations sur le motif d'appel qui permettront de réaliser une visite adaptée au type de problème rencontré. Même dans le cas où l'élevage est connu du praticien, il peut être intéressant de vérifier qu'il n'y a pas eu de changement depuis la dernière visite.

1.1. Aspects pratiques

1.1.1. Le temps

La visite doit être prévue suffisamment à l'avance pour que tous les acteurs intéressés soient présents (les employés, les associés, les intervenants extérieurs...). Elle doit être prévue à un moment de la journée où il n'y a pas d'interférence avec la conduite du troupeau, excepté pour des visites particulières du type visite de traite.

La durée prévisible d'une visite initiale est d'environ deux heures. Trois heures est le temps maximal à passer avec un producteur (VAGNEUR, 2002). Au-delà, la lassitude peut s'installer, et les tâches quotidiennes à accomplir peuvent interférer avec le déroulement de la visite.

Si les visites sont régulières et programmées à l'avance, le temps dont dispose l'éleveur pourra varier d'une visite sur l'autre. Dans ce cas, il conviendra de lui poser la question suivante : « Quelle limite de temps se donne-t-on aujourd'hui ? » Lorsque la période de temps est limitée, du type une demi-heure, il faudra déterminer en accord avec l'éleveur le point essentiel à aborder, sans hésiter à découper le problème en approches successives et courtes, mais cohérentes par rapport au plan global d'intervention (VAGNEUR, 2002).

Les points qui n'auront pas été abordés seront reportés à une visite ultérieure.

1.1.2. Les participants

La visite peut être effectuée par un consultant (ou conseiller) seul ou en relation avec plusieurs intervenants (confrères, contrôle laitier, inséminateurs, techniciens...) simultanément ou successivement à la demande de l'un d'eux (VAGNEUR, 2002).

Les approches multidisciplinaires ont fait l'objet d'un certain nombre de publications (DAHL, 1991, O'CONNOR, 1985, PETERS, 1994). Elles consistent en des investigations en profondeur de tous les domaines de l'exploitation avec des experts provenant de plusieurs disciplines (santé animale, reproduction, nutritionnistes, inséminateurs, économistes, ingénieurs / techniciens agronomes...) afin de détecter plus précisément les sources de non-optimisation des performances, de résoudre d'éventuels troubles sanitaires et d'optimiser la rentabilité. Ces approches semblent donner de bons résultats (PETERS, 1994). Chaque acteur apporte son domaine de compétence pour évaluer les points à corriger et proposer des solutions adaptées. Toutefois, elles sont réalisées dans un cadre universitaire. Sur le terrain actuellement, ces approches nécessitent une bonne entente entre des intervenants souvent concurrents. Le facteur humain est le facteur limitant à leur réalisation et à leur réussite : la communication entre les individus est centrale..

1.1.3. Matériel et hygiène (VAGNEUR, 2002)

1.1.3.1. Le matériel

- **Matériel d'enregistrement**

Le matériel élémentaire se résume à un stylo et un carnet pour noter toutes les informations qui seront utilisées dans l'analyse des données et la réalisation du rapport. Un appareil photo (voire une caméra) peut être un outil précieux, sous réserve que l'éleveur autorise son utilisation.

- **Matériel pour les prélèvements**

- tubes de chaque catégorie : tube sec, héparinate de sodium, héparinate de lithium, fluorures, EDTA,
- porte-tubes, aiguilles stériles,
- gants de fouille, gants en latex,
- sacs, pots en plastiques stériles et non stériles pour d'éventuels prélèvements de bouses, d'aliment, etc. ...
- trousse d'autopsie,
- glacière pour la conservation des tubes de sang, d'organes...

- **Instruments de mesure :**

Selon les besoins de la visite, outre le matériel de base pour l'examen clinique des animaux, plusieurs instruments peuvent être nécessaires :

- un décimètre : mesure des dimensions des bâtiments, des parcs, de la longueur des auges, des dimensions des silos,
- un peson et une balance : mesure des quantités réellement distribuées des divers aliments de la ration, éventuellement pesée des veaux,
- un pH-mètre : mesure du pH des ensilages,

- une sonde thermomètre : température de la litière accumulée, température dans les silos,
- un séparateur de particules pour évaluer la taille des particules des ensilages de maïs et de la ration complète,
- une passoire (ou « bousomètre » (VAGNEUR, 2002)) pour laver les bouses et évaluer la taille des particules qu'elles contiennent,

Pour évaluer l'ambiance des bâtiments :

- un hygromètre pour mesurer l'humidité de l'air,
- un thermomètre pour mesurer la température d'ambiance,
- un anémomètre à fil chaud pour mesurer la vitesse du vent,
- des tubes fumigènes pour visualiser les circuits d'air dans les bâtiments.

Une calculatrice peut aussi être d'un grand secours.

1.1.3.2. Hygiène

Il est indispensable d'arriver sur l'exploitation avec une tenue et des bottes propres. L'idéal est de toujours avoir dans sa voiture un seau, du désinfectant et une brosse pour pouvoir laver et désinfecter les bottes en fin de visite (voire aussi au début). L'emploi de sur-bottes constitue une bonne alternative.

Le sens de circulation lors de la visite doit respecter le principe de la marche en avant du propre vers le sale. Ce principe n'est pas toujours suivi. Il peut nuire au déroulement de la visite. Lorsqu'il n'est pas indispensable de suivre ce circuit (à la demande de l'éleveur par exemple), le cheminement dans l'exploitation se fera dans le sens qu'impliquent les investigations (MARTINEAU, 2002b).

1.2. Objectifs professionnels de l'exploitation

Le premier élément à prendre en compte correspond aux objectifs de l'exploitant pour son entreprise. Cette étape est essentielle pour la suite de la démarche et pour l'élaboration du conseil. Par exemple, il est difficile de proposer un investissement dans un bâtiment si une cessation d'activité est prévue dans les cinq ans qui suivent.

Demander à l'éleveur quels sont ses objectifs professionnels a d'autres avantages : clarification par l'éleveur de ses buts, mais aussi création d'un lien fort éleveur/praticien qui sera important pour le suivi ultérieur des recommandations (VAGNEUR, 2002).

Des exemples d'objectifs sont :

- de réduire les coûts de production pour augmenter le revenu,
- d'augmenter le quota et agrandir l'exploitation pour l'installation d'une tierce personne (enfants...),
- de dégager des périodes de temps libre à certaines périodes de l'année...

Même s'ils ne sont pas formulés, les objectifs de rentabilité et pérennité sont implicites.

Afin de comprendre les processus de décision au sein d'une exploitation familiale, tableau 31 résume les trois sous-systèmes qui composent l'exploitation agricole. Ce découpage provient de l'approche globale développée dans les années 1970 et 1980 en France et dérive directement de la notion de système.

Tableau 31 : Les sous-systèmes de l'exploitation agricole (d'après BONNEVIALE, 1989)

	Fonction	Caractéristiques
1. <i>Système d'opérations (ou de production)</i>	Mise en œuvre des opérations nécessitées par les processus productifs	Décision tactique au jour le jour
2. <i>Système de décision :</i>	Génère des décisions orientant et assurant le système d'opération en fonction des finalités et des objectifs de pilotage	
– <i>Système de finalité</i>	Expression d'un ensemble d'orientations, d'aspirations à propos du fonctionnement de l'exploitation	Permanence relative dans le temps
– <i>Système de pilotage</i>	Prise de décision stratégique par rapport à un ensemble d'objectifs de pilotage	Mobilisation des moyens, adaptations successives aux différents aléas
3. <i>Système d'information</i>	Assure le lien entre le système de décision et le système d'opération	Produit et mémorise les indicateurs représentatifs de l'action du système d'opération

Les objectifs qui guident les décisions sont de deux types (BONNEVIALE, 1989) :

- des objectifs déterminés par le groupe familial, plus ou moins explicites, cohérents ou hiérarchisés, pour le sens de l'action de ceux qui conduisent le système d'opération,
- et des objectifs fixés par les acteurs du système d'opération.

Les premiers sont d'ordre stratégique et les seconds d'ordre tactique⁷. Il est important de préciser que même dans les structures familiales ce ne sont pas toujours les mêmes individus qui décident des stratégies et qui les appliquent.

1.3. Le contexte de l'exploitation

Après avoir demandé à l'éleveur quels étaient ses objectifs professionnels, on lui demandera de dépeindre son exploitation telle qu'il la perçoit, précédé éventuellement d'un historique rapide (date d'installation, installation/départ de membres de la famille, association...).

Les informations à recueillir sont de trois ordres : le type de production, les moyens disponibles et la conduite d'élevage.

1.3.1. Le type de production

Le type de production réfère aux produits terminaux du système de production de l'exploitation. Certains éleveurs laitiers vendent du lait pour la laiterie, d'autres font de la transformation fromagère, d'autres encore peuvent avoir comme activité principale la vente d'animaux à haut potentiel génétique.

Le quota laitier alloué à l'exploitation est un élément important à prendre en compte. L'éleveur doit préciser s'il est en dépassement de quota ou s'il a des difficultés pour le produire.

⁷ Les notions de stratégie et de tactique sont bien à différencier. La première concerne les lignes de conduite à adopter et la seconde les moyens pratiques, adaptés au terrain qui sont mis en œuvre.

Connaître l'existence d'autres ateliers que celui pour lequel on intervient permet d'estimer le temps disponible pour son fonctionnement. De plus, d'éventuelles possibilités de contamination croisée entre les ateliers pourront être recherchées par la suite.

Certaines exploitations sont spécialisées dans une seule production. Dans d'autres, sont produits des cultures de vente (polyculture-élevage). Dans ces exploitations, la disponibilité pour l'atelier animal pourra être moindre durant les périodes de récolte et de semis. Enfin, d'autres éleveurs diversifient leur production en ayant en parallèle plusieurs ateliers : bovin allaitant, agneaux d'engraissement, porc...

Pour évaluer l'influence du degré de spécialisation d'une exploitation sur l'occurrence des troubles sanitaires dans l'atelier vaches laitières, une étude a été menée en Pays de Loire (FOURICHON, 2001b). Le tableau 32 précise la définition de la taille de l'exploitation et du degré de spécialisation utilisé dans l'étude. A l'exception des mammites cliniques avec répercussion sur l'état général et les métrites aiguës dont l'incidence est plus faible dans les ateliers de petite taille, aucune influence de la taille de l'atelier n'est notée pour l'incidence des maladies. Aucune différence statistiquement significative n'est mise en évidence entre l'incidence des différents troubles cliniques et le degré de spécialisation de l'exploitation.

Tableau 32 : Définitions de la taille de l'atelier lait et de son degré de spécialisation (issu de FOURICHON, 2001a)

	<i>Définition</i>
Taille de l'atelier lait	Production annuelle de lait
<i>Petit</i>	£ 250 000 kg
<i>Moyen</i>	> 250 000 à 350 000 kg
<i>Grand</i>	> 350 000 kg
Spécialisation laitière de l'élevage	% du revenu issu de l'atelier lait*
<i>Fortement spécialisée</i>	> 85 %
<i>Spécialisée</i>	> 75 à 85 %
<i>Production laitière principalement</i>	> 55 à 75 % et revenu de l'atelier allaitant/ revenu de l'atelier lait £ 0,2
<i>Production laitière et allaitante</i>	£ 75 % et revenu de l'atelier allaitant / revenu de l'atelier lait > 0,2
<i>Diversifiée</i>	£ 55 % et revenu de l'atelier allaitant / revenu de l'atelier lait £ 0,2

* revenu de l'atelier lait issu du lait, des veaux laitiers, des génisses laitières et des vaches laitières, revenu de l'atelier allaitant issu des veaux de boucherie, des vaches allaitantes, des bœufs.

Dans cette étude, le degré d'intensification est aussi pris en compte. Il est défini en fonction de quatre paramètres : l'âge au premier vêlage, le pourcentage de maïs dans les cultures fourragères, la quantité totale de concentrés consommés par les vaches et les génisses ramenées à la vache-année et la moyenne de la production laitière par vache-année (FOURICHON, 2001a). Huit groupes sont établis d'après les données provenant de 248 élevages. Peu de variations significatives ont été mises en évidence de l'incidence des cliniques entre ces groupes. Une tendance inverse est notée entre les mammites cliniques et les comptages de cellules somatiques : les mammites systémiques sont plus fréquentes dans le groupe avec la plus forte intensification par rapport à celui avec la plus faible intensification, alors que les CCS élevés sont plus fréquents dans ce dernier. En ce qui concerne les troubles de la reproduction, le groupe le plus intensif a la médiane la plus élevée (non significatif) pour l'incidence des métrites chroniques, les retards à la première insémination et le nombre de retours après insémination. La même tendance est observée (non significative) pour les cétozes cliniques et les métrites aiguës. Ce groupe a la médiane d'incidence la plus élevée pour 14 des troubles étudiés.

D'après cette étude, l'incidence des maladies ne semble que peu à pas liée aux degrés de spécialisation ou d'intensification. L'intérêt va résider essentiellement dans la compréhension du fonctionnement de l'exploitation en vue de trouver des stratégies adaptées.

1.3.2. Les moyens de production

Les moyens de production permettent d'avoir une vue générale de l'exploitation en terme de structure et d'identifier les atouts⁸ et les contraintes⁹ de ce système.

1.3.2.1. La disponibilité en main-d'œuvre

- **Aspect quantitatif**

Le volume de main d'œuvre présent sur une exploitation se mesure en UTH (Unité travailleur humain) qui représente une personne à plein-temps sur une exploitation pendant un an. Par exemple, pour un travailleur de 18 à 60 ans, 1 UTH correspond à 2 400 heures de travail réel dans l'année.

- **Aspect qualitatif**

Connaître les fonctions et les responsabilités de chaque personne permet de comprendre l'organisation du travail, spécifique de l'exploitation. Par ailleurs cette connaissance prépare la manière dont sera menée l'investigation (qui interroger, sur quel problème) et détermine les personnes qui seront impliquées dans la mise en place des recommandations.

Le degré de qualification de la main d'œuvre ainsi que son caractère permanent ou occasionnel peut aussi expliquer certains problèmes (chute de production lors de changement de trayeur, inexpérience d'un nouveau salarié...). Entre certaines exploitations voisines, l'entraide (prêt de main d'œuvre non rémunéré) peut permettre de mieux répartir les charges de travail.

L'âge de l'exploitant ainsi que la présence ou non d'un successeur jouent un rôle important pour le conseil sur le long-terme.

1.3.2.2. Les surfaces agricoles

Le mode de faire valoir des surfaces utilisées est à préciser. L'éleveur peut être propriétaire et exploiter ses terres mais il peut aussi être en fermage (total ou partiel) ou en métayage.

Les surfaces disponibles, mesurées en hectares (ha) sont divisées en plusieurs catégories selon leur destination. Tout d'abord la **SAU** (Surface Agricole Utile) mesure la totalité des surfaces de l'exploitation exploitables à l'exclusion des bois et des friches. Elle se divise en trois :

- surfaces destinées aux plantations (arbres fruitiers), à la vigne, au tabac, à l'horticulture...
- surfaces destinées aux céréales et aux cultures de vente
- Surface Fourragère Totale (SFT) qui est la somme des hectares utilisés pour l'alimentation fourragère des animaux. La **SFP** (Surface Fourragère Principale) a la même

⁸ Un atout correspond à « *tout élément d'une situation qui, en augmentant le champ des décisions possibles, favorise l'atteinte des finalités du système d'exploitation* » (BONNEVIALE, 1989)

⁹ Une contrainte est un élément qui restreint le champ des possibilités et limite l'atteinte des finalités du système d'exploitation. (BONNEVIALE, 1989)

définition mais chaque hectare de sol ne compte qu'une fois, qu'il ait ou non porté plusieurs cultures sur l'année (dérobé). Elle se compose :

- de la STH (Surface Toujours en Herbe) c'est à dire les prairies permanentes, les alpages / estives et les landes pacagées,
- des prairies temporaires (cultures de graminées ou graminées majoritaires + légumineuses) et prairies artificielles (culture de légumineuses seules),
- des surfaces produisant les fourrages annuels (maïs ensilage, sorgho...).

La proportion de surface destinée à l'alimentation des animaux de l'atelier lait est à préciser.

La connaissance des sites d'exploitation éventuels et du parcellaire a une triple importance. Elle permet d'estimer la productivité qui dépend à la fois du climat et du type de sol. De plus, le parcellaire est indissociable du temps consacré aux différentes activités et de la constitution de lots physiques d'animaux. Ainsi, certaines exploitations très morcelées avec des parcelles à plusieurs kilomètres du site principal nécessitent un surcroît de temps de transport et imposent des contraintes sur la conduite d'élevage.

1.3.2.3. Le bâti

Les structures présentes dans l'exploitation sont d'un grand intérêt. Plusieurs facteurs sont à identifier :

- le nombre de bâtiments destinés à l'élevage des animaux, au stockage des aliments,
- leur localisation par rapport au site principal d'exploitation et au logement du producteur, ce qui détermine le temps passé à surveiller les animaux en dehors des autres opérations (alimentation, traite...),
- la date de construction, la structure et la taille des bâtiments ainsi que leur orientation,
- type de logement des animaux,
- type de salle de traite, année de mise en service.

Les éléments d'intérêt pour l'investigation seront repris dans la partie sur l'inspection de l'exploitation.

1.3.2.4. Les animaux

Un minimum d'information est à connaître : le nombre d'animaux présents en moyenne pendant l'année (ou le jour de la visite) en fonction des catégories de race, d'âge : vaches adultes (sub-divisées en vaches à la traite et vaches taries) et génisses de renouvellement, ainsi que le niveau moyen de production du troupeau soit à travers la moyenne économique d'étable pour les troupeaux inscrits au contrôle laitier soit à travers le quota pour les élevages non inscrits.

La moyenne économique d'étable est la quantité de lait moyenne produite par vache et par an calculée comme suit :

$$\text{Moyenne économique} = \frac{\text{quantité de lait produite dans l'année par le troupeau}}{\text{nombre de vaches laitières présentes au cours de l'année}}$$

La taille du troupeau peut aussi se calculer en EVL (Equivalent Vache Laitière) ou en UGB (Unité Gros Bétail). Une UGB correspond à un animal présent toute l'année qui

consomme 3 000 UF / an. La valeur UGB des différentes catégories de bovin varie en fonction de l'âge (tableau 33).

Tableau 33 : Equivalence en UGB et en EVL des animaux présents sur l'exploitation

	<i>EVL</i>	<i>UGB</i>
Vache adulte	1	1
Génisse > 2 ans	0,8	0,8
Génisse 1 – 2 ans	0,5	0,5
Génisse < 1 an	0,3	0,3

1.3.2.5. Le matériel et les ressources financières

Le matériel agricole pour les cultures (adhésion à une CUMA ou non), le matériel de distribution de l'alimentation (désileuse, mélangeuse...) ou de nettoyage des bâtiments, de traite permettent d'estimer le degré de mécanisation et la pénibilité du travail. Le matériel de traite influe directement sur la pathologie mammaire.

Les capacités financières doivent pouvoir être évaluées afin de proposer des solutions adaptées économiquement aux possibilités de l'exploitation.

1.3.3. La conduite d'élevage

Après cet aperçu de l'aspect structural, l'aspect fonctionnel de l'exploitation reste à découvrir. Les domaines d'intérêts sont liés au fonctionnement du troupeau et aux risques de transmission d'agents pathogènes.

1.3.3.1. Conduite de la reproduction

Deux éléments principaux sont à préciser :

- méthode de reproduction : insémination artificielle ou monte naturelle. L'existence de l'une ou de l'autre de ces deux possibilités influera, par exemple, sur l'interprétation des échecs de la reproduction.
- la période de mise-bas : regroupée ou étalée ainsi que la justification du choix (prix du lait...). Cet élément est important à connaître. Par exemple, il peut être mis en corrélation avec l'alimentation. Lors de distribution d'une ration complète, les modalités pourront être différentes si les vêlages sont regroupés (deux rations dans le temps en fonction de la période de vêlage basées sur deux niveaux d'équilibres différents : une en début de lactation et une pour la fin de la lactation) ou étalés (deux lots dans l'espace : un en début de lactation avec un niveau d'équilibre élevé et l'autre plus faible).

1.3.3.2. Conduite du renouvellement

La politique de renouvellement de l'éleveur concerne la stratégie de réforme et de sélection génétique. Le renouvellement en terme de quantité est défini par deux paramètres : le taux de réforme annuel ainsi que le taux de renouvellement annuel (fig. 21). Ces deux paramètres sont à évaluer en parallèle.

$$\text{Taux de renouvellement annuel} = \frac{\text{Nombre de primipares présentes dans l'année}}{\text{Nombre de vaches présentes dans l'année}}$$

$$\text{Taux de réforme annuel} = \frac{\text{Nombre de vaches réformées dans l'année}}{\text{Nombre de vaches présentes dans l'année}}$$

Figure 21 : Méthode de calcul des taux annuels de renouvellement et de réforme

Nombre de primipares présentes dans l'année

- **La réforme**

Un taux de réforme élevé peut être un indicateur de l'existence de troubles sanitaires entraînant une réforme prématurée des animaux, mais il faut tenir compte des objectifs de l'éleveur qui peuvent être d'améliorer le niveau génétique de son troupeau et donc d'accélérer le rythme de renouvellement.

On différenciera la réforme volontaire de la réforme involontaire qui est une réforme pour inaptitude à la production indépendamment du niveau de production (trouble de la reproduction ou maladie). La prise de décision de réforme peut être décalée par rapport à la sortie effective de l'animal du troupeau. Le ou les motif(s) de réforme principal(aux) doi(ven)t être demandé(s).

Une étude de Seegers et al (SEEGERS, 1998) portant sur 5133 vaches réformées de 1988 à 1994 montre que le premier motif de réforme invoqué est l'infertilité (26,1 %), puis la faible production laitière (16,6 %) suivi des problèmes liés aux mamelles (12,3 %).

- **Le renouvellement**

- ✓ *Taux de renouvellement*

Le taux de renouvellement annuel mais aussi l'évolution de la démographie sur les trois à cinq dernières années est à préciser.

- ✓ *Modalités de renouvellement*

L'achat d'animaux pour le renouvellement est un élément indispensable à connaître pour évaluer les risques d'introduction d'agents pathogènes dans l'exploitation. Dans ce cas, l'âge des animaux introduits, leur origine ainsi que les dispositifs de sécurité mis en place par le producteur (quarantaine, prise de sang à l'achat...) doivent être évalués.

Lors d'auto-renouvellement, le lieu d'élevage des génisses est à connaître (sur place ou en pension).

- ✓ *Qualité du renouvellement*

En terme de qualité, les critères d'utilisation des taureaux pour la production des génisses de renouvellement donnent une indication de l'évolution souhaitée du troupeau. Les index des taureaux fournissent des données sur trois grands types de caractères génétiques (INRA, 2001) :

- la **production laitière** : quantité de lait produit (kg), quantité de matière protéique (MP en kg) et de matières grasses (MG en kg), taux protéique vrai (TP en g/kg) et le taux butyreux (TB en g/kg). L'INEL (INdex Economique Laitier) est une combinaison linéaire calculée comme suit :

$$\text{INEL} = 0,98 (\text{MP} + 0,2 \text{MG} + 1 \text{TP} + 0,5 \text{TB})$$

- des **caractéristiques fonctionnelles** : cinq index sont disponibles. L'index comptage cellulaire (CEL) permet d'améliorer la résistance aux mammites par une sélection indirecte sur les comptages cellulaires. L'index de longévité fonctionnelle (LGF) a pour objectif de retarder la réforme involontaire. L'index fertilité femelle (FER) évalue la fécondité post-partum des filles de ces taureaux (taux de réussite en insémination). Enfin, les index facilité de naissance (NAI) et facilité de vêlage (VEL) permettent respectivement d'améliorer les conditions de naissance des veaux issus des taureaux du centre d'insémination (effet direct) et les conditions de vêlage des filles de ces taureaux.

- des **caractéristiques morphologiques** : cinq index composites permettent de caractériser la mamelle (MA), la capacité corporelle (CC), le bassin (BA), les membres (ME) et donc la morphologie (MO) générale qui est une combinaison des éléments précédents.

Un index synthétique, l'ISU, permet de combiner tous ces composants :

$$\text{ISU} = 100 + 18,63 \left[\frac{\text{INEL}}{20} + 0,25 \text{CEL} + 0,25 \text{FER} + 0,25 \text{LGF} + 0,25 \text{MO} \right]$$

Des plannings d'accouplement peuvent être prévus en relation avec les techniciens des centres d'insémination, les inséminateurs et/ou les contrôleurs laitiers en fonction des résultats individuels des vaches et/ou de leurs caractéristiques morphologiques.

1.3.3.3. Conduite de l'alimentation

En terme de conduite globale de l'alimentation, il suffira d'avoir connaissance du type de ration distribué et des principaux fourrages et concentrés utilisés. Les périodes de pâturage et l'utilisation de l'estive ou de la transhumance sont à connaître.

Un critère simple pour identifier le niveau d'intensification est le chargement à l'hectare (nombre d'UGB/ha).

1.3.3.4. Gestion du système fourrager

L'assolement et les stocks disponibles sur l'exploitation permettent d'évaluer les capacités d'autosuffisance en terme d'alimentation animale. L'estimation des stocks sera précisée dans la partie consacrée à l'alimentation.

1.3.3.5. Le plan sanitaire d'élevage

Les plans de vaccination et de vermifugation doivent être déclinés. Pour chaque lot d'animaux concernés (vaches taries, vaches en lactation, génisses de renouvellement première et seconde année...). Ces informations concernent :

– le produit administré (nom déposé du produit utilisé et/ou principe actif), forme galénique (solution, bolus...),

- les date d’administration des traitements et leur positionnement par rapport aux changements de pâture, à la rentrée à l’étable ou la mise à l’herbe pour la vermifugation ; par rapport aux changements de lot ou par rapport au stade physiologique (âge, mois de gestation...) pour les vaccinations.

- les quantités administrées (dose utilisée) et l’estimation du poids des animaux,
- la voie d’administration (voie orale, intra-musculaire, sous-cutané, application locale en spot-on...)

- les modalités de contention des animaux (attache, cornadis, couloir ou cage de contention) qui permettent de juger de l’efficacité de la prise du principe actif, surtout lors d’administration par voie orale.

Les données sur les moyens de conservation, notamment des vaccins, peuvent donner des indications, en cas d’échec de vaccination par exemple.

1.3.3.6. La gestion des effluents

C’est un facteur qui peut être important pour certaines maladies comme la paratuberculose ou la salmonellose. Le lieu et le temps de stockage du fumier ou des lisiers, les plans d’épandages... sont autant de facteurs à connaître (tableau 34).

Tableau 34 : Gestion des effluents selon leur nature (d’après TILLIE, 1992)

Type de logement	Litière	Type d’effluent	Collecte	Stockage
<i>Etable entravée</i>	Beaucoup de paille	Fumier compact Purin	Raclage Caniveau	Plate-forme ou fosse Fosse
	Peu de paille	Lisier	Raclage	Fosse
	Caillebotis	Lisier	Par gravité	Fosse
<i>Stabulation libre</i>	100 % aire paillée litière accumulée	Fumier très compact	Curage	Plate-forme extérieure ou fosse
	Aire paillée en pente	Fumier mou Purin	Curage Raclage en bas de la pente	Plate-forme ou fosse Fosse
		Fumier compact Purin	Curage Raclage	Plate-forme ou fosse Fosse
	<i>Logettes</i>	Paillées > 2,5 kg de paille/tête/j	Fumier mou à compact	Raclage
Peu paillées < 0,5 kg de paille/tête/j (ou sciure de bois, paille hachée) Caillebotis		Lisier	Raclage du couloir	Fosse
		Lisier	Par gravité	Fosse

1.3.3.7. Conduite du pré-troupeau

L’élevage des génisses de renouvellement constitue un poste essentiel mais souvent ignoré. Le mode d’élevage, l’alimentation, le plan sanitaire et la gestion de la mise à la reproduction de ces animaux sont des éléments de base à requérir.

1.3.3.8. Modalités d’enregistrement / traçabilité des informations

Les modalités d’enregistrement utilisées par l’éleveur sont extrêmement variable mais conditionne la fiabilité des informations fournies. Par exemple, les données de reproduction peuvent être inscrites sur un carnet conservé d’une année sur l’autre, sur un planning linéaire

ou circulaire (dans ce cas, pas de trace des événements si des enregistrements écrits ne sont pas effectués..).

2. Activités durant la visite

Durant la visite, la prise en compte des documents d'élevage est une phase indispensable (cf. seconde partie). La visite se poursuit par un examen des animaux et des deux éléments principaux de la conduite d'élevage : l'alimentation et le logement.

2.1. Animaux

C'est la phase la plus importante de la visite. Comme nous l'avons déjà évoqué dans la première partie, les animaux sont le reflet du fonctionnement de l'ensemble du système exploitation laitière (NIELSEN, 1992).

Selon le motif d'appel, les animaux seront d'abord observés pour détecter d'éventuelles manifestations cliniques (jetage, toux, éternuement, boiteries, écoulements vaginaux, mammites...) afin de préciser les troubles observés par l'éleveur et de fournir d'éventuelles indications causales. Un objectif de la visite est l'évaluation de la gestion du troupeau, les éléments que l'on observera sur les animaux seront interprétés à l'échelle collective.

2.1.1. Comportement des animaux

Certains comportements n'ont pas de conséquence directe sur les résultats économiques de l'atelier lait. Toutefois, ils peuvent être des indicateurs de performances sub-optimales. En effet, si les facteurs environnementaux et de gestion induisent des comportements anormaux, ils doivent avoir des effets concomitants sur les performances et la santé du troupeau (LUESCHER, 1989).

2.1.1.1. Comportement dans l'environnement

Le comportement des animaux en stabulation vis-à-vis de leur environnement dépend du type de logement disponible : stabulation entravée, stabulation libre à logette ou stabulation libre à aire paillée et du type de surface et de litière. Il est important d'observer les animaux lors des périodes de repos, c'est-à-dire en dehors des périodes de traite et de distribution des aliments.

a. Vache couchée

- **Situation physiologique**

Une vache passe en moyenne de 10 heures (caillebotis en caoutchouc) à 14 heures (litière paillée ou matelas) couchée (BERGSTEN, 2001). Ce temps est primordial en terme de production laitière. D'une part, le débit sanguin dans la mamelle est augmenté de plus de 20 % chez la vache couchée par rapport à la vache debout. Il est probable que l'augmentation du débit sanguin intra-mammaire augmente la production laitière (NELSON, 1996 ; ROLLIN, 2001). D'autre part, le confort de l'aire de couchage a un impact important sur les boiteries

(ROLLIN, 2001). De plus, la vache rumine préférentiellement en position couchée (ALBRIGHT, 1995), c'est donc un critère qui joue aussi un rôle dans le fonctionnement ruminal.

La vache couchée peut adopter plusieurs positions. Tout d'abord elle peut être en décubitus sternal avec un membre antérieur tendu et les postérieurs repliés, la tête est alors soit sur le flanc soit droite, ou les postérieurs étendus. Parfois, le décubitus latéral est préféré mais pour de courtes périodes (ALBRIGHT, 1995). Toutes ces positions devraient pouvoir être prises quel que soit le type de logement.

Afin d'évaluer le confort d'un logement, on peut mesurer un indice appelé le quotient de confort des vaches (QCV) et qui correspond au nombre d'animaux correctement couchés dans les endroits prévus multiplié par 100 et divisé par le nombre d'animaux présents dans les stalles ou les logettes (les animaux avec uniquement les antérieurs dans les logettes sont inclus). L'objectif est d'atteindre un QCV de 80 à 90 % (NELSON, 1996).

- **Situations anormales**

Les positions anormales signent une situation d'inconfort de l'animal. La vache peut, par exemple, être couchée en diagonale dans une logette ou dans une stalle à l'attache. Les inconvénients de cette position sont la possibilité de déféquer dans la logette ou la stalle, de se blesser ou d'être blésée (écrasement des trayons) par la voisine (FERROUILLET, 2001). Les vaches sont couchées trop en avant ou trop en arrière dans la logette ou la stalle. Plus rarement, les vaches se couchent avec la tête vers l'allée et peuvent salir l'avant de la logette (FERROUILLET, 2001).

Toutes ces situations ont pour origine une conception des stalles ou des logettes inadaptée à la taille des animaux.

b. Mouvements de coucher et de relever

Les mouvements de relever et de coucher sont importants à observer dans certaines situations. Ce sont aussi des indicateurs de l'inadaptation de l'animal à son environnement.

- **Situation physiologique**

Une vache qui se couche (fig. 22 A.) baisse d'abord la tête, la balance latéralement puis plie une articulation carpienne (genou) en transposant son poids sur le pied opposé. Elle pose ensuite le genou plié au sol, puis l'autre. Elle bascule légèrement en avant pour replier ses postérieurs et se coucher. Le temps mis dépend essentiellement du confort de la logette

Le mouvement de relever (fig. 22 B) se décompose en plusieurs temps. Tout d'abord un basculement du poids vers l'avant permet de ramener les membres postérieurs de telle manière que la vache soit en décubitus sternal avec un poids quasi-identique sur les deux postérieurs. Ensuite dans un mouvement du corps vers l'avant, elle lève ses postérieurs et les met en extension. Puis s'appuyant sur l'un des antérieurs, elle déplie et étend l'antérieur opposé. Enfin, avec un mouvement de la tête vers le haut, elle déplie le second antérieur (FERROUILLET, 2001).

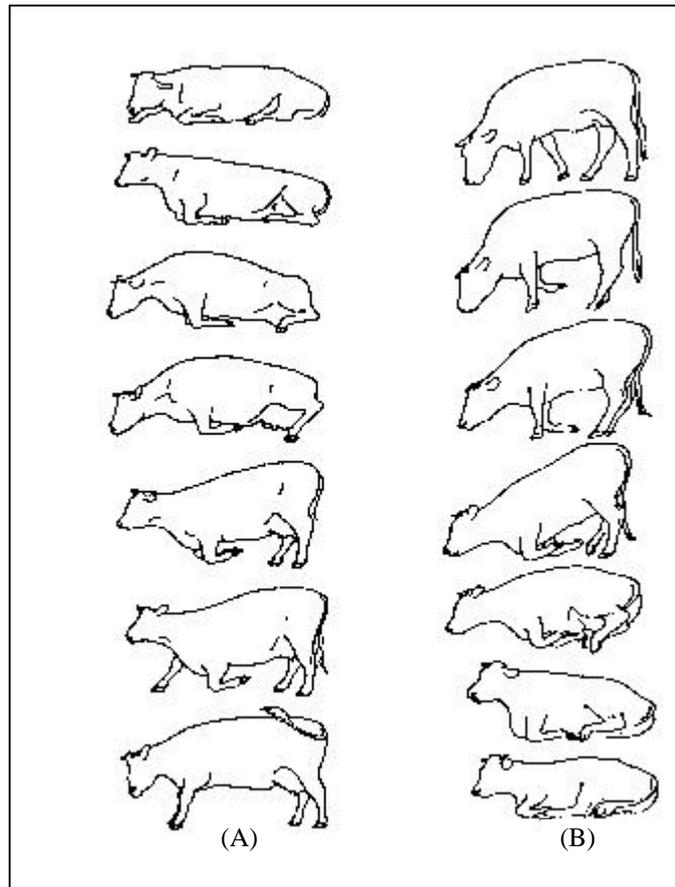


Figure 22 : Séquences des mouvements lors du lever (A) et du coucher (B) de la vache

- **Situation anormale**

La présence d'une vache debout avec les deux antérieurs dans la logette et les postérieurs dans l'allée ou d'une vache couchée dans l'allée signent l'existence d'un problème de confort. De même, des vaches qui présentent une séquence de mouvement de coucher ou de relever anormale (durée du mouvement trop importante, séquence anormale : relever avec les antérieurs en premier...) sont un signe d'appel de manque de confort ou de la présence de blessures.

2.1.1.2. Comportement alimentaire

a. Comportement physiologique

Une vache passe 5 à 9 heures par jour à s'alimenter en 10 à 15 repas (FAVERDIN, 1997). Son activité d'ingestion est essentiellement crépusculaire. Près du lever et du coucher du soleil ou après une distribution de ration, le repas peut durer de une à plusieurs heures (FAVERDIN, 1997).

La rumination occupe de 5 jusqu'à 12 heures par 24 heures au cours de 12 à 18 séquences (FAVERDIN, 1997). Les vaches ruminent préférentiellement couchées. Un moyen d'évaluer la fibrosité de la ration est d'évaluer la proportion de vaches couchées et vigiles en train de ruminer (NELSON, 1996). L'objectif est d'obtenir plus de 50 %, c'est-à-dire au moins une vache qui rumine sur 2 couchées et vigiles.

b. Comportements anormaux

On peut trouver des comportements redirigés (comportement effectué sur un substrat inhabituel ou inadéquat) ou des actions sans but précis (du type stéréotypie) (VEISSIER, 1999). Ces comportements peuvent servir d'indicateurs du bien-être animal ou signaler l'existence de troubles sanitaires.

Le pica est un comportement anormal qui peut être présent chez les vaches adultes comme chez les jeunes. Il s'agit de l'ingestion de matériaux autres qu'alimentaire (léchage de murs, ingestion d'urine...). L'origine peut être une carence nutritionnelle (manque de fibres, sel, cobalt ou phosphore) ou l'ennui chez certains animaux (RADOSTITS, 2000a).

Certaines vaches peuvent gaspiller la ration en fouillant, triant puis jetant en l'air sur les côtés ou sur leur dos les éléments de la ration. Environ 5 % de la ration peut être ainsi gaspillée. Ce comportement peut être observé en été, lors de la présence de mouches en quantité importante, ou alors en stabulation lorsque l'auge est surélevée par rapport au sol de l'aire d'exercice (ALBRIGHT, 1995).

Un autre comportement anormal consiste à lécher l'eau avec la langue au lieu de mettre les lèvres en contact avec l'eau et l'aspirer. Ce comportement se produit de manière excessive lorsqu'en stabulation entravée la litière est très humide, lorsque les bords de l'abreuvoir sont moisissus ou en présence de courants parasites. Il peut aussi devenir une stéréotypie chez des vaches à l'attache, indiquant alors l'ennui et le manque d'exercice (ALBRIGHT, 1995).

Le comportement de tétée mutuelle se retrouve chez les veaux et chez les vaches adultes (ALBRIGHT, 1995) :

– Tétée non nutritive entre veaux (intersuckling) : les veaux sucent ou têtent des parties du corps de leurs congénères (oreilles, prépuce, scrotum, trayon...) ou des objets inanimés. Ce comportement provient d'un état de frustration par rapport au comportement d'ingestion alimentaire. Son intensité dépend de l'expérience précoce de comportement de tétée (séparation tardive d'avec la mère, regroupement d'animaux très jeunes...).

– Comportement de tétée des vaches adultes : il peut être unidirectionnel ou mutuel entre deux animaux, parfois une vache peut téter son propre trayon. Les animaux ont souvent un comportement de roulement de la langue dans ou hors de la cavité buccale (tongue-rolling). Ce tic de langue peut avoir débuté lors de la croissance, en cas de logement inadapté. La tétée des trayons entre les vaches est favorisée par l'ingestion de lait et la diminution de la pression intra-mammaire.

Une étude montre qu'une diminution de la durée du comportement d'ingestion augmente la durée des comportements oraux anormaux (dont le tongue-rolling) (LINDSTROM, 2000).

2.1.1.3. Comportement social

Les vaches sont des animaux grégaires. Les relations au sein du groupe sont de type dominance – subordination et affinités. Les comportements agonistes servent à établir cette hiérarchie. Lorsqu'ils sont trop nombreux, cela peut avoir des répercussions sur la santé des

animaux les plus faibles (accès à l'alimentation, aux logettes...). La sur-densité et le mélange fréquent d'animaux augmentent les comportements agonistes au sein d'un troupeau.

2.1.2. Etat du pelage – Présence de blessures

2.1.2.1. Etat du pelage

L'observation à distance du pelage des animaux permet de fournir quelques informations (BEDOUEY, 1994) :

- un pelage lisse et brillant signe des animaux bien nourris et bien logés,
- un poil terne peut être visible chez des animaux maigres ou qui ont beaucoup maigri (VAGNEUR, 2002),
- des poils hérissés, des dépilations peuvent évoquer la présence d'ectoparasites,
- des poils roux sur des vaches à robe noire peuvent être le signe d'une carence en cuivre s'ils sont détectés sur des animaux d'états corporels différents. Ils sont fréquemment rencontrés chez des vaches maigres.

2.1.2.2. Présence de blessures

L'existence de blessures sur une proportion élevée de vaches oriente vers des causes liées au logement (LUESCHER, 1989). Les blessures peuvent siéger à divers endroits :

- **Trayons**

Les blessures sont occasionnées par la vache voisine, ou par la vache elle-même avec ses ergots du membre postérieur, ou lorsqu'elle se reprend dans un mouvement de relever ou encore si elle glisse sur une surface inadéquate (litière insuffisante...) (FERROUILLET, 2001). Certaines blessures du trayon peuvent aussi provenir de la technique de traite, ou du réglage de la machine à traire (durée de traite, niveau de vide, fréquence de pulsation de la machine à traire...).

- **Carpes, jarrets et grassets**

La lésion va de l'alopécie par abrasion du poil à l'hygroma ou à la périarthrite (FERROUILLET, 2001). La nature, la texture, la dureté et les caractéristiques abrasives de la surface de couchage sont en jeu (béton, matelas, terre battue). La qualité et la quantité de litière sont aussi importants (paille, sable, sciure...). Ce sont les parties saillantes du corps de l'animal qui vont être sensibles à la compression due au poids (FERROUILLET, 2001).

- **Cou, garrot et dos**

Les lésions surviennent en logette, lorsque la vache se relève et heurte la barre de garrot (lorsque celle-ci est trop basse, trop en arrière ou qu'il n'y a pas de bordure d'arrêt). Lorsque les séparations entre logettes sont trop hautes, la vache peut se coucher dessous et se blesser en se relevant (FERROUILLET, 2001). Des lésions du cou peuvent aussi être dues à un cornadis mal conçu (VEISSIER, 1999).

2.1.3. Etat de propreté (FAYE, 1985)

- **Indice de propreté individuelle**

On apprécie le degré de souillure de zones anatomiques vulnérables du point de vue pathologique : région ano-génitale (risque de métrites), mamelle (risque de mammite) et membres postérieurs (cf. fig. 23). On note toujours le membre ou le côté le plus sale.

A chacune de ces régions est attribuée une note allant de 0 à 2 (fig. 24).

Les notes de chaque zone sont additionnées pour obtenir une note globale allant de 0 à 8 correspondant à l' « **indice de propreté individuelle** ».

- **Etat de propreté de la stabulation**

En plus des régions déjà citées, la zone de la cuisse (zone 5) est révélatrice de l'état de propreté de la stabulation et en particulier de l'état de la litière. Seul le côté le plus sale est noté selon les mêmes critères que précédemment (on suppose que la vache se couche toujours du même côté).

La note globale varie de 0 à 10. La moyenne des notes obtenues pour chaque vache du troupeau correspond à l'**état de propreté de la stabulation** (tableau 35).

Tableau 35 : Classification des stabulations selon la note d'état de propreté (FAYE, 1985)

Note	Classe
0 à < 2	stabulation très propre
2 à < 4	stabulation propre
4 à < 6	stabulation un peu sale
6 à < 8	stabulation sale
8 – 10	stabulation très sale

- **Précision de la notation :**

Les mesures sont répétables pour un même examinateur et entre différents notateurs avec des coefficients de variation inférieurs à 10 % dans tous les cas.

- **Interprétation**

Deux facteurs principaux peuvent être responsables d'un état de propreté insuffisant (HUGHES, 2001) :

- le logement à travers la propreté de la litière et la ventilation du bâtiment (élimination de l'humidité par le renouvellement de l'air),
- l'alimentation : l'état de propreté est relié de manière significative à la consistance fécale (WARD, 2002).

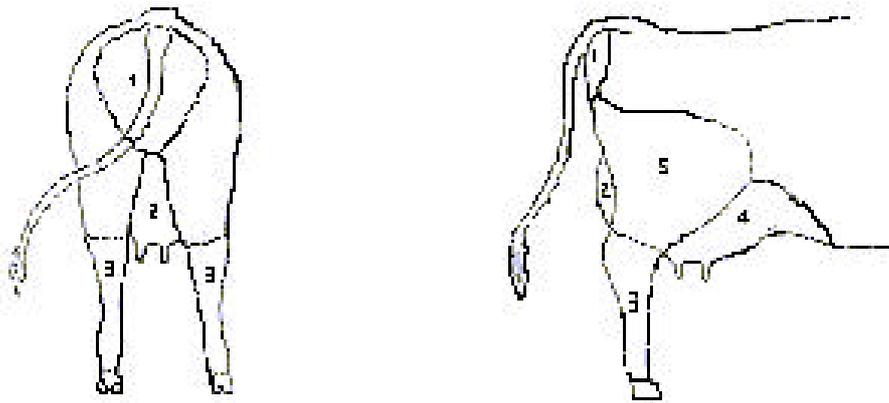


Figure 23 : Zones anatomiques à considérer pour la notation de l'état de propreté des animaux (1, 2, 3 et 4) et de la stabulation (5) (d'après FAYE, 1985)

1. Région ano-génitale
2. Mamelle vue arrière
3. Région du pied-jarret
4. Mamelle vue de côté
5. Cuisse

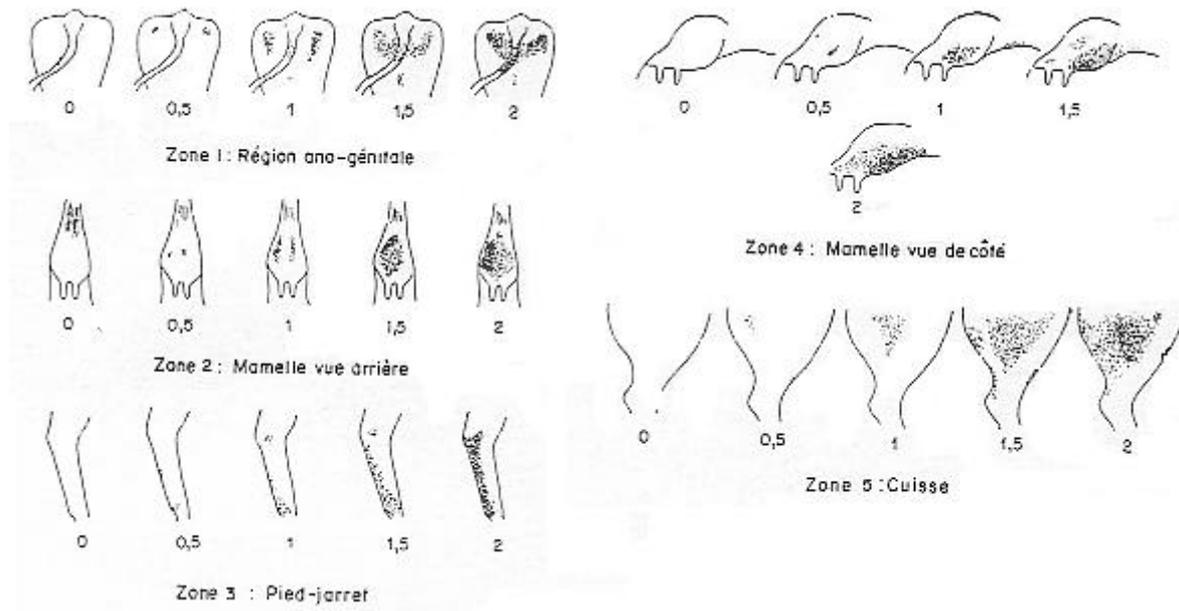


Figure 24 : Critères de notation de l'état de propreté des différentes régions anatomiques (d'après FAYE, 1985)

- 0. Pas de souillures
- 0,5. Quelques souillures
- 1. Souillures étendues représentant moins de 50 % de la zone considérée
- 1,5. Souillures étendues à plus de 50 % de la zone considérée
- 2. Zone totalement souillée ou recouverte d'une croûte épaisse

2.1.4. Etat corporel (BAZIN, 1984)

La notation de l'état corporel fournit une bonne estimation des proportions de graisses dans l'animal : une variation de 1 point de note correspond à 20 – 25 kg de lipides chez un animal de 600 kg. Cette notation consiste en l'évaluation de la quantité de graisses de réserves dont dispose l'animal et constitue une information synthétique sur ce qu'il a digéré (quantité, valeur, digestibilité des différents fourrages et concentrés) et ce qu'il a utilisé (entretien, croissance, production) pendant les mois précédents.

C'est une méthode **qualitative** et **subjective** mais avec une relative précision : incertitude de ½ point entre notateurs et pour un même notateur quelle que soit son expérience.

- **Méthode de notation**

La notation se fait à distance de l'animal (quelques mètres) sur des critères visuels. Pour chaque zone observée (tableau 36), est attribuée une note de 0 à 5 (6 classes) de ½ points en ½ points. Ensuite, on synthétise ces résultats en deux notes : une note "**arrière**" de l'animal et une note "**flanc**".

Pour obtenir une note globale de l'animal, on effectue la moyenne des deux notes précédentes. Pour ne pas avoir des ¼ de points, on privilégie la note « flanc ».

Rq. : en cas d'amaigrissement intense, il n'est pas rare d'avoir deux notes très différentes sur le même animal (jusqu'à 2 points d'écart).

Plusieurs pièges sont à éviter :

- la variabilité des masses musculaires sous-jacentes peut rendre l'utilisation des manèges utiles, notamment sur une vache à quelques jours du vêlage.
- la variabilité des contenus digestifs et utérins peut avoir un effet sur l'aspect du creux du flanc qui peut être très creusé ou bombé,
- la position de la vache à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment peut faire changer l'appréciation,
- la présence d'un poil piqué, dressé ou au contraire lisse et ras peut aussi faire varier l'aspect de l'animal.

- **Mise en œuvre des notations**

La notation doit se faire à **stade physiologique constant**. Il est important de connaître les quantités de graisse de réserve à des moments clés de la vie de l'animal (tarissement, vêlage, période de mise à la reproduction), ainsi que leur évolution pendant des périodes physiologiques importantes (période sèche, début de lactation). Ces notations permettent aussi de comparer des animaux d'un même élevage entre eux et, éventuellement, de comparer différents troupeaux.

L'idéal est une notation **mensuelle**.

- **Recommandations en fonction du stade de lactation** (RNED, 1985)

Le tableau 37 présente les recommandations de note d'état corporel en fonction du stade de lactation.

Tableau 36 : Critères de notation de l'état corporel (d'après BAZIN, 1984)

Note Critère de note Arrière	5	4	3	2	1	0
Base de la queue	Queue noyée dans un rond de tissu gras	Absence de rond, masses graisseuses débordant largement la pointe des fesses	Queue bien dégagée		Ensemble de la tubérosité ischiatique perceptible	Bassin parfaitement visible
Pointe des fesses			Pointe des fesses couverte mais non noyée	Pointe des fesses nette, sans couverture		
Ligament sacro-tubéral	Invisible, noyé	A peine visible	Bien visible, couvert, d'aspect épais et arrondi	Bien isolé, légèrement couvert	Aspect en lame, sec	Très sec
Détroit caudal	Totalement comblé	Pratiquement comblé	Non comblé, limites planes formant un V	Profond	Très profond	Très creusé
Apophyses épineuses	Dos plat ou arrondi, pas d'éléments osseux visibles	A peine visibles, noyées dans le tissu environnant	Ligne nettement visible, couverte, différence de niveau légère	Ligne marquée, peu couverte	Ligne irrégulière, différence de niveau importante	Corps vertébral apparent
Note Critère de note Flanc	5	4	3	2	1	0
Pointe de la hanche	Localisation précise de l'os impossible	Ilium apparent, angles ouverts	Ilium fait saillie, reste couvert	Crête non apparente, angle bien vif	Crête visible	Crête très visible
Apophyses transverses et épineuses	Structures osseuses non repérables, rein plat, creux du flanc comblé	Colonne vertébrale repérable, rein plat, ligne des apophyses transverses repérable	Epine dorsale bien dessinée, rein non plat, bordure des apophyses transverses nette, angle non vif	Ligne des apophyses transverses fait un angle vif, début d'individualisation	On peut facilement compter les apophyses transverses	Ligne du dos très irrégulière, apophyses transverses bien individualisées

Tableau 37 : Notes d'état corporel en fonction du stade de lactation (d'après RNED, 1985 ; ENJALBERT, 1995)

Stade	Note d'EC	Commentaires
<i>Vêlage</i>	3,5 - 4	Notes recommandées
	> 4	Risques de dystocie et de cétose
	< 3,5	Capacité de mobilisation des réserves faible → moindre production laitière
<i>2 mois après vêlage</i>	2,5 - 3	Note recommandée
<i>Variation d'EC du vêlage à la mise à la reproduction</i>	< 2,5	Risque de troubles de la fertilité
	> 1 à 1,5 point	Risque de cétose
<i>Tarissement</i>	3,5 - 4	Notes recommandées
	> 4	Risques d'engraissement au tarissement → risques de cétose, stéatose, dystocie, rétention placentaire
	< 3,5	Risque d'EC insuffisant au vêlage

2.1.5. Examen des bouses

Cet examen permet, en l'absence de maladie, l'évaluation de l'efficacité nutritionnelle. Il donne des informations sur la nature de la ration et le fonctionnement de l'appareil digestif, notamment du réseau et du rumen (ROLLIN, 2001).

L'avantage, en comparaison avec la notation de l'état corporel, c'est qu'il permet d'intervenir rapidement, car il reflète l'efficacité de la digestion de la ration actuelle (ZAAIJER, 2001). En effet, le temps de transit des aliments n'est que de 1,5 à 4 jours (ROSENBERGER, 1979).

Seules les bouses fraîchement émises et intactes doivent être observées (BRAND, 1996).

2.1.5.1. Couleur

La couleur des bouses chez les bovins dépend (ROSENBERGER, 1979) :

- de la nature des fourrages ingérés (teneur en chlorophylle) ;
- de la quantité de bile (stercobiline) mélangée aux ingestats ;
- de la vitesse de transit dans le tractus gastro-intestinal ;
- du mélange avec des substances diverses (sang, fibrine...).

La couleur normale des bouses varie du vert-olive sombre lors d'ingestion de fourrages verts (BRAND, 1996) au brun-olive lors d'alimentation à base de foin ou brun jaunâtre lors de ration à base d'ensilage de maïs (ROSENBERGER, 1979).

Lors d'acidose, les bouses sont plus liquides et jaunâtres et, lors d'alcalose, elles sont brunâtres, foncées (BEDOUEY, 1994).

L'augmentation du temps de transit se traduit par une coloration plus foncée, une augmentation de la consistance avec présence de mucus à la surface, alors que lors de diarrhée la couleur est plus pâle (gris-olive (ROSENBERGER, 1979)) du fait de la plus grande quantité d'eau et de la dilution de la bile (BRAND, 1996).

Le sang en nature présent sur la surface des matières fécales ou dans la masse de la bouse provient de la partie terminale du tube digestif alors que, lorsque la bouse est brun-chocolat à noire avec une consistance plus ou moins goudronneuse, il provient de la partie antérieure du tractus digestif ou de la caillette (méléna) (ROSENBERGER, 1979).

2.1.5.2. Consistance

Elle dépend :

- de la quantité de fibres de la ration ;
- du type d'aliment ;
- du temps de transit ;
- de la quantité d'eau bue.

- **Méthode d'évaluation** (ZAAIJER, 2001)

L'évaluation se fait visuellement et à l'aide du « test de la botte ». Pour ce test, il s'agit de marcher sur la bouse et d'évaluer la sensation de succion lors du retrait de la botte. Ensuite, on examine l'empreinte laissée sur la bouse par la semelle et on vérifie la présence ou l'absence de particules non digérées.

Le tableau 38 rassemble les critères à prendre en compte pour noter la consistance des bouses et fournit des éléments d'interprétation.

Tableau 38 : Score fécal (ZAAIJER, 2001) et éléments d'interprétation (d'après BRAND, 1996 et SCHELCHER, 1998)

	Description	Interprétation
<i>Score 1</i>	Fèces très aqueuses, liquides et n'ayant pas la structure d'une bouse, consistance d'une soupe de pois.	<ul style="list-style-type: none"> • excès marqué d'azote dégradable • excès d'amidon / de glucides fermentescibles • excès de certains minéraux
<i>Score 2</i>	Fèces liquides, crémeuses. La structure de la bouse est reconnaissable. Eclaboussures sur le sol à l'émission.	<ul style="list-style-type: none"> • pâtures riches en eau (jeunes) • ration pauvre en fibre ou avec des excès de glucides fermentescibles ou une quantité relativement élevée de protéines dégradables
<i>Score 3</i>	Fèces épaisses. Léger son de « flocc » lorsqu'elles tombent au sol, forment une bouse bien circonscrite de 2 cm d'épaisseur, s'étalant. <i>Test de la botte</i> : pas de sensation de succion au retrait, empreinte de la semelle non visible	<ul style="list-style-type: none"> • ration bien digérée
<i>Score 4</i>	Fèces dures. Lourd son de « flocc » en tombant au sol, forment une bouse bien circonscrite avec des piles en anneau, s'étalant très peu. <i>Test de la botte</i> : sensation de succion au retrait, empreinte de la semelle visible	<ul style="list-style-type: none"> • excès de fibres • azote dégradable et/ou soluble insuffisant
<i>Score 5</i>	Fèces dures formant des balles (type crottin de cheval) Des facettes reproduisant la paroi du rectum sont visibles, la surface est sombre et luisante <i>Test de la botte</i> : empreinte de la semelle visible	<ul style="list-style-type: none"> • excès de fibres • azote dégradable et/ou soluble insuffisant • consommation d'eau insuffisante

- **Recommandations** (BRAND, 1996 ; ZAAIJER, 2001)

Le score idéal, quelle que soit la catégorie d'animal (vache tarie, en lactation ou génisse), est le score 3. Les scores 2 et 4 peuvent être tolérés, le premier pour des vaches en lactation (ration énergétique) et le second pour des vaches tarées ou des génisses (ration riche en fibres).

2.1.5.3. Fraction non digérée

La fraction non digérée présente dans les fèces est fonction (ZAAIJER, 2001 ; BRAND, 1996) :

- des caractéristiques des nutriments ingérés et de leur dégradabilité;
- de la durée de la rumination ;
- du temps de transit des aliments dans le rumen ;
- activité de la flore ruminale.

- **Méthode de notation**

Cette évaluation est réalisée après la précédente.

Dans la main gantée, de la bouse est pressée lentement. Pendant cet examen, on recherche si la bouse est rugueuse ou crémeuse, homogène ou avec des fractions solides, si de l'eau est extraite et passe entre les doigts, si des particules non digérées sont présentes et on évalue leur origine et leur taille.

Score 1 : La bouse a un aspect luisant, aucune particule n'est décelable. La texture ressemble à une émulsion crémeuse, homogène.

C'est le score idéal pour les vaches en lactation et les vaches tarées.

Score 2 : La bouse a un aspect luisant. La texture ressemble à une émulsion crémeuse, homogène et quelques particules sont décelables. Ces particules sont de petite taille, partiellement digérées et proviennent du fourrage.

Ce score est acceptable pour les vaches en lactation et les vaches tarées.

Score 3 : La bouse a un aspect luisant à terne, des particules sont présentes. La texture est rugueuse, non crémeuse et non homogène. Un peu d'eau apparaît à la pression entre les doigts, alors que les particules sont nettement perçues. A l'ouverture du poing, les particules de fourrage et de concentrés de tailles variables collent au bout des doigts.

Ce score est acceptable pour les vaches tarées et les génisses mais pas pour les vaches en lactation.

Score 4 : La bouse a un aspect terne. Des fibres et d'autres particules sont visibles à l'intérieur. La texture est rugueuse. De l'eau coule lorsqu'on la presse entre les doigts, alors que les particules proéminentes sont perçues. A l'ouverture du poing, une boule comprimée de particules non digérées et de large taille (> 2 cm) provenant essentiellement du fourrage reste dans la paume de la main.

Avec ce score, une révision de la ration est nécessaire.

Score 5 : La bouse a un aspect très terne. Des particules entières non digérées sont nettement visibles à l'intérieur. La texture est rugueuse et pas du tout homogène. A

l'ouverture du poing, une boule de particules entières non digérées de toutes les tailles est visible dans la paume de la main.

La ration doit être révisée.

- **Autre méthode d'évaluation de la fraction non digérée**

Une seconde méthode consiste à laver les bouses dans une passoire de cuisine (ou « bousomètre ») pour évaluer la nature (grains, fourrages) et la quantité de particules (VAGNEUR, 2002).

- **Eléments d'interprétation**

✓ *Diminution de la taille des particules* : augmentation du temps de transit

✓ *Augmentation de la taille des particules* :

Quelle que soit la nature des particules de taille > 1 - 2 cm (fibres, maïs ensilage), plusieurs origines sont à évoquer :

- défaut de rumination,
- accélération du transit (fourrage coupé trop court, insuffisance de fibres),
- acidose ruminale latente,
- déficit d'azote dégradable,
- déficit en sodium, phosphore et cobalt (VAGNEUR, 2002).

Dans le cas où la quantité de grains serait importante, outre les causes déjà citées, il faut vérifier que les grains ont été broyés efficacement (les grains dont l'enveloppe reste intacte sont moins attaqués par les bactéries ruminales).

Les scores fécaux ont été développés initialement pour établir une relation avec la fertilité des vaches (ZAIJER, 2001).

2.1.5.4. Mesure du pH fécal (ROLLIN, 2001)

- **Méthode**

On mélange 15 g de matières fécales dans 100 ml d'eau distillée puis on mesure le pH à l'aide d'un pH-mètre portable.

- **Résultats**

Valeur usuelle : pH > 6

Lorsque le pH est inférieur à 6 deux causes principales peuvent en être à l'origine :

- fermentation de nutriments dans la portion distale du tube digestif (amidon, protéines dégradables) ;
- présence d'acides gras volatils non absorbés dans le rumen.

2.1.6. Locomotion

L'observation de la posture et de la démarche des animaux permet une estimation visuelle du nombre de vaches qui boitent. Des critères peuvent être utilisés pour évaluer la sévérité de la boiterie (tableau 39).

Tableau 39 : Critères utilisés pour évaluer un score de boiterie et une description clinique du troupeau (d'après SPRECHER, 1997)

Score	Description clinique	Critères d'évaluation
1	Normal	La vache se tient et marche avec une posture où le dos est au même niveau. Sa démarche est normale
2	Boiterie légère	La vache reste debout avec la ligne du dos au même niveau mais marche avec le dos arqué. Sa démarche reste normale.
3	Boiterie modérée	Une posture avec le dos arqué est évidente à l'arrêt et lors de déplacement. La démarche est affectée : foulée plus courte pour un ou plusieurs membres.
4	Boiterie	Une posture avec le dos arqué est toujours évidente. La vache avance un pas après l'autre.
5	Boiterie sévère	La vache a en plus une incapacité ou des difficultés extrêmes à porter son poids sur un ou plusieurs de ses membres/pieds.

Les boiteries chez les vaches laitières, surtout en stabulation, peuvent constituer une source de pertes économiques non négligeables. En effet, les vaches qui boitent ont leur intervalle vêlage - insémination fécondante (IV-IAF) augmenté en moyenne de 12 jours par rapport à des vaches non boiteuses, avec de fortes variations de résultats selon les lésions et le stade de survenue (FOURICHON, 2000). De plus, leur production de lait peut chuter de 1,3 à 2 kg pendant le premier mois et de 0,2 à 0,4 kg durant le reste de la lactation (FOURICHON, 1999). Enfin, les vaches qui boitent ont plus de risque d'être réformées précocement (SPRECHER, 1997).

2.3. Alimentation

L'alimentation des vaches en lactation et des vaches tarées est un facteur de risque majeur certains troubles métaboliques ou de la reproduction.

Quatre points (les quatre R) sont à évaluer lors de la distribution de la ration (NELSON, 1996) :

- la Ration telle qu'elle est calculée ou décrite par l'éleveur,
- la Ration distribuée,
- la Ration ingérée,
- la Ration digérée / assimilée.

La ration calculée correspond à ce que la vache doit ingérer pour couvrir ses besoins d'entretien et ses besoins de production. Ce que l'éleveur distribue réellement est parfois différent de ce qu'il pense distribuer. Par exemple, lorsqu'il distribue du concentré au volume (un seau d'orge pour x vaches), il ne vérifie pas systématiquement l'équivalence en terme de

poids. Lorsqu'on pèse le seau d'orge, le poids que l'on obtient est souvent différent de celui auquel il s'attendait. De même la ration qui est réellement ingérée par les vaches diffère selon le type de ration distribué et les modalités de distribution (auge, cornadis...), c'est à dire selon les possibilités d'accès à cette ration. Enfin, l'utilisation que fait l'animal de ce qu'il a ingéré va dépendre de son stade physiologique, du degré de développement des papilles ruminales, de la qualité et quantité de sa flore ruminale, de la présence d'éléments interférant avec l'absorption de certaines molécules (compétition d'absorption entre le cuivre et le zinc, interactions cuivre – molybdène et soufre...), etc. ... qui vont influencer sur l'assimilation de la ration ingérée.

2.3.1. Recommandations d'apport aux vaches laitières

2.3.1.1. Eau

En moyenne, une vache a besoin de 4 litres d'eau par kg de matière sèche ingérée (MSI) et de 1 litre supplémentaire par kg de lait produit. Lors d'augmentation de la température ambiante comme en été, le besoin en eau peut augmenter de 20 à 40 % (ENJALBERT, 2002).

2.3.1.2. Apports énergétiques et protéiques recommandés

Le besoin des vaches en lactation est basé sur un besoin d'entretien de **5 UFL** et de **395 g de PDI** et un besoin pour la lactation de **0,44 UFL / kg de lait** et **48 g PDI / kg de lait**.

Le tableau 41 présente de manière plus précise les besoins en fonction de différentes situations. Pour une vache en période sèche et gravide, les besoins énergétiques et protéiques pour l'entretien et la fin de gestation, sont respectivement de 6,6 à 7,6 UFL et 600 g de PDI / jour.

2.3.1.3. Apports recommandés en minéraux, vitamines et oligo-éléments

Le tableau 42 rassemble les recommandations pour ces différents éléments ainsi que les seuils toxiques.

2.3.1.4. Cas particulier de la ration complète

Pour une ration complète, les apports sont évalués par kg de MS (tableau 40).

Tableau 40 : Recommandations pour la formulation d'une ration complète par kg MS (INRA, 1988)

	Tarissement	Début de lactation	Milieu et fin de lactation	
			PL > 25 kg ou troupeau > 9000 kg	PL < 25 kg ou troupeau < 7000 kg
<i>UFL</i>	0,75 (0,85 fin)	0,95	0,95	0,92
<i>PDI (g)</i>	70 - 80	120	110	100
<i>Ca (g)</i>	5	7		7
<i>P (g)</i>	3	4		4

Tableau 41 : Apports énergétiques et protéiques recommandés (d'après INRA, 1988)

Stade physiologique	Besoin énergétique (UFL)	Exemple vache 600 kg, 30 kg de lait / jour	Besoin protéique (g PDI)	Exemple vache 600 kg, 30 kg de lait / jour
Entretien	1,4 + 0,6 PV / 100	5	95 + PV / 2	395
Stabulation libre	+ 10 %			
Pâturage	+ 20 – 25 %			
Température 0 °C	+ 20 %			
- 15 °C	+ 40 %			
Variation de poids				
Primipare vêlage 2 ans	+ 0,7		+ 60	
Primipare vêlage 3 ans	+ 0,4		+ 35	
Multipare + 1 kg PVV/j	+ 4,5			
- 1 kg PVV/j	- 3,5			
Gestation (veau de 40 kg)				
7 ^{ème} mois	+ 0,9		+ 80	
8 ^{ème} mois	+ 1,6		+ 140	
9 ^{ème} mois	+ 2,6		+ 200	
Lactation (/ kg de lait)	0,44	+ 13,2	48	+ 1440
	0,4 + 0,15 X % TB		TP / 0,64	

Tableau 42 : Apports recommandés et seuil toxique en minéraux majeurs, oligo-éléments et vitamines (d'après INRA, 1988 ; NRC, 2001)

	Recommandations			Limites Maxi				
	g / animal / jour			INRA 88	NRC 00	NRC 00	INRA 88	Légis
	Entretien	/ kg de lait	Gestation					
Minéraux majeurs				g / kg MSI		%		
Ca	36	2 à 4,2	9 à 25	4 à 7,5	4,6 – 8	+ 20 – 30		
P	27	1,8 à 1	+ 3 à 8	2,5 à 3,8	2,5 – 4,2	10		
Mg	12	0,5	+ 1	1,5 – 2,5	1,4 – 3	40		
Na	11	0,5	+ 2	1,5	1,2 – 3	30		
K	50	2	+ 2	6 – 7	6 – 12	30		
Cl	15	0,7	+ 2	2,5	2 – 4	4		
S				2 – 2,5	2	4		
Oligo-éléments				mg / kg MSI		Seuil toxique (mg / kg MS)		
Cu				10	11 – 16	40	30	35
Co				0,1	0,11	10	10	10
Zn				50	45 – 75	500	250	250
Se				0,1	0,3	5	0,5	0,5
Mn				50	13 – 20	1 000	1 000	250
I				0,2 – 0,8	0,4 – 0,8	< 5	8	10
Mo						5 – 10	3	2,5
Vitamines				UI / vache		Seuil toxique (UI / kg MS)		
Vitamine A					3 000 – 5 000	66 000		
					7000 péripartum			
Vitamine D					700 – 1 300	2 200 sur		4 000
					2 000 tarries	> 2 mois		
Vitamine E					20 – 35			
					100 tarries			

2.3.2. Ration calculée

2.3.2.1. Conception de la ration

Il existe trois grandes modalités de conception d'une ration pour vaches laitière : la ration semi-individuelle et la ration semi-complète qui sont présentées dans le tableau 43, et la ration complète qui est une ration où les fourrages et tous les concentrés sont mélangés de manière homogène et sont distribués en une ou deux fois par jour. Le niveau d'équilibre est choisi en fonction de la production du troupeau.

Tableau 43 : Système de conception de ration (d'après ENJALBERT, 2002)

		Ration semi-individuelle	Ration semi-complète
<i>Ration de base équilibrée</i>	Ration de base	Fourrage(s)	Fourrage(s)
	Complément d'équilibre	- Correcteur selon le déséquilibre de la ration de base (UFL – PDI), unique en général - A.M.V.	✓ concentré protéique ✓ concentré énergétique ✓ A.M.V.
	Niveau d'équilibre	Production permise par la ration de base équilibrée	Prédéterminé
	Distribution	Fourrages et concentré d'équilibre séparés	Fourrages et concentré d'équilibre mélangés
<i>Complément de production</i>	Choix du rythme de distribution	Rythme de distribution fonction du niveau d'équilibre (NE) et de la production au pic (PM) → voir tables ITEB Valeur PDI = 48 / rythme de distribution	
	Quantité à distribuer / vache	$Q = (\text{Production laitière} - \text{NE}) \times \text{RD}$	
	Distribution	Auge, salle de traite ou DAC	

Le niveau d'équilibre de la ration choisi par l'éleveur est à demander. En effet, on évaluera par la suite les apports réels par rapport aux besoins pour le niveau d'équilibre supposé de la ration.

2.3.2.2. Composition de la ration

La composition de la ration en fonction du stade physiologique est à connaître : vaches en lactation, vaches tarées et vaches en péripartum.

La gestion de la transition entre la fin du tarissement et le début de la lactation est un élément majeur pour la réussite de la lactation. Elle doit débiter 3 semaines avant la mise-bas. Elle concerne les fourrages, dans le cas où ils seraient différents pour les vaches au tarissement et les vaches en lactation, et les concentrés. Dans ce cas, la transition peut être brutale mais doit être terminée avant la mise-bas (ENJALBERT, 1995b). Pour l'augmentation des apports en concentrés, on suit les recommandations du tableau 44.

Tableau 44 : Gestion de l'apport de concentrés en péripartum (d'après ENJALBERT, 1995b)

Semaines autour du vêlage	Augmentation maximale de concentré permise dans la semaine	Quantité totale de concentrés apportés
S – 3	1 kg	1 kg de complément de production
S – 2	1 kg	2 kg de complément de production
S – 1	1 kg	2 kg de complément de production + 1 kg de tourteau
		Vêlage
S + 1	2 kg	6 kg
S + 2	2 kg	8 kg
S + 3	2 kg	

Selon les besoins de l'investigation, on peut retracer l'évolution de l'alimentation en fonction des saisons pour chaque catégorie d'animal. Les changements de fourrages, de concentrés, la mise au pâturage sont des éléments à connaître.

2.3.3. Ration distribuée

2.3.3.1. Caractéristiques et qualité des aliments distribués

a. Fourrages

Pour chaque fourrage utilisé, les éléments suivants doivent être recueillis (ENJALBERT, 1995) :

- nature botanique : prairie permanente ou cultivée, espèces botaniques présentes,
- cycle (1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème} coupe) et stade végétatif (graminées : feuillu, montaison, épisaison ; légumineuses : bouton, floraison...)
- mode et condition de conservation : vert, séché en grange, séché au pré dans des conditions météorologiques à définir (pluie, beau temps...), ensilée...

L'état de conservation des fourrages est important à évaluer (présence de moisissures, couleur, odeur, aspect...) à la fois pour estimer la valeur nutritive mais aussi pour évaluer les risques pathologiques ou les problèmes de qualité du lait (mycotoxines, présence de spores butyriques...).

Ces données permettent d'estimer la valeur alimentaire des différents fourrages à l'aide des tables de l'INRA. Une analyse est toutefois conseillée pour préciser la valeur alimentaire du fourrage et, dans certains cas, la qualité de la conservation (teneur en acides acétique, butyrique et lactique, alcool éthylique, azote ammoniacal par rapport à l'azote total, pH pour les ensilages) (ENJALBERT, 1995).

- **Pâturage**

La valeur alimentaire du fourrage est déterminée par les tables, des analyses sont rarement faites. Deux problèmes principaux sont rencontrés pour les calculs de ration avec des animaux au pâturage : d'une part la valeur alimentaire varie rapidement en fonction du temps et d'autre part, il est difficile d'estimer la quantité ingérée par les animaux.

- **Ensilages de maïs**

L'ensilage de maïs est un aliment utilisé fréquemment dans l'alimentation des vaches laitières.

✓ **Valeur alimentaire** : elle varie en fonction du stade de récolte et du taux de matière sèche. Le taux de matière sèche d'un ensilage de maïs peut être évalué avant la récolte (tableau 45).

Tableau 45 : Estimation de la teneur en matière sèche de l'ensilage de maïs (CHENAIS, 1995)

% MS	< 25 %	25 – 28 %	28 – 30 %	30 – 32 %	32 – 35 %	> 35 %
Stade	Laiteux	Laiteux – pâteux	Pâteux - laitieux	Pâteux	Pâteux dur	Vitreux
Aspect grain	Coule si écrasé			Ne coule pas si écrasé	Rayable à l'ongle	Non rayable à l'ongle
Spathes	Vertes	Vertes	Vertes	Jaunissantes	Jaunissantes	Desséchées
% MS du grain	< 52 %	< 52 %	52 %	55 %	58 %	> 58 %
		Trop humide		Taux recommandé : optimum digestion / digestion		Trop sec

Le tableau 46 rapporte les valeurs alimentaires de l'ensilage de maïs des tables de l'INRA. La valeur énergétique d'un maïs ensilage est de 0,9 UFL dans des conditions normales et proches de 0,85 lors de mauvaises conditions de végétation ; les valeurs PDIE et PDIN sont respectivement de 66 et 52 g (le maïs apporte plus de PDIE que de PDIN) et il apporte plus de calcium que de phosphore mais en faible quantité (respectivement 3,5 et 2,5 g/kg MS).

Tableau 46 : Valeur alimentaire de l'ensilage de maïs (d'après les tables de l'INRA, 1988)

	% M S	UFL /kg MS	Valeur azotée (en g/kg MS)				UEL /kg MS	Constituants organiques en % MS				Minéraux en g / kg MS	
			MAD	PDIA	PDIN	PDIE		MO	MAT	CB	ADF	Ca	P
Conditions de végétation normales													
Laiteux-pâteux	25	0,9	46	19	53	64	1,22	93,7	8,6	22,2	24,8	3	2
Pâteux-vitreux	30	0,9	44	18	52	66	1,13	94,2	8,4	20,5	23,1	3,5	2,5
Vitreux	35	0,9	42	18	50	68	1,03	94,7	8,2	18,7	21,2	3,5	2,5
Très bonnes conditions de végétation													
Vitreux	35	0,96	42	18	50	71	0,98	95,3	8,2	16,5	18,9	3	2,5
Mauvaises condition de végétation													
Températures estivales insuffisantes	24	0,85	62	23	65	66	1,25	94,4	10,5	22,6	25,3	3	2
Gel au stade pâteux-laiteux	27	0,82	59	22	62	66	1,25	92,9	10,1	22,5	25,1	3,5	2
Sécheresse	32	0,84	38	17	47	64	1,15	94,3	7,7	20,3	22,9	3	2

✓ **Taille des particules, structure physique :**

La taille des particules et la structure physique de l'ensilage de maïs sont évaluées selon deux méthodes (tableau 47). La taille des particules peut influencer sur l'ingestion, la fermentescibilité et la conservation. Un hachage fin favorise l'ingestion mais la fermentescibilité est augmentée avec un risque d'acidose ruminale. A l'opposé, un maïs trop grossier (trop de particules > 2 cm) sera moins ingéré ou sera trié, la fermentescibilité est réduite et les risques de mauvaise conservation sont accrus.

Tableau 47 : Séparation des particules de l'ensilage de maïs selon deux méthodes : méthode de l'ITCF (Institut Technique des Fourrages) avec un tamis secoueur (VAGNEUR, 2002) et méthode de l'Université de Pennsylvanie (HEIRICHS, J., 2002)

	ITCF		Penn State Forage Particle Separator	
	Taille	Objectif (en % du volume)	Taille	Objectif (en % du poids)
Particules longues	> 2 cm	< 1 %	> 1,9 cm	3 – 8 %
Particules moyennes	1 – 2 cm	5 – 10 %	0,8 – 1,9 cm	45 – 65 %
Particules courtes	< 1 cm	10 – 15 % préférable 85 – 90 % dont < 0,6 cm 35 – 40 %	0,2 – 0,8 cm	30 – 40 %
			< 0,2 cm	< 5 %

Lors de ration complète ou semi-complète où l'ensilage de maïs est mélangé, il est conseillé de vérifier les tailles des particules de la ration à l'auge (risque de broyage par la mélangeuse) (tableau 48).

Tableau 48 : Recommandations pour la taille des particules de la ration complète (HEIRICHS, J., 2002)

Taille	Objectif (en % du poids)
> 1,9 cm	2 – 8 %
0,8 – 1,9 cm	30 – 50 %
0,2 – 0,8 cm	30 – 50 %
< 0,2 cm	≤ 20 %

✓ **Evaluation de l'état de conservation (VANBELLE, 1996)**

Le type de silo (taupinière, couloir, tour) ainsi que l'utilisation de conservateur ou non est à préciser.

La qualité de la conservation de l'ensilage de maïs est évaluée à partir de sa couleur, de son odeur et de la présence ou l'absence de parties moisies.

La couleur normale de l'ensilage correspond à celle de la plante verte sur pied. La meilleure évaluation consiste à regarder la couleur des jus d'extraction : plus ils sont de couleur claire, plus l'ensilage est réussi.

L'odeur d'un bon ensilage est fruitée, douce et légèrement acide. En revanche, lors de mauvaise conservation, l'odeur aigre est typique de la présence d'acide acétique, l'odeur rance et nauséabonde est caractéristique de l'acide butyrique et l'odeur évoquant l'urine de truie ou les matières fécales signe une forte dégradation des protéines. Les traces d'acide butyrique sont faciles à détecter en tordant quelques brindilles entre les doigts.

Enfin, la structure de la plante doit être reconnaissable. Si elle est détruite, cela signe une putréfaction avancée. Un aspect visqueux ou glaireux caractérise l'action de micro-organismes pectolytiques

Le tableau 49 récapitule les critères d'analyse de la qualité de conservation des ensilages.

Tableau 49 : Analyse de la qualité de conservation des ensilages (d'après DEMARQUILLY, 1981)

Critères	Bon	Moyen	Mauvais
pH	15 – 20 % MS < 4,0		
	20 – 25 % MS < 4,2		
	25 – 30 % MS < 4,4		
	30 – 35 % MS < 4,6		
Température à 60 cm		< 25 ° C en été, 15 ° C en hiver	
N-NH3 (% N total)	< 5 – 10	10 – 15	> 15
cas du maïs + urée	< 15	< 20	
N soluble (jus, % N total)	< 60	60 – 65	> 65
Acide acétique (% MS)	< 2 – 4	4 – 5,5	> 5,5
Acide butyrique (% MS)	Indosable	< 0,5	> 0,5
Alcool (% MS)	< 2		

• **Ensilage d'herbe**

✓ **Valeur alimentaire**

Elle dépend de la composition botanique du fourrage ensilé, du stade de récolte et de sa teneur en matière sèche. La teneur en matière sèche est différente selon qu'il est ressuyé (12 à

24 heures dehors) ou préfané (48 heures dehors) avant la mise en silo. Dans le premier cas, elle sera proche de 25 % MS et 35 % MS dans le second.

La valeur alimentaire d'un ensilage d'herbe peut varier au cours de sa conservation par perte de sucres dans les jus. Une analyse de laboratoire est conseillée pour connaître sa valeur alimentaire, sinon on l'estime avec les tables de l'INRA.

Les brins de l'ensilage peuvent être longs (3 – 4 cm) ou courts (1 cm environ).

✓ *Qualité de la conservation*

Les mêmes remarques que pour l'ensilage de maïs sont valables. En ce qui concerne la couleur, elle peut être influencée par la température dans le silo (VANBELLE, 1996) (tableau 50). Le type de plante ensilée joue aussi un rôle : le trèfle violet, les trèfles incarnats et les fanes de pois sont souvent brun foncé au lieu de brun clair (phénomènes enzymatiques) (VANBELLE, 1996).

Tableau 50 : Variations de la coloration de l'ensilage d'herbe en fonction de la température du silo (d'après VANBELLE, 1996)

Température	Couleur
< 30 °C	Plante verte sur pied
30° - 45 °C	Jaune foncé (type tabac anglais)
45 – 60 °C	Brun (type tabac français)
> 60 °C	Foncée tendant vers le noir par caramélisation des sucres

• **Enrubannage**

Les enrubbages sont des intermédiaires entre les foins et les ensilages d'herbe. Leur teneur en MS est supérieure à 40 %. Pour estimer leurs valeurs alimentaires en l'absence d'analyses on utilise la valeur alimentaire d'un ensilage d'herbe préfané pour un enrubannage à moins de 50 % MS et la valeur alimentaire d'un foin séché par beau temps pour un enrubannage à plus de 50 % de MS.

La qualité de la conservation est à vérifier, notamment la présence de moisissure.

• **Foins**

Les foins sont des fourrages secs avec 85 % de MS en moyenne. Leur valeur énergétique varie de 0,5 UFL pour un mauvais foin à plus de 0,7 UFL pour un foin de bonne qualité.

Leur appréciation passe par l'évaluation de leur structure (présence de feuilles, rigidité des tiges) et de leur coloration. Un foin doit être de couleur verte avec une odeur aromatique légère. L'existence de parties moisies ou de zones brunâtres signalant un échauffement prouvent une mauvaise conservation.

b. Concentrés

Les concentrés sont produits sur la ferme ou achetés. Leur valeur alimentaire est peu variable en général (tableau 51), il n'est pas nécessaire de réaliser d'analyse. Pour les aliments du commerce, seule la composition chimique est détaillée sur l'étiquette, les valeurs alimentaires sont à demander au fournisseur.

La plupart des concentrés ont une valeur énergétique proche de 1 UFL. Les céréales et leurs sous-produits apportent plus de PDIE (90 – 100 g) que de PDIN (70 – 78 g). Les apports en calcium sont nettement inférieurs à ceux du phosphore. Les concentrés protéiques sont plus riches en PDIN qu'en PDIE avec des valeurs souvent supérieures à 300 g de PDIN. Avec le tourteau tanné, les valeurs en PDIN et PDIE sont élevées et à peu près équivalentes.

Tableau 51 : Valeur alimentaire des principaux concentrés fermiers (INRA, 1988)

	% MS	UFL / kg MB	Valeur azotée (en g/kg MB)				Minéraux en g / kg MS	
			MAD	PDIA	PDIN	PDIE	Ca	P
Concentrés énergétiques								
<i>* Céréales</i>								
Blé	86,2	1,03	84	29	74	95	0,7	3,8
Orge (CB < 5 %)	86,9	1	74	26	69	89	0,7	4
Orge (CB > 5 %)	86,5	0,97	74	26	69	87	0,6	3
Maïs	86	1,1	60	52	71	103	0,3	3,5
Sorgho	86	1,01	66	59	78	101	0,3	3,2
Triticale	87,1	1,05	88	29	77	94	0,5	4,6
<i>* Sous-produits de céréales</i>								
Farine basse de blé	86,4	1,09	66	25	63	94	0,6	4,2
Son fin de blé	86,8	0,78	118	36	99	84	1,5	12,8
Farine de maïs	86,7	1,11	64	56	76	104	1,8	4,5
Concentrés protéiques								
<i>* graines protéagineuses</i>								
Féverole	86,5	1,01	217	24	152	90	1,3	7
Pois	85,7	0,99	191	20	133	86	0,9	4,6
<i>* Sous-produits des graines oléagineuses et protéagineuses</i>								
Tourteau de soja 48	88,3	1,03	413	175	328	224	3,4	7,4
Tourteau de soja 48 tanné	88,8	1,04	408	300	374	339	3,4	7,8
Tourteau de colza 35	89,1	0,94	290	90	225	143	8,4	12,4

Les modalités de stockage des concentrés sont importantes pour deux raisons principales : d'une part elles peuvent influencer la qualité de la conservation et l'éventuel développement de moisissures, d'autre part il existe des risques de contamination des concentrés par des agents pathogènes (*Neospora caninum* par exemple) par l'intermédiaire des déjections d'animaux lorsqu'ils sont stockés en vrac à même le sol ou dans des cellules non fermées.

c. Cas particulier des rations semi-complètes

Dans une ration semi-complète ou même une ration semi-individuelle, un complément de production peut être distribué. Pour vérifier s'il correspond aux besoins des animaux, on utilise la table de l'ITEB (Institut de l'Élevage) (tableau 52) pour connaître le rythme de distribution nécessaire en fonction de la production au pic et du niveau d'équilibre de la ration de base équilibrée (ENJALBERT, 2002).

Tableau 52 : Rythme de distribution du complément de production pour un fourrage distribué à volonté et un complément de production à 1 UFL / kg (ITEB, cité par ENJALBERT, 2002)

Production au pic (kg) – Niveau d'équilibre	Rythme de distribution
30	1 / 2
25	1 / 2,2
20	1 / 2,5
15	1 / 3
10	1 / 4

2.3.3.2. Séquence de distribution

La séquence de distribution des aliments permet d'évaluer, notamment dans les systèmes traditionnels, les risques d'acidose.

Tableau 53 : Exemple de séquence de distribution de la ration des vaches en lactation

	Horaires	Aliment distribué
Matin	5h30	1 kg de foin par vache
	7h - 7h30	½ de la ration complète
Après-midi	16h – 16h30	½ de la ration complète

Dans l'exemple présenté dans le tableau 53 la rumination est stimulée avant la distribution de la ration complète par la distribution de foin une demi-heure avant la traite.

2.3.3.3. Evaluation des quantités distribuées (ENJALBERT, 2002)

- **Mesure directe**

Elle peut se faire à l'aide d'un peson (concentrés, ensilages), d'une balance (minéraux) ou d'une bascule (mesure de la quantité totale distribuée pour l'ensemble des animaux par repas).

- **Mesure indirecte**

✓ *Ensilages* : on calcule en fonction de la hauteur du silo (H) la densité (D) de l'aliment :

- Ensilage de maïs : $D \text{ (kg MB / m}^3\text{)} = 160 + 70 \times (H - 1) + 18 \times (35 - \% \text{ MS})$

- Ensilage d'herbe :

- < 25 % MS : $D \text{ (kg MB / m}^3\text{)} = 765 + 70 \times (H - 1) + 5 \times (25 - \% \text{ MS})$

- > 25 % MS : $D \text{ (kg MB / m}^3\text{)} = 765 + 70 \times (H - 1) + 10 \times (\% \text{ MS} - 25)$

✓ *Foin* : on estime le nombre de bottes utilisées par unité de temps que l'on divise par le nombre d'animaux présents. Les bottes et les balles de foin ont la densité suivante : 70 – 100 kg / m³ pour les bottes et 100 - 120 kg / m³ pour les balles. A partir des mesures de la longueur et la largeur des bottes ou de la hauteur et du diamètre des balles, on estime leur poids.

2.3.4. Ration ingérée

Afin de vérifier si les fourrages distribués sont réellement donnés à volonté, plusieurs éléments sont à vérifier (tableau 54). L'adéquation du nombre de cornadis au nombre de vaches présentes est aussi à calculer.

Les refus doivent correspondre à 5 % de la ration en quantité et en qualité (composition équivalente). Pour évaluer la quantité de refus lorsque la visite se fait juste après la distribution d'aliment (pas de visualisation des refus), la question à poser à l'éleveur est leur devenir. En effet, si d'autres animaux sont nourris avec ce refus (génisses, vaches tarées) on peut considérer qu'il est au moins en partie consommable. Le nombre d'animaux qui en bénéficie permet d'évaluer indirectement leur quantité.

Tableau 54 : Consommation des fourrages à volonté, critères d'obtention et de contrôle (ENJALBERT, 1995)

	Libre-service	Auge
Aménagements	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30 – 35 cm/vache pour un accès 24 h/24 ▪ largeur de l'accès du front du silo > 6 m ▪ pas de fil électrique limitant l'avancée des animaux 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cornadis : 70 cm / vache ▪ Auge simple : 50 – 60 cm / vache ▪ Auge abritée (pluie, vent)
Travaux	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Détassage 1 à 2 fois par jour ▪ Parties moisies enlevées ▪ Refus enlevés tous les jours 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distribution 1 ou 2 fois par jour ▪ Repoussé 1 à 2 fois par jour ▪ Refus enlevés tous les jours
Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas de bousculade après détassage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0,5 à 1 kg de MS de refus consommable / vache
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si ensilage à volonté : consommation éventuelle de foin < 1 à 2 kg / vache 	

La fréquence de nettoyage et la propreté de l'auge sont à vérifier. Les aliments en cours de décomposition ont une palatabilité moindre (FAVERDIN, 1997) et l'ingestion des animaux peut en être affectée.

En ce qui concerne l'abreuvement, les points d'eau doivent être propres, le débit de l'eau doit dépasser 10 l / min. Le nombre de points d'abreuvement doit être supérieur à 1 pour 15 vaches, dont une auge en sortie de salle de traite (VAGNEUR, 2002).

2.2.5. Ration assimilée

Plusieurs méthodes sont disponibles pour évaluer l'utilisation de la ration. Certaines ont déjà fait l'objet d'un développement.

- directement sur les animaux : état corporel, consistance des bouses et tailles des particules digérées,
- à travers la production : production laitière, taux butyreux et taux protéique,
- à travers des examens complémentaires : profil métabolique.

2.2.6. L'évaluation de la ration

A partir des données recueillies précédemment, nous pouvons estimer la quantité distribuée, voire ingérée, de chaque type d'aliment pour chaque catégorie d'animal.

Afin de vérifier que les apports de la ration correspondent bien au niveau d'équilibre déclaré, la méthode de calcul est réalisée en trois étapes (d'après ENJALBERT, 2002).

a. Calcul des besoins des animaux

Dans le tableau 55 sont rappelées les modalités de calcul des apports recommandés ainsi que les résultats pour une vache-type à 30 kg de lait de production et une vache tarie.

Tableau 55 : Apports recommandés pour les vaches en lactation et au tarissement (d'après INRA, 1988)

Critère	Calcul	Vache 600 kg, 30 l	Vaches tarées
<i>CI</i> en UEL	$22 - 8,25 \times \exp(-0,02 \times PL^{**})$	$22 - 8,25 \times \exp(-0,02 \times 30)$ = 17,5	12
<i>UFL</i>	$5 + 0,44 \times PL$	$5 + 0,44 \times PL$ = 18,2	7,5 à 9,5 selon l'état d'engraissement en fin de lactation
<i>PDI</i> en g	$395 + 48 \times PL$	$395 + 48 \times 30$ = 1835	600
<i>Ca</i> en g	$36 + 4,2 \times PL_{<15}^{***} + 3 \times PL_{[15-25]} + 2 \times PL_{>25}$	$36 + 4,2 \times 14 + 3 \times 16 + 2 \times 6$ = 107	55 – 60 (< 65)
<i>P</i> en g	$27 + 2 \times PL_{<15} + 1,6 \times PL_{[15-25]} + 1 \times PL_{>25}$	$27 = 2 \times 14 + 1,6 \times 16 + 1 \times 6$ = 86,6	35

* *CI* = capacité d'ingestion en UEL ; ** *PL* = production laitière ; *** Pour le calcium et le phosphore les apports recommandés sont décroissants pour les 14 premiers kg de lait produits, pour les kilos 15 à 25 et pour chaque kilo de lait produit au-delà de 25 kg.

b. Calculs des apports de la ration

Pour éviter les erreurs, la liste des aliments doit être dressée avec leurs valeurs alimentaires respectives.

Plusieurs situations peuvent se présenter.

- **Les quantités distribuées de chaque aliment sont connues**

Dans ce cas, il suffit de calculer la somme des apports de chaque aliment en UEL, en UFL, en PDIE, en PDIN et, éventuellement, en calcium et en phosphore.

Pour calculer l'apport de chaque aliment on multiplie la quantité distribuée par la valeur alimentaire choisie. Par exemple pour l'apport en UFL de la ration avec Q_i la quantité de l'aliment i distribuée et UFL_i sa valeur énergétique, on calcule :

$$\text{Apport en UFL} = \sum (Q_i \times UFL_i)$$

Pour les fourrages les valeurs sont habituellement exprimées en unité par kg MS et pour les concentrés en unité par kg de MB (sauf pour les minéraux).

Dans le cas particulier des valeurs d'encombrement, les tables ne fournissent pas la valeur d'encombrement des concentrés (VEC). Elle est à calculer à partir de la valeur d'encombrement des fourrages (VEF) corrigée par un facteur (Sg) qui traduit le phénomène de substitution. Le calcul est le suivant :

$$\text{VEC} = \text{VEF} \times \text{Sg} \quad \text{avec VEC et VEF en UEL / kg MS}$$

$$\text{et } \text{Sg} = 1,2 \times \text{PL}^{-0,9} \times \exp(1,46 \times \text{UFF} / \text{VEF}) \quad \begin{array}{l} \text{UFF} = \text{valeur UFL du fourrage} \\ \text{PL} = \text{production laitière} \end{array}$$

On obtient donc la valeur d'encombrement des concentrés, en UEL / kg MS que l'on multiplie par 0,87 (teneur en MS moyenne des concentrés : 87 %), afin d'avoir la valeur d'encombrement en UEL / kg MB.

- **Les quantités distribuées d'un des fourrages sont inconnues (fourrage à volonté)**

On réalise une estimation en faisant l'hypothèse que l'animal sature sa capacité d'ingestion et que la quantité totale de fourrage ingéré (QFI) est égale à 11 à 14 kg de MS en moyenne selon la qualité du fourrage. En connaissant la quantité distribuée des autres fourrages, par soustraction on calcule la quantité ingérée du fourrage donné. Ensuite on réalise les mêmes calculs que précédemment.

- **Les quantités distribuées de deux fourrages sont inconnues**

Cette situation peut aussi être divisée en deux cas :

- l'un des fourrages est distribué en quantité faible et mesurable, comme du foin laissé à disposition des animaux, dont la quantité ingérée varie en général de 1 à 2 kg MS / jour. Dans ce cas, on utilise la même méthode que dans le cas précédent.

- les deux fourrages sont en libre service avec une répartition de la consommation non maîtrisée. Dans ce cas, aucun calcul fiable ne peut être réalisé.

c. Comparaison des apports et des recommandations / Vérification de l'équilibre de la ration

On vérifie l'adéquation entre les apports de la ration et les recommandations en UEL, en UFL, éventuellement en calcium et en phosphore. Pour les apports protéiques, on vérifie les équations présentées dans le tableau 56.

Tableau 56 : Equations de vérification de l'équilibre de la ration (d'après INRA, 1988)

Valeurs à vérifier	Base de comparaison	Signification
Apports PDIE	\geq Besoin PDI	Couverture des besoins de l'animal
Apports $\frac{PDIE - PDIN}{UFL}$	≤ 4 à 8 pour des vaches en lactation ≤ 8 à 12 pour des vaches tarées + 200 sur du long terme	Couverture des besoins de la flore Pas de risque de production de NH ₃ en excès
Apport PDIN	\leq Apport PDIE + 400 g sur du court terme	

2.4. Le logement

2.4.1. Ambiance des bâtiments

Le renouvellement de l'air doit être suffisant pour évacuer la vapeur d'eau provenant de la respiration des animaux et de l'évaporation de l'humidité de la litière ainsi que les facteurs de pollution (ammoniac, gaz carbonique, poussières, agents infectieux) (CAPDEVILLE, 1995). Pour effectuer un diagnostic d'ambiance dans un bâtiment, plusieurs règles sont à suivre (CAPDEVILLE, 1995) :

- la présence des animaux est indispensable (FOSTIER, 1990). En effet, ils sont à l'origine de l'effet cheminée par l'augmentation de la température à l'intérieur du bâtiment.
- les observations les plus simples nécessitant peu ou pas de mesures sont à favoriser,
- tous les éléments du bâtiment sont à corrélérer les uns aux autres
- l'application stricte des normes et des recommandations ne garantit pas à elle seule la réussite.

Plusieurs étapes sont à observer pour évaluer l'ambiance d'un bâtiment. Il s'agit essentiellement d'identifier l'existence d'un problème dans la conception du bâtiment pour pouvoir le cas échéant référer à un technicien bâtiment en cas d'insuffisance de compétence dans le domaine.

2.4.1.1. Facteurs d'environnement du bâtiment (CAPDEVILLE, 1995, CLERBOUT, 1997)

- **Implantation du bâtiment** : plaine, vallée, flancs de coteau, sommet, etc.... Ceci définit l'exposition au vent et à l'ensoleillement.
- **Orientation du bâtiment** en relation avec les vents dominants ;
- **Proximité** : autre bâtiment, silo, haies... tous les obstacles naturels ou artificiels peuvent modifier la direction et la vitesse du vent.

En cas de doute sur le trajet réel suivi par le vent, il suffit d'observer les mouvements de fumée aux abords immédiats du bâtiment (fumigènes, fumée de tracteur...).

2.4.1.2. Caractéristiques structurales du bâtiment

- **Forme générale** de la construction : bipente, monopente, existence d'un plafond ou d'un long pan ouvert...
- **Nature des matériaux** : murs, bardages, charpente, couverture, plafond...
- **Etat des matériaux** : traces d'humidité, présence de condensation, état de la litière qui sont des indicateurs essentiels pour repérer une ambiance trop humide (mauvaise évacuation de l'air et donc accumulation de l'humidité sur la toiture ou les parois verticales).
- **Volume d'air** : le volume d'air statique dans le bâtiment peut être calculé (sauf pour les bâtiments monopentes semi-ouverts (CLERBOUT, 1997)). C'est le calcul du volume du bâtiment ramené au nombre d'animaux présents dans le bâtiment (tableau 57).

Tableau 57 : Volume d'air statique recommandé (CAPDEVILLE, 1995)

Types d'animaux	Volume d'air statique minimal (en m ³)	Volume d'air statique optimal (en m ³)
Vache laitière > 7000 l / lactation	25	35
Vache laitière ± 5000 l / lactation	20	30
Vache tarie		
Génisse 400 kg	12	20
Génisse 200 kg	9	15
Veau nouveau-né	5	7

Lorsque le volume d'air est trop important, les animaux peuvent avoir des pertes calorifiques importantes. Il ne doit pas dépasser de plus de 20 % le volume d'air optimal (CAPDEVILLE, 1995).

- **Ouvertures servant à la ventilation** : leurs dimensions (entrées et sorties d'air) doivent être mesurées (tableau 58), leur répartition, leur hauteur par rapport à l'aire de vie ainsi que l'existence d'ouvertures entraînant l'existence de courants d'air parasites sont à évaluer (CAPDEVILLE, 1995). La figure 25 présente les entrées et les sorties d'air selon le type de bâtiment.

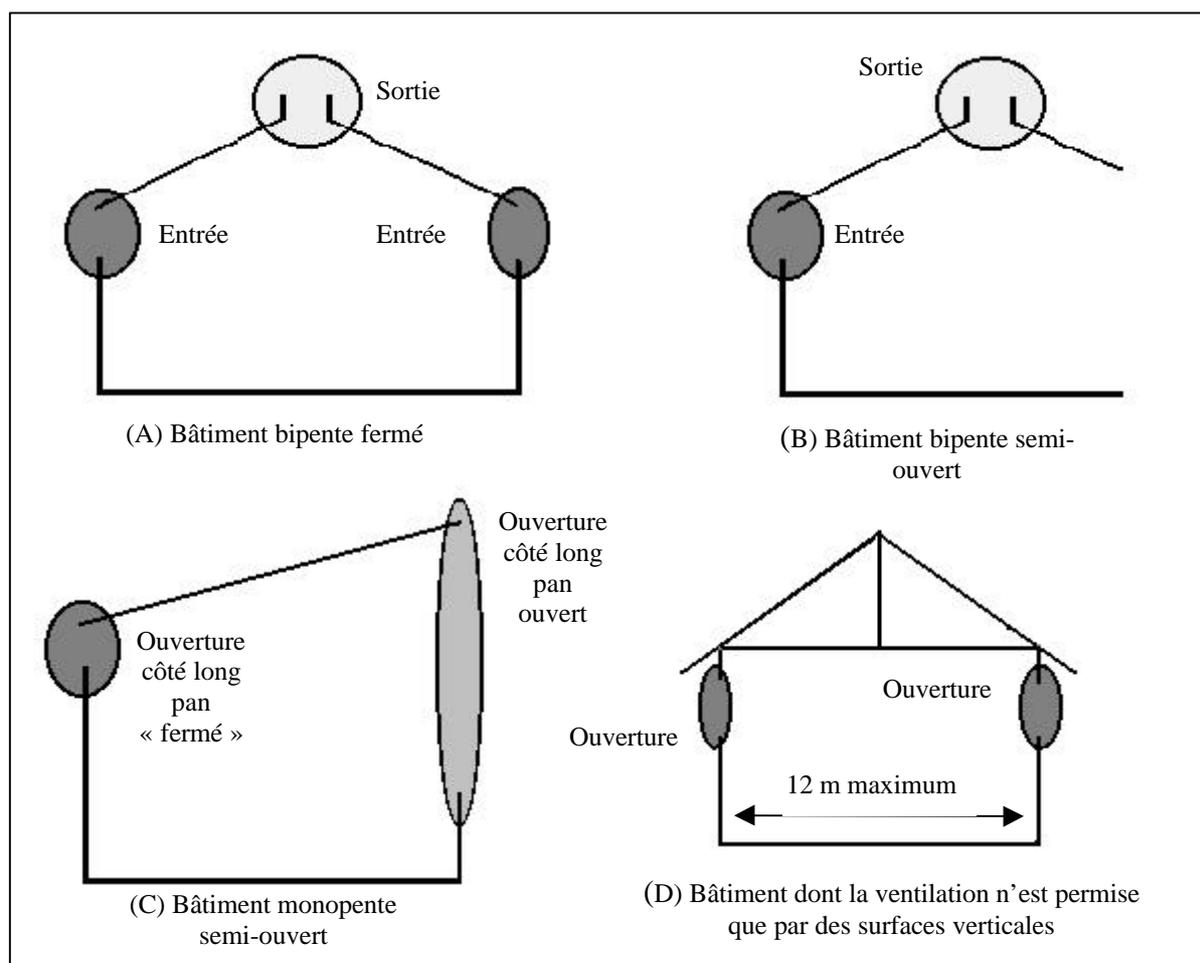


Figure 25 : Localisation des ouvertures d'entrée et de sortie d'air selon le type de bâtiment (d'après CAPDEVILLE, 1995)

-

Tableau 58 : Surfaces d'entrées et de sorties d'air recommandées (CAPDEVILLE, 1995)

<i>Groupes d'animaux</i>	Bâtiment bi-pente fermé		Bâtiment bi-pente semi-ouvert		
	<i>Surface de sortie (m²/animal)</i>	<i>Surface d'entrée totale (m²/animal)</i>	<i>Surface de sortie minimale (m²/animal)</i>	<i>Surface de sortie optimale (m²/animal)</i>	<i>Surface d'entrée (m²/animal)</i>
Vache laitière > 7 000 l / lactation	0,15	0,30	0,075	0,15	0,15
Vache laitière > 5 000 l / lactation	0,12	0,24	0,06	0,12	0,12
Génisse de 400 kg Vache tarie	0,08	0,16	0,04	0,08	0,08
Génisse de 200 kg	0,04	0,08	0,02	0,04	0,04
Veau d'élevage de 50 kg	0,02	0,04	0,01	0,02	0,02

<i>Groupes d'animaux</i>	Bâtiment monopente semi-ouvert		Bâtiment dont la ventilation n'est permise que par des surfaces verticales	
	<i>Hauteur libre minimale de l'ouverture côté long pan ouvert (m)</i>	<i>Surface approximative correspondante (m²/animal)</i>	<i>Surface totale des ouvertures (m²/animal)</i>	<i>Soit de chaque côté ou sur chaque pignon (m²/animal)</i>
Vache laitière > 7 000 l / lactation	0,85	0,65	0,75	0,37
Vache laitière > 5 000 l / lactation	0,80	0,60	0,60	0,30
Génisse de 400 kg Vache tarie	0,65	0,45	0,40	0,20
Génisse de 200 kg	0,43	0,22	0,20	0,10
Veau d'élevage de 50 kg	0,33	0,11	0,10	0,05

- **Eclairage** : les surfaces translucides doivent correspondre à 20 % de la surface du sol. Elles doivent être aisées à nettoyer (BROUILLET, 1990).

2.4.1.3. Fonctionnement du bâtiment

- **Visualisation des circuits d'air**

Le déplacement des volutes de fumée est visualisé à partir d'une cartouche placée au centre de l'aire de vie et, éventuellement, près des pignons (fig. 26). L'observateur se place à distance du fumigène pour avoir une vue d'ensemble du circuit général de l'air et des modalités d'évacuation de la fumée (en moins de 3 minutes normalement). Pour avoir les détails des flux d'air au niveau des animaux, on utilise des tubes fumigènes à fumée froide (CLERBOUT, 1997).

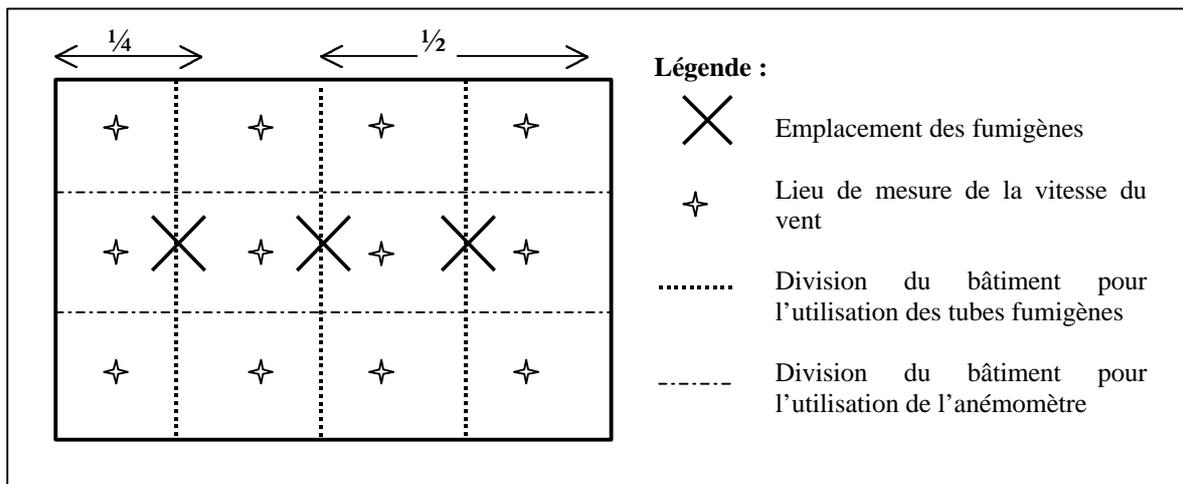


Figure 26 : Position des cartouches de fumigène et points de mesure de la vitesse du vent sur l'aire de vie des animaux (d'après FOSTIER, 1990 ; CLERBOUT 1997)

On transpose les résultats sur plusieurs plans : on fait un quadrillage du bâtiment avec deux plans horizontaux l'un à 0,2 m et l'autre à 1,2 m du sol ainsi que trois plans verticaux au niveau des traits en pointillé du plan (CLERBOUT, 1997).

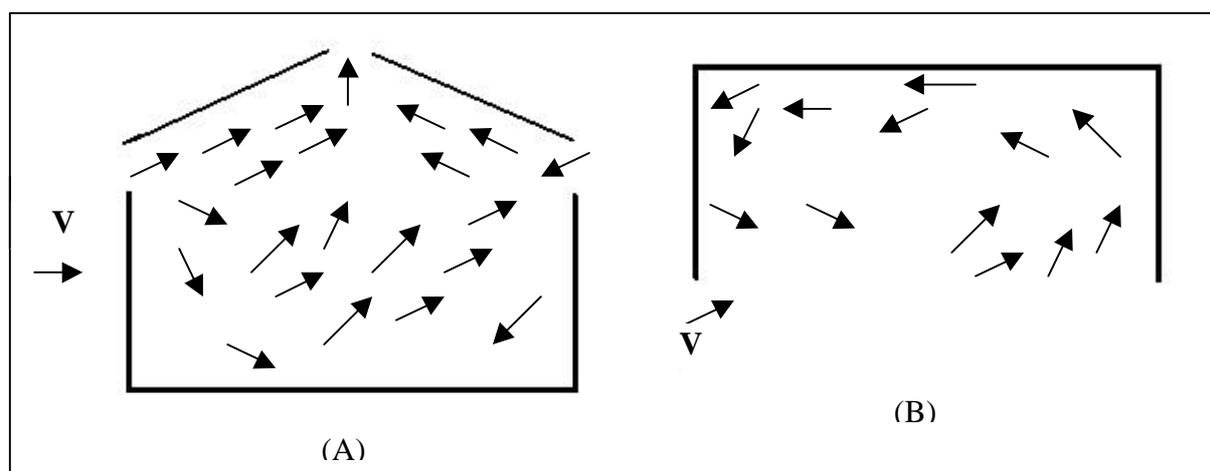


Figure 27 : Circuit de l'air observé dans un bâtiment fermé (A) vue en coupe et dans un bâtiment semi-ouvert (B) vue en plan (d'après FOSTIER, 1990)

Dans un bâtiment fermé, le circuit de l'air est globalement sur un plan vertical, pour un bâtiment semi-ouvert, horizontal (CAPDEVILLE, 1995). Le tableau 59 et la figure 27 résument les circuits généralement observés et les facteurs de variation. Dans un bâtiment semi-ouvert avec une toiture bipente, le circuit de l'air correspond à une combinaison des deux types proposés.

Tableau 59 : Entrées et sorties d'air selon le type de bâtiment (d'après FOSTIER, 1990)

	Entrées	Sorties	Facteurs de variation
<i>Bâtiment fermé</i>	Latéralement, face au vent	Faîtage / ouvertures face opposée au vent	Dimension et répartition des ouvertures
<i>Bâtiment semi-ouvert</i>	Extrémité du long pan	Extrémité opposée du long pan	Sens de rotation fonction de l'angle du vent par rapport au bâtiment

Cette évaluation dépend du sens du vent le jour de la visite. La densité animale, le nombre et le poids des animaux ainsi que leur répartition sur l'aire de vie jouent aussi un rôle. Toutefois, les gros défauts détectés sont constants quelles que soient les conditions climatiques (FOSTIER, 1990).

- **Mesure des paramètres d'ambiance**

Trois paramètres principaux sont à considérer :

- la *différence d'humidité absolue* entre l'intérieur du bâtiment (eau produite par les animaux : évaporation cutanée, respiratoire et des déjections) et l'extérieur (fonction des conditions climatiques). L'hygrométrie est mesurée à l'aide d'un hygromètre et la température à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, on recherche l'équivalent en humidité absolue sur des tables puis on calcule la différence entre les deux (CLERBOUT, 1997). Elle doit être inférieure à **0,5 g/kg d'air sec**. Cette méthode a une sensibilité de 73 % et une spécificité de 79 % (FOSTIER, 1990). Il faut faire attention de ne pas prendre les mesures à proximité d'une personne ou d'une vache (CLERBOUT, 1997)

- la *vitesse de l'air* avec un anémomètre à fil chaud (précision de 10 % pour des vitesses < 1 m/s). On quadrille l'aire de vie (figure 26) et on mesure la vitesse de l'air au centre des zones à 0,2 et 1,2 m du sol. L'objectif est d'avoir plus de 80 % des points de mesures où la vitesse est inférieure ou égale à 0,5 m/s. Cette évaluation a une sensibilité de 83 % et une spécificité de 73 % (FOSTIER, 1990).

Pour des animaux jeunes (0 à 4 mois), la vitesse de l'air doit être inférieure à 0,25 m/s (CAPDEVILLE, 1995).

- la *teneur en ammoniac* de l'air. Il existe des tubes de détection dans le commerce. Une autre méthode consiste à évaluer à 20 cm du sol la perception d'une odeur piquante. La perception est faible pour des teneurs de 5 ppm ou plus (CAPDEVILLE, 1995).

2.4.2. Caractéristiques structurales du logement des animaux

Les principales caractéristiques structurales du logement des animaux dépendent de chaque type de logement. Les dimensions des logettes ou des stalles ainsi que la surface disponible par animal pour les stabulations libres constituent les principales mesures à relever (tableaux 60 et 61).

Tableau 60 : Surfaces d'aire de vie pour les vaches laitières (CAPDEVILLE, 1995 ; MENARD, 2002)

Type d'animal	Aire paillée 100 %		Aire de couchage paillée + aire exercice béton		Couchage en pente paillée + aire exercice béton		Longueur totale (cm)	Logettes	
	Surface aire paillée (m ²)	Surface facultative stalle béton non raclée (m ²)	Surface aire paillée (m ²)	Surface aire bétonnée (m ²)	Surface gisoir pente paillée (m ²)	Surface aire bétonnée (m ²)		Largeur (cm)	Surface aire exercice (m ²)
Vache à 7000 l	10	0,5 – 1,5	7 – 8	3,5	7 - 8	3,5	230 – 260	120 – 130	4,5

Tableau 61 : Surfaces d'aire de vie pour les génisses de remplacement (CAPDEVILLE, 1995)

Age (mois)	Aire paillée 100 %		Aire de couchage paillée + aire exercice béton		Couchage en pente paillée + aire exercice béton		Longueur totale (cm)	Largeur (cm)	Surface aire exercice (m ²)
	Surface aire paillée (m ²)	Surface facultative stalle béton non raclée (m ²)	Surface aire paillée (m ²)	Surface aire bétonnée (m ²)	Surface gisoir pente paillée (m ²)	Surface aire bétonnée (m ²)			
Sevrage – 6	2 – 3	0 – 0,5	2 – 2,5	0,6 – 0,8	–	–	–	–	–
6 – 12	3 – 3,5	0 – 0,7	2,5 – 3	1 – 1,2	2	1 – 1,2	210	80 – 85	2
12 – 18	3,5 – 4	0 – 0,8	3 – 3,5	1,4 – 1,5	2,5	1,2 – 1,5	210	90 – 100	3
18 – 24	4 – 5	0 – 1	4 – 4,5	1,5 – 2	3	1,5 – 2	210	105 – 110	3,5
24 – Vêlage	5 - 7	0 – 1,1	4,5 - 5	2 – 2,5	4	2 – 2,5	220 - 230	115 - 120	4

Le type de sol, sa nature (béton, terre battue...) et ses caractéristiques (existence de rainurage pour du béton, dimensions des caillebotis...) devront aussi être examinés. Enfin la quantité et la nature de la litière utilisée renseignent sur le confort et, éventuellement, sur les risques de contamination des animaux.

En ce qui concerne les logettes, quelques précisions peuvent être apportées. La barre frontale basse doit être à 80 cm du sol minimum, l'arrêteoir à 180 à 190 cm du seuil de la logette. La hauteur du seuil doit être de 20 (système lisier) à 25 cm (système fumier). Enfin, la pente de la logette doit être de 2 % de l'avant vers l'arrière (MENARD, 2002). Les autres recommandations sont présentées sur la figure 28.

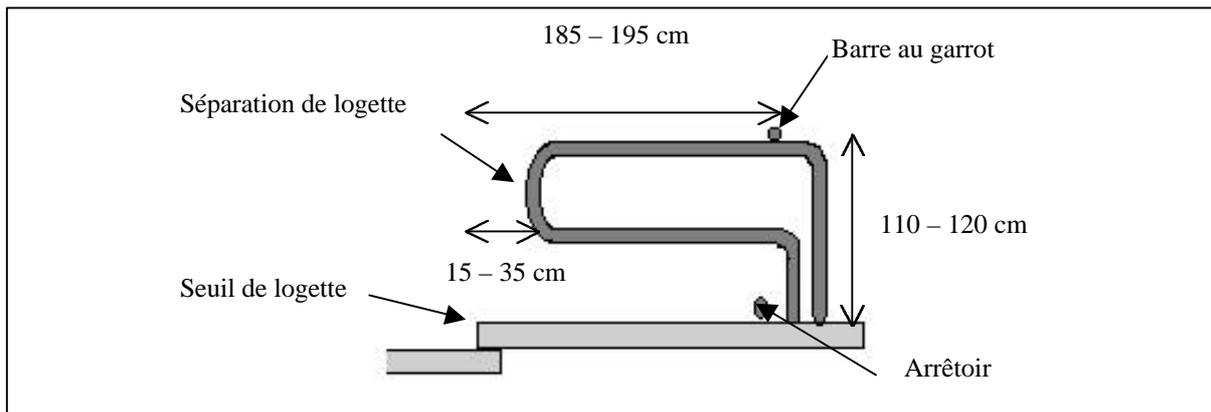


Figure 28 : Caractéristiques principales de la logette (d'après MENARD, 2002)

2.4.3. Entretien du bâtiment

L'entretien du bâtiment concerne la fréquence du raclage des logettes ou des stalles, du raclage de l'aire d'exercice, du renouvellement de la litière ou paillage, du curage des aires paillées. On demandera aussi la fréquence de nettoyage et désinfection de l'ensemble du bâtiment et si un vide sanitaire est réalisé annuellement. Il est recommandé de le faire tous les ans. Enfin, on vérifiera si la dératisation et la désinsectisation du bâtiment sont réalisées régulièrement.

3. Rapport de visite

*“The faintest pen is stronger than the strongest mind.
What isn’t written down is at risk of being forgotten or, worse, misconstrued.”*
J.M. GAY

Le rapport de visite est une partie essentielle de toute intervention en exploitation. C’est la seule trace qu’il reste des observations faites lors de la visite, des investigations qui sont menées et, surtout, des recommandations proposées et de leur justification.

Le rapport de visite est destiné à la fois à l’élève, aux intervenants et aux éventuels commanditaires de la visite, mais aussi à toute personne qui interviendra ultérieurement sur l’exploitation. Plusieurs objectifs sont à remplir lors de sa conception (SEEGERS, 2001) :

- il doit être lu par le destinataire : la typographie et le style jouent un rôle important,
- il doit être compris : les faits doivent être énoncés clairement avec les explications concomitantes,
- il doit être admis : les preuves apportées et le raisonnement logique développé (argumentation) doivent convaincre,
- il doit être suivi : les recommandations proposées doivent convaincre l’élève de les suivre en mettant en évidence les avantages attendus et l’évolution supposée en cas de non-réalisation de ces recommandations.

3.1. Forme générale (DROUET, 2001)

3.1.1. Lisibilité

Une des premières caractéristiques et non des moindres est la lisibilité du rapport. La typographie doit être engageante pour faciliter la lecture. Des propositions ont été apportées par Drouet dans sa thèse (DROUET, 2001) :

- marge de 2,5 cm (haut, bas, droite et gauche)
- police de style classique (Times New Roman ou Arial) de taille 12
- interlignes simples
- alinéa à chaque début de paragraphe et pas de paragraphe à chaque phrase.

La présentation doit être aérée avec un plan qui se différencie bien du texte.

3.1.2. Compréhensibilité

Les phrases doivent être compréhensibles. Pour cela elles doivent être courtes, simples et chaque phrase doit correspondre à une idée. De plus, le vocabulaire employé sera adapté au destinataire principal du rapport.

3.1.3. Exhaustivité

Un bon dosage de la quantité d’information rapportée est indispensable pour éviter à la fois l’oubli de données pouvant être importantes et, dans le sens contraire, l’apport de données superflues (données inutiles ou redondantes). Seules les informations pertinentes par rapport aux troubles considérés seront à préciser

La longueur du rapport dépendra du sujet traité. Un compromis entre un rapport trop court qui pourra sembler bâclé et un rapport trop long, fastidieux à lire devra être trouvé.

3.2. Plan d'organisation (DROUET, 2001, GAY, 1999)

Le plan du rapport dépendra du type de trouble observé dans l'exploitation. Toutefois, certains éléments sont à préciser dans tous les cas.

- **Motif d'appel**

Il est indispensable de le noter. D'une part il permet de vérifier que l'on y répond, même si lors de l'investigation d'autres problèmes ont été soulevés ; d'autre part, il permet de rappeler les raisons qui ont motivé la visite lors de lecture différée ou d'informer un tiers lisant le rapport (DROUET, 2001). L'idéal est de le placer en début de rapport et indépendamment du texte.

- **Présentation sommaire de l'exploitation**

Certains éléments caractérisant l'exploitation doivent être replacés en début de rapport pour permettre de connaître le fonctionnement de l'exploitation et donc les contraintes qui lui sont liées.

- **Evaluation de la situation - sources d'information utilisées**

La partie description et analyse doivent être séparées. En effet, mélanger les faits et leur interprétation peut créer des confusions.

La première grande partie du rapport de visite sera donc la description des faits. Cette description se fera de manière la plus objective possible, en essayant de quantifier le plus souvent possible les observations effectuées. Dans tous les cas, les sources d'information doivent être citées pour pouvoir interpréter les résultats. En effet, selon les sources, les informations peuvent être différentes par leur mode de calcul (ex. : calcul des résultats de reproduction par le contrôleur laitier et calcul manuel à partir du registre de l'éleveur), par les méthodes d'analyses utilisées dans le cas d'analyse de laboratoire, etc. ... Le second intérêt de la citation des sources est de pouvoir retrouver les informations en cas de besoin.

Les résultats de performance (production, reproduction) ou les résultats d'analyses de laboratoire ne sont pas à décrire littéralement mais à résumer dans des tableaux et des graphiques. Seuls les points pertinents et les résultats utiles pour l'analyse sont à souligner.

- **Analyse**

Cette partie permet de lier les faits avec les facteurs de risques. Elle correspond au diagnostic épidémiologique. C'est une discussion-argumentation sur les liens existant entre les manifestations observées, les résultats d'analyses, et les facteurs de risque identifiés. L'objectif étant d'être admis, le raisonnement mis en œuvre doit persuader l'éleveur de sa justesse pour lui faire adopter ensuite les recommandations.

Les aspects positifs sont à mettre en exergue pour encourager l'éleveur à continuer les pratiques convenables.

- **Propositions hiérarchisées**

Cette partie a été développée dans la seconde partie. Toutefois, nous rappelons quelques points essentiels :

- inclure un nombre limité de propositions (5 au maximum), se focaliser sur des propositions qui ont des chances de fournir un résultat,

– fournir des informations suffisamment détaillées pour l'application des recommandations. Par exemple, préciser les posologies, la voie d'administration, le moment de l'administration d'un médicament que l'on conseille d'utiliser, sans oublier de rappeler le temps d'attente.

– adapter les recommandations au fonctionnement de l'exploitation pour être sûr d'être suivi. Des recommandations d'ordre général sans réflexion sur leur possibilité d'application dans une exploitation auront de forts risques de ne pas être suivies. Par exemple la recommandation de ne plus introduire de vaches prêtes à vêler dans une l'exploitation alors qu'il n'y a pas les capacités structurelles pour augmenter la taille du pré-troupeau n'a pas de sens.

- **Proposition de suivi**

Un suivi doit être proposé systématiquement avec un échéancier. Des objectifs doivent être fixés et des critères de suivis doivent être proposés.

- **Résumé**

L'idéal serait de fournir en même temps que le rapport formel un résumé concis et clair rapportant les idées fortes du rapport. Ce résumé aura la même organisation que le rapport avec en premier le motif d'appel et la définition du problème à partir d'indicateurs majeurs. Un rappel du diagnostic épidémiologique. Enfin, la liste des actions recommandées dans l'ordre de priorité clôturera le résumé.

3.3. Remarques

Quelques mesures de précautions peuvent être préconisées pour se protéger en cas de litige (GAY, 1999):

- décrire clairement les procédures d'utilisation des médicaments ;
- établir clairement les risques encourus lors du suivi des recommandations ;
- pouvoir fournir des références dans la littérature scientifique des interprétations et des méthodes de corrections proposées ;
- définir les risques de santé publique, par exemple lors de salmonellose,
- préciser les risques de zoonose (fièvre Q, chlamydie...) et les mesures de précaution à suivre lors de manipulation des animaux ou d'autoconsommation du lait par exemple.

Conclusion

Les éléments présentés dans ce travail fournissent une trame pour appréhender toute visite d'élevage et résoudre un problème affectant un troupeau. Ils peuvent être appliqués dans de nombreuses situations et pour des productions animales autres que l'élevage bovin laitier qui a servi de base de référence. Nous avons indiqué que la pratique de la médecine de population peut recouvrir plusieurs aspects allant de la simple visite au suivi régulier et à l'audit au sens strict. Le degré d'investissement de l'intervenant par rapport à l'élevage et la profondeur de l'investigation sont très différents selon la modalité choisie. Nous avons pris du recul vis-à-vis de ces différentes situations afin de proposer une approche rationnelle utilisable dans la majorité des cas. L'inconvénient majeur sera donc un manque de précision pour chacune de ces situations. Toutefois, il nous a semblé primordial d'expliquer ces bases du raisonnement afin que le praticien effectue sa démarche de manière consciente et la plus objective possible, tout en tenant compte des données imprécises et parfois peu fiables dont il dispose.

La notion de système nous a paru fondamentale car elle permet de concevoir la dynamique de l'exploitation agricole. En effet, l'exploitation agricole est un système complexe. Les troubles sanitaires affectant un troupeau donné ont des particularités qui dépendent de la combinaison de facteurs de risque et de protection présente dans l'exploitation. La notion de pathocénose en est une illustration. La conduite du troupeau est un facteur primordial dans l'apparition et la propagation des maladies au sein d'un élevage. De cette affirmation s'ensuit la difficulté à faire admettre à de nombreux éleveurs le rôle de leurs pratiques d'élevage dans l'occurrence des troubles sanitaires.

De plus, face à l'existence de troubles sanitaires ou de chutes de production laitière, il sera réducteur de prétendre résoudre durablement le problème en n'agissant que sur un seul domaine. La prise en compte en parallèle de plusieurs secteurs de l'exploitation (approche globale) permettra une intervention plus efficace. En pratique, il est difficile et long de réellement tout considérer. Il conviendra de partager la problématique en plusieurs questions touchant chacune à un secteur précis et de les traiter successivement dans le temps.

Enfin, l'éleveur, en tant que chef d'exploitation, doit maintenir son système afin qu'il soit rentable financièrement. Les troubles sanitaires affectant un troupeau sont générateurs de pertes économiques pouvant être importantes. L'objectif de l'intervention sera donc de minimiser les pertes économiques et de proposer des mesures correctives ayant un rapport coût-bénéfice satisfaisant. De plus, la prise en compte des objectifs de l'éleveur pour son exploitation dans les mesures recommandées permettra une meilleure observance des recommandations.

La méthode présentée dans la seconde partie permet d'être rigoureux dans le raisonnement et d'éviter trop d'oublis. Une description la plus précise possible des faits pourra permettre une analyse cohérente. Toutefois, cette approche ne constitue qu'un squelette autour duquel le praticien doit apporter toute son expérience et parfois aussi son intuition. En effet, de nombreux écueils sont présents lors d'intervention dans les exploitations : manque de données, taille réduite de troupeaux ne permettant pas une exploitation statistique des données, résultats d'analyse sur une trop faible proportion d'animaux pour permettre une interprétation fiable (coût des analyses), vue statique de l'exploitation au cours d'une simple visite, décalage du moment de l'intervention par rapport à la période d'apparition des troubles, etc. ... Tous ces éléments rencontrés au cours des visites d'élevage que nous avons suivies nous montrent les limites de la théorie. De plus, nous considérons ne pas avoir suffisamment de recul et d'expérience pour offrir une critique suffisamment objective de cette démarche.

Dans la troisième partie, nous nous sommes intéressé aux principaux éléments d'intérêt diagnostique à observer dans un élevage bovin laitier. Ce que nous retiendrons du premier chapitre est l'importance de la connaissance du contexte de l'élevage pour que les mesures proposées soient adaptées aux atouts et aux contraintes de l'élevage et aux objectifs du producteur. C'est un élément capital pour le suivi des recommandations. Le second chapitre résume les observations à réaliser sur les animaux, l'alimentation et le logement. La majorité des points présentés constituent des aides à l'identification des points anormaux ou améliorables. La validation de certains systèmes de scores, comme le quotient de confort des vaches, reste à faire. Le développement du sens de l'observation est capital à notre sens pour identifier d'une part les facteurs de risques mais aussi les contradictions pouvant exister entre la perception de l'éleveur et la réalité sur le terrain. Enfin, la réalisation d'un rapport nous semble indispensable pour garder une trace écrite des analyses réalisées et des recommandations proposées.

En dernier lieu, nous précisons que sans un minimum d'aptitudes pour la communication, tout le travail réalisé pour identifier les facteurs de risque et proposer des solutions peut être vain faute de suivi des conseils par l'éleveur. Ce facteur est de plus en plus pris en compte par certains intervenants en élevage mais reste encore sous-exploité par les vétérinaires. Certaines études commencent à réaliser des typologies d'éleveurs vis-à-vis de domaines particuliers comme la réforme des animaux ou la réaction face au conseil de groupe ou le conseil individuel. Il nous semble primordial de continuer les recherches dans le domaine de la communication, de la description des processus de prise de décision, de la perception des maladies par les éleveurs afin de mieux faire adopter les pratiques recommandées.

Références Bibliographiques

ALBRIGHT, J.L., ARAVE, C.W.

The behaviour of cattle. Cambridge : CAB international, 1997, 308 p.

ALNO, J.P.

Conduite à tenir dans l'approche globale de troupeau. Critères d'évaluation du bien fondé des mesures mises en place, aspect économique de la santé, les plans sanitaires d'élevage

In : Journées nationales GTV-INRA : Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29 – 31 mai 2002, 253 – 258

BARNOUIN, J., CHASSAGNE, M.

Contribution de l'approche écopathologique à l'étude des relations nutrition - santé chez la vache laitière

Vet. Res., 1994, **25**, 202 – 207

BAZIN, S.

Grille de notation de l'état d'engraissement des vaches pie noires. Paris : I.T.E.B., I.N.R.A., E.D.E 22, 29, 35, 44, 49, 56, 72. 1984, 32 p.

BEAUDEAU, F., VAN DER PLOEG, J.D., BOILEAU, B. SEEGERS, H., NOORDHUIZEN, J.P.T.M.

Relationships between culling criteria in dairy herds and farmers' management style

Prev. Vet. Med., 1996, **25**, 327 – 342

BEAUDEAU, F., FOURICHON, C.

Estimating relative risk of disease from outputs of logistic regression when the disease is not rare

Prev. Vet. Med., 1998, **36**, (4), 243 – 256

BEDOUET, J.

La visite de reproduction en élevage bovin laitier

Bulletin technique des GTV, 1994, **5**, 109 – 130

BELLAMY, B.E.

Medical diagnosis, diagnostic spaces, and fuzzy systems

J. Am. Vet. Med. Assoc., 1997, **210**, (3), 390 – 396

BERGSTEN, C.

Effects of conformation and management system on hoof and leg diseases and lameness on dairy cows

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 2001, **17**, (1), 1 – 23

BERNARD, C.

Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Paris : Garnier-Flammarion, 1966, 320 p.

BONNEVIALE, J.R., JUSSIAU, R., MARSHALL, E., et al.

Approche globale de l'exploitation agricole. Dijon : INRAP – FOUCHER, 1989, 330 p.

BOUCHARD, E.

La médecine de troupeau au Québec

In : Journées nationales GTV-INRA : Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29 – 31 mai 2002, 17 – 26

BOUYER, J.

Méthodes statistiques. Médecine – biologie. Paris : ESTEM, INSERM, 1996, 354 p.

BRAND, A., BENEDICTUS, G., NIELEN, M., SEEGER, H.

Le suivi de l'élevage des génisses laitières de renouvellement aux Pays-Bas

Bulletin technique des GTV, 1994, **4**, 7 – 15

BRAND, A., NOORDHUIZEN, J.P.T.M., SCHUKKEN, Y.H.

Herd health and production management in dairy practice, 1996, Ed. Wageningen Pers., 366 p.

BROUILLET, P., RAGUET, Y.

Logement et environnement des vaches laitières et qualité du lait

Bulletin technique des GTV, 1990, **4**, 13 – 35

BRUYAS, J.F., FIENI, F., BATTUT, I., TAINURIER, D.

Repeat-breeding : un signal d'alerte pour l'éleveur, un casse-tête pour le clinicien

Le Point Vétérinaire, 1996, **28**, numéro spécial : La reproduction des ruminants, 981 – 991

BRUYAS, J.F., FIENI, F., BATTUT, I., TAINURIER, D.

Repeat-breeding : démarche thérapeutique

Le Point Vétérinaire, 1996, **28**, numéro spécial : La reproduction des ruminants, 992 – 996

CANGUILHEM, G.

Le normal et le pathologique. Vendôme : Presses Universitaires de France, collection Quadriga, 1966, 226 p.

CAPDEVILLE, J., TILIE, M.

L'ambiance dans les bâtiments d'élevage bovin, ovin, caprin et équin. 2^{ème} édition. Paris :

Institut de l'Elevage, collection Le Point Sur, 1995, 64 p.

CATHEBRAS, P.

Qu'est-ce qu'une maladie ?

Rev. Méd. Interne, 1997, **18**, 809 – 813

CHENAIS, F., LE GALL, A.

L'ensilage de maïs pour les vaches laitières. Paris : Institut de l'Elevage, collection Le Point Sur, 1995, 88 p.

CHRISTENSEN, J., GARDNER, I.A.

Herd-level interpretation of test results for epidemiologic studies of animal disease

Prev. Vet. Med., 2000, **45**, 83 – 106

CLERBOUT, Y.

Contribution à la pratique de l'appréciation de l'ambiance dans les bâtiments d'élevage bovin en ventilation naturelle : réalisation d'un logiciel d'aide au diagnostic d'ambiance. Th. : Med. Vet. : Maisons-Alfort, ENVA, 1997, 110 p.

DAHL, J.C., RYDER, J.K., HOLMES, B.J., WOLLENZIEN, A.C.

An integrated and multidisciplinary approach to improving a dairy's production
Vet. Med., 1991, 207 – 222

DARGATZ, D.A., SALMAN, M.D.

Decision tree analysis and its value to herd health
Compendium-on-Continuing-Education-for-the-Practicing-Veterinarian, **12**, (3), 433 – 439

DARRE, J.P.

Le rôle des groupes de voisinage dans l'élaboration et la reproduction des normes de travail
B.T.I., 1989, **442 – 443**, 353 – 358

DEMARQUILLY, C.

Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Tables de prévision de la valeur alimentaire des fourrages. CRZVT, Beaumont, 1981, 582 p.

DE ROSNAY, J.

Le microscope, vers une vision globale. Paris : Seuil, 1975, 352 p.

DESJOUIS, G.

Utilisation des antibiotiques dans les diarrhées infectieuses des bovins adultes
In : Journées nationales GTV-INRA : Antibiothérapie et antibiorésistance, Nantes, France, 26 – 28 mai 1999, 87 – 90

DIJKHUIZEN, A.A., MORRIS, R.S.

Animal health economics : principles and applications. Sydney : Post Graduate Foundation publication, University of Sydney, 1997, 306 p.

DROUET, O.

Evaluation de la forme des audits sanitaires réalisés en Vendée par le Groupement Départemental de lutte contre les Maladies des Animaux et le Groupement Technique Vétérinaire entre 1991 et 2001
Th. : Med. Vet. : Nantes, Faculté de Médecine, 2001, 95 p.

EICHER, R.

Médecine de troupeau intégrée – le modèle bernois : une nouvelle approche proposée par le Division de reproduction et de Médecine de population de l'université de Berne (Suisse)
In : Journées nationales GTV-INRA : Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29 – 31 mai 2002, 33 – 35

ENJALBERT, F.

Conseil alimentaire et maladies métaboliques en élevage
Le Point Vétérinaire, 1995, **27**, numéro spécial : Maladies métaboliques des ruminants, 33 – 38

ENJALBERT, F.

Rationnement en *peripartum* et maladies métaboliques

Le Point Vétérinaire, 1995, **27**, numéro spécial : Maladies métaboliques des ruminants, 39 – 45

ENJALBERT, F.

EPU Nutrition et alimentation des vaches laitières, septembre 2002

ENNUYER, M.

Evolution des suivis d'élevage

Le Point Vétérinaire, 1999, **30**, n° spécial « Exercer en clientèle mixte demain ... », 711 – 716

FABRE, J.M.

Présentation d'une méthode de diagnostic originale : la méthode de diagnostic par gestion de lots d'hypothèses

Mémoire de DEA : Productions animales, Toulouse, INP : 1989, 108 p.

FAVERDIN, P., AGABRIEL, J., BOCQUIER, F., INGRAND, S.

Maximiser l'ingestion de fourrages par les ruminants : maîtrise des facteurs liés à l'alimentation et à leur conduite

In : INSTITUT DE L'ELEVAGE, INRA : 4^{ème} Rencontre Recherche Ruminants, Paris, France, 4 et 5 décembre 1997. Paris : INSTITUT DE L'ELEVAGE, 1997, 65 – 74

FAYE, B., BARNOUIN, J.

Objectivation de la propreté des vaches laitières et des stabulations – L'indice de propreté

Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A., 1985, **59**, 61 – 67

FAYE, B., BARNOUIN, J.

L'écopathologie ou comment aborder la pathologie multifactorielle

INRA Prod. Anim., 1996, hors série, 127 – 134

FERROUILLET, C., CARRIER, J., DESCOTEAUX, L., BOUCHARD, E.

Aspects pratiques de l'appréciation du confort chez la vache laitière en stabulation libre à logettes

In : Journées nationales GTV-INRA : Vaccins et immunité, Clermont-Ferrand, France, 30 – 31 mai, 1^{er} juin 2001, 549 – 555

FETROW, J., MADISON, J.B., GALLIGAN, D.

Economic decision in veterinary practice : a method for field use

J. Am. Vet. Med. Assoc., 1985, **186**, (8), 792 – 797

FOSTIER, B., TILLIE, M.

Caractérisation de l'ambiance dans les bâtiments d'élevage bovin

Rec. Med. Vet., 1990, **166**, (2), 113 – 118

FOURICHON, C., SEEGER, H., BAREILLE, N., BEAUDEAU, F.

Effects of disease on milk production in the dairy cow : a review

Prev. Vet. Med., 1999, **41**, 1 – 35

- FOURICHON, C., SEEGER, H., MALHER, X.
Effect of disease on reproduction in the dairy cow : a meta-analysis
Theriogenology, 2000, **53**, 1729 – 1759
- FOURICHON, C., SEEGER, H., BEAUDEAU, F., VERFAILLE, L., BAREILLE, N.
Health control costs in dairy farming systems in western France
Livestock production Science, 2001a, **68**, 141 – 156
- FOURICHON, C., BEAUDEAU, F., BAREILLE, N., SEEGER, H.
Incidence of health disorders in dairy farming systems in western France
Livestock production Science, 2001b, **68**, 157 – 170
- FOURICHON, C., SEEGER, H., BEAUDEAU, F., BAREILLE, N., MALHER, X.
Estimation du manque à gagner lié au bilan de santé d'un élevage laitier
In : Journées européennes organisées par la Société Française de Buiatrie : actualités en buiatrie, Paris, France, 28 – 29 novembre 2001c, 140 – 148
- GALLIGAN, D.T., RAMBERG, C., CURTIS, C., JOHNSTONE, C.
Adjustment for the competitive risk of culling in financial evaluation of health programs
Prev. Vet. Med., 1993, **16**, 15 – 20
- GAY, J.M. Student guidelines for written recommendations [online]. May 1998. Updated August 1999 [cited march 17, 2002]. Available from World Wide Web :
<http://www.vetmed.wsu.edu/courses-jmgay/OutBLetter.htm>
- GAY, J.M. Epidemiology concepts for disease in animal group [online]. May 1998. Updated May 2001a [cited march 17, 2002]. Available from World Wide Web :
<http://www.vetmed.wsu.edu/course-jmgay/EpiMod2.htm>
- GAY, J.M. Guide for herd problem investigation [online]. May 1998. Updated September 2001b [cited march 17, 2002]. Available from World Wide Web :
<http://www.vetmed.wsu.edu/course-jmgay/OutBGuide.htm>
- GAY, J.M. Introduction to herd production medicine [online]. May 1998. Updated January 24, 2002 [cited march 17, 2002]. Available from World Wide Web :
<http://www.vetmed.wsu.edu/course-jmgay/PMIntroduction.htm>
- GERNEZ, J.
L'audit d'élevage : une aide à la décision sans prescription
In : Journées nationales GTV-INRA : Antibiothérapie et antibiorésistance, Nantes, France, 26 – 28 mai 1999, 393 – 398
- GOODGER, W.J., FRANK, G.G., NORDLUND, K.V., HILBELINK, B., EISELE, C.
Financial assessment of results of intervention to correct a housing-system problem on a dairy farm
J. Am. Vet. Med. Assoc., 1996, **209**, (8), 1406 – 1410
- GRMEK, M.D.
La vie, les maladies et l'histoire. Paris : Seuil, 2001, 290 p.

HANCOCK, D.D., WIKSE, S.E.

Investigation planning and data gathering

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 1988a, **4**, (1), 1 – 15

HANCOCK, D.D., BLODGETT, D., GAY, C.C.

The collection and submission of samples for laboratory testing

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 1988b, **4**, (1), 33 – 60

HEINRICHS, J., KONONOFF, P.

Evaluating particle size of forages and TMRs using the new Penn State Forage Particle Separator [on line]. [cited November 14, 2002] Available from World Wide Web : www.das.psu.edu/dcn/catforg/particle/pdf/DAS0242.pdf

HUGHES, J.

A system for assessing cow cleanliness

In Practice, oct. 2001, 517 – 524

INRA

Alimentation des bovins, ovins et caprins. Paris : INRA, 1988, 476 p.

INSTITUT DE L'ELEVAGE, Département e génétique, Identification et contrôle des performances, INRA, Département de génétique animale, station de génétique quantitative et appliquée

Résultats des contrôles de descendance des taureaux Prim'Holstein. Production laitière – morphologie – caractères fonctionnels. DR/AP WEB du 10/08/01-CR 3065, Juin 2001, 25 p.

KELTON, D.F, LISSEMORE, K.D., MARTIN, R.E.

Recommendations for recording and calculating the incidence of selected clinical diseases of dairy cattle

J. Dairy Sci., 1998, **81**, (9), 2502 – 2509

LALANDE, A.

Vocabulaire technique et critique de la philosophie. 4^{ème} édition. Paris : PUF, 1997, collection Quadrige, 2 volumes, 1326 p.

LEAN, I.J.

Bovine production medicine

In : Australian Association of Cattle Veterinarians and the Cattle Chapter of the Australian College of Veterinary Scientists : Dairy medicine and production. Sydney, Australie, 10 – 14 juin 1991, 61 – 75

LESSARD, P.

The characterization of disease outbreaks

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 1988, **4**, (1), 17 – 32

LINDSTROM, T., REBDO, I.

Effect of feeding and rumen fill on behaviour in dairy cows

Applied Animal Behaviour Science, 2000, **70**, 83 – 97

- LUESCHER, U.A., FRIENDSHIP, R.M., LISSEMORE, K.D., McKEOWN, D.B.
Clinical ethology in food animal practice
Applied Animal Behaviour Science, 1989, **22**, (2), 191 – 214
- MARSH, W.
The economics of animal health in farmed livestock at the herd level
Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz., 1999, **18** (2), 357 – 366
- MARTINEAU, G.P.
Approche méthodologique de l'élevage porcin (approche sur problème)
In : Journées nationales GTV-INRA : Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29 – 31 mai 2002a, 433 – 437
- MARTINEAU, G.P.
L'approche des phénomènes pathologiques en élevage porcin : un exemple à suivre ?
In : Journées nationales GTV-INRA : Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29 – 31 mai 2002b, 37 – 42
- MAZOYER, M., ROUDART, L.
Histoire des agricultures du monde, du néolithique à la crise contemporaine. 2^{ème} édition.
Paris : Seuil, 2002, collection « Points Histoire », 734 p.
- MENARD, JL., GAUTIER, M., DEMERLE, P.
Réussir ses logettes [on line], 2002, [cited november 14, 2002] Available from World Wide Web : [http://siga.inst-elevage.asso.fr/Bases/ClubsMetiers/BatElv.nsf/681226ec04fba65bc12568e80082f071/da2522a9f8c12936c1256abf0032d749/\\$FILE/logettes.pdf](http://siga.inst-elevage.asso.fr/Bases/ClubsMetiers/BatElv.nsf/681226ec04fba65bc12568e80082f071/da2522a9f8c12936c1256abf0032d749/$FILE/logettes.pdf)
- MORLEY, P.S.
Clinical reasoning and the diagnostic process
Compendium-on-Continuing-Education-for-the-Practicing-Veterinarian, 1991, **13**, (10), 1615 – 1620
- MORRIS, R.S.
The application of economics in animal health programmes : a practical guide
Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz., 1999, **18** (2), 305 – 314
- NELSON, A.J.
On-farm nutrition diagnostics
In : Proceedings 29th annual convention of American Association of Bovine Practitioners. San Diego, Etats-Unis, 12 au 14 Septembre 1996, 76 – 85
- NGATEGIZE, P.K., KANEENE, J.B., HARSH, S.B., BARLETT, P.C., MATHER, E.L.
Decision analysis in animal health programs : merits and limitations
Prev. Vet. Med., 1986, **4**, 187 – 197
- NIELSEN, N.O.
Ecosystem health and veterinary medicine
Can Vet J, 1992, **33**, (1), 23 – 26

NOORDHUIZEN, J.P.T.M.

Changes in the veterinary management of dairy cattle : threats or opportunities ?

Veterinary Sciences tomorrow [on line], May 2001, **2** [cited March 17, 2002]. Available from World Wide Web : <http://www.vetscite.org/cgi-bin/issue2/000020/000020.htm>

NORDLUND, K.V.

Developing production medicine practice

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 1989, **15**, (3), 501 – 515

NORDLUND, K.V.

Grumpy old vets : the 1960's practice hits the 21st century

The Bovine Practitioner, 1998, **32**, (1), 58 – 62

NORDLUND, K.V.

A form to develop goals for dairy production medicine programs [on line], 1999,. [cited march 17, 2002]. Available from World Wide Web :

<http://www.vetmed.wisc.edu/dms/fapm/forms/1econ/goaltxt2.pdf>

O'CONNOR, M.L., BALDWIN, R.S., ADAMS, R.S., HUTCHINSON, L.J.

An integrated approach to improving reproductive performance

J. Dairy Sci., 1985, **68**, 2806 – 2816

OLERON, P.

Le raisonnement. 5^{ème} édition. Paris : PUF, 1996, Collection Que sais-je, n°1671, 128 p.

ØSTERGAARD, S., SØRENSEN, J.T.

A review of the feeding-health-production complex in a dairy herd

Prev. Vet. Med., 1998, **36**, 109 – 129

PETERS, R.R., CASSELS, E.K., VARNER, M.A. and al

A demonstration of interdisciplinary dairy herd extension advising funded by industry and users. 1. Implementation and evaluation

J. Dairy Sci., 1994, **77**, 2438 – 2449

POLLOCK, R.V.H.

Anatomy of a diagnosis

Compendium-on-Continuing-Education-for-the-Practicing-Veterinarian, 1985a, **7**, (8), 621 – 628

POLLOCK, R.V.H.

Diagnosis by calculation

Compendium-on-Continuing-Education-for-the-Practicing-Veterinarian, 1985b, **7**, (12), 1019 – 1034

POPPER, K.

La connaissance objective. Paris : Flammarion, 1991, 378 p.

RADOSTITS, O.M., GAY, C.C., BLOOD, D.C., HINCHCLIFF, K.W.

Veterinary medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses. 9ième edition, Philadelphia : W.B. Saunders Company, Harcourt Publishers, 2000a, 1878 p.

RADOSTITS, O.M., TYLER, J.W., MAYHEW, I.G.

Making a diagnosis

In : RADOSTITS, O.M., MAYHEW, I.G., HOUSTON, D.M.

Veterinary clinical examination and diagnosis. London : Harcourt Publishers Limited (W.B. Saunders), 2000b, 11 – 49

RADOSTITS, O.M.

Herd health. Food animal production medicine, 3^{ème} Edition, Philadelphia : W.B. Saunders company, 2001, 884 pp.

REDLUS, H., HOLLY, M.

Interrelating dairy production medicine and self-imaging psychology

Compendium-on-Continuing-Education-for-the-Practicing-Veterinarian, 1988, **10**, (11), 1321 – 1327

RENEAU, J.K., KINSEL, M.L.

Record systems and herd monitoring in production-oriented health management programs in food-producing animals

In : RADOSTIS, O.M.

Herd health. Food animal production medicine, 3^{ème} Edition, Philadelphia : W.B. Saunders company, 2001, 107 – 146

RIBBLE, C.S., JANZEN, E.D., CAMPBELL, J.

Disease outbreak investigation in the beef herd : defining the problem

In : Proceedings 31st annual convention of American Association of Bovine Practitioners. Spokane, Washington, 24 au 26 Septembre 1998, 121 – 127

RNED BOVIN, EDE BRETAGNE ET PAYS-DE-LOIRE

La conduite des vaches laitières du tarissement au pic de lactation. Paris : ITEB, 1985, 28 p.

ROLLIN, F.

Tests de terrain pour la mise en évidence des pathologies sub-clinique de la vache laitière

In : Journées européennes organisées par la Société Française de Buiatrie : Actualités en buiatrie, Paris, France, 28-30 novembre 2001, 18 – 32

ROSENBERGER, G.

Examen clinique des bovins. Maisons-Alfort : Point Vétérinaire, 1979, 527 p.

RUEGG, P.

Investigating herd problems and production on dairy farms

In : Proceedings 29th annual convention of American Association of Bovine Practitioners. San Diego, Etats-Unis, 12 au 14 Septembre 1996, 96 – 101

SAUVANT, D.

Le concept de lois de réponses multiples aux régimes, trait d'union entre les domaines techniques et économiques de l'élevage

In : INSTITUT DE L'ELEVAGE, INRA : 6^{ème} Rencontre Recherche Ruminants, Paris, France, 1^{er} et 2 décembre 1997. Ivry-sur-Seine : INSTITUT DE L'ELEVAGE, 1999, 11 – 17

SCHELCHER, F., ASSIE, S., VALARCHER, J.F., FOUCRAS, G.
Critères d'alerte des troubles métaboliques et nutritionnels en élevage bovin laitier
In : Congrès de la Société Française de Buiatrie : Le nouveau péripartum. Paris, France, 25-26 novembre 1998

SCHELCHER, F., MAILLARD, R.
Conduite à tenir lors de maladies respiratoires. Les broncho-pneumonies bovines en stabulation : arbre décisionnel.
In : Journées nationales GTV-INRA : Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29 – 31 mai 2002, 43 – 46

SCHUKKEN, Y.H., BRAND, A.
Health management in herds
Vet. Res., 1994, **25**, 160 – 164

SCHUKKEN, Y.H., VAN SCHAİK, G., ZADOKS, R.N.
Handling of infectious herd problems : role of the individual in herd and population
In : KASKE, M, SCHOLZ, H., HOLTERSHINKEN, M. : Recent developments and perspectives in bovine medicine, keynote lectures. XXII World Buiatrics Congress, Hanovre, Allemagne, 18 – 23 août 2002, 384 – 394

SEEGERS, H., BEDOUEY, J., BOUIN, V.
Attentes des éleveurs laitiers mayennais en matière de suivi d'élevage par le vétérinaire
Bulletin technique des GTV, 1994, **5**, 66 – 76

SEEGERS, H., MALHER, X.
Les actions de maîtrise des performances de reproduction et leur efficacité économique en élevage bovin laitier
La Point Vétérinaire, 1996, **28**, numéro spécial : La reproduction des ruminants, 961 – 969

SEEGERS, H., BEAUDEAU, F., FOURICHON, C., BAREILLE, N.
Reasons for culling in French Holstein cows
Prev. Vet. Med., 1998, **36**, 257 – 271

SEEGERS, H., BAREILLE, N., MALHER, X., FOURICHON, C., BEAUDEAU, F.
L'audit de santé et de production d'un troupeau laitier
In : Journées européennes organisées par la Société Française de Buiatrie : actualités en buiatrie, Paris, France, 28 – 29 novembre 2001, 131 – 139

SLENNING, B.D.
Quantitative tools for production-oriented veterinarians
In : RADOSTIS, O.M.
Herd health. Food animal production medicine, 3^{ème} Edition, Philadelphia : W.B. Saunders company, 2001, 47 – 106

SMITH, R.D., SLENNING, B.D.
Decision analysis : dealing with uncertainty in diagnostic testing
Prev. Vet. Med., 2000, **45**, 139 – 162

SMITH, D.R.

Epidemiologic tools for biosecurity and biocontainment

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 2002, **18**, 157 – 175

SOURNIA, J.C.

Logique et morale du diagnostic. Paris : Gallimard, NRF, 1961, 192 p.

SPRECHER, D.J, HOSTETLER, D.E., KANEENE, J.B.

A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance

Theriogenology, 1997, **47**, 1179 – 1187

SWECKER, W.S, THATCHER, C.D.

The investigation of nutritional disorders

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 1988, **4**, (1), 127 – 144

THOMSON, J.U.

Implementing biosecurity in beef and dairy herds

In : Proceedings 30th annual convention of American Association of Bovine Practitioners.

Montréal, Canada, 18 au 21 Septembre 1997, 8 – 14

THRUSFIELD, M.

Veterinary epidemiology. 2^{ème} édition. Cambridge : Blackwell Science Ltd, 1995, 480 p.

TILLON, J.P.

Epidémiologie des maladies du porc liées à l'élevage intensif

Synthèse des travaux réalisés depuis 1977 à partir de la Station de Pathologie Porcine de Ploufragan (Côtes-du-Nord)

Journées Rech. Porcine en France, 1980, 361 – 380

TOMA, B., BENET, J.J., DUFOUR, B. and al.

Glossaire d'épidémiologie animale. Maisons-Alfort : Point vétérinaire, 1991, 368 p.

TOMA, B., DUFOUR, B, SANAA, M et al

Epidémiologie appliquée à la lutte contre les maladies animales transmissibles majeures.

Maisons-Alfort : AEEMA, 1996, 552 p.

TROUTT, H.F.

Examining the dairy herd – examining the dairy farm (emphasis on nutritional problem)

In : Australian Association of Cattle Veterinarians and the Cattle Chapter of the Australian

College of Veterinary Scientists : Dairy medicine and production. Sydney, Australie, 10 – 14 juin 1991, 515 – 543

TUBIANA, M.

Histoire de la pensée médicale, les chemins d'Esculape. Manhecourt : Flammarion, 1995, collection "Champs", 734 p.

VAARST, M., PAARUP-LAURSEN, B., HOUE, H., FOSSING, C., ANDERSEN, H.J.
Farmers' choice of medical treatment of mastitis in Danish dairy herds based on qualitative research view

J. Dairy Sci., 2002, **85**, 992 – 1001

VAGNEUR, M.

La visite de l'élevage bovin laitier : de la visite au conseil

In : Journées nationales GTV-INRA : Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29 – 31 mai 2002, 725 – 764

VALLET, A.

Evaluation de l'état sanitaire de troupeaux laitiers par une note globale

Rec. Méd. Vét., 1996, **172**, (11/12), 676 – 684

VANBELLE, M.

Comment juger la qualité des fourrages ? Exemple des ensilages

In : Journées Nationales GTV-INRA : Pathologie et nutrition, Angers, France, 22 – 24 mai 1996, 57 - 74

VEISSIER, I., SARIGNAC, C., CAPDEVILLE, J.

Les méthodes d'appréciation du bien-être des animaux d'élevage

INRA Prod. Anim., 1999, **12**, 2, 113 – 121

WARD, W.R., HUGHES, J.W., FAULL, W.B., CRIPPS, P.J., SUTHERLAND, J.P., SUTHEST, J.E.

Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and faecal consistency, cleanliness and mastitis in cows in four dairy herds

Vet. Rec., 2002, **151**, 199 – 206

WHITLOCK, R.H., BUERGELT, C.

Preclinical and clinical manifestations of paratuberculosis (including pathology)

Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract., 1996, **12**, (2), 345 – 356

WILLIAMSON, N.B.

The interpretation of herd records and clinical findings for identifying and solving problems of infertility

Compendium-on-Continuing-Education-for-the-Practicing-Veterinarian, 1987, **9**, (1), F14–F23

ZAAIJER, D., NOORDHUIZEN, J.P.T.M.

Dairy cow monitoring in relation to fertility performance

Cattle Practice, 2001, **9**, 3, 205-210