

<b>LISTE DES FIGURES :</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX :</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b>12</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>13</b>
<b>PARTIE A : REALISATION D'UN SUPPORT PEDAGOGIQUE POUR LE SUIVI DE REPRODUCTION EN ELEVAGE LAITIER</b> .....	<b>15</b>
<b>I. INTERET D'UN SITE INTERNET PEDAGOGIQUE POUR LE SUIVI DE REPRODUCTION EN ELEVAGE LAITIER</b> .....	<b>16</b>
1. LE SUIVI DE REPRODUCTION EN ELEVAGE LAITIER .....	16
2. LE SUIVI DE REPRODUCTION MIS EN PLACE A L'ENVT .....	17
3. INTERET D'UN LOGICIEL DE SUIVI DE TROUPEAU .....	17
<b>II. CHOIX DU SUPPORT PEDAGOGIQUE : LE SITE INTERNET</b> .....	<b>19</b>
1. CHOIX DU SUPPORT .....	19
2. CREATION DU SITE INTERNET .....	19
3. STRUCTURE ET PRESENTATION DU SITE .....	20
<b>PARTIE B : DU SUIVI DE REPRODUCTION AU SUIVI D'ELEVAGE LAITIER : CONTENU DU SITE INTERNET A VISEE PEDAGOGIQUE</b> .....	<b>25</b>
<b>I. LE SUIVI DE REPRODUCTION EN PRATIQUE : DE LA PREPARATION A LA VISITE</b> .....	<b>26</b>
1. DOCUMENTS ET MATERIEL NECESSAIRES .....	26
2. EXAMENS DES VACHES .....	28
2.1 <i>Vaches en anoestrus</i> .....	28
2.2 <i>Diagnostic de gestation</i> .....	28
2.3 <i>Vaches en péri-partum (8-20 jours postpartum)</i> .....	29
2.4 <i>Vaches en postpartum (21-50 jours postpartum)</i> .....	29
2.5 <i>Vaches au tarissement ou en préparation au vêlage (3 semaines avant la mise-bas)</i> .....	29
2.6 <i>Les génisses</i> .....	30
3. INDICATEURS METABOLIQUES .....	30
3.1 <i>Etat d'engraissement</i> .....	30
3.2 <i>Le remplissage du rumen</i> .....	31
3.3 <i>Evaluation des bouses</i> .....	32
4. EXAMEN DE LA RATION ET DE SES COMPOSANTS .....	33
4.1 <i>Ensilages</i> .....	33
4.2 <i>Examen de la ration à l'auge</i> .....	34
5. EXAMEN DU CONFORT DES VACHES.....	35
<b>II. LE SUIVI DE REPRODUCTION : ANALYSE ET REDACTION DU RAPPORT</b> .....	<b>39</b>
1. PHASE DE DESCRIPTION : ANALYSE DU BILAN DE REPRODUCTION ET FORMULATION DES HYPOTHESES (POUR REVUE PICARD-HAGEN ET AL, 2008).....	41
1.1 <i>Réalisation du bilan de reproduction : notion de fertilité et de fécondité</i> .....	41
1.2 <i>Comment réaliser le bilan de reproduction de l'élevage ?</i> .....	43
1.3 <i>Formulation des hypothèses</i> .....	44
1.3.1 <i>Dégradation de la fertilité</i> .....	45
1.3.2 <i>Anoestrus</i> .....	46
1.3.3 <i>Les retours décalés</i> .....	46
2. ANALYSE DES MARQUEURS METABOLIQUES (NOUVEL ET AL., 2015) .....	47
2.1 <i>Analyse des NEC</i> .....	47
2.2 <i>Analyse des concentrations de <math>\beta</math>-hydroxybutyrate et d'AGNE sanguins</i> .....	48
2.3 <i>Analyse des concentrations d'urée dans le lait</i> .....	48
2.4 <i>Analyse des données de production laitière</i> .....	49
2.4.1 <i>Documents VETOEXPERT permettant d'analyser les taux utiles</i> .....	49

2.4.2	Analyse des données de production laitière .....	50
2.5	<i>Exemple pratique d'analyse des marqueurs métaboliques</i> .....	52
2	PHASE DE SYNTHÈSE.....	57
3	PHASE OPERATIONNELLE.....	57
<b>III.</b>	<b>QUELQUES RAPPELS UTILES POUR LE SUIVI DE REPRODUCTION.....</b>	<b>58</b>
1.	PATHOLOGIES GENITALES COURAMMENT OBSERVEES EN SUIVI DE REPRODUCTION .....	58
1.1	<i>Les métrites et les endométrites</i> .....	58
1.1.1	Physiologie de l'utérus postpartum.....	59
1.1.2	Etude clinique des endométrites .....	59
1.1.3	Traitement des endométrites et des métrites (Picard-Hagen et al., 2012) .....	60
1.1.3.1	Les antiseptiques .....	61
1.1.3.2	Les antibiotiques .....	61
1.1.3.3	Traitements hormonaux .....	63
1.2	<i>L'anoestrus</i> .....	63
1.2.1	L'anoestrus physiologique.....	63
1.2.2	Le suboestrus .....	64
1.2.3	L'anoestrus vrai .....	64
1.2.3.1	Traitement de l'anoestrus vrai .....	65
1.2.3.2	Cas particulier des kystes ovariens.....	66
2.	LES TAUX UTILES : DEFINITION.....	70
2.1	<i>Le taux protéique</i> .....	70
2.2	<i>Le taux butyreux</i> .....	71
2.3	<i>Le taux d'urée</i> .....	71
2.4	<i>Facteurs de variation des taux utiles</i> .....	72
3.	LES MALADIES METABOLIQUES COURAMMENT RENCONTREES CHEZ LA VACHE LAITIERE EN PERIPARTUM .....	73
3.1	<i>La subacidose ruminale</i> .....	73
3.1.1	Mécanisme de l'acidose.....	73
3.1.2	Conséquences .....	74
3.1.3	Traitement.....	74
3.1.4	Exemple d'un cas de subacidose en élevage laitier .....	75
3.2	<i>L'acétonémie et la cétose subclinique</i> .....	77
3.2.1	Mécanisme.....	78
3.2.2	Traitements .....	79
3.2.3	Exemple d'un cas de cétose subclinique dans un élevage laitier .....	80
4.	LES TROUBLES NUTRITIONNELS ET LEURS REPERCUSSIONS SUR LA REPRODUCTION .....	82
4.1	<i>Déficit énergétique et reproduction</i> .....	82
4.2	<i>Relation azote dégradable et fécondation</i> .....	83
4.3	<i>Rôle des minéraux et des oligo-éléments</i> .....	84
5.	CONDUITE DU PRE-TROUPEAU .....	87
	<b>CONCLUSION &amp; PERSPECTIVES .....</b>	<b>89</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE : .....</b>	<b>91</b>
	<b>RESUME .....</b>	<b>99</b>

## **Liste des figures :**

Figure 1 - Barre de menu du site internet, comprenant différents onglets correspondant aux différentes pages du site.....	20
Figure 2 - Menu déroulant, accès à tous les onglets d'un item.....	21
Figure 3 - Plan du site, comprenant tous les items proposés, concernant à la fois des éléments pratiques sur la préparation et le déroulement de la visite, l'analyse au retour de la visite et des rappels sur des notions importantes pour le suivi de reproduction.....	22
Figure 4 - Organigramme reliant les catégories de vaches (encadré bleu) aux observations réalisées en élevage (rond vert) et aux analyses réalisées : reproduction (encadré rose), alimentation (encadré orange) et pathologies métaboliques (jaune).....	24
Figure 5 - Exemple de tableau « liste de vaches à voir ».....	26
Figure 6 - L'appareil portable Optium Xceed® avec les bandelettes Optium® bêta-cétone est utilisé pour mesurer les concentrations de bêta-hydroxybutyrate sanguines chez les vaches en péri-partum et en postpartum dans le cadre des suivis de reproduction. ....	27
Figure 7 - Comment évaluer la NEC des vaches ? Source : Isensee et al. 2014 .....	31
Figure 8 - Score de remplissage ruminal, Source : Adapté de l'observation du troupeau bovin, France Agricole.....	32
Figure 9 - Evaluation du confort à travers l'observation de blessures sur les jarrets, sur les genoux et sur le cou des vaches (Adapté de Guide Pratique pour l'évaluation et l'amélioration du confort à l'étable, Valacta).....	37
Figure 10 - Représentation schématisée des aplombs postérieurs normaux de la vache.....	38
Figure 11 - Indice de locomotion des vaches. Source : Hulsen 2007 .....	38
Figure 12 - Organigramme reliant les catégories de vaches (encadré bleu) aux observations réalisées en élevage (rond vert) et aux analyses réalisées : reproduction (encadré rose), alimentation (encadré orange) et aux documents d'élevage (encadré jaune).....	40
Figure 13 - Définition de la fertilité et de la fécondité sur un intervalle vêlage-vêlage (Source : Reproduction des mammifères domestiques, collection INRAP) .....	41
Figure 14 - Comment accéder au bilan de reproduction ? Interface de VETOEXPERT permettant d'accéder à la description et à l'analyse des performances de reproduction et des problèmes sanitaires du troupeau.....	43
Figure 15 - Exemple d'un bilan de reproduction sur une période d'un an: les paramètres de reproduction sont décrits, ainsi que les objectifs. Les paramètres de reproduction et les objectifs sont également visualisés sous forme de cadran.....	44
Figure 16 - Analyse des TB et des TP individuels sur un contrôle laitier en fonction de la production (quantité de lait produit) et des jours de production (stade de lactation) (VETOEXPERT (SNGTV)). Chaque point représente une vache (multipare, croix bleue et primipare, rond rose). ....	49
Figure 17 - Analyse des rapports TB/TP individuels sur un contrôle laitier en fonction de la production (quantité de lait produit) ou des jours de production (stade de lactation) (VETOEXPERT (SNGTV)). Chaque point représente une vache (multipare, croix bleue et primipare, rond rose). ....	50
Figure 18 - Classification des sécrétions vaginales (Williams et al. 2005).....	59
Figure 19 - Reprise physiologique de l'activité ovarienne chez les vaches laitières ; la première vague folliculaire conduit à un follicule dominant qui disparaît, mais sans formation de corps jaune, la	

<i>seconde vague folliculaire entraîne une phase lutéale courte et la reprise normale d'un cycle est observée après la 3<sup>ème</sup> vague folliculaire (Crowe, 2014) .....</i>	<i>64</i>
<i>Figure 20 - L'anoestrus anovulatoire peut être dû à une absence de pulsativité de GnRH et de LH, qui conduit à des ovaires petits, avec des follicules de diamètre inférieur à 8 mm (a) ou à une insensibilité de l'axe hypothalamo-hypophysaire au rétrocontrôle positif des œstrogènes (b), ce qui conduit à des follicules de diamètre de 10-20 mm, ou des kystes (diamètre supérieur à 25 mm).....</i>	<i>65</i>
<i>Figure 21 - Diagnostic différentiel des kystes ovariens. Le kyste lutéal présente une paroi plus épaisse que le kyste folliculaire, dont l'échogénicité homogène est similaire à celle du corps jaune. Source : atlas de gynécologie bovine, en ligne.....</i>	<i>67</i>
<i>Figure 22 - Traitement hormonal des kystes folliculaires à base d'hormones lutéotropes.....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 23 - Protocole GnRH (ou analogue) et PGF2alpha indiqué pour les kystes folliculaires. Une alternative est le second protocole avec une administration simultanée de GnRH (ou un analogue) et de PGF2, qui est indiqué pour les 2 types de kystes .....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 24 - Protocole GPG : la première injection de GnRH stimule la croissance folliculaire, induit l'ovulation et/ou la lutéinisation du kyste, et ainsi la formation d'une structure lutéale secondaire. L'injection de PGF2a 7 jours plus tard entraîne la régression du corps jaune ou de la structure lutéale secondaire. La dernière injection de GnRH induit l'ovulation et permet ainsi de réaliser une IA à un moment prédéterminé. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figure 25 - Protocole consistant en une imprégnation en progestagènes sous forme d'implant sous-cutané ou d'un dispositif vaginal pendant 7-9jours. Elle est associée à une injection de GnRH le premier jour et une injection de PGF2 un jour avant le retrait ou le jour même selon le protocole du progestagène. L'IA ou la monte naturelle a lieu 1 à 2 jours plus tard selon le progestagène utilisé... </i>	<i>70</i>
<i>Figure 26 - Evolution des TB et des TP individuels en fonction de la production laitière ou des jours postpartum (VETELEVAGE). Les TB et TP anormaux sont entourés en rouge .....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 27- Evolution du rapport TB/TP individuels en fonction de la production laitière ou des jours postpartum (VETELEVAGE). Encadré orange : rapports bas. Encadré rouge : rapports évoquant de la subacidose.....</i>	<i>76</i>
<i>Figure 28 - Mécanisme de la cétose de type I : le déficit en glucose entraîne la libération par le tissu adipeux des acides gras non estérifiés qui dans le foie, conduiront à la formation de corps cétoniques et au stockage, dans une moindre partie, de triglycérides (cétose de type II). D'après Enjalbert. ....</i>	<i>78</i>
<i>Figure 29 - Mécanisme de la cétose de type II : un stress comme une vache trop grasse en début de lactation entraîne la libération du tissu adipeux d'acides gras non estérifiés. Leur glycémie étant normale et le stress important, leur sensibilité aux hormones lipolytiques est plus forte et ce qui conduit au stockage de triglycérides dans le foie. D'après Enjalbert.....</i>	<i>79</i>
<i>Figure 30 - Evolution des TB et TP individuels en fonction de la production laitière ou des jours postpartum (VETELEVAGE), la barre rouge est la limite au-delà de laquelle on considère que les taux sont anormaux.....</i>	<i>80</i>
<i>Figure 31 - Excès d'azote et conséquences sur la reproduction. D'après Westwoord et al. 2002, Froidmont et al. 2002.....</i>	<i>84</i>

## **Liste des tableaux :**

<i>Tableau 1 - Aspect des bouses et grille d'interprétation - Source : Guedon 2017</i> .....	33
<i>Tableau 2 - Recommandations des surfaces de vie de la vache laitière (en m<sup>2</sup>)</i> .....	36
<i>Tableau 3 - Définition des paramètres de fécondité et de fertilité</i> .....	42
<i>Tableau 4 - NEC optimale en fonction du stade de production</i> .....	47
<i>Tableau 5 - Comment interpréter les variations de TB et de TP ?</i> .....	51
<i>Tableau 6 - Interprétation des profils des taux d'urée et des taux utiles du lait. Les éléments de confirmation à rechercher dans l'élevage pour affirmer les hypothèses sont indiqués- Source : Nouvel &amp; al, 2015, utilisation de marqueurs métaboliques</i> .....	52
<i>Tableau 7 - Analyse des indicateurs métaboliques (NEC, taux utiles, <math>\beta</math>OH) pour chaque catégorie de vaches en fonction de leur stade. Le nombre de femelles hors des objectifs est précisé. L'influence de ces déviations sur les performances de reproduction devra être évaluée. En rouge, les valeurs en dehors des objectifs</i> .....	53
<i>Tableau 8 - Synthèse entre les hypothèses émises, les analyses rapportées (marqueurs métaboliques) et l'interprétation permettant d'infirmer ou de confirmer l'hypothèse</i> .....	56
<i>Tableau 9 - Etude des différents grades d'infection utérine</i> .....	60
<i>Tableau 10 - Facteurs de variation physiologiques des taux utiles</i> .....	72
<i>Tableau 11 - Caractéristiques des vaches au TB bas &lt; 35 g/L</i> .....	77
<i>Tableau 12 - Indicateurs métaboliques des vaches avec un TP faible</i> .....	81
<i>Tableau 13 - Caractéristiques des vaches présentant un rapport TB/TP &gt; 1,5</i> .....	81
<i>Tableau 14 - Effet de l'insuline, l'IGF1 et de la leptine impliqué dans la balance énergétique et la reproduction</i> .....	82
<i>Tableau 15 - Effet de la carence calcium, phosphore et magnésium sur la reproduction</i> .....	85
<i>Tableau 16 - Effet de la carence des principaux oligo-éléments sur la reproduction</i> .....	86
<i>Tableau 17 - Comparaison des paramètres de fertilité des génisses et des vaches Holstein. Source : Etude IDELE, Fertilité des vaches laitières, c'est mieux, bilan de fertilité 1999-2012 de la fertilité en races laitières</i> .....	87

## **Liste des abréviations**

**%3IA** : Pourcentage de vaches non gravides après deux inséminations artificielles

**β-OH** : Béta-hydroxy-butyrate

**AGNE** : Acides Gras Non Estérifiés

**CJ** : Corps jaune

**CL** : Contrôle laitier

**CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice

**DG** : Diagnostic de gestation

**eCG** : Gonadotrophine chorionique équine

**ENVT** : Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

**Foll** : Follicule

**GnRH** : Gonadotropin Releasing Hormone

**hCG** : Hormone chorionique gonadotrope

**H-H** : Hypothalamo-hypophysaire

**IA** : Insémination Artificielle

**IA1** : Première Insémination Artificielle

**IA2** : Deuxième Insémination Artificielle

**IAF** : Insémination Artificielle Fécondante

**IV-C1** : Intervalle entre le Vêlage et les premières Chaleurs

**IV-IA1** : Intervalle entre le Vêlage et la première Insémination

**IV-IAF** : Intervalle entre le Vêlage et l'Insémination Artificielle Fécondante

**IV-V** : Intervalle entre le Vêlage de rang n et le Vêlage de rang n+1

**LH** : Hormone Lutéinisante

**NEC** : Note d'état corporel

**PGF<sub>2α</sub>** : Prostaglandines F<sub>2α</sub>

**SNGTV** : Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires

**TB** : Taux Butyreux

**TP** : Taux Protéique

**TRIA1** : Taux de Réussite en première Insémination Artificielle

**UGB** : Unité Gros Bétail

## **Introduction**

Ces dernières décennies ont été marquées par une évolution et une restructuration de l'élevage bovin français. Le nombre d'éleveurs bovins de plus de 8 UGB a diminué de 195 000 en 2005 à 146 000 en 2015 (SPIE-BDIN, Institut de l'Élevage). Ainsi, en 2015, 48% des exploitations laitières et 32 % des cheptels allaitants comptaient plus de 50 vaches. En outre, la production laitière a nettement augmenté, de 6509 à 8518 kg de lait par vache et par an sur la période de 1993 à 2015, pour les éleveurs inscrits au contrôle laitier (GEB-Institut de l'Élevage et Contrôle laitier). Cependant, ces femelles laitières fortes productrices présentent généralement plus de troubles, notamment pendant la période peripartum et ont des performances de reproduction dégradées. Ainsi, la conduite de ces troupeaux performants nécessite une bonne maîtrise de la gestion du troupeau, afin d'assurer la rentabilité technico-économique des élevages.

Les éleveurs ont à leur disposition différents services techniques pour gérer leur troupeau au quotidien : insémination, conseil en alimentation, contrôle laitier... Depuis une trentaine d'années, les cabinets vétérinaires ont développé de nouvelles offres de services notamment, les suivis de reproduction, pour aider les éleveurs à améliorer la gestion technico-économique de l'élevage. Les suivis de reproduction ont d'abord été limités aux examens gynécologiques à des moments clés de la vie génitale. Ils ont ensuite évolué vers des suivis plus étendus pour une mise sous surveillance plus globale de l'élevage. Ainsi, les examens gynécologiques sont maintenant fréquemment associés à l'évaluation de marqueurs métaboliques (note d'état corporel de la vache, état de ses bouses,...). Le suivi de ces indicateurs permet au vétérinaire de détecter les dérives dans la conduite d'élevage pour mettre en place précocement des mesures correctives et prévenir ainsi une altération des performances de reproduction et de la santé du troupeau.

Dans un cadre pédagogique, l'Unité de Pathologie de la Reproduction de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse réalise des suivis de reproduction dans trois élevages laitiers avec des étudiants de 3<sup>ème</sup> et de 4<sup>ème</sup> année. Les étudiants réalisent notamment les examens gynécologiques individuels et l'évaluation de marqueurs métaboliques. Après chaque visite, le groupe d'étudiants rédige un rapport. Ce rapport comprend, à l'échelle individuelle, pour toutes les vaches examinées (peri et postpartum, anoestrus et diagnostic de gestation), une synthèse des conclusions diagnostiques et les traitements proposés. A l'échelle du troupeau, un bilan de reproduction est établi sur une période d'un an. Son analyse permet de proposer des hypothèses diagnostiques. Les principaux facteurs de risques sont alors évalués à partir des observations issues de la visite d'élevage, de l'évaluation de la ration, de l'analyse de marqueurs métaboliques et des résultats du contrôle laitier. Cette description du problème et l'analyse des facteurs de risques conduisent à un bilan diagnostique d'élevage. Des mesures correctives sont alors proposées à l'éleveur.

Cependant, les groupes d'étudiants, qui se succèdent au cours du temps, ne participent qu'à une seule visite. Largement occupés par les examens gynécologiques des vaches, ils disposent de peu de temps pour intégrer les facteurs collectifs déterminants de la gestion du troupeau. En outre, en 3<sup>ème</sup> année, la plupart des étudiants ont reçu peu de formation à la médecine collective.

Il est donc nécessaire de mettre à leur disposition des supports pédagogiques utiles à la mise en œuvre d'une démarche de suivi de troupeau.

Plutôt que des supports papiers, les étudiants utilisent maintenant largement les technologies numériques pour rechercher des informations. C'est dans cette optique que l'objectif de cette thèse a été d'élaborer un support pédagogique, disponible sur internet, sur la méthodologie du suivi global de troupeau en élevage laitier à destination des étudiants vétérinaires. Ce contenu pédagogique pourra intéresser également certains vétérinaires praticiens désireux de faire évoluer les suivis qu'ils réalisent vers des suivis plus globaux.

La première partie de cette thèse présente l'intérêt du développement de ce site internet et sa construction. Le plan du site et son contenu sont décrits dans la seconde partie. Le site est accessible à l'adresse suivante : <http://suividereproductionenvt.wordpress.com>.

**PARTIE A : REALISATION D'UN**  
**SUPPORT PEDAGOGIQUE POUR LE**  
**SUIVI DE REPRODUCTION EN**  
**ELEVAGE LAITIER**

# **I. INTERET D'UN SITE INTERNET PEDAGOGIQUE POUR LE SUIVI DE REPRODUCTION EN ELEVAGE LAITIER**

## **1. Le suivi de reproduction en élevage laitier**

Depuis plusieurs décennies, la médecine vétérinaire rurale a évolué d'une approche essentiellement individuelle vers une approche collective. Par ailleurs, en plus des maladies « classiques » dues généralement à une cause unique et bien identifiée, il existe, notamment dans les troupeaux de vaches laitières hautes productrices, des maladies dites de production, plus insidieuses et multifactorielles. Leurs manifestations cliniques sont plus frustes mais leur incidence économique est majeure. La prévention de ces maladies nécessite un suivi global, de façon à mettre l'élevage sous surveillance afin d'éviter les dérapages qui pourraient avoir des répercussions sur les performances du troupeau, notamment de reproduction.

La médecine de troupeau est diversement développée en fonction des pays, le Québec et les Pays-Bas ont été des précurseurs. La Suisse a mis en place un suivi de troupeau global de base, évaluant l'alimentation, la reproduction, la santé de la mamelle du troupeau laitier, mais qui peut être étendu à d'autres ateliers (gestion des réformes, veaux...) (Eicher 2002).

En France, les suivis de troupeaux ont été développés dès les années 1985. Au début, ils consistaient essentiellement à la réalisation d'examens gynécologiques individuels à des moments clés de la vie génitale. Par la suite, ils ont évolué vers des suivis plus globaux, incluant en particulier l'analyse de l'alimentation, du logement, du prétroupeau et des vaches tarées. Leur développement est variable en fonction des régions et des clientèles.

Au travers de visites régulières, le suivi de reproduction permet de détecter les problèmes et de les traiter précocement. Mais surtout, il permet de cerner l'origine des problèmes pour corriger les dysfonctionnements et prévenir leurs conséquences sur la gestion et la santé du troupeau. La mise en place de mesures préventives permet de réduire l'impact économique des dysfonctionnements et contribue ainsi à améliorer la rentabilité de l'exploitation. Un point majeur pour garantir la réussite et la pérennité du suivi de reproduction est l'adhésion de l'éleveur au suivi et la disponibilité du vétérinaire.

L'approche d'un trouble de reproduction en élevage bovin, comme pour toutes les affections, comprend plusieurs phases.

1. Une phase de description des troubles, à travers notamment le bilan de reproduction et l'examen des animaux. Elle permet d'évaluer objectivement le problème de reproduction, afin de formuler et de hiérarchiser les hypothèses diagnostiques.
2. Une phase d'analyse, en élevage, des facteurs de risques potentiellement impliqués dans la dégradation des performances de reproduction.
3. Une phase de synthèse permettant de confronter les hypothèses aux facteurs de risques identifiés en élevage pour aboutir à la confirmation des hypothèses diagnostiques.
4. Enfin, une dernière phase dite opérationnelle qui consiste à formuler des mesures de maîtrise et de suivi des problèmes observés (Picard-Hagen et al, 2008).

## **2. Le suivi de reproduction mis en place à l'ENVT**

Les suivis de reproduction réalisés par l'ENVT, se déroulent dans des élevages de Haute Garonne ou du Tarn, en partenariat avec les vétérinaires praticiens. Toutes les données de suivi sont enregistrées dans un logiciel de suivi de troupeau, VETELEVAGE, développé par la SNGTV.

Avant chaque visite, les documents de préparation de visite, issus de VETELEVAGE (analyse du dernier contrôle laitier, paramètres de fécondité et de fertilité, liste des vaches à examiner...) sont envoyés au groupe d'étudiants en rotation clinique de médecine collective. A partir de ces documents, ils réalisent l'analyse des performances de reproduction et des paramètres de qualité du lait de l'élevage.

La visite est réalisée par un enseignant, accompagné d'étudiants de la troisième à la cinquième année. Les examens gynécologiques sont réalisés sur différentes catégories d'animaux : femelles en péripartum, femelles en postpartum, femelles en anoestrus ; c'est-à-dire non inséminées depuis plus de 60 jours, diagnostic de gestation (30 jours après insémination) et confirmation de gestation (60 jours après insémination).

## **3. Intérêt d'un logiciel de suivi de troupeau**

Un logiciel de suivi de reproduction constitue une aide à la gestion du troupeau, à partir des données de reproduction, de production laitière et des données sanitaires enregistrées. C'est un outil complémentaire de ceux utilisés ou à la disposition de l'éleveur : planning de reproduction ou bilan de fécondité annuels.

L'outil informatique apporte de nombreux avantages tels que la facilité de partage de données entre l'éleveur, son vétérinaire et d'autres conseillers. De plus, le logiciel d'analyse réalise des statistiques descriptives permettant d'évaluer la production laitière et le bilan de reproduction. En outre, il permet à l'éleveur de gérer son troupeau grâce à l'édition de listes d'animaux et/ou d'évènements (tarissement, vêlage, mise à la reproduction...).

Par ailleurs, les éleveurs sont dans l'obligation de tenir un registre d'élevage mais ces enregistrements ne sont pas toujours réguliers. Le logiciel informatique constitue pour les éleveurs un outil attractif et performant puisqu'il est valorisé par le vétérinaire (Jouet et al.1999).

L'ENVT utilise VETELEVAGE ; un logiciel de suivi global développé par la SNGTV en 2001. Il comporte plusieurs onglets dont l'onglet « performances », qui rassemble les événements de reproduction et la production laitière (correspondants aux résultats du contrôle laitier) et un onglet « sanitaire » qui permet de recenser les traitements mis en œuvre et d'analyser la pathologie de l'élevage.

Le principe de fonctionnement est simple et comprend : l'enregistrement des données ainsi que leur traitement, permettant l'édition des documents à utiliser par l'éleveur et les différents intervenants de l'exploitation (vétérinaires, inséminateurs, ...). Il est associé à un logiciel d'analyse de données, VETOEXPERT, qui permet d'analyser les performances de reproduction, de production laitière et les données sanitaires, en fonction d'éléments zootechniques.

## **II. CHOIX DU SUPPORT PEDAGOGIQUE : LE SITE INTERNET**

Les étudiants actuellement à l'ENVT appartiennent à la « génération Y », qui est née entre les années 1980 et 1995. Cette génération, aussi appelée digital native (personne ayant grandi dans un environnement numérique), a été indéniablement façonnée par l'émergence d'internet. « Leur appétence pour les nouvelles technologies et leur dextérité à les manier est spécifique à cette génération » (Dagnaud M, 2013).

Les étudiants de cette génération Y possèdent un accès régulier voire constant à Internet. Ils disposent d'un flux infini d'informations.

Le site est accessible à l'adresse suivante : <http://suividereproductionenvt.wordpress.com>.

### **1. Choix du support**

Façonné par la révolution numérique, l'utilisation d'outils informatiques pour l'enseignement s'est largement développée ces dernières années et principalement dans le cursus universitaire. De nombreuses études ont montré que, quelle que soit la forme de la technologie utilisée, celle-ci avait des effets positifs sur l'apprentissage (Cavanaugh, 2001 ; Cavanaugh et al. 2004 ; Clark 1985 ; Liao et Bright, 1991).

Ainsi, la réalisation d'un site internet comme support pédagogique présente de nombreux intérêts :

- (1) Le site internet est consultable à tout moment et à distance, depuis un ordinateur connecté à un réseau Internet
- (2) Il apporte une simplicité d'accès et d'utilisation pour une génération d'étudiants ayant grandi avec un réseau Internet
- (3) C'est un support interactif et évolutif

### **2. Création du site internet**

La première ébauche du site internet a été réalisée à partir d'une page « html ». Mais, la difficulté liée au langage informatique rendait la page peu attractive visuellement. Comme je voulais réaliser moi-même le site internet, j'ai utilisé des plateformes de création de site internet. Malheureusement, de par leur gratuité, celles-ci font apparaître de multiples publicités sur la page web. C'est la raison pour laquelle nous avons opté pour la plateforme Wordpress, plus professionnelle avec des options payantes ou gratuites et, sans publicité.

Cette plateforme présente de nombreux intérêts :

- Le site est exportable sous un fichier html, ce qui permet d'obtenir le code du site internet créé afin de le reproduire sur un autre site par exemple.
- La plateforme nous offre la possibilité de mettre notre site en ligne et de l'indexer dans les moteurs de recherche si nous le souhaitons.
- Enfin, elle permet d'accéder aux statistiques de visite du site internet.

### **3. Structure et présentation du site**

Ce site est principalement à destination des étudiants vétérinaires dès la troisième année mais il s'adresse également à des vétérinaires praticiens qui souhaitent créer de nouvelles offres de services comme le suivi de reproduction.

Ce site a été conçu de telle sorte qu'il comporte trois types de cheminements en fonction des besoins de l'apprenant :

1. Un cheminement à partir de la barre de menu (Figure 1) présente sur toutes les pages du site. Elle permet à l'apprenant d'accéder directement à la page qui l'intéresse. Elle est organisée selon un ordre chronologique. Ainsi, l'apprenant peut visualiser et suivre le déroulement d'une visite de suivi de reproduction : de la préparation de la visite à sa mise en œuvre en élevage et jusqu'à l'analyse des documents VETELEVAGE et des facteurs de risques de l'élevage.



*Figure 1 - Barre de menu du site internet, comprenant différents onglets correspondant aux différentes pages du site*

La flèche descendante lorsqu'elle est présente, permet d'accéder aux différents onglets de l'item (Figure 2).



Figure 2 - Menu déroulant, accès à tous les onglets d'un item

Le plan du site est détaillé dans l'encadré suivant (Figure 3).

### **Préparer la visite**

Documents et matériels nécessaires

### **Déroulement de la visite**

Examen des vaches

Indicateurs alimentaires

Examen de de la ration et de ses composantes

Examen du confort des vaches

### **Après la visite**

#### **Phase de description :**

- Réalisation du bilan de reproduction
- Formulation des hypothèses

Phase d'analyse

#### **Analyse des marqueurs métaboliques :**

- Les NEC
- Concentrations en BOH et AGNE
- Taux utiles du lait

#### **Interprétation des marqueurs métaboliques**

#### **Phase de synthèse et recommandations**

### **Quelques rappels succincts utiles pour le suivi de reproduction**

#### **Pathologies génitales courantes observées en suivi de reproduction**

- Métrites et endométrites
- Anoestrus et hyperoestrus

#### **Taux utiles : définition & variations**

#### **Les maladies métaboliques : Subacidose ruminale et Subcétose**

#### **Alimentation et reproduction**

#### **Conduite du pré-troupeau**

*Figure 3 - Plan du site, comprenant tous les items proposés, concernant à la fois des éléments pratiques sur la préparation et le déroulement de la visite, l'analyse au retour de la visite et des rappels sur des notions importantes pour le suivi de reproduction*

2. Enfin, il existe un dernier mode de lecture sous forme d'organigramme (Figure 4) qui lie chacun des items présentés dans le menu les uns par rapport aux autres permettant une lecture structurée du site.

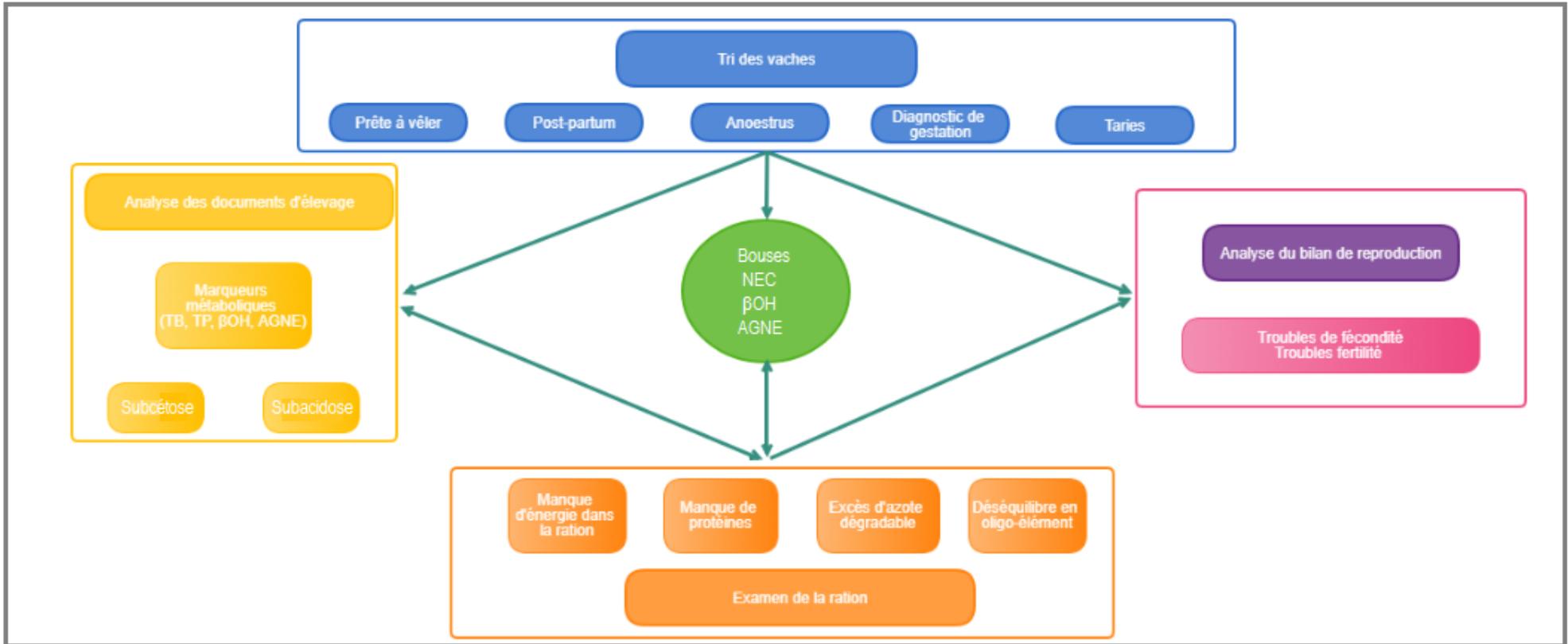


Figure 4 - Organigramme reliant les catégories de vaches (encadré bleu) aux observations réalisées en élevage (rond vert) et aux analyses réalisées : reproduction (encadré rose), alimentation (encadré orange) et pathologies métaboliques (jaune)

**PARTIE B : DU SUIVI DE**  
**REPRODUCTION AU SUIVI**  
**D'ELEVAGE LAITIER : CONTENU**  
**DU SITE INTERNET A VISEE**  
**PEDAGOGIQUE**

Cette seconde partie détaille le contenu du site dans un ordre chronologique. Les phrases en italiques n'apparaissent pas sur le site internet mais aide le lecteur du manuscrit à comprendre l'intérêt de chaque item.

Lorsque des phrases ou des parties de phrases sont soulignées en bleu, cela indique qu'il y a un lien vers un autre item sur le site internet.

## I. LE SUIVI DE REPRODUCTION EN PRATIQUE : DE LA PREPARATION A LA VISITE

L'onglet « Préparer la visite » indique à l'apprenant les documents à préparer avant la visite de suivi et les documents d'élevage à analyser.

### 1. Documents et matériel nécessaires

Le logiciel VETELEVAGE sélectionne automatiquement les animaux à examiner lors de la visite. Il crée un document « Liste des vaches à voir » (Figure 5). Dans celui-ci apparaît pour chaque vache :

- Le numéro d'identification (n° de travail)
- La date de vêlage
- Le nombre de jours postpartum
- Le rang de lactation
- Le motif de l'examen durant la visite : péripartum, postpartum, anoestrus, diagnostic de gestation, confirmation de gestation (pour les vaches qui se trouvaient entre 28 et 59 jours après l'IA lors de la visite précédente) ...

Visite du	17/05/2016				GAEC de la Couturié				
	Travail	Vêlage	Nb J	Lact	Motif	Commentaires	Examen	Traitement	NEC
1	481	02/11/2015	197	4	Diagnostic de gestation IA2 du 01/04/2016 46 j	Prod : TP			
2	488	29/11/2015	170	4	Anoestrus depuis le vêlage du 29/11/2015 (170 j)	Prod : TP			
3	491	14/12/2015	155	5	Diagnostic de gestation IA2 du 13/04/2016 34 j	Prod : TP			
4	496	10/08/2015	281	3	Confirmation DG Vache (IA N° 1 du 29/02/2016 )	Prod : TP			
5	1542	31/12/2015	138	3	Diagnostic de gestation IA1 du 18/04/2016 29 j	Prod : TP			
6	1546	21/11/2015	178	3	Confirmation DG Vache (IA N° 1 du 08/03/2016 )	Prod : TP			
7	1547	13/11/2015	186	3	Confirmation DG Vache (IA N° 2 du 01/03/2016 )	Prod : TP			
8	1549	14/01/2016	124	3	Diagnostic de gestation IA1 du 16/04/2016 31 j	Prod : TP			
9	1552	03/01/2016	135	3	Anoestrus depuis le vêlage du 03/01/2016 (135 j)	Prod : TP			
10	1553	21/08/2015	270	3	Diagnostic de gestation IA3 du 31/03/2016 47 j	Prod : TP			
11	1554	19/10/2015	211	3	Confirmation DG Vache (IA N° 1 du 08/03/2016 )	Prod : TP			
12	1557	08/08/2015	283	5	Confirmation DG Vache (IA N° 3 du 14/03/2016 )	Prod : TP			

Figure 5 - Exemple de tableau « liste de vaches à voir »

A partir des données fournies par les documents du contrôle laitier, l'étudiant peut compléter, dans la rubrique « commentaires », la production et le TP du dernier contrôle laitier de chaque vache ou la pathologie observée lors de la visite précédente.

Les comptes rendus des visites précédentes permettent à l'étudiant une première analyse des troubles rencontrés au niveau collectif et individuel.

Ce document est apporté lors de la visite de suivi et complété, à l'issue de l'examen gynécologique de chaque vache, par le diagnostic (examen), le traitement éventuellement proposé et la note d'état corporel (NEC).

Le matériel utilisé est un échographe portable, des gants en latex, des gants d'exploration, du gel gynécologique, du savon désinfectant, des vaginoscopes, le matériel pour la réalisation de prises de sang ainsi que l'appareil portable Optium® et des bandelettes Optium® pour mesurer les concentrations de beta-hydroxybutyrate sanguines (cf Partie B-III-3-3.2).



*Figure 6 - L'appareil portable Optium Xceed® avec les bandelettes Optium® béta-cétone est utilisé pour mesurer les concentrations de béta-hydroxybutyrate sanguines chez les vaches en péri-partum et en postpartum dans le cadre des suivis de reproduction.*

*L'onglet « Examen des vaches » fournit à l'apprenant toutes les indications pratiques sur les examens des animaux en fonction de leur catégorie.*

## **2. Examens des vaches**

Avant d'examiner une vache, son identification est contrôlée afin de consulter la « liste des vaches à voir » pour connaître le motif d'examen et différentes informations (état physiologique, éventuels états pathologiques antérieurs, production laitière et taux utiles du lait).

Après l'examen à distance de l'animal et la palpation transrectale de l'appareil génital, éventuellement complété par échographie, différentes informations sont enregistrées sur la fiche « liste des vaches à voir » :

- Note d'état corporel (Grille de l'évaluation des NEC, Isensee et al. 2014)
- Boiterie éventuelle
- Note de remplissage du rumen
- Eventuellement, l'état des bouses
- Le diagnostic ou les éléments sémiologiques selon le motif de l'examen (conférer ci-dessous)
- Les traitements proposés et/ou réalisés

### **2.1 Vaches en anoestrus**

Pour les vaches en anoestrus, l'objectif de l'examen est d'évaluer si la femelle est cyclée (présence d'un corps jaune). Si c'est le cas, le stade du cycle est déterminé à partir de la consistance utérine et de la palpation des organites ovariens. Les organites ovariens identifiés à la palpation peuvent être confirmés par échographie et leur taille est évaluée.

Si l'état corporel de l'animal est satisfaisant, un traitement adapté d'induction des chaleurs peut être proposé si le délai postpartum est compatible avec les objectifs de mise à la reproduction de l'éleveur (période d'attente volontaire).

### **2.2 Diagnostic de gestation**

Lors de la réalisation des diagnostics de gestation (à partir de 28-30 jours), l'appareil génital est palpé afin de repérer la corne gravide. L'examen échographique permet de confirmer ou d'infirmer la gestation. Il doit permettre, si le DG est positif, d'évaluer la viabilité de l'embryon ou du fœtus (battements cardiaques, mouvements fœtaux...) et, si le DG est négatif, la cyclicité ovarienne.

### **2.3 Vaches en péri-partum (8-20 jours postpartum)**

Pour cette catégorie de vache, la note d'état corporel est évaluée. L'examen gynécologique n'est pas utile car l'involution utérine n'est pas terminée, mais la région périgénitale est inspectée attentivement pour évaluer l'aspect des sécrétions génitales. Une prise de sang est réalisée afin de mesurer les béta-hydroxybutyrates sanguins (cf Partie B-III-3.2) avec l'appareil portable Optium Xceed® (Figure 6) et les bandelettes Optium® beta-cétone, destinées à la surveillance de l'état acido-cétosique chez les personnes diabétiques en médecine humaine.

Le prélèvement sanguin peut également être conservé pour le dosage des AGNE sanguins au laboratoire avec l'appareil VetPhotometer (Diaglobal GmbH, Berlin, Allemagne).

### **2.4 Vaches en postpartum (21-50 jours postpartum)**

Pour les vaches en postpartum, l'examen gynécologique comprend :

- Une palpation transrectale permettant d'apprécier l'involution utérine. Plusieurs critères sont évalués : la symétrie des cornes, leur diamètre à la base et la consistance des cornes. L'utérus sera massé de l'avant vers l'arrière afin de ramener d'éventuelles sécrétions utérines vers le vagin. Les ovaires seront palpés afin de s'assurer de l'absence d'anomalies comme des kystes (cf Partie B-III-2.5).
- Un examen vaginal. Un aide écarte la queue de l'animal et la vulve est nettoyée avec un savon antiseptique comme la Vétédine Savon®, rincée abondamment avec de l'eau, puis essuyée à l'aide de papier jetable. Le bras, protégé par un gant propre est introduit au niveau de la vulve jusqu'à l'exocol. L'ouverture du col est alors évaluée et un maximum de sécrétions est collecté au niveau du col ou du plancher du vagin, en ramenant la main, disposée en forme de rateau, caudalement. Les sécrétions sont inspectées. L'abondance, la couleur, l'odeur des sécrétions et éventuellement le % de pus sont notés.

Si une endométrite est diagnostiquée, un traitement adapté est proposé.

Enfin, une prise de sang permet la réalisation d'un dosage de  $\beta$ -OH sanguin avec Optium Xceed® (Figure 6).

### **2.5 Vaches au tarissement ou en préparation au vêlage (3 semaines avant la mise-bas)**

L'état corporel est noté sur toutes les vaches en préparation au vêlage et sur au moins 10 vaches taries si possible. Aucun examen gynécologique n'est réalisé.

## 2.6 Les génisses

Le suivi des génisses est essentiellement centré sur les diagnostics de gestation. Les génisses pour lesquelles aucune chaleur n'a été observée alors que l'éleveur souhaite les mettre à la reproduction sont également examinées. La note d'état corporel est évaluée et enregistrée. Leur développement corporel est aussi apprécié mais ne fait pas l'objet d'enregistrement si la conduite est correcte.

*Lors des examens gynécologiques, des indicateurs alimentaires, comme la note d'état corporel, le remplissage du rumen et les bouses peuvent être appréciés.*

*L'onglet « état d'engraissement » rappelle à l'apprenant comment évaluer la note d'état corporel des vaches.*

## 3. Indicateurs métaboliques

### 3.1 Etat d'engraissement

La note d'état corporel (NEC) est tout d'abord évaluée par un examen à distance de la vache, de 1 (très maigre) à 5 (très grasse) en observant les hanches, les ischions, l'attache de la queue, les processus transverses des vertèbres lombaires et les ligaments sacro-ischiatiques, selon la grille indiquée Figure 7 (Isense et al., 2014). En effet, de nombreuses études ont montré une corrélation entre la quantité de gras sur ces zones du corps et les réserves graisseuses corporelles de la vache.

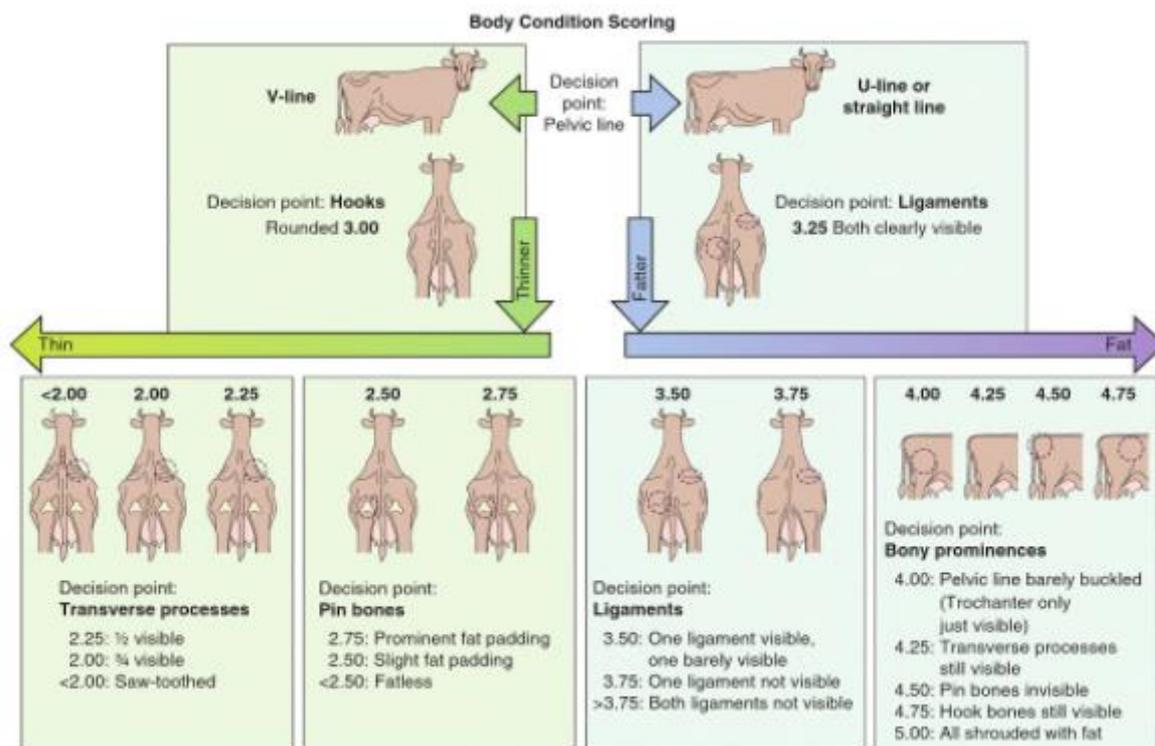


Figure 7 - Comment évaluer la NEC des vaches ? Source : Isensee et al. 2014

Lors des examens gynécologiques, d'autres indicateurs alimentaires, comme le remplissage du rumen et les bouses peuvent être appréciés.

### 3.2 Le remplissage du rumen

La note de remplissage du rumen permet d'apprécier la consommation de la ration. La note de remplissage du rumen est notée de 1 à 5 en observant le flanc gauche de la vache (Figure 8, La France Agricole). Aucune vache ne devrait avoir la note 1. La note 2 n'est autorisée que transitoirement, en postpartum immédiat.

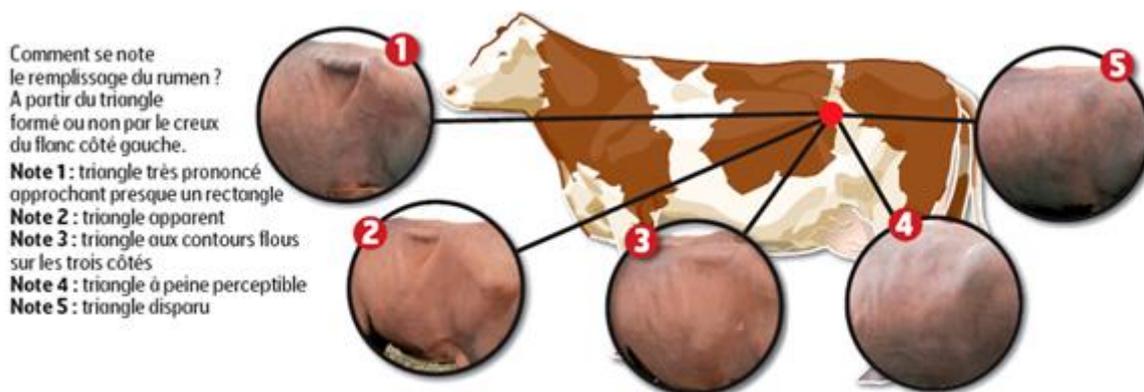


Figure 8 - Score de remplissage ruminal, Source : Adapté de l'observation du troupeau bovin, France Agricole

### 3.3. Evaluation des bouses

Les bouses sont le produit final de la digestion, leur évaluation permet d'apprécier la digestibilité et l'efficacité alimentaire. Leur couleur, leur consistance, la présence et la taille des fibres, la présence et la forme des grains sont évaluées (Tableau 1, Guedon 2017).

Tableau 1 - Aspect des bouses et grille d'interprétation - Source : Guedon 2017

Observation	Interprétation	Correction
<b>Consistante, pas de fibres ni de grains</b>	Bon équilibre ruminal Bonne absorption	Aucune
<b>Molle digérée</b>	Ration humide (herbe jeune ou ensilage d'herbe < 30%MS) Excès d'azote soluble	Diminuer les apports des fourrages humides Diminuer les apports
<b>Molle non digérée (fibres et grains)</b>	Sub-acidose ruminale	Revoir les apports totaux de concentrés, d'azote soluble, de fibres dures, les transitions et les distributions
<b>Présence de grains entiers et fibres digérées</b>	Grains trop sec et durs	Revoir le stade de récolte et l'éclateur Augmenter la rumination par l'apport de fibres dures
<b>Présence de morceaux de grains</b>	Excès d'amidon Manque d'azote soluble	Revoir les apports totaux d'amidon, d'énergie et d'azote soluble Prévention de la subacidose
<b>Présence de fibres courtes</b>	Bonne rumination mais manque d'azote soluble et éventuellement d'énergie fermentescible	Augmenter les apports d'azote soluble et éventuellement d'énergie fermentescible

*En plus des examens individuels des vaches, la visite de suivi de reproduction doit permettre de recueillir les informations pour évaluer la ration des vaches laitières et des vaches tarées. « L'examen de la ration » fournit à l'apprenant un canevas des observations et du recueil d'informations nécessaires à l'évaluation de la ration.*

#### **4. Examen de la ration et de ses composants**

##### **4.1 Ensilages**

Le stade de récolte et la conservation de l'ensilage ont une influence sur sa qualité alimentaire. Plusieurs points peuvent être observés au niveau du silo, notamment d'ensilage de maïs :

- Le front d'attaque : La présence de moisissures liées à l'échauffement du silo doit être évaluée. Elles diminuent la valeur énergétique de l'aliment. Elles sont généralement liées à un mauvais tassement du silo ou à un avancement du front d'attaque trop lent ou irrégulier.

- La température du silo peut être évaluée en différents points à 10 cm de profondeur minimum. Elle doit être proche, à plus ou moins 5°C, de la température extérieure.
- Le hachage du maïs peut être apprécié à l'œil nu ou à l'aide d'un tamis. Il doit être assez fin pour permettre un bon tassement du silo, avec toutefois des brins suffisamment longs pour favoriser la rumination des vaches. Ainsi, les brins doivent être approximativement de 8-15mm pour l'ensilage de maïs. A l'inverse, la présence de grosses fibres et un hachage trop grossier (>20mm) entraîne plus de refus à l'auge et une moins bonne digestibilité.
- Pour un ensilage de maïs, la teneur en matière sèche (MS) est appréciée par l'examen des grains et l'humidité de l'ensilage. La teneur optimale en MS doit être comprise entre 32-35%. Pour des pourcentages de MS < 30%, les grains de maïs sont laiteux voire pâteux (grain jaune pâle qui s'écrase facilement) et on peut faire sortir du liquide en pressant une poignée d'ensilage. Pour des pourcentages de MS supérieurs à 35%, les grains sont vitreux (le grain est dur et ne se raye plus à l'ongle), la main est sèche et dans ce cas, pour être digérés, ils doivent être éclatés.

Pour les autres ensilages, notamment l'ensilage d'herbe, l'appréciation de l'ensilage dépend des espèces de plantes, de la coupe, du stade de récolte, du préfanage éventuel.

#### **4.2 Examen de la ration à l'auge**

A l'auge, les éléments à vérifier sont :

- Les refus ou le manque de nourriture. L'auge ne doit jamais être vide et la distribution doit être homogène. Certains refus peuvent être liés à la mauvaise appétence de l'aliment, lors de hachage trop grossier ou par, exemple, pour des ensilages de maïs trop secs.
- Une reprise des fermentations peut également être observée, si le rythme de distribution est peu important et si la ration est trop hachée dans la mélangeuse.

*La visite de suivi de reproduction doit permettre également d'apprécier à l'échelle collective le confort des vaches. Si une anomalie est constatée, un audit spécifique, incluant l'évaluation du bâtiment sera proposé. « L'examen du confort des vaches » fournit à l'apprenant les points clés à observer sur les animaux et dans l'élevage.*

## 5. Examen du confort des vaches

Le confort des vaches a un impact sur la production et la reproduction, mais également sur la santé des animaux. En effet, il détermine l'ingestion alimentaire et donc l'amplitude du déficit énergétique, et également, l'expression des chaleurs, et donc la mise à la reproduction des vaches.

Lors du suivi de reproduction, quelques observations clés sur le logement et sur les vaches permettent d'objectiver leur confort.

Les éléments à observer pour le logement sont :

- Une place à l'auge pour toutes les vaches (excepté en système robot), et donc une ration accessible en permanence
- Pour les stabulations en logettes, autant voire plus de logettes que d'animaux, permettant aux vaches, d'avoir un temps de repos et de rumination suffisant
- Des logettes propres et confortables (tapis,...)
- En stabulation libre, une aire paillée suffisante et propre (Tableau 2), avec une température inférieure à 35°C
- Une aire d'exercice suffisante, non glissante (rainurée), avec suffisamment de pente pour éviter des zones de rétention d'eau, et propre.
- L'implantation des points d'eau avec un débit suffisant doit être conforme aux recommandations en vigueur (1 point d'eau pour 10 vaches avec un débit de 18L/min, sur une longueur de 1,2m à 60-70 cm du sol) mais aussi au comportement des animaux (abreuvoirs en sortie de traite par exemple) : au moins 15% des animaux doivent avoir accès à l'eau en même temps

Concernant les surfaces de vie de la vache laitière, il existe des recommandations mises en place par l'Institut de l'Élevage (Tableau 2). En stabulation libre, sur aire paillée, la surface recommandée est de 6m<sup>2</sup>/vache laitière + 1m<sup>2</sup>/1000L à partir de 6000L de lait par jour et de 4 m<sup>2</sup> d'aire d'exercice.

Ces surfaces ne sont pas mesurées lors du suivi de reproduction, mais les étudiants ont les informations dans le compte rendu de visite précédent et doivent être capables de les apprécier grossièrement lors du suivi de reproduction.

Tableau 2 - Recommandations des surfaces de vie de la vache laitière (en m<sup>2</sup>)

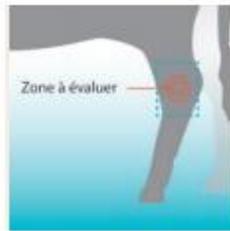
	Stabulation 100% paillée (m <sup>2</sup> )	Stabulation semi-paillée		Logettes (largeur x longueur en m)
	Aire paillée	Aire paillée	Aire d'exercice	
<b>Vaches laitières</b>	7-10	7-9	4	Avec couloir de paillage : 1,25 x 2,3 Sans couloir : 1,25 x 2,6
<b>Génisses 6 mois – 1 an</b>	3-4	3-4	1,5	0,8 x 2
<b>Génisses 12 mois – 24 mois</b>	4-6	3-4	1,5	0,9 x 2,1
<b>Génisses 24 mois et +</b>	6-8	4-5	2	1,15 x 2,3

Les observations à réaliser sur les animaux sont :

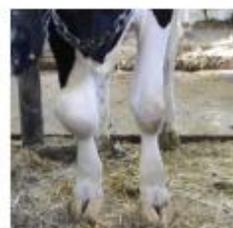
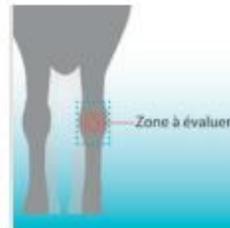
Au cornadis, lors des examens gynécologiques :

- Observations des aplombs : s'ils sont normaux (Figure 10), le poids du corps doit être réparti sur l'ensemble des onglons des 4 membres. Un piétinement ou un défaut d'appui signe une douleur des membres.
- Evaluation de lésions : Les blessures liées au logement peuvent être présentes au niveau du cou, des jarrets et des genoux (Figure 9).

### Blessure aux jarrets



### Blessure aux genoux



### Blessure au cou

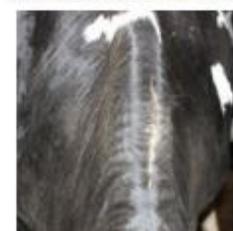


Figure 9 - Evaluation du confort à travers l'observation de blessures sur les jarrets, sur les genoux et sur le cou des vaches  
(Adapté de Guide Pratique pour l'évaluation et l'amélioration du confort à l'étable, Valacta)

Dans la stabulation, lors du relever ou des déplacements des animaux :

- Les levers et les couchers : les vaches doivent pouvoir se lever et se coucher dans des délais rapides. Si ceux-ci sont augmentés, cela traduit une gêne ou une contrainte. Ainsi, une vache doit pouvoir se lever en 3 secondes et se coucher en 5 secondes maximum (Welfare Quality Assessment Protocol for Cattle, 2009)
- Les boiteries : elles sont évaluées par l'examen des aplombs et l'indice de locomotion l'examen de chaque vache permet d'évaluer leurs aplombs. S'ils sont normaux (Figure 10), le poids du corps doit être réparti sur l'ensemble des onglons des 4 membres. Un piétinement ou un défaut d'appui signe une douleur des membres. Il est aussi possible d'observer les vaches se déplacer dans la stabulation pour évaluer l'indice de locomotion (Figure 11, Hulsen 2007) afin d'appréhender un problème de boiterie.

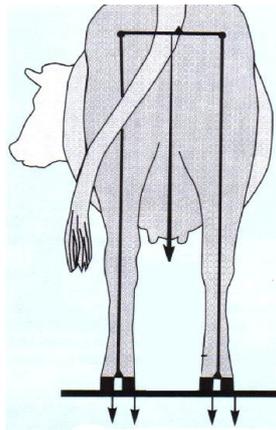


Figure 10 - Représentation schématique des aplombs postérieurs normaux de la vache

L'indice de locomotion est noté de 1 (vache qui se déplace normalement) à 5 (vache boiteuse marchant sur 3 membres). Les boiteries cliniques sont notées 4 ou 5 (Figure 11).

1.0		<b>Normale avec un dos plat</b> La vache se tient debout et marche avec un dos plat. La démarche est normale.
2.0		<b>Légèrement boiteuse</b> La vache se tient debout avec un dos plat, mais elle marche avec le dos courbé. La démarche est normale.
3.0		<b>Modérément boiteuse</b> La vache se tient debout et marche le dos courbé. La vache effectue des enjambées courtes avec une ou plusieurs pattes.
4.0		<b>Boiteuse</b> La vache se tient debout et marche le dos courbé. La vache s'arrête après chaque enjambée. Elle favorise une ou plusieurs pattes.
5.0		<b>Gravement boiteuse</b> La vache se déplace sur trois pattes, elle est incapable ou refuse de porter le poids sur une ou plusieurs pattes.

Figure 11 - Indice de locomotion des vaches. Source : Hulsen 2007

## **II. LE SUIVI DE REPRODUCTION : ANALYSE ET REDACTION DU RAPPORT**

Après la visite, le groupe d'étudiants réalise un compte rendu. Celui-ci comprend :

- (1) Une phase de description comprenant la synthèse des examens des vaches, par catégorie, à partir des informations enregistrées sur le document « liste de vaches à voir », et le bilan de reproduction. Elle permet d'évaluer s'il y a un problème de reproduction, de formuler et de hiérarchiser les hypothèses diagnostiques.
- (2) Une phase d'analyse des facteurs de risques potentiellement impliqués dans la dégradation des performances de reproduction. Elle se base sur les informations recueillies lors de la visite d'élevage (indicateurs métaboliques...) et l'analyse des documents de l'élevage (données de contrôle laitier...).
- (3) Une phase de synthèse permettant de confronter les hypothèses aux facteurs de risques identifiés pour aboutir à la confirmation des hypothèses diagnostiques.
- (4) Enfin, une dernière phase opérationnelle qui consiste à formuler des mesures de maîtrise et/ou de suivi des problèmes observés.

L'organigramme (Figure 12) permet de relier les observations réalisées par catégorie de vache (encadré bleu) lors du suivi (encadré vert) aux documents analysés avant la visite de reproduction (encadré jaune) ainsi qu'aux hypothèses concernant la reproduction (encadré rose) et l'alimentation (encadré orange).

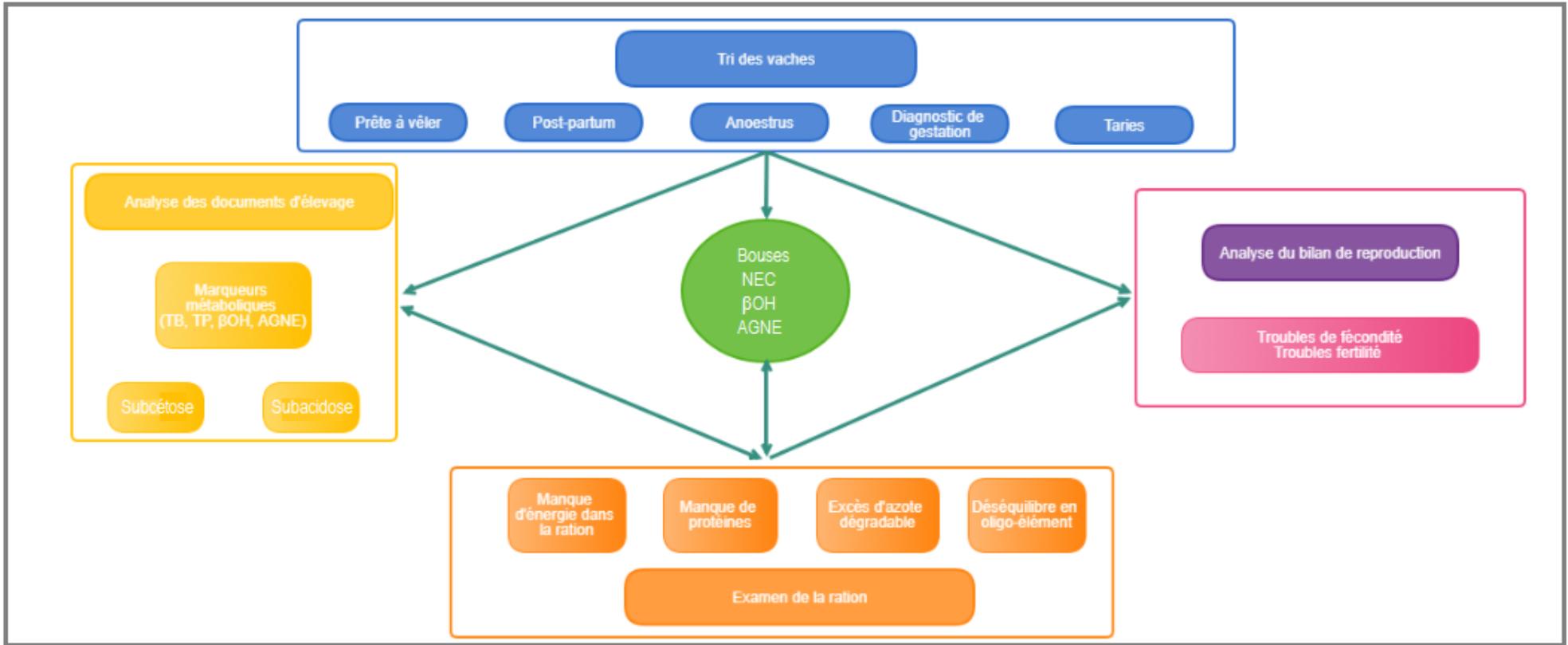


Figure 12 - Organigramme reliant les catégories de vaches (encadré bleu) aux observations réalisées en élevage (rond vert) et aux analyses réalisées : reproduction (encadré rose), alimentation (encadré orange) et aux documents d'élevage (encadré jaune)

Avant et après la visite d'élevage, l'étudiant ou le vétérinaire évalue la fécondité et la fertilité de l'élevage. Cet item donne des informations sur les paramètres de fertilité et de fécondité, pour que l'étudiant puisse les évaluer ou les retrouver dans les documents VETELEVAGE et les interpréter.

## **1. Phase de description : Analyse du bilan de reproduction et formulation des hypothèses (pour revue Picard-Hagen et al, 2008)**

### **1.1 Réalisation du bilan de reproduction : notion de fertilité et de fécondité**

Le calcul du bilan de reproduction est un préalable **indispensable** à toute intervention rationalisée dans un troupeau. Le bilan de reproduction peut être établi sur une période de 6, 12 à 14 mois, suivant la taille du troupeau, ou après les 10-15 premiers vêlages afin de rechercher les facteurs de risques contemporains de l'infertilité. Cette étape permet de déterminer objectivement les paramètres de fertilité et de fécondité du troupeau (Figure 13) et de les comparer aux objectifs définis (Tableau 3). En outre, le bilan définit une situation de départ qui permettra de juger de l'évolution des résultats au cours du temps et après la mise en place de mesures correctrices.

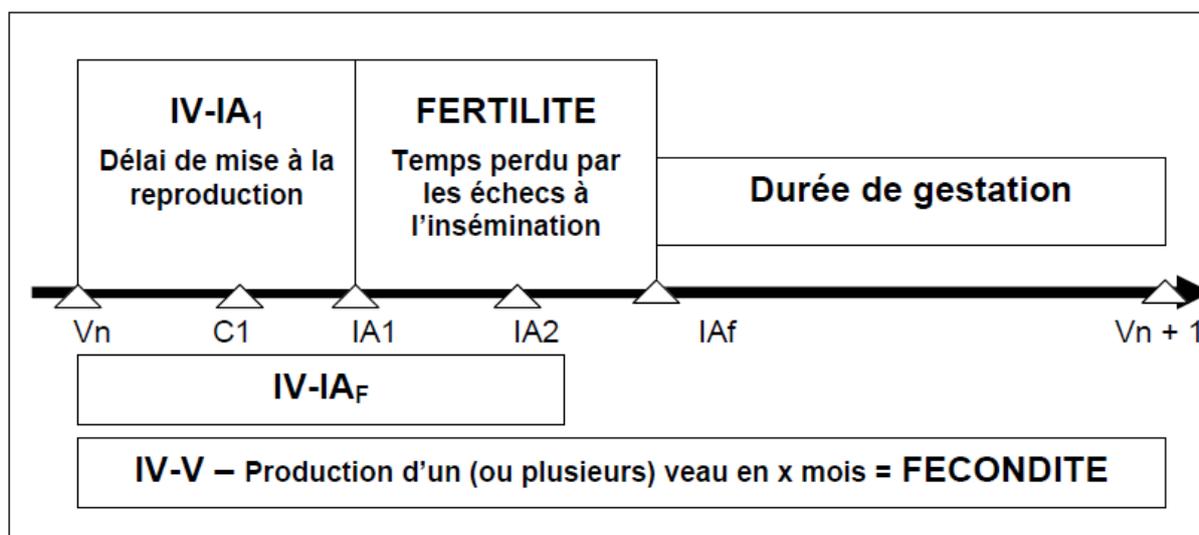


Figure 13 - Définition de la fertilité et de la fécondité sur un intervalle vêlage-vêlage (Source : Reproduction des mammifères domestiques, collection INRAP)

La fertilité d'une vache désigne son aptitude à être fécondée. La fécondité, désignée par l'IVV (intervalle entre le vêlage n-1 et le vêlage n) introduit une notion temporelle à cette mise à la reproduction. En effet, elle est définie comme la somme de trois intervalles : le délai de mise à la reproduction (V-IA1), le délai entre la première IA et l'IA fécondante lors d'échec à la mise à la reproduction et la durée de gestation.

Le bilan de reproduction permet d'évaluer les paramètres de fertilité et de fécondité suivant et de les comparer à des objectifs (Tableau 3).

Tableau 3 - Définition des paramètres de fécondité et de fertilité

	PARAMETRES	DEFINITIONS	OBJECTIFS
FECONDITE	<b>IVV</b>	Intervalle entre 2 vèlages	365 jours Jusqu'à 410 jours pour les vaches laitières hautes productrices, sans perte économique
	<b>IVC<sub>1</sub></b>	Intervalle entre le vèlage et les premières chaleurs (peu fiable car souvent les éleveurs n'enregistrent pas la date des 1 <sup>ère</sup> chaleurs)	< 50 jours
	<b>IVIA<sub>1</sub></b>	Intervalle entre le vèlage et la première insémination = délai de mise à la reproduction	70 jours (80 jours pour les femelles hautes productrices)
	<b>%IV-IA<sub>1</sub> &gt; 90</b>	Nombre de vaches dont l'intervalle vèlage – insémination première est supérieur à 90 jours sur le nombre de vache inséminées au moins une fois	< 15% (<20% pour les femelles hautes productrices)
	<b>IV-IA<sub>F</sub></b>	Intervalle entre le vèlage et l'insémination fécondante	90 jours (100 jours pour les femelles hautes productrices))
	<b>%IV-IA<sub>F</sub> &gt; 110</b>	Nombre de vaches fécondées plus de 110 jours post-vèlage sur le nombre de vaches fécondées	< 15% (20% pour les femelles hautes productrices)
	<b>Taux de réforme pour infécondité</b>	Nombre de vaches réformées pour infécondité	< 8%
	FERTILITE	<b>Taux de gestation</b>	% de vaches gravides
<b>TRIA<sub>1</sub></b>		Taux de réussite en première insémination	>60% (>50% pour les femelles hautes productrices)
<b>% 3IA</b>		Vaches nécessitant 3 IA ou plus pour être gravides ou vaches non gravides après 2 inséminations	< 15% (20% pour les femelles laitières hautes productrices)
<b>IA / IA<sub>F</sub></b>		Rapport entre le nombre total d'inséminations et le nombre d'inséminations fécondantes	< 1,7 (<2 pour les femelles hautes productrices)

Les objectifs de fécondité et de fertilité définis à la fin des années 1970 sont actuellement réévalués en raison de la dégradation des performances de reproduction des vaches laitières et peuvent varier en fonction de la production (laitier *versus* allaitant) et du profil de l'élevage. En particulier, une répartition des vêlages sur une période courte nécessite une maîtrise de l'IV-IA1, même si la RIA1 est plus faible (40-45 %) (Veerkamp et al., 2002) et entraîne un taux de réforme pour infertilité plus élevé (vaches décalées). Une conduite d'élevage avec des vêlages toute l'année privilégiera une meilleure expression du pic de lactation et conduira l'éleveur à inséminer plus tardivement les vaches qui maigrissent en postpartum, avec un objectif de RIA1 plus élevé (50 %) et une meilleure longévité des animaux (Seegers et Mahler, 1996). Globalement, en élevage laitier, l'objectif minimum est une femelle sur deux fécondée à l'insémination artificielle, garantissant un taux de gestation supérieur 85 % avec un intervalle vêlage-fécondation moyen du troupeau inférieur à 100 jours (Esslemont, 1992).

## 1.2 Comment réaliser le bilan de reproduction de l'élevage ?

Le logiciel d'analyse de données VETOEXPERT permet de réaliser un bilan de la reproduction sur une période définie.

La figure 14 présente l'interface de VETOEXPERT qui permet d'accéder au bilan de reproduction. La figure 15 présente le bilan de reproduction : les paramètres de reproduction sont décrits, ainsi que les objectifs de reproduction.

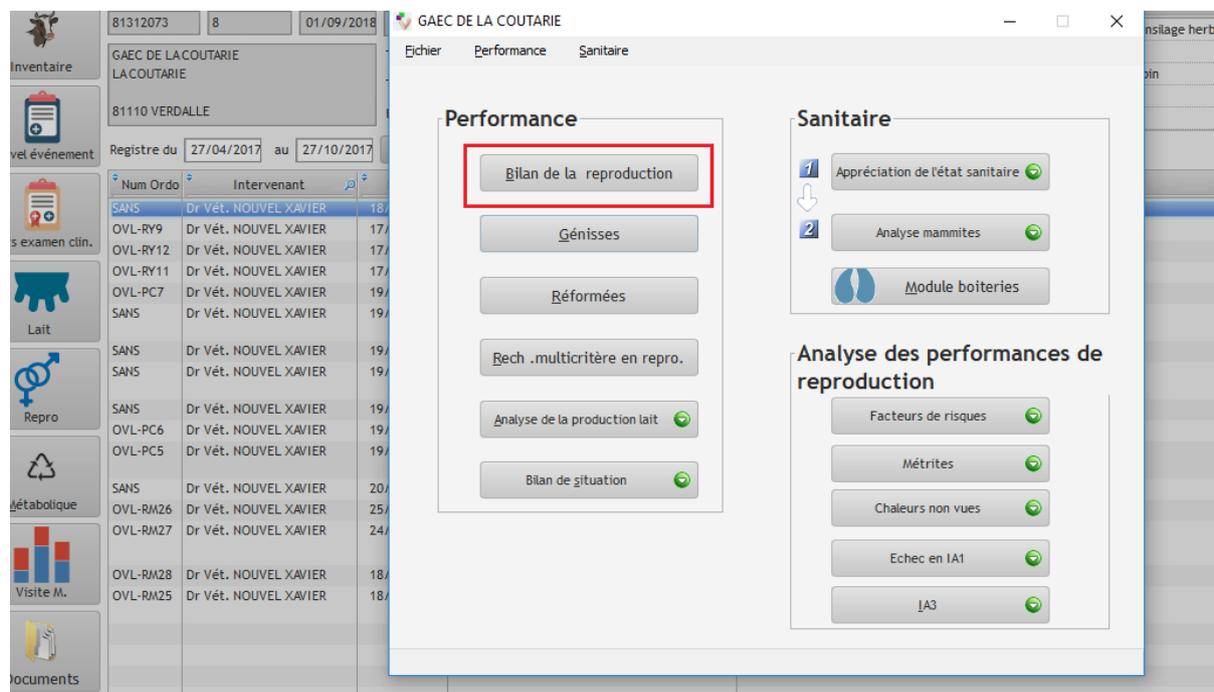


Figure 14 - Comment accéder au bilan de reproduction ? Interface de VETOEXPERT permettant d'accéder à la description et à l'analyse des performances de reproduction et des problèmes sanitaires du troupeau

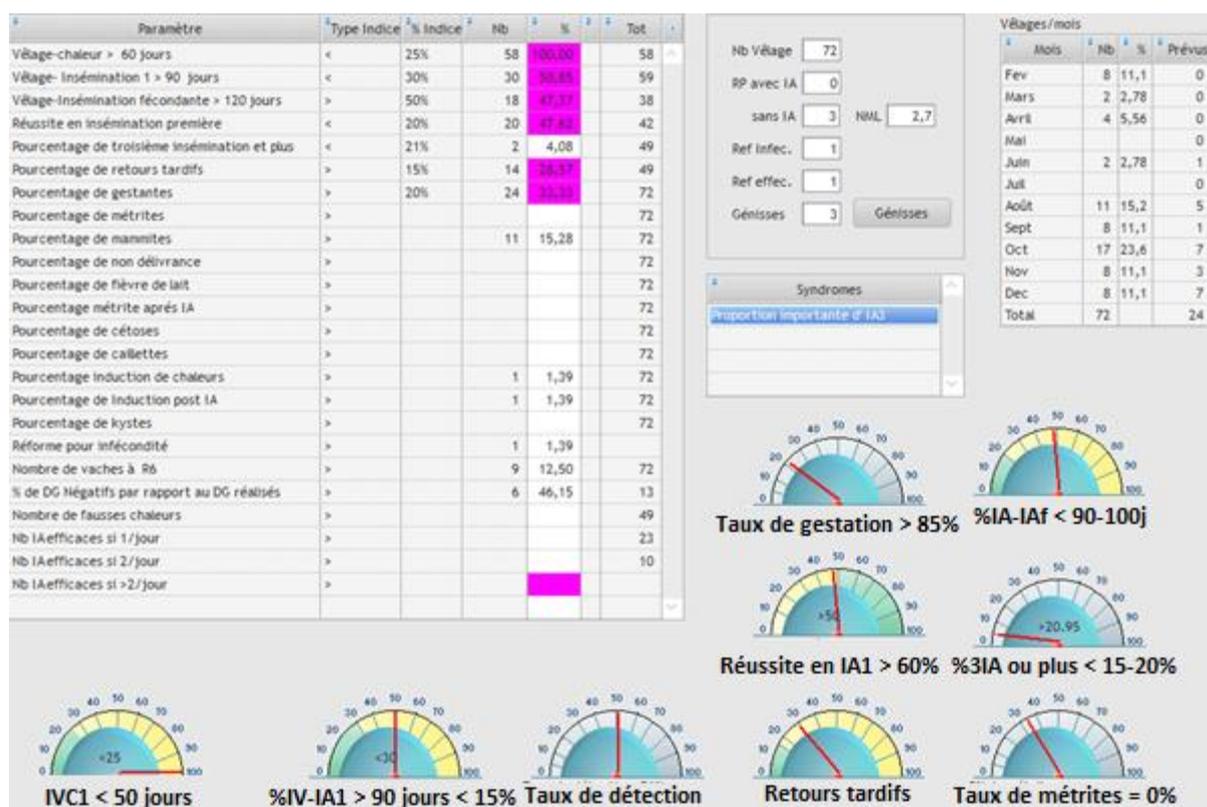


Figure 15 - Exemple d'un bilan de reproduction sur une période d'un an: les paramètres de reproduction sont décrits, ainsi que les objectifs. Les paramètres de reproduction et les objectifs sont également visualisés sous forme de cadran.

Ce bilan de reproduction sera ensuite inséré dans la partie descriptive du rapport. Ainsi, il permet à l'étudiant de prendre connaissance d'éventuels problèmes de reproduction, avant même la visite en élevage et de le mettre à jour après la visite.

### 1.3 Formulation des hypothèses

La comparaison du bilan de reproduction à des objectifs permet la formulation d'hypothèses qui peuvent être regroupées en 3 grandes catégories :

- Fertilité dégradée : La fertilité est considérée comme dégradée lorsque TRIA1 < 40 % et % vaches à 3 IA et plus > 25%. Une dégradation de la fertilité est due à une altération de la qualité des gamètes (ovocytes ou spermatozoïdes), des embryons ou à un environnement utérin inadéquat, lors d'infections utérines par exemple.
- Anoestrus :
  - o Plus de 25% des vaches non vues en chaleurs à 60 j postpartum
  - o Plus de 33% des vaches présentant un IV-IA1 > 90 j

- Plus de 20% des vaches présentant un IV-IAf > 110j
- Pourcentage de diagnostics de gestation négatifs sur l'ensemble des diagnostics de gestation, est supérieur à 30-40%
- Intervalles entre IA multiples de 3 semaines
- Retours décalés après IA : intervalles entre IA de 25-35 jours

La deuxième étape consiste à rechercher les caractéristiques individuelles (rang de vêlage, production laitière, période de vêlage ou de mise à la reproduction, pathologie peripartum, notes d'état corporel) qui différencient (ou non) les vaches infécondes des vaches fécondes au sein du troupeau. Si les animaux à problèmes sont caractérisés par la période de vêlage, l'analyse prendra en compte les changements (alimentation ou autre...) survenus au cours de cette période. Les résultats de reproduction et les caractéristiques des vaches atteintes seront ensuite confrontés aux connaissances relatives aux facteurs de risques pour aboutir à la formulation des hypothèses.

La hiérarchisation des facteurs de risques a été établie à partir de données épidémiologiques qui ont permis d'établir des relations non univoques entre les manifestations des troubles d'infécondité et des facteurs de risques liés à la conduite d'élevage ou à la pathologie (Vallet et al., 1998).

### *1.3.1 Dégradation de la fertilité*

La dégradation du taux de réussite en IA1 peut concerner des vaches mises à la reproduction trop précocement (rares actuellement), des femelles maigres en postpartum, les vaches primipares ou fortes productrices.

La dégradation des deux paramètres (TRIA1 et % vaches à 3 IA et plus) pourra concerner plus spécifiquement des vaches présentant une pathologie en postpartum (dystocie, non délivrance, métrite ou endométrite). Des maladies infectieuses spécifiques (BVD, Fièvre Q, néosporose...) pourront être également envisagées, notamment lors d'avortements.

Par ailleurs, il a été démontré récemment que des infections mammaires entraînaient une dégradation de la fertilité (Albaaj et al. 2017). Ainsi, un taux de cellules élevé (> 200 000 cellules par mL) autour de l'insémination est associé à une diminution de 15 % de la fertilité à l'IA.

#### *Facteurs de risques à évaluer pour vérifier cette hypothèse :*

- La nutrition des vaches en lactation (déficit énergétique, déficit azoté)
- La gestion du tarissement : transition alimentaire et prévalence des troubles métaboliques
- La couverture en vitamines et en oligo-élément sur une longue période

- Pour les dystocies : le déroulement de la mise-bas (« fouilles » intempestives) et le choix du taureau
- La conduite de l'IA (moment de l'insémination, contention de la vache)
- Les taux cellulaires individuels des vaches infertiles

### 1.3.2 Anoestrus

L'examen des femelles a permis de différencier l'anoestrus vrai du suboestrus (cf Partie B-III-1.2). Le suboestrus est plus fréquent chez les vaches laitières, il est lié à un défaut de détection des chaleurs ou à un défaut d'expression des chaleurs. Les facteurs de risques du suboestrus sont l'observation des chaleurs par l'éleveur et la nutrition. L'expression des chaleurs met en jeu l'intégrité de l'appareil locomoteur, des facteurs d'environnement et des facteurs nutritionnels. La méthode de détection des chaleurs sera évaluée en questionnant l'éleveur.

#### Facteurs de risques à évaluer pour vérifier cette hypothèse :

- L'état corporel au vêlage et au pic de lactation,
- La couverture des besoins azotés et énergétiques,
- La croissance des génisses (cf Partie B, III-5)
- Les boiteries (cf Partie B, I-5)
- Les facteurs environnementaux (bâtiments : éclairage, surface, qualité des sols... ; stress...).
- La méthode de détection des chaleurs (observation prévisionnelle ou non, fréquence et durée des observations, moments de la journée, recours à des outils d'aide à la détection), leur enregistrement.

### 1.3.3 Les retours décalés

Les retours décalés sont liés à une mortalité embryonnaire tardive (mort de l'embryon entre le 16ème et le 45ème jour) ou à la réalisation de l'IA à un mauvais moment (phase lutéale).

Un environnement utérin dysgénésique (excès d'azote soluble dans la ration, infection utérine) ou encore des facteurs de stress liés à un environnement inadéquat (chiens, dominance, stress thermique...) sont des facteurs de risque importants.

#### Facteurs de risques à évaluer pour tester cette hypothèse :

- Alimentation (déficit énergétique, excès d'azote soluble dans la ration, qui peut conduire à un environnement utérin dysgénésique),
- Pathologies utérines
- Environnement inadéquat (stress thermique, présence de chiens..).

- Méthode de détection des chaleurs (signes des chaleurs, identification des femelles en chaleur, fréquence et durée des observations).

*L'analyse des facteurs de risques est réalisée à partir des informations recueillies durant la visite de reproduction et des documents de l'élevage. Compte tenu des répercussions du déficit énergétique en période postpartum sur la reproduction, différents indicateurs (NEC, bêta hydroxybutyrate sanguin et taux utiles du lait) sont analysés pour évaluer l'équilibre énergétique de la ration.*

*Pour chaque indicateur, l'étudiant doit évaluer les déviations par rapport à des objectifs, déterminés en fonction du statut physiologique de l'animal, à la fois à l'échelon individuel et collectif.*

## **2. Analyse des marqueurs métaboliques (Nouvel et al., 2015)**

### **2.1 Analyse des NEC**

La note d'état corporel (NEC) permet d'évaluer l'état d'engraissement de chaque vache et surtout son évolution au cours de la vie génitale. Elle est notée à différents moments : au vêlage, en postpartum, au moment de la mise à la reproduction, lors du diagnostic de gestation, en fin de lactation et au tarissement. Les objectifs de NEC pour ces différents stades sont indiqués sur le Tableau 4.

L'évolution des réserves corporelles reflète le bilan énergétique de la femelle et constitue un indicateur intéressant pour l'évaluation de la couverture énergétique du troupeau. Une baisse de plus de 1,3 point dans les 8 premières semaines de lactation est associée à une dégradation des performances de reproduction, alors qu'une perte modérée a peu d'impact sur la reproduction (Ponsart *et al*, 2007). Ainsi, pour chaque vache en postpartum et en anoestrus, l'amplitude du déficit énergétique sera déterminé par rapport à la note état corporel évaluée sur la vache en préparation au vêlage.

*Tableau 4 - NEC optimale en fonction du stade de production*

<b>Stade</b>	<b>Objectif</b>
<b>Vêlage</b>	3,5
<b>0-60 j postpartum</b>	2.5
<b>2-6 mois lactation</b>	3
<b>&gt;6-7 mois lactation</b>	3-3.5
<b>Tarissement</b>	3,5

## 2.2 Analyse des concentrations de $\beta$ -hydroxybutyrate et d'AGNE sanguins

L'acide béta-hydroxybutyrique (BHB) et les AGNE (acides gras non estérifiés) sont des marqueurs du déficit énergétique et de cétose.

En raison de la diminution de la capacité d'ingestion, la période peripartum est caractérisée par un déficit énergétique et une mobilisation lipidique, qui se traduit par une augmentation des acides gras non estérifiés (AGNE) et des béta-hydroxybutyrates (BHB) dans le sang, les urines et le lait. Une augmentation importante des AGNE ou de BHB est associée à une diminution des défenses immunitaires qui peut conduire à une plus grande sensibilité des femelles à l'infection et à une dégradation des performances de reproduction. Ainsi, une augmentation des concentrations sanguines de BHB dans les deux premières semaines postpartum est associée à une augmentation du risque d'endométrite (odd ratio de 3,35, Duffield *et al*, 2009), et une diminution du taux de gestation (odd ratio de 0,48 ; Walsh *et al*, 2007). La diminution du taux de gestation varie de 20 à 50 % en fonction de la durée et de l'amplitude de l'augmentation du BHB ( $\geq 1$  mmol/L pendant la première semaine postpartum ou  $\geq 1,4$  mmol/L pendant les deux semaines postpartum, Walsh *et al*, 2007).

Pour la cétose subclinique, les seuils diagnostiques habituellement retenus dans le sang sont de 1,2 à 1,4 mmol/L pour le BHB postpartum car ils correspondent au meilleur compromis entre sensibilité et spécificité (Raboisson, 2014, Duffield *et al*, 2009). A l'échelle du troupeau, on considère qu'il existe un problème de cétose subclinique si plus de 10 % des femelles sont au-dessus du seuil. Les AGNE peuvent être utilisés en fin de tarissement avec des seuils de 0,3 à 0,4 mmol/L et permettent un diagnostic prédictif de la cétose subclinique. Les seuils sont de 0,6 mmol/L pour les AGNE postpartum et de 1,0 mmol/l autour du vêlage (Raboisson, 2014, Duffield *et al*, 2009).

## 2.3 Analyse des concentrations d'urée dans le lait

Le taux d'urée dans le lait est corrélé à la concentration en ammoniacque ruminal. Il permet d'évaluer à la fois la qualité et la quantité des apports alimentaires azotés. Les dosages mensuels d'urée de tank indiqués sur les bordereaux des analyses de lait par la laiterie, permettent un suivi des apports azotés avec un objectif entre 250 et 350 mg/l. Des concentrations supérieures à 350 mg/l suggèrent un excès d'azote global ou dégradable, associé éventuellement à un apport énergétique insuffisant pour utiliser efficacement les matières azotées. Ces mesures dans le lait peuvent être également effectuées individuellement sur une dizaine de femelles.

Un excès d'azote soluble est à l'origine d'une diminution du pH utérin qui pourrait être impliqué dans une altération des défenses immunitaires locales. Il constitue ainsi un facteur de risque des infections utérines et de la mortalité embryonnaire.

## 2.4 Analyse des données de production laitière

### 2.4.1 Documents VETOEXPERT permettant d'analyser les taux utiles

Le logiciel VETOEXPERT permet d'analyser les TB, les TP à l'échelle du troupeau. Pour chaque contrôle laitier, la répartition des taux protéiques et des taux butyreux et du rapport TB/TP individuels, en fonction des jours de production et du niveau de production est représentée (Figures 16 et 17).

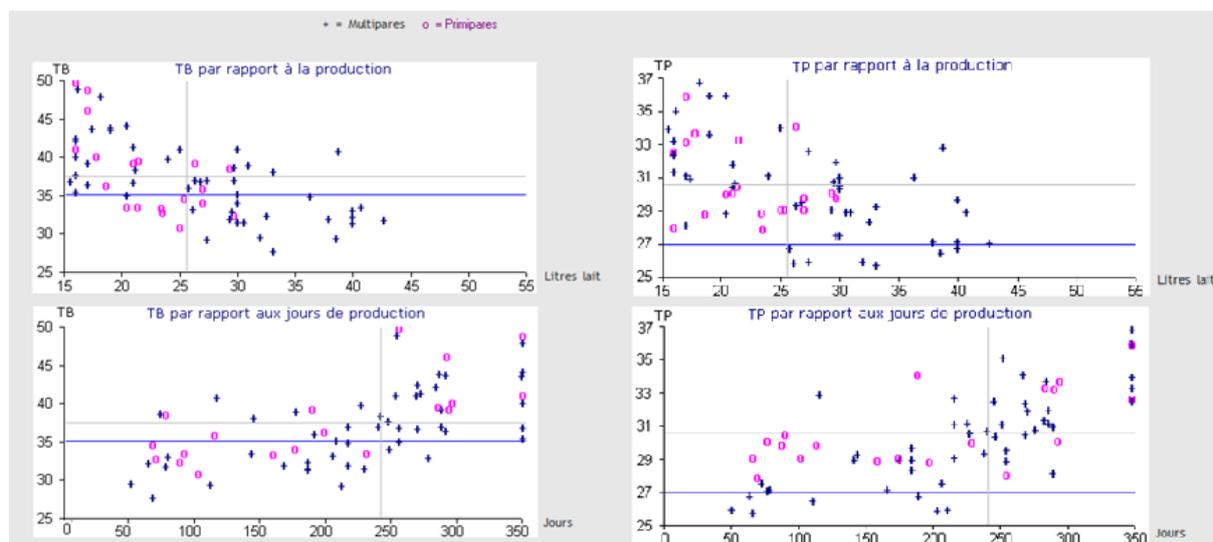


Figure 16 - Analyse des TB et des TP individuels sur un contrôle laitier en fonction de la production (quantité de lait produit) et des jours de production (stade de lactation) (VETOEXPERT (SNGTV)). Chaque point représente une vache (multipare, croix bleue et primipare, rond rose).

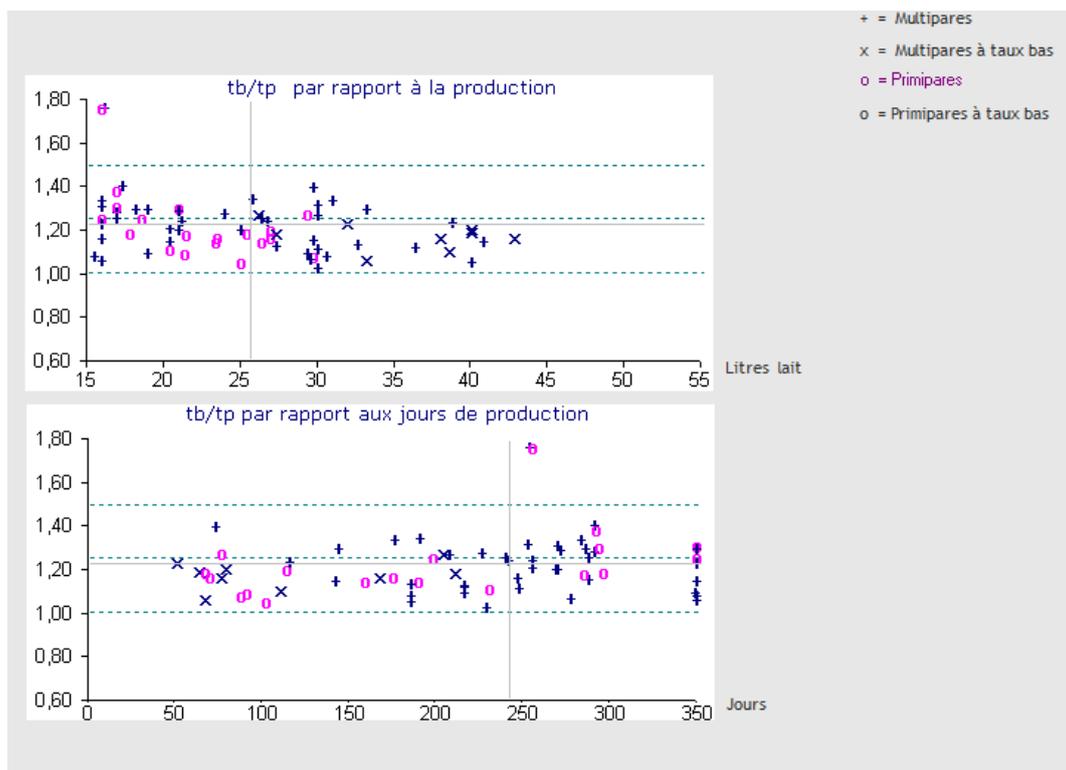


Figure 17 - Analyse des rapports TB/TP individuels sur un contrôle laitier en fonction de la production (quantité de lait produit) ou des jours de production (stade de lactation) (VETOEXPERT (SNGTV)). Chaque point représente une vache (multipare, croix bleue et primipare, rond rose).

#### 2.4.2 Analyse des données de production laitière

La quantité de lait produite reflète l'efficacité alimentaire et la santé de la femelle. Une chute de production peut révéler une atteinte pathologique. Les taux protéiques (TP) et butyreux (TB) du lait varient au cours de la lactation et en réponse à des déséquilibres alimentaires. La matière grasse du lait provient de l'acétate ruminal et de l'oxydation des graisses corporelles et des lipides alimentaires. Le taux butyreux est normalement élevé le premier mois de lactation, présente un minimum au second contrôle laitier correspondant au TB minimal. Il augmente ensuite les 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> mois. Le taux protéique, élevé la première semaine, décroît et ne remonte qu'après 100 à 120 jours de lactation (Ennuyer, 2008).

Les taux butyreux en début de lactation sont importants à considérer. Sur des vaches en bon état corporel, un déficit énergétique marqué en début de lactation s'accompagne d'une lipomobilisation. Il en résulte une augmentation de TB (utilisation des acides gras non estérifiés, AGNE dans la mamelle). Une différence de TB de 3 à 5 g/L entre le 2<sup>ème</sup> et le 1<sup>er</sup> contrôle laitier suggère une lipomobilisation importante en réponse au déficit énergétique. L'impact sur la fertilité est observé pour des TB élevés, supérieurs à 45 g/L.

Au contraire, le TB diminue (TB < 35 g/L) lors de subacidose ruminale (ration riche en concentrés et/ou défaut de fibrosité).

Les protéines du lait reflètent le niveau énergétique de la ration, mais peu les apports azotés. En début de lactation, la valeur minimale de TP, observée entre le 1<sup>er</sup> et le 3<sup>ème</sup> contrôle, n'est pas corrélée à la production laitière, mais à la perte d'état corporel. Ainsi, dans l'enquête NEC + REPRO (Ponsart et al, 2007), 51 % des femelles présentant un TP minimal <26 g/L ont perdu plus de 1,5 point de note d'état corporel en deux mois. Le seuil classiquement retenu pour considérer que la femelle est en déficit énergétique est de 27 ou de 28 g/L. Si la vache a épuisé ses réserves lipidiques, on pourra observer à la fois une chute de TP et de TB après les premiers mois de lactation, qui est généralement associée à une dégradation marquée des performances de reproduction.

Toutefois, l'utilisation de ces paramètres comme marqueurs de déficit énergétique ou de subacidose est délicate en raison des variations physiologiques. Des critères synthétiques, comme le rapport TB/TP, la différence TB-TP sont des indicateurs métaboliques généralement plus spécifiques et plus constants pour détecter le déficit énergétique ou la cétose subclinique que les taux considérés séparément. Une inversion de taux (TB/TP<1) ou un rapprochement des taux (TB-TP<3) signe une subacidose ruminale. Un rapport TB/TP>1,5 ou une différence TB-TP>3 peut suggérer une lipomobilisation importante.

En pratique, l'analyse des taux utiles du lait comme biomarqueur métabolique ne peut être réalisée qu'à l'échelle collective, à partir de données individuelles et par stade de lactation. Ils sont considérés comme des examens complémentaires d'orientation diagnostiques dont les résultats doivent être interprétés en regard des autres biomarqueurs métaboliques.

Le Tableau 5 récapitule l'interprétation des taux butyreux et protéiques.

Tableau 5 - Comment interpréter les variations de TB et de TP ?

	<b>TB bas</b>	<b>TB élevés</b>
<b>TP bas</b>	Sous-alimentation	Lipomobilisation par déficit énergétique trop élevé  Risque acétonémie
<b>TP élevé</b>	Ration trop énergétique et/ou associé à un manque de fibres  Acidose latente surtout si TB < TP chez au moins 20% des vaches  Amidon by pass (digéré dans les intestins)	Ration trop riche en énergie et favorable au TB (lactosérum, maïs + betterave)

Attention, il faut toujours interpréter les valeurs de TP et de TB en fonction de la production. Par exemple, lorsque la production laitière est faible, les valeurs de TB et TP auront tendance à être élevés en raison d'un effet de concentration dans le lait. A l'inverse, des TB et TP bas associés à une production très importante, peuvent être expliqués par un effet de dilution.

Le Tableau 6 synthétise les relations entre le taux d'urée et les TP et TB.

*Tableau 6 - Interprétation des profils des taux d'urée et des taux utiles du lait. Les éléments de confirmation à rechercher dans l'élevage pour affirmer les hypothèses sont indiqués- Source : Nouvel & al, 2015, utilisation de marqueurs métaboliques*

<b>Taux d'urée</b>	<b>TB</b>	<b>TP</b>	<b>Interprétation</b>	<b>Eléments de confirmation à rechercher</b>
<b>Elevé</b>	Elevé	Faible en début de lactation	Insuffisance d'énergie	Nombreuses chutes de production au 2 <sup>ème</sup> et 3 <sup>ème</sup> contrôle laitier
<b>Elevé</b>	Normal	Normal	Excès d'azote dégradable (herbe automne, urée) ou global	Production stable ou augmentée
<b>Faible</b>	Normal	Faible en début de lactation	Manque d'azote dégradable qui pénalise la valorisation des apports énergétiques	Niveau de production bien en dessous du potentiel génétique du troupeau
<b>Faible</b>	Bas	Elevé	Manque d'azote dégradable et excès d'apports énergétiques rapidement dégradables (céréales, sucres)  Fort risque d'acidose	
<b>Normal ou faible</b>	Elevé	Faible	Ration insuffisante en énergie et en azote	Production faible

## 2.5 Exemple pratique d'analyse des marqueurs métaboliques

L'étudiant analyse les NEC (pour toutes les catégories de vaches : péripartum, postpartum, anoestrus, DG, vaches tarées et en préparation au vêlage), les  $\beta$ OH (vaches en péripartum et postpartum) et les taux utiles et la production laitières des 3-4 premiers CL (TP mini, TB1 et TB2 et PL max) et évalue le nombre de vaches en dehors des objectifs. La prise en compte de plusieurs biomarqueurs métaboliques simultanément permet de pallier le manque de spécificité ou de sensibilité de certains marqueurs, comme le TB ou le TP. Il met en relation à l'échelle individuelle ces marqueurs métaboliques avec les troubles de la reproduction.

Les données peuvent être présentées dans le rapport, selon le tableau 7 suivant (*les données sont tirées d'un exemple*).

Tableau 7 - Analyse des indicateurs métaboliques (NEC, taux utiles,  $\beta$ OH) pour chaque catégorie de vaches en fonction de leur stade. Le nombre de femelles hors des objectifs est précisé. L'influence de ces déviations sur les performances de reproduction devra être évaluée. En rouge, les valeurs en dehors des objectifs

Catégories d'animaux	N° vache	NEC au vêlage	NEC du jour	BOH (mmol/L)	TP min	TBmax	Troubles observés	Interprétation Nombre de déviations par rapport aux objectifs
<i>Objectifs</i>		3,5	3,5				<i>Aucun</i>	
<b>Préparation au vêlage (n=X)</b>	6043		3,7					
	6035		3,5					
	6036		3,2					
	6029		3,2					
	5486		3,5					
<i>Objectifs</i>		=3,5	>2,5	< 1,2	>27	<45	<i>Aucun</i>	
<b>Peripartum (n=15)</b>	3079	3	3	0.5	29,5	33,9		Déficit énergétique : 3/6 Etat corporel insuffisant au vêlage : 3/6
	5480	3.5	2.5	0.9	33,4	39,1		
	5499	3.5	2	1.2	31,2	42,2		
	6046	3.5	2.5	0.4	31,3	41		
	6049	2.5	2.5	0.9	30,2	41		
	6471	3	2	1.1	32	46,7		
<i>Objectifs</i>		3,5	3,5	< 1,2	27	45	<i>Aucun</i>	
<b>Postpartum (&gt; 20 j après vêlage) (n=)</b>	3102	4,5	1.7	1,6	26,2	38	Dystocie	Très fort déficit énergétique sur 6/9 vaches
	4780	4	1.5	0.8	29,5	40,1		
	4781	4,25	1.5	0.8	31,8	40,7		
	4783	4,5	2	1.3	33,1	41,7	Endométrite	
	4796	4,5	1.5	0.3	31,1	42,9	Diarrhée	
	6005	3,5	4	0.6	32,1	41		
	6015	4	3.8	1.5	33,4	47,4	Endométrite	
	6038	4	2.5	1.7	30	47,6		
	6039	4	3	0.6	29,6	43		
<i>Objectifs</i>		3,5	3		27	45		
<b>Anoestrus (n=6)</b>	3096	4	2,5		27,6	47	Métrite	Déficit énergétique sur 2 femelles sur 5 Risque de subcétose sur 2 femelles/5
	3107	3,5	2		25,1	46,4	Boiterie – Non cyclée	
	4792	3,5	3		28,5	35,8	Métrite	
	4794	4	3		25,7	39,7		
	6027	3	3		31,2	38,7		
	6033	3,5	3		28,1	36,4	Non cyclée	

<i>Objectifs</i>		3,5	2,5-3		27	45		
<b>DG négatifs</b>  (n = 11)	2845	4,5	4,5		34,3	37,8	Réforme infécondité	Déficit énergétique sur 2 vaches/11
	4771	3,5	2,5		28,1	32,9		
	4787	4	1,5		29,1	29,6		
	4809	4,5	4		33	38		
	5473	3,5	3		23,7	33,6		
	5516	3,5	2,7		30	35,1	Mammite	
	5585	3,5	3		25,7	40,6		
	6008	3,5	3,2		28,3	33,3		
	6012	3,5	2,5		26,8	35,6		
	6024	3,5	2,7		26	32		
6026	3,5	3,5		27,2	34,3			
<i>Objectifs</i>		3,5	2,5-3		27	45		
<b>DG positifs</b>  (n = 10)	2854	4	2,5		25,3	36,4		Fort amaigrissement et déficit énergétique sur 4 femelles
	2866	3,5	2,5		28,3	41,2		
	3063	4,5	1,5		21,4	37,9		
	3110	3,5	2,5		26,2	45,6		
	4810	3,5	3,5		26,8	35,2		
	5518	4	2,2		28,5	47,5		
	6002	4,7	2,7		26,6	38,8		
<i>Objectifs</i>		3,5	3,5		27	45		
<b>Vaches Taries</b>	2848		2,5		30,5	34,3		Etat corporels hétérogènes sur les vaches taries
	5496		3		41,1	31,4		
	6018		4		33	41		
	4784		1,5		35,4	47,7		
	5489		3,5		31	40,3		
	5483		4		31,8	39		
	1519		4		29,1	37,8		
	5495		3		32	34,9		
<i>Objectifs</i>		3,5	3,5					
<b>Génisses</b>  (n = 8)	7510		4					RAS
	7511		3					
	7512		3,5					
	7513		3,5					

Cette analyse permet de cibler les problèmes (Tableau 7) :

- Déficit énergétique en début de lactation : (perte de NEC, Beta-OH butyrates élevés, TP bas associé éventuellement à un TB élevé...), qui pourrait être liée à un problème de digestion (mauvaise préparation au vêlage, subcétose, subacidose...) ou à un déficit énergétique (accès à la ration insuffisant (primipares par exemple) ou concentration énergétique de la ration inadaptée).
- Subcétose : si plus de 10% des animaux entre la 2<sup>ème</sup> et la 6<sup>ème</sup> semaine après la mise-bas sont au-dessus des seuils de concentration (1,2mmol/L)
- Subacidose suspectée si :
  - Plus de 10% des animaux sont atteints de boiterie
  - Les bouses sont liquides
  - Inversion du TP/TB sur plus de 10% des vaches

*L'exemple utilisé pour le tableau 7 met ainsi en évidence un problème collectif de cétose et de d'amaigrissement en début de lactation. Un déficit énergétique trop élevé en début de lactation, lié à une mauvaise transition alimentaire ou à une densité énergétique insuffisante, entraîne une lipomobilisation et une subcétose. Il est à noter également que certaines vaches en déficit énergétique ont présenté des troubles de la reproduction (métrites et endométrites, notamment).*

Tableau 8 - Synthèse entre les hypothèses émises, les analyses rapportées (marqueurs métaboliques) et l'interprétation permettant d'infirmer ou de confirmer l'hypothèse

<b><u>Hypothèse envisagée</u></b>	<b><u>Marqueurs métaboliques à évaluer</u></b>	<b><u>Interprétation</u></b>	<b><u>Stratégies à mettre en place</u></b>
<b>Déficit énergétique</b>	<p>NEC</p> <p>TB</p> <p>TP</p>	<p>- TP &lt; 27-28 g/L</p> <p>- NEC &lt; 2 sur &gt; 20% des vaches en début de lactation</p>	<p>Revoir la préparation au vêlage</p> <p>Revoir l'accès à la ration ou la nature de la ration</p>
<b>Subcétose (cétose de type I et II)</b>	<p>NEC</p> <p>TB</p> <p>TP</p> <p>BHB</p> <p>AGNE</p>	<p>- TB &gt; 45 g/L</p> <p>- TB/TP &gt; 1,5</p> <p>- BHB &gt; 1,2 mmol/L sur plus de 10-15% des vaches</p> <p>- Chute de NEC <math>\geq</math> 1,5</p>	<p>Revoir la ration (besoins énergétiques/apports de la ration)</p> <p>Revoir la conduite du tarissement</p>
<b>Subacidose</b>	<p>Bouses</p> <p>TP</p> <p>TB</p> <p>Aplombs</p>	<p>- Bouses liquides</p> <p>- TB &lt; 35 g/L</p> <p>- TB/TP <math>\leq</math> 1</p>	<p>Défaut de fibrosité dans la ration</p> <p>Apport de glucides facilement fermentescibles</p> <p>Revoir les transitions alimentaires</p>

## **2 Phase de synthèse**

La phase de synthèse permet de confronter les hypothèses et les facteurs de risques identifiés ; cette phase doit, normalement, aboutir à la confirmation des hypothèses.

L'étudiant doit alors évaluer si les facteurs de risques expliquent les troubles de la reproduction observés. A titre d'exemple, si le facteur de risque identifié, à partir des marqueurs métaboliques et du calcul de ration, est un déficit énergétique en début de lactation. Il peut expliquer le subœstrus, puisque l'expression des chaleurs est diminuée chez les femelles maigres, et peut également expliquer une dégradation de la fertilité. En outre ses conséquences sont observées bien au-delà de la période de bilan énergétique négatif, compte tenu de la durée de la croissance folliculaire.

## **3 Phase opérationnelle**

La phase opérationnelle consiste en la formulation de propositions hiérarchisées de mesures de maîtrise (traitement, prévention) et/ou de suivi des problèmes. Ces propositions de conduites à tenir découlent directement de la mise en évidence et de la hiérarchisation du ou des facteurs de risques qui favorisent l'infécondité. Les mesures proposées doivent être peu nombreuses, applicables, clairement explicitées, et surtout obtenir l'adhésion de l'éleveur.

*Parallèlement aux éléments sur le déroulement pratique du suivi de reproduction en élevage, des rappels sur les bases nécessaires au suivi sont apportés à l'apprenant dans l'onglet « Quelques rappels utiles... ».*

### **III. QUELQUES RAPPELS UTILES POUR LE SUIVI DE REPRODUCTION**

#### **1. Pathologies génitales couramment observées en suivi de reproduction**

Un lien vers [l'atlas de gynécologie en ligne](#) (J Julia et J Taveau, 2013) permet aux étudiants de réviser les images échographiques de l'appareil génital de la vache, à la fois physiologiques et pathologiques.

Les pathologies de l'appareil génital les plus couramment observées chez la vache sont les inflammations utérines, métrites ou endométrites, et pour les ovaires, l'anoestrus anovulatoire, incluant les kystes ovariens.

#### **1.1 Les métrites et les endométrites**

La métrite est une inflammation de l'utérus qui survient dans les 21 jours postpartum (le plus souvent pendant les 10 premiers jours) associée à un contenu utérin nauséabond avec atteinte de l'état général, au moins transitoire et une hyperthermie supérieure à 39,2°C (Sheldon et al., 2006 ; Chastant-Maillard 2011). L'inflammation atteint l'ensemble de la paroi utérine : l'endomètre, la sous-muqueuse, la musculuse et la séreuse.

L'endométrite est une inflammation de l'endomètre utérin au-delà des 21 jours postpartum, qui reste généralement limitée à l'endomètre et sans répercussion sur l'état général.

Cette maladie du péri-partum a une importance médicale majeure puisqu'elle entraîne de l'infertilité mais aussi une importance économique en raison de ses répercussions sur la fertilité : diminution de 20% du taux de réussite en première IA et sur la fécondité : intervalle vêlage – IA fécondante augmenté de 17-20 jours (Fourichon et al., 2000).

### 1.1.1 Physiologie de l'utérus postpartum

Au moment de la mise-bas, la corne utérine mesure 1 m de long. Un mois plus tard, elle mesure 30-40 cm de longueur pour un diamètre de 3-4 cm. Cette forte diminution du volume utérin est consécutive à l'involution utérine, qui met en jeu à la fois des phénomènes mécaniques (contractions utérines), hémodynamiques et des remaniements histologiques et immunologiques, avec en particulier une phagocytose importante.

Lors de la mise-bas, l'utérus est généralement contaminé alors qu'il est normalement stérile 30-40 jours plus tard (Elliott, 1968). L'élimination des germes pendant la période postpartum est permise par : (1) l'élimination des lochies contenant de l'ordre de 10 millions de germes /mL (Elliott, 1968) durant les 10 premiers jours postpartum. (2) La desquamation de l'épithélium utérin suivie de sa ré-épithélialisation.

### 1.1.2 Etude clinique des endométrites

En postpartum, l'évaluation clinique des endométrites/métrites prend en compte la consistance utérine, la taille de l'utérus et le volume et l'aspect des glaires. L'involution utérine est contrôlée, 30-40 jours après la mise-bas, en appréciant la symétrie et le diamètre des cornes qui doit être inférieur à 5 cm à leur base, et le diamètre du col inférieur à 7 cm. La consistance de l'utérus est charnue voire tonique physiologiquement. Un utérus flasque ou au contraire très ferme peut être le signe d'une inflammation.

L'évaluation des glaires génitales (voir le protocole de recueil pour les vaches en postpartum) prend en compte la couleur, le volume, la proportion de pus/fibrine par rapport au mucus et l'odeur (Figure 18, Williams et al., 2005).

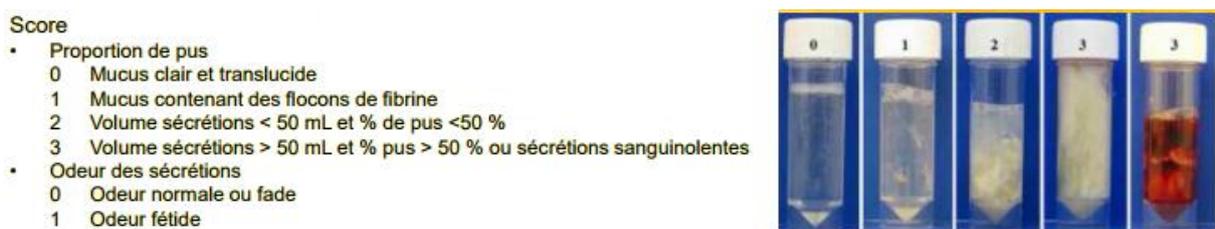


Figure 18 - Classification des sécrétions vaginales (Williams et al. 2005)

En définitive, la sévérité des endométrites peut être déterminée en fonction des signes génitaux observés et d'éventuels symptômes locaux associés (Tableau 9).

Tableau 9 - Etude des différents grades d'infection utérine

Grade	Symptômes locaux	Symptômes fonctionnels	Symptômes généraux
<b>Endométrite légère</b>	Glaire de chaleurs modifiées Flocons fibrineux ou troubles Involution utérine normale	Infertilité	
<b>Endométrite muco-purulente modérée</b>	Croûtes face interne de la queue Ecoulements muco-purulents (<50 % de pus) Cervicite Consistance normale ou plus ferme Volume +/- augmenté	Infertilité	
<b>Endométrite purulente sévère : Métrite</b>	Croûtes régions péri-génitale, queue Ecoulements muco-purulents (>50 % de pus) ou sérosanguinolents, abondants Col ouvert, très congestionné Utérus distendu, consistance flasque, paroi épaissie	Infertilité Augmentation de l'inter-oestrus	Hyperthermie +/- poil piqué
<b>Pyomètre</b>	Utérus distendu, consistance pâteuse, paroi mince Col fermé, CJ	Anoestrus	+/- poil piqué, amaigrissement, péritonite

A l'échelle collective, on considère qu'il y a un problème d'endométrite si plus de 15% des vaches présentent une endométrite mise en évidence par l'observation des glaires à la vulve ou si, plus de 20-25% des vaches présentent une endométrite détectée à l'examen vaginoscopique.

### 1.1.3 Traitement des endométrites et des métrites (Picard-Hagen et al., 2012)

Les stratégies thérapeutiques des métrites/endométrites ont plusieurs objectifs. Ils visent à restaurer l'homéostasie utérine pour permettre une mise à la reproduction rapide, à favoriser l'élimination des bactéries sans altérer les mécanismes de défense de l'utérus voire en les renforçant. Malheureusement, aucun traitement ne répond à tous ces critères.

Plusieurs types de traitements peuvent être utilisés : des traitements anti-infectieux locaux comme les antiseptiques et les antibiotiques ; des traitements anti-infectieux généraux et enfin, des traitements hormonaux.

#### 1.1.3.1 Les antiseptiques

Plusieurs antiseptiques peuvent être utilisés pour le traitement local des métrites/endométrites: la polyvidone à 1% (Vétédine ®), la chlorhexidine à 0,05%, l'acide diphénylméthane disulfonique à 1%. Ils doivent être administrés par irrigations et siphonages répétés, de façon aseptique, avec peu de pression pour ne pas risquer de faire remonter les germes vers les cornes utérines (risque de salpingite).

Ces traitements locaux comportent certains inconvénients :

- Ils irritent la muqueuse et s'ils ne sont pas suffisamment dilués, ils peuvent même induire la dégénérescence de l'endomètre. Ils inhibent la phagocytose en limitant l'afflux ou l'activité des neutrophiles. Pour éviter ces inconvénients, le lavage utérin peut être réalisé avec du sérum physiologique tiède.
- Ils sont longs à réaliser. En outre, ils ne doivent pas être réalisés sur un utérus lésé, dans l'immédiat postpartum.

En revanche, ils présentent l'avantage d'être peu coûteux.

Ces traitements locaux sont particulièrement indiqués lorsque la collection de pus dans l'utérus est importante. L'élimination de ces sécrétions permettra ensuite une meilleure efficacité du traitement antibiotique.

#### 1.1.3.2 Les antibiotiques

Le choix de la molécule anti-infectieuse dépend de plusieurs paramètres :

- Les caractéristiques du milieu utérin. Le milieu étant anaérobie, les aminosides par exemple, ne sont pas préconisés. En effet, ces antibiotiques nécessitent de l'oxygène pour entrer dans les cellules.
- De ses propriétés pharmacocinétiques. L'antibiotique doit être capable de diffuser aux couches profondes de l'utérus lors de métrite et ses concentrations dans l'utérus doivent être supérieure à la CMI.
- De ses propriétés pharmacodynamiques. Le spectre d'activité de l'antibiotique doit être large pour atteindre les bactéries à la fois Gram positives et Gram négatives. En effet, les métrites et endométrites chez la vache sont essentiellement polybactériennes.

- De son innocuité. La molécule anti-infectieuse ne doit pas être irritante par voie intra-utérine. En terme de santé publique, la molécule antibiotique ne doit pas entraîner la formation de résidus dans le lait et dans les tissus et doit limiter le risque d'antibiorésistance.

Dans le contexte d'utilisation raisonnée des antibiotiques, il n'est pas envisageable d'en préconiser une utilisation systématique lors d'endométrite. Ainsi, le choix du traitement et la voie d'administration sont choisis en fonction des signes cliniques.

Pour une endométrite légère, la vache n'est pas traitée systématiquement si elle est entre 30-40 jours postpartum, car elle lutte d'elle-même contre l'infection utérine, sauf si ses défenses immunitaires sont diminuées, lors de déficit énergétique prononcé par exemple. Cependant, il faut impérativement contrôler son intégrité utérine lors de la visite suivante.

Pour une endométrite modérée, un traitement antibiotique par voie utérine est généralement préconisé. L'avantage en élevage laitier est qu'il n'y a pas de temps d'attente dans le lait et que la diffusion locale des antibiotiques pose peu de problème de résistance. Il n'existe actuellement en France que deux formulations antibiotiques par voie locale : une pommade à base de céfapirine et une association bêtalactamines – polypeptides (ampicillines – colistine).

Pour une métrite ou une endométrite sévère (associée à une hyperthermie), une antibiothérapie par voie générale est préconisée malgré ses inconvénients (temps d'attente dans le lait, risque de résistance...).

Plusieurs antibiotiques peuvent être utilisés par voie générale. Parmi ceux possédant une indication « traitement des affections génito-urinaires postpartum », il y a :

- Les tétracyclines : antibiotiques à large spectre (Gram +, Gram-, aérobies et anaérobies, mycoplasmes, chlamydiae et rickettsiae) mais qui peuvent se heurter à des résistances notamment de *Trueperella pyogenes*, espèce bactérienne couramment impliquée dans les métrites/endométrites.
- Les macrolides (tylosine, spiramycine) : avec un spectre Gram+
- Les bêtalactamines + polypeptides associés à des anti-inflammatoires stéroïdiens comme l'association ampicilline – colistine – dexaméthasone mais des résistances sont fréquemment décrites chez *Escherichia coli* (Borchardt et al, 2018)
- Les bêtalactamines associés aux aminoglycosides avec l'association pénicilline G + streptomycine (ou néomycine) avec un spectre large contre les Gram + et les Gram -
- Le ceftiofur mais en raison de l'utilisation raisonnée de ces céphalosporines de 3<sup>ème</sup> génération, il ne peut être préconisé qu'en cas d'échec suite à un traitement de première intention avec un autre antibiotique et la réalisation d'un antibiogramme évaluant son efficacité. Le ceftiofur diffuse bien dans l'utérus et présente un large spectre d'activité, même si certaines souches d'*E. coli* sont maintenant résistantes au ceftiofur (Borchardt et al, 2018). Il présente l'intérêt de ne pas diffuser dans le lait et présente donc un temps d'attente nul pour le lait.

L'inconvénient majeur du traitement antibiotique par voie générale est, pour la plupart des molécules, un temps d'attente de plusieurs jours pour le lait, alors même que la vache est en début de lactation. Ils présentent des avantages : ils diffusent dans l'ensemble de l'utérus et leur concentration est plus importante dans l'utérus que dans le plasma.

### 1.1.3.3 Traitements hormonaux

Alors que les traitements anti-infectieux luttent contre l'infection, les traitements hormonaux augmentent les défenses utérines et favorisent la vidange utérine. Ainsi, les prostaglandines  $F_{2\alpha}$  peuvent être utilisées pour leur effet lutéolytique en présence de corps jaune, immunostimulantes et utérotoniques.

Toutefois, les formulations de  $PGF_{2\alpha}$  avec indication métrites présentes sur le marché ne sont définies que comme un traitement adjuvant à un traitement anti-infectieux.

## 1.2 L'anoestrus

L'anoestrus est un syndrome caractérisé par une absence de manifestations comportementales de chaleurs, après un certain âge (puberté) ou un certain délai postpartum. On distingue l'anoestrus vrai du suboestrus. L'anoestrus vrai est une absence d'activité ovarienne cyclée alors que le suboestrus est lié à un défaut d'expression ou de détection des chaleurs avec une activité ovarienne normale.

### 1.2.1 *L'anoestrus physiologique*

Il existe des causes physiologiques d'anoestrus comme la puberté (une vache doit avoir atteint 60% de son poids adulte pour avoir des cycles réguliers) ou une gestation méconnue.

Enfin, la vache laitière a un délai physiologique de reprise d'activité ovarienne d'environ 30 jours (Figure 19). En pratique en élevage, les femelles sont examinées à partir de 60 jours postpartum quand elles n'ont pas été mises à la reproduction.

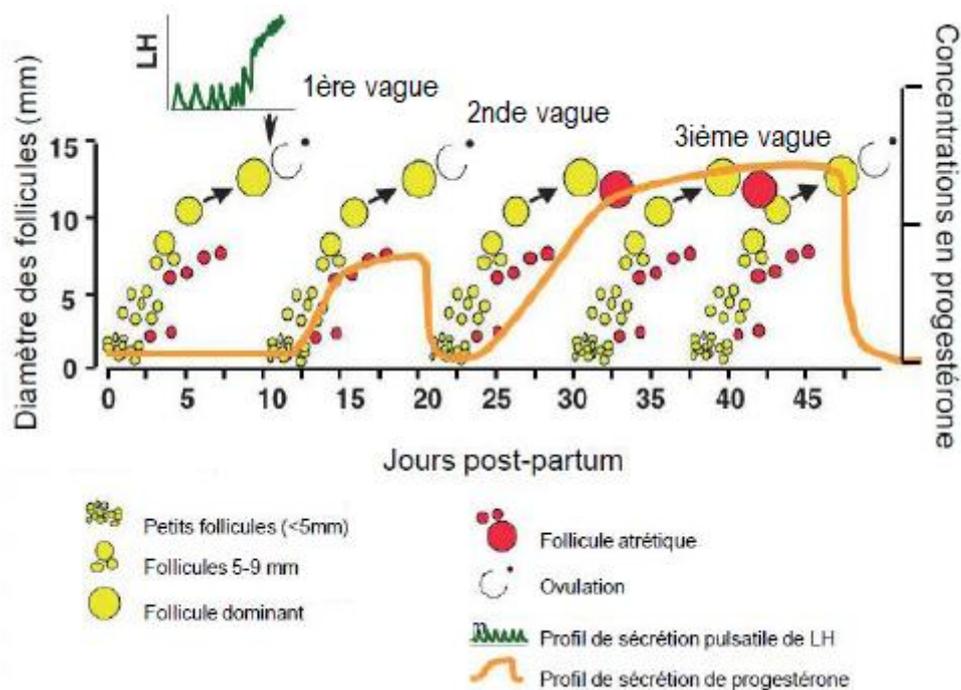


Figure 19 - Reprise physiologique de l'activité ovarienne chez les vaches laitières ; la première vague folliculaire conduit à un follicule dominant qui disparaît, mais sans formation de corps jaune, la seconde vague folliculaire entraîne une phase lutéale courte et la reprise normale d'un cycle est observée après la 3<sup>ème</sup> vague folliculaire (Crowe, 2014)

### 1.2.2 Le suboestrus

Le suboestrus peut être lié à une détection des chaleurs insuffisante ou à une expression des chaleurs frustes liée notamment à :

- Un déficit énergétique prononcé notamment sur des vaches laitières hautes productrices
- Des causes environnementales : bâtiments glissants, surface d'aire d'exercice insuffisante, stress thermique

Causes pathologiques : maladies métaboliques, pathologie locomotrice.

### 1.2.3 L'anoestrus vrai

L'anoestrus vrai est lésionnel ou fonctionnel. Les causes lésionnelles regroupent les ovarites (petits ovaires durs) suite à une péritonite, à une endométrite sévère ou à un traumatisme et les tumeurs.

Les causes fonctionnelles sont l'anoestrus anovulatoire ou la persistance du corps jaune. A la palpation, on distingue :

- Anovulation avec une croissance folliculaire stoppée avant la dominance folliculaire : les ovaires sont petits (1-2 cm) et la taille maximale des follicules est < 8 mm. Ce

phénomène est dû à une insuffisance de pulsativité de GnRH et de LH (Figure 20a). C'est le cas par exemple, chez la vache laitière en déficit énergétique prolongé.

- Anovulation avec des follicules dominants de diamètre supérieur à 10 mm. : on a soit des follicules normaux (10-25 mm de diamètre), soit des kystes folliculaires (diamètre supérieur à 25 mm, cf infra). Ce phénomène est dû à une insensibilité de l'axe hypothalamo-hypophysaire au rétrocontrôle positif de l'oestradiol (Figure 20b).
- Corps jaune persistant : lié à une insuffisance de sécrétion de PGF2 $\alpha$ , qui peut être consécutive à une endométrite modérée ou sévère.

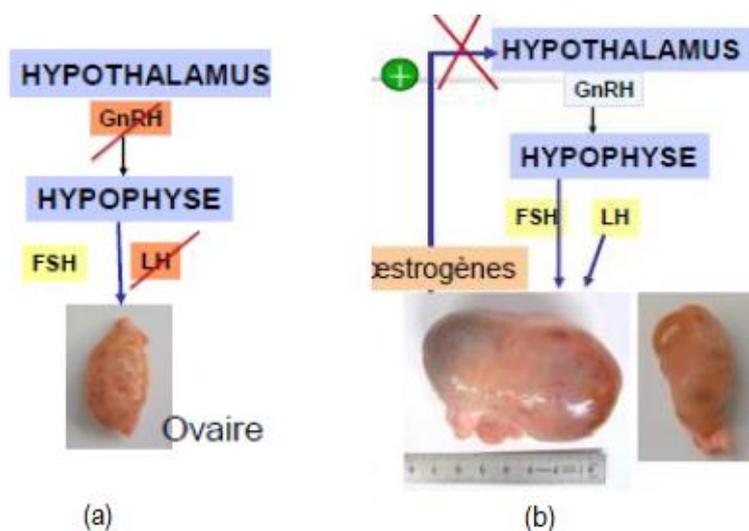


Figure 20 - L'anoestrus anovulatoire peut être dû à une absence de pulsativité de GnRH et de LH, qui conduit à des ovaires petits, avec des follicules de diamètre inférieur à 8 mm (a) ou à une insensibilité de l'axe hypothalamo-hypophysaire au rétrocontrôle positif des œstrogènes (b), ce qui conduit à des follicules de diamètre de 10-20 mm, ou des kystes (diamètre supérieur à 25 mm).

### 1.2.3.1 Traitement de l'anoestrus vrai

Le traitement de l'anoestrus anovulatoire (ovaires lisses ou follicules de 10-20 mm de diamètre) repose sur un protocole hormonal à base de progestagènes pendant 7 à 11 jours sous forme d'implant auriculaire ou de dispositif vaginal. Il est associé à la GnRH au moment de la mise en place du dispositif, à une administration de prostaglandines F2alpha un ou deux jours avant le retrait et à une administration d'eCG au moment du retrait pour soutenir la croissance terminale des follicules jusqu'à l'ovulation. L'IA peut être réalisée 48 à 72h après le retrait du dispositif. L'imprégnation progestéronique pendant 7 à 11 jours est nécessaire pour qu'il y ait une reprise de l'activité ovarienne (cela permet aux follicules d'être plus sensibles à la LH et la FSH).

A l'échelle du troupeau, des mesures peuvent être mises en place pour corriger les erreurs dans la conduite d'élevage, mises en évidence lors de la visite d'élevage. On apportera une attention particulière à la couverture des besoins énergétiques, au logement (éclairage, sols et surface) et à la détection des chaleurs.

### 1.2.3.2 Cas particulier des kystes ovariens

Les kystes ovariens sont des structures anéchogènes cavitaires remplies de liquide, mesurant plus de 25 mm de diamètre et qui persistent plus de 10 jours sur l'ovaire, en l'absence de corps jaune (Hanzen et al., 2008). Cependant, il est souvent difficile en élevage de réaliser deux palpations à 10 jours d'intervalle pour établir un diagnostic de kyste. C'est la raison pour laquelle, des structures folliculaires, parfois multiples, de plus de 25 mm de diamètre, en l'absence de corps jaune, sont souvent considérées comme des kystes, à partir d'un seul examen gynécologique, sans prendre en compte le critère de persistance. Cependant, ces structures folliculaires persistantes sont relativement fréquentes chez les femelles en postpartum et peuvent disparaître spontanément. Ainsi, ces structures sont considérées d'emblée comme pathologiques si le délai postpartum est supérieur à 50 jours. En revanche, pour des femelles à 30 jours postpartum, il est préférable de vérifier ultérieurement la persistance du kyste pour établir le diagnostic de kyste.

Il existe deux types de kystes ovariens : le kyste folliculaire et le kyste lutéinisé ou lutéal. Le kyste lutéal est généralement considéré comme une évolution du kyste folliculaire après lutéinisation de sa paroi (Garverick, 1997). Le kyste folliculaire peut être multiple alors que le kyste lutéal est généralement unique (Chastant-Maillard, 2010).

Le type de kyste ovarien ne peut être distingué qu'à l'examen échographique (Figure 21). Les caractéristiques du kyste folliculaire sont proches de celles du follicule ovarien. Il présente une cavité anéchogène de diamètre supérieur à 25 mm, entourée d'une paroi dont l'épaisseur est inférieure à 3 mm et qui est parfois difficile à distinguer à l'échographie.

A l'échographie, le kyste lutéal présente une cavité anéchogène d'un diamètre supérieur à 25 mm. Il est différencié du kyste folliculaire par l'épaisseur de sa paroi, supérieure à 3 mm (intervalle 3-9 mm, Douthwaite et Dobson, 2000) et la présence de tissu lutéal (apparaissant gris homogène à l'échographie) en périphérie de la cavité.

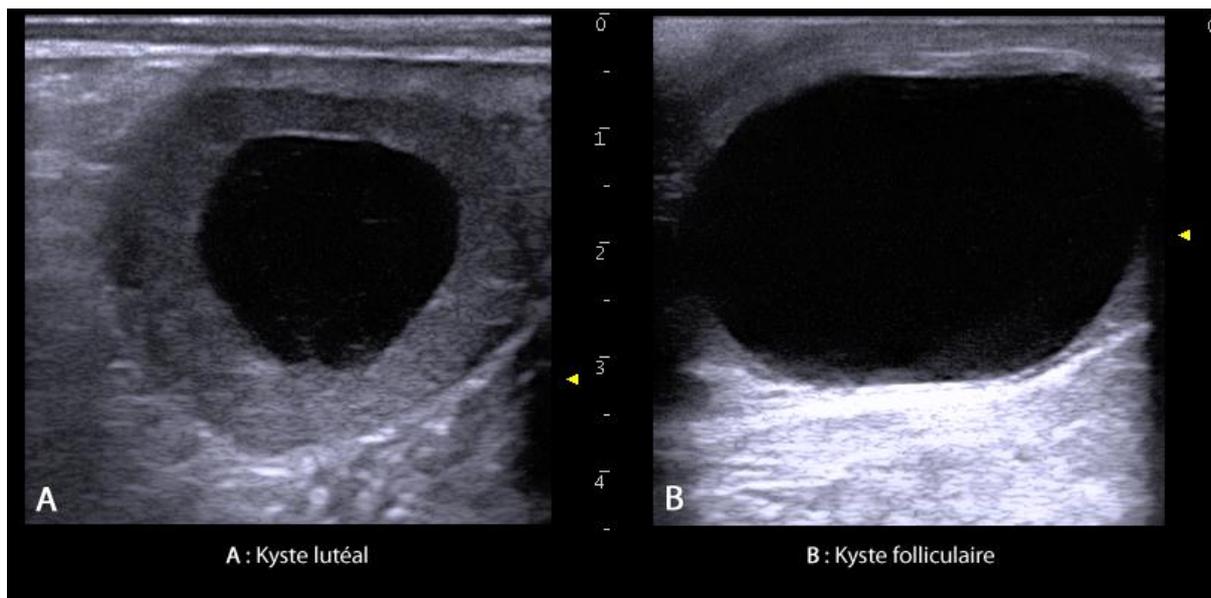


Figure 21 - Diagnostic différentiel des kystes ovariens. Le kyste lutéal présente une paroi plus épaisse que le kyste folliculaire, dont l'échogénéité homogène est similaire à celle du corps jaune. Source : [atlas de gynécologie bovine, en ligne](#)

Il existe très peu d'études cliniques permettant d'évaluer et de comparer l'efficacité des traitements des kystes pour différentes raisons :

- (1) L'absence de groupe contrôle, toutes les femelles étant généralement traitées
- (2) La disparition spontanée de certains kystes ou follicules persistants en période postpartum
- (3) L'absence de définition standardisée du kyste ovarien

On distingue différents types de traitements hormonaux et non hormonaux.

Le traitement non hormonal des kystes comprend la rupture manuelle du kyste ou sa ponction. Toutefois, la rupture manuelle du kyste folliculaire par palpation transrectale n'est pas préconisée car la pression trop importante exercée sur l'ovaire peut engendrer des inflammations ovariennes ou de la trompe utérine, qui entraînent des hémorragies ovariennes (Zaremba et al., 1985) et la formation d'adhérences, responsables d'infertilité (Cruz et al., 2004 ; Bartolome et al., 2005). La ponction du kyste folliculaire et l'aspiration du contenu liquidien peut être réalisée par voie transvaginale et permet un retour en chaleur de 82 à 94,5 % des vaches (Lievaart et al., 2006 ; Amiridis, 2009). Toutefois, cette technique de ponction est relativement contraignante à mettre en place et doit être réalisée le plus aseptiquement possible, afin de ne pas entraîner d'infection ovarienne.

Le kyste ovarien empêche le développement de nouvelles vagues folliculaires. Ainsi, le traitement hormonal des kystes repose sur la stimulation d'une nouvelle vague de croissance folliculaire permettant de relancer le cycle de la vache. Une imprégnation progestéronique, soit par lutéinisation du kyste folliculaire ou d'un follicule dominant présent sur l'ovaire, soit par voie exogène, permet de sensibiliser les follicules à la FSH et de relancer la croissance folliculaire.

Les trois protocoles hormonaux existants permettant de produire cette imprégnation progestéronique sont :

- L'utilisation d'hormones lutéotropes seules, GnRH ou analogue de GnRH et hCG (Figure 22) : ces hormones lutéotropes stimulent la synthèse de progestérone en permettant la lutéinisation du kyste ou l'ovulation du follicule dominant (Jeffcoate et Ayliffe, 1995). L'imprégnation progestéronique permet de sensibiliser les follicules en croissance à la FSH et LH.
- Le protocole GPG (GnRH + prostaglandines + GnRH).
- Le traitement progestagène



Figure 22 - Traitement hormonal des kystes folliculaires à base d'hormones lutéotropes

Le **protocole GP** (Figure 23) comprend une injection de GnRH (ou analogue) ou hCG et une injection de  $PGF2\alpha$  entre le 9 et le 14<sup>ème</sup> jour après l'injection de GnRH (Garverick, 1997). Celle-ci permet de diminuer l'intervalle entre le traitement et le retour en chaleur. Ce protocole n'est indiqué que pour le kyste folliculaire.

Il existe une alternative au protocole GP (Figure 23) avec une injection de GnRH et de  $PGF2\alpha$  simultanée. Ce second protocole permet de traiter les 2 types de kystes. Un essai clinique réalisé sur un grand troupeau laitier en Espagne montre qu'il permet d'obtenir un meilleur taux de gestation par rapport au protocole GP décrit précédemment (22 % contre 16 %), un taux de régression plus important du kyste (78 % contre 42 %), un retour en chaleur (72 % contre 53 %) et un taux d'ovulation plus élevés (61 % contre 37%) (Lopez-Gatius et Lopez-Béjar, 2002).

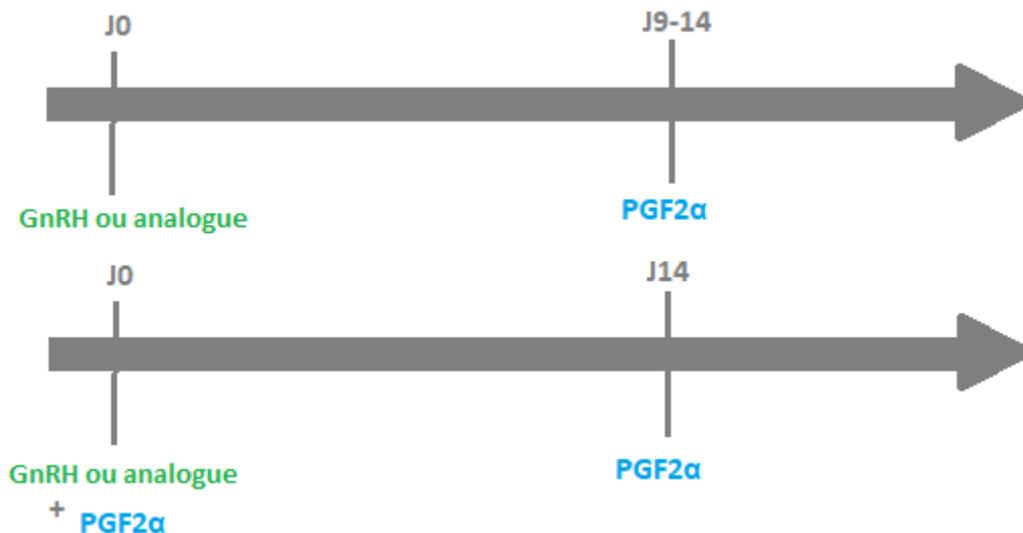


Figure 23 - Protocole GnRH (ou analogue) et PGF2alpha indiqué pour les kystes folliculaires. Une alternative est le second protocole avec une administration simultanée de GnRH (ou un analogue) et de PGF2, qui est indiqué pour les 2 types de kystes

Enfin, le **protocole GPG** (Figure 24) permet d'induire l'ovulation à la fin du traitement et ainsi de programmer l'IA. La première injection de GnRH stimule la croissance folliculaire, induit l'ovulation et/ou la lutéinisation du kyste, et ainsi la formation d'une structure lutéale secondaire. L'injection de PGF2α 7 jours plus tard entraîne la régression du corps jaune ou de la structure lutéale secondaire et diminue la progestérone, ce qui permet au follicule dominant de finir sa croissance. La dernière injection de GnRH induit l'ovulation et permet ainsi de réaliser une IA à un moment prédéterminé (Hanzen et al., 2008).

L'avantage du protocole GPG est qu'il permet de réaliser l'IA à un moment prédéterminé sans détection des chaleurs.

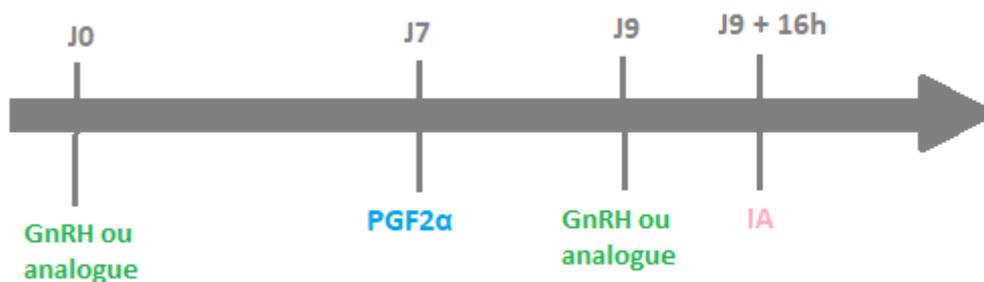


Figure 24 - Protocole GPG : la première injection de GnRH stimule la croissance folliculaire, induit l'ovulation et/ou la lutéinisation du kyste, et ainsi la formation d'une structure lutéale secondaire. L'injection de PGF2α 7 jours plus tard entraîne la régression du corps jaune ou de la structure lutéale secondaire. La dernière injection de GnRH induit l'ovulation et permet ainsi de réaliser une IA à un moment prédéterminé.

Le dernier protocole hormonal consiste en une imprégnation par des **progestagènes** pendant 7 à 9 jours, sous forme d'implant sous-cutané (norgestomet) ou d'un dispositif vaginal de

progestérone, associé à une administration de PGF2alpha, un à deux jours avant le retrait du dispositif (Figure 25). Une administration de GnRH peut être réalisée au début du traitement.



Figure 25 - Protocole consistant en une imprégnation en progestagènes sous forme d'implant sous-cutané ou d'un dispositif vaginal pendant 7-9 jours. Elle est associée à une injection de GnRH le premier jour et une injection de PGF2 un jour avant le retrait ou le jour même selon le protocole du progestagène. L'IA ou la monte naturelle a lieu 1 à 2 jours plus tard selon le progestagène utilisé

## 2. Les taux utiles : définition

Dans 1L de lait, on a 129g de matière sèche. Celle-ci contient une concentration de lactose relativement constante (entre 45 et 50g/L) car physiologiquement, la vache fait d'abord du lactose et ajoute les autres constituants du lait ensuite.

Le lait contient aussi de la matière grasse (TB) avec des teneurs plus variables autour de 40g/L et de la matière protéique (TP), en moyenne 32g/L.

### 2.1 Le taux protéique

Le taux protéique du lait (TP) est normalement compris entre 27-37g/kg. Paradoxalement, les protéines du lait reflètent peu les apports azotés de la ration mais plutôt son niveau énergétique.

En effet, le pool protéique (PDI) peut être utilisé par la vache (1) pour générer ses propres protéines corporelles et (2) pour synthétiser des acides aminés (AA) libérés dans la circulation sanguine et donc utilisables par la mamelle. Ainsi, la vache synthétise 90% des protéines du lait. Par conséquent, en situation d'apports alimentaires insuffisants (début de lactation), les PDI sont utilisés pour produire des AA glucoformateurs qui subiront la néoglucogénèse hépatique pour produire du glucose.

Le TP du lait est lié directement à ce pool d'AA disponible dans le sang par la mamelle. Ainsi, lors de déficit énergétique, le TP diminue car les AA sont utilisés pour la néoglucogénèse.

## 2.2 Le taux butyreux

Le taux butyreux du lait (TB), normalement compris entre 35-45g/kg reflète le taux de matière grasse présent dans le lait. La source de matière grasse du lait provient des acides gras synthétisés dans le rumen, particulièrement :

- Ceux en C2 (acide acétique) issu de la digestion de la cellulose. Leur proportion est moins importante si la quantité de fibres de la ration diminue ou si la capacité de digestion diminue (par exemple lors d'acidose, quand le pH ruminal diminue et que la flore cellulolytique est détruite). Les AG en C2 participent à la lipogénèse et à la synthèse des acides gras courts du lait.
- Ceux en C4 (acide butyrique) issu de la digestion des sucres dans le rumen. Leur proportion est moins importante que ceux en C2 sauf si l'alimentation des vaches comprend des sucres fermentescibles, comme la betterave ou la mélasse. Les AG en C4 participent également à la synthèse des acides gras courts du lait

Ainsi, les AG en C2 et C4 ont un effet positif sur le TB. En début de lactation, lorsque les apports sont inférieurs aux besoins, la lipolyse des graisses de réserve constitue un apport non négligeable de matières grasses. La mamelle étant prioritaire, ces matières grasses sont utilisées pour la production de lait donc le TB augmente. Cependant, la mobilisation des réserves corporelles conduit à un amaigrissement important.

## 2.3 Le taux d'urée

Le taux d'urée du lait est directement lié au taux d'urée sanguin lui-même corrélé au taux d'ammoniac ruminal (celui-ci traverse la paroi du rumen pour se retrouver dans le sang). Les taux optimaux d'urée se situent entre 250 et 330mg/L de lait.

Le taux d'urée indique l'équilibre énergie-azote de la ration : s'il y a peu d'azote dégradable dans le rumen, le taux d'urée diminue et réciproquement un taux d'urée élevé indique un excès d'azote global ou dégradable. Cependant, il faut différencier les apports excessifs et une mauvaise valorisation de ceux-ci à cause d'une moindre efficacité de la flore du rumen (si les apports d'énergie sont insuffisants par exemple).

L'étude de ce taux ne peut se faire qu'à l'échelle du troupeau ou d'un groupe de vaches, chaque individu ayant des vitesses d'évacuation de l'urée différentes (concentration d'urée des primipares supérieure aux multipares car elles consomment moins de matière sèche et ont un métabolisme protéique différent en raison de leur croissance).

## 2.4 Facteurs de variation des taux utiles

Il existe des variations physiologiques du TB et TP (Tableau 10) qui n'ont pas d'impact sur la santé de la vache. Les facteurs de variation sont :

- La race : ainsi, les taux utiles évoluent par ordre décroissant en fonction des races suivantes : normandes, brunes, montbéliardes, prim'holstein
- La saison ou le type de ration
- Le stade de lactation :
  - o Le TB est élevé au 1<sup>er</sup> mois de lactation, minimum au second et augmente les 3 et 4<sup>ème</sup> mois de lactation
  - o Le TP est élevé la 1<sup>ère</sup> semaine de lactation, décroît et ne remonte qu'à 100-120j de lactation

Tableau 10 - Facteurs de variation physiologiques des taux utiles

FACTEURS	TP (g/L de lait)	TB (g/L de lait)
<b>Race</b>	+/- 2,5	+/- 5
<b>Stade de lactation</b>	+/- 3	+/- 4
<b>Saison</b>	+/- 2	+/- 4

En revanche, certaines variations peuvent nous indiquer des troubles nutritionnels, susceptibles d'avoir des répercussions sur la reproduction.

Les variations de TB sont principalement des chutes de ce taux (TB < 35g/L). La cause étant une perturbation de la flore cellulolytique, avec par exemple, une ration pauvre en fourrage à l'origine d'acidose subaiguë du rumen. Paradoxalement, une autre origine est la supplémentation en lipides (matière grasse non protégée) ; ceux-ci sont biohydrogénés dans le rumen formant des composés toxiques pour les bactéries de la flore cellulolytique alors qu'elles produisent la majorité de l'acide acétique (précurseur de la synthèse de matières grasses dans la mamelle). Enfin, une ration trop riche en concentrés peut entraîner la formation de certains acides gras inhibiteurs de la synthèse mammaire d'acide gras.

Ainsi, un TB faible doit alerter le vétérinaire, car il peut être le signe d'une flore perturbée et d'un trouble potentiel de la digestion ruminale.

Un TB trop élevé est souvent rencontré chez des vaches grasses en début de lactation qui maigrissent beaucoup. Du tissu adipeux est alors fixé dans la mamelle et la matière grasse est prélevée pour la formation du lait.

Les variations de TP sont principalement des chutes de TP, qui sont liées à un déficit énergétique. En effet, les bactéries du rumen nécessitent de l'énergie pour synthétiser les protéines microbiennes utilisables par l'animal. Si l'énergie est limitante, elles utilisent les acides aminés

pour produire de l'énergie plutôt que de synthétiser des protéines. Enfin, il peut provenir d'un défaut de méthionine, un acide aminé essentiel limitant. Les aliments riches en méthionine sont rares mais il est possible de distribuer de la méthionine de synthèse protégée de la digestion ruminale. Elle contribue à maintenir un équilibre optimal d'acides aminés essentiels chez la vache laitière.

<p><b>Acidose ruminale → TB bas</b></p> <p><b>Amaigrissement → TB haut</b></p> <p><b>Déficit énergétique → TP Bas (&lt; 27 g/L)</b></p>
---

### **3. Les maladies métaboliques couramment rencontrées chez la vache laitière en péripartum**

#### **3.1 La subacidose ruminale**

L'acidose subaiguë est un trouble fréquent de la fermentation ruminale caractérisée par des baisses de pH ruminal (inférieur à 5,5-6). Il existe de nombreux facteurs de risques :

- Mauvaises transitions alimentaires : changement brutal de nature (fourrage) ou de quantités (augmentation trop rapide de la quantité de concentrés)
- Apport de concentrés : pourcentage important dans la ration, concentrés rapidement dégradables, répartition de la consommation des concentrés dans la journée
- Fibrosité de la ration : aptitude de la ration à faire ruminer les animaux, insuffisante

##### *3.1.1 Mécanisme de l'acidose*

Lorsqu'on remplace les fibres par l'amidon des concentrés, la digestion est plus rapide et ainsi, la masse d'AGV produite est beaucoup plus importante sur une période de temps court : la vitesse de fermentation augmente et le pH diminue brutalement. Comme la stimulation mécanique de la rumination est limitée, le pouvoir tampon de la salive n'est pas assez important ce qui accentue la diminution du pH.

Les conséquences sont la lyse des bactéries cellulolytiques. Les protozoaires disparaissent, ainsi que leur capacité à stocker l'amidon. Le métabolisme de *Streptococcus bovis*, bactérie

amylolytique change et elle produit de l'acide lactique plutôt que des acides gras en C3 et les bactéries fermentant le lactate sont inhibées.

**Le seuil de** pH ruminal en-dessous duquel le bovin est en acidose est de 5,5-6 (diffère pour vache laitière/taurillon ou vache allaitante par exemple) ou la durée de pH faible (<5,8) est supérieure à 5h.

### 3.1.2 Conséquences

Les conséquences de l'acidose sont multiples :

- Zootechniques : l'augmentation de la concentration en acide gras volatiles et la diminution du pH diminue l'appétit des vaches et l'efficacité de la digestion de la cellulose. Les animaux sont sous-nourris et la production s'en trouve diminuée.
- Troubles digestifs : l'augmentation de la pression osmotique entraîne des diarrhées avec des bulles, caractéristiques de fermentations dans le gros intestin.
- Remaniements histologiques : liés au passage de bactéries ruminales dans le sang qui s'arrêtent souvent au niveau du foie et font des abcès hépatiques ; l'hyperkératose des papilles du rumen entretient l'acidose en empêchant les AGV de sortir du rumen.

Au niveau des paramètres du lait, la diminution de l'absorption de C2, l'augmentation des acides gras *trans* font diminuer le TB alors que l'augmentation de C3 augmente ou ne change pas le TP.

### 3.1.3 Traitement

Il consiste à :

- Diminuer la baisse post-prandiale de pH en étalant la consommation des concentrés avec plusieurs distributions
- Effectuer des transitions alimentaires sur des périodes d'au moins 3 semaines lors de changement de fourrage et de changement important de concentrés
- Les fourrages doivent représenter au moins 60% de la MS
- La fibrosité de la ration ne doit pas être trop fine : particules > 0,5cm
- Utiliser des substances tampons : bicarbonate de sodium (pas au tarissement) ou des levures lors de périodes à risque

### 3.1.4 Exemple d'un cas de subacidose en élevage laitier

Les figures 26 et 27 montrent un cas de subacidose sur un élevage laitier. Les valeurs individuelles de TB et de TP sur un contrôle ont été obtenues grâce à l'onglet "Analyse de la production lait" de VETELEVAGE.

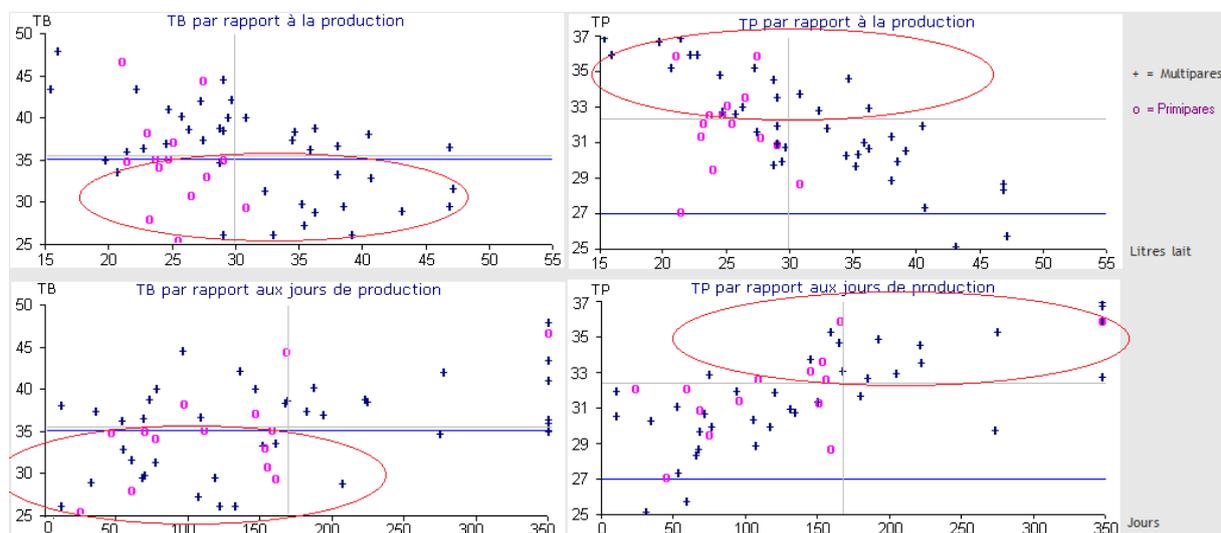


Figure 26 - Evolution des TB et des TP individuels en fonction de la production lactière ou des jours postpartum (VETELEVAGE). Les TB et TP anormaux sont entourés en rouge

Pour ce contrôle, on observe des TB faibles (<35 g/L) en début de lactation chez des vaches de toutes productions (moyennes à élevées). En parallèle, on observe des TP hauts (> 32 g/L) chez des vaches faiblement à moyennement productrices en milieu de lactation (Figure 26).

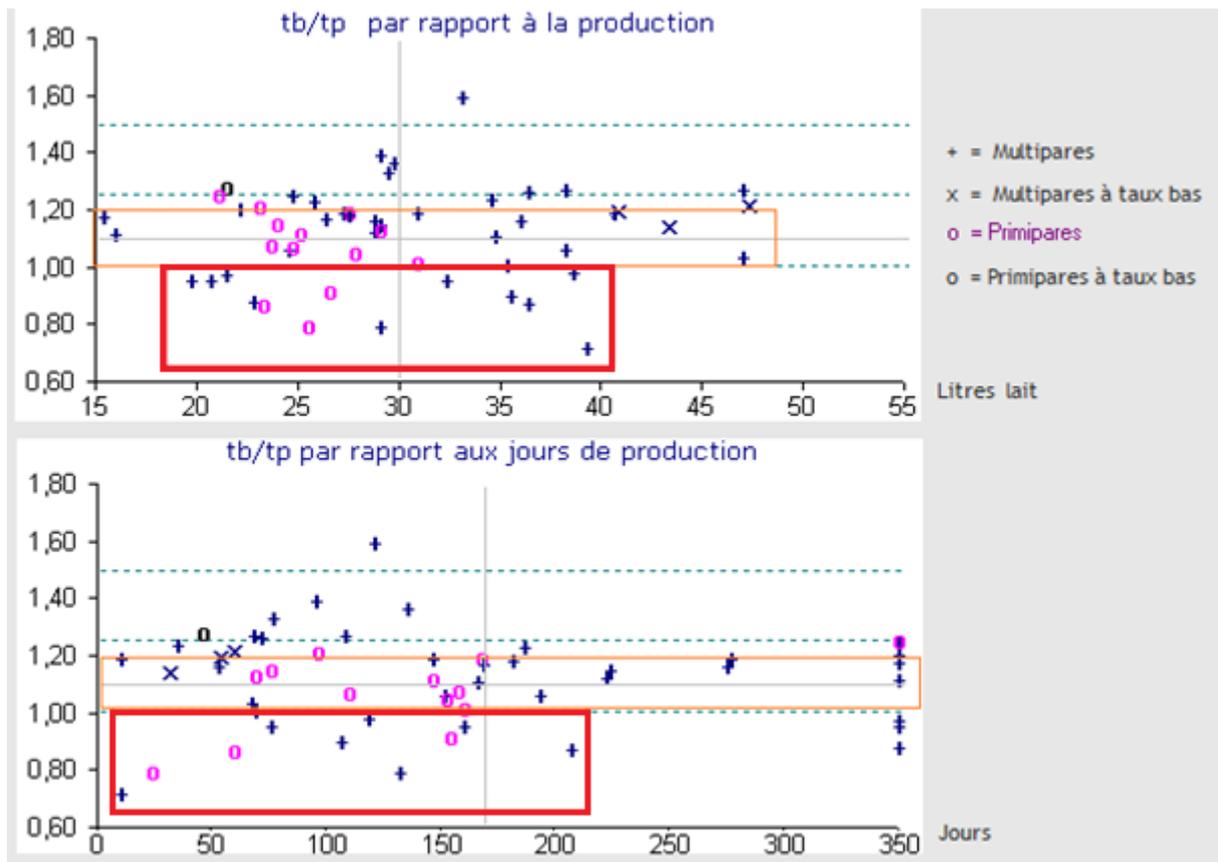


Figure 27- Evolution du rapport TB/TP individuels en fonction de la production laitière ou des jours postpartum (VETELEVAGE). Encadré orange : rapports bas. Encadré rouge : rapports évoquant de la subacidose

De nombreux rapports TB/TP sont inférieurs au seuil bas (1,2) dont certains sont inférieurs au seuil de 1 pour des vaches moyennement à hautes productrices en début-milieu de lactation (ce qui correspond à ce que nous avons vu pour les TB et TP considérés séparément) (Figure 27).

Les caractéristiques des vaches pour ce contrôle laitier sont indiquées dans le Tableau 11 :

Tableau 11 - Caractéristiques des vaches au TB bas < 35 g/L

N° Travail	Rang lactation	Production laitière	TB	TP	TB/TP
2 975	4	33,10	18,80	31,90	<b>0,59</b>
491	5	39,30	21,70	30,60	<b>0,71</b>
3 563	3	29,10	24,40	31,00	<b>0,79</b>
5 601	1	25,50	25,50	32,20	<b>0,79</b>
9 394	6	35,50	27,20	30,40	<b>0,89</b>
5 614	1	23,30	28,10	32,20	<b>0,87</b>
482	4	36,40	28,80	33,00	<b>0,87</b>
481	5	43,30	28,90	25,20	1,15
1 544	4	38,60	29,40	30,00	<b>0,98</b>
1 554	4	47,00	29,40	28,40	1,04
4 912	1	30,90	29,40	28,80	1,02
3 568	3	35,30	29,80	29,70	1,00
4 918	1	26,60	30,80	33,70	<b>0,91</b>
4 909	2	32,40	31,30	32,90	<b>0,95</b>
1 546	4	47,30	31,60	25,80	1,22
1 557	4	40,80	32,90	27,40	1,20
5 603	1	27,80	33,10	31,40	1,05
1 556	4	38,20	33,20	31,40	1,06
8 338	6	20,70	33,50	35,30	<b>0,95</b>
5 608	1	24,00	34,20	29,60	1,16
2 904	3	28,80	34,70	29,80	1,16
5 612	1	21,50	34,90	27,20	1,28
1 549	3	19,80	35,00	36,80	<b>0,95</b>

Sur les 54 vaches, 23 vaches ont un TB faible < 35 g/L (43%) ; 10 vaches ont un rapport TB/TP < 1 (19%). Ces critères sont évocateurs d'un problème de subacidose en début de lactation dans cet élevage.

Durant la visite, nous avons pu observer que les vaches présentaient des bouses liquides, signe évocateur de subacidose. Et, nous avons pu mettre en évidence les facteurs de risques suivants: absence de transition alimentaire entre le tarissement et le début de lactation et distribution des concentrés deux fois par jour.

Il y a bien un trouble lié à la subacidose dans cet élevage qui pourrait être corrigé rapidement en améliorant la conduite alimentaire du troupeau.

### 3.2 L'acétonémie et la cétose subclinique

Deux types de cétose sont définis :

- Cétose de type I dont l'origine est un déficit énergétique qui peut subvenir après plusieurs semaines de lactation
- Cétose de type II dont l'origine est un stress (vache grasse au vêlage) qui survient principalement en début de lactation.

### 3.2.1 Mécanisme

En début de lactation, la mamelle est prioritaire donc le foie utilise l'oxaloacétate pour la néoglucogenèse plutôt que pour le cycle de Krebs. Le foie des ruminants a une capacité modérée à exporter les triglycérides. Lorsque leur synthèse est plus importante que leur mobilisation, on dit qu'il y a **stéatose** du foie. Cétose et stéatose sont toujours présentes en même temps mais l'une des 2 est toujours prédominante.

La cétose de type I (Figure 28) est déclenchée par un déficit glucosé suite à l'incapacité des vaches à transformer les AGNE en glucose. Lorsque la synthèse de glucose est insuffisante, l'organisme l'interprète comme un manque d'énergie. L'animal utilise alors les acides gras non estérifiés (AGNE) par une voie catabolique, ce qui conduit à la formation des corps cétoniques. Il y a toujours un peu de cétose de type II en même temps que la cétose de type I.

Attention ce déficit glucosé n'entraîne pas une hypoglycémie, il se caractérise par une augmentation des corps cétoniques (bétahydroxybutyrate).

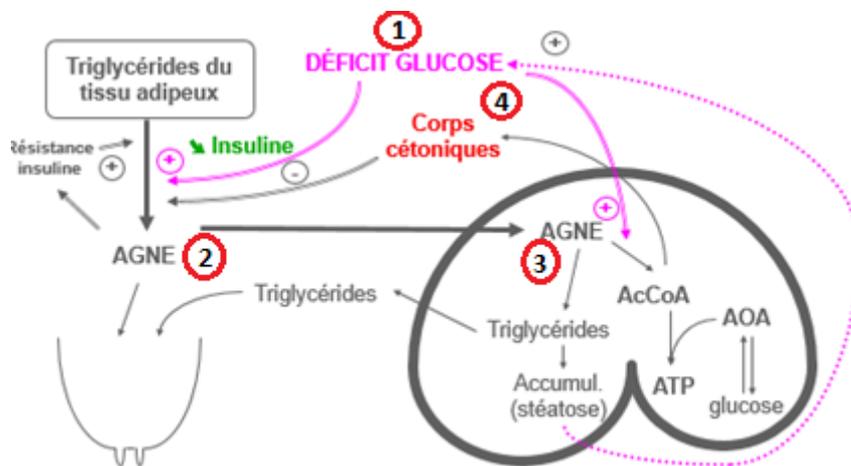


Figure 28 - Mécanisme de la cétose de type I : le déficit en glucose entraîne la libération par le tissu adipeux des acides gras non estérifiés qui dans le foie, conduiront à la formation de corps cétoniques et au stockage, dans une moindre partie, de triglycérides (cétose de type II). D'après Enjalbert.

La cétose de type II (Figure 29) est liée au **stress** de début de lactation quand les vaches puisent dans leur réserve grasseuse et sont ainsi plus sensibles aux hormones lipolytiques, et principalement aux catécholamines. Comme la glycémie est normale, lorsque les AGNE arrivent au foie, il y a accumulation des triglycérides et donc stéatose.

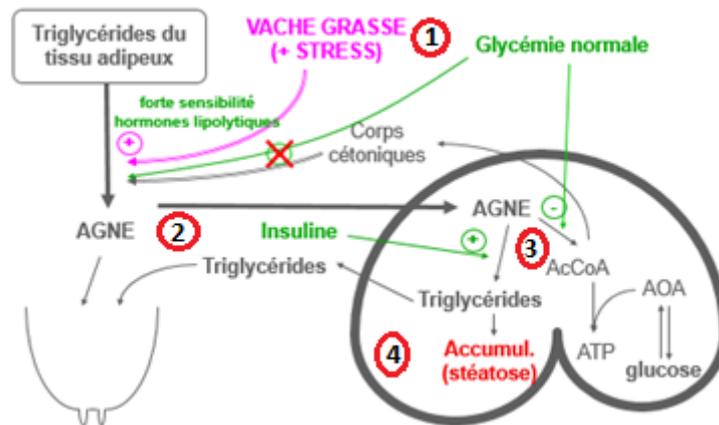


Figure 29 - Mécanisme de la cétose de type II : un stress comme une vache trop grasse en début de lactation entraîne la libération du tissu adipeux d'acides gras non estérifiés. Leur glycémie étant normale et le stress important, leur sensibilité aux hormones lipolytiques est plus forte et ce qui conduit au stockage de triglycérides dans le foie. D'après Enjalbert.

Ainsi la cétose de type I est caractérisée par de la cétose majoritairement et la cétose de type II par de la stéatose.

Les seuils des corps cétoniques au-delà desquels on peut considérer la vache en cétose sont les suivants :

- **AGNE prepartum** (car ce sont les premiers de la cascade à augmenter) > **0,27 mEq/L**
- **BHB postpartum** > **1200 µmoles/L**

### 3.2.2 Traitements

Le traitement ou la prévention consiste à :

- Maîtriser la couverture des besoins énergétiques : pas d'excès au tarissement, augmenter les apports en début de lactation rapidement
- Equilibre et qualité de la ration : gérer les transitions alimentaires, gérer l'équilibre azote-énergie
- Précurseurs alimentaires du glucose : privilégier les concentrés riches en amidon pour donner des précurseurs au glucose comme C3, précurseur de la néoglucogenèse et limiter les aliments riches en eau ou en sucre
- Si la femelle présente un risque important de cétose : utiliser du monopropylène-glycol à hauteur de 200g par jour à -7j jusqu'à + 20jours au vêlage.

### 3.2.3 Exemple d'un cas de cétose subclinique dans un élevage laitier

La figure 30 montre un cas de subcétose en élevage laitier. Les valeurs individuelles de TB et de TP sur un contrôle ont été obtenues grâce à l'onglet « Analyse de la production lait » de VETELEVAGE.

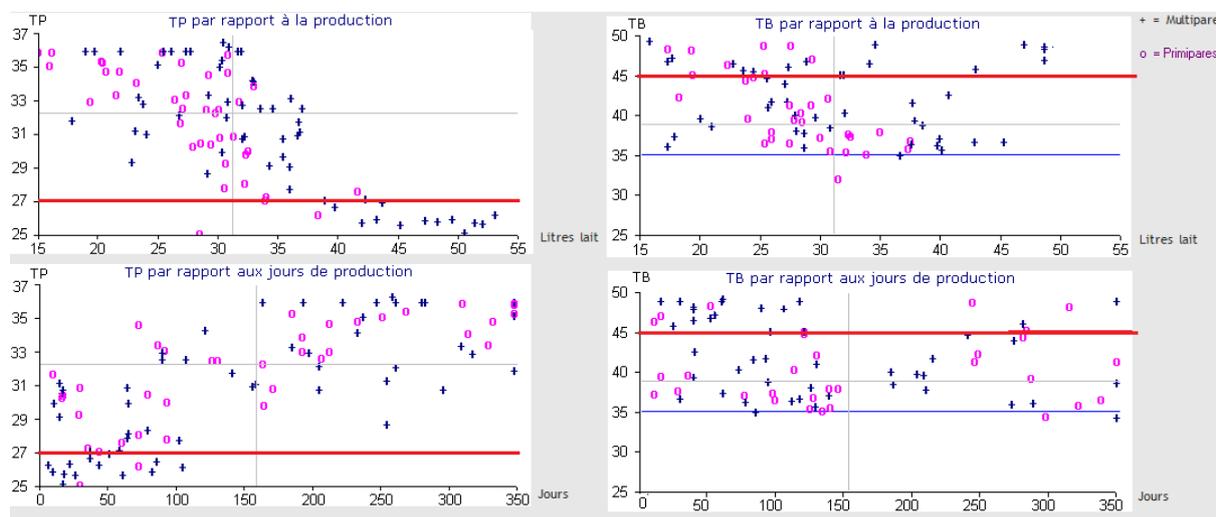


Figure 30 - Evolution des TB et TP individuels en fonction de la production laitière ou des jours postpartum (VETELEVAGE), la barre rouge est la limite au-delà de laquelle on considère que les taux sont anormaux

L'analyse du contrôle laitier montre des TP bas ( $< 27$  g/L) chez des vaches multipares, en début de production (figure du bas) et fortes productrices (figure du haut) indiquant un déficit énergétique chez des vaches dont le niveau de production est élevé. (Figure 30).

Les Tableaux 12 et 13 indiquent les caractéristiques des vaches ayant un TP bas pour ce contrôle.

Tableau 12 - Indicateurs métaboliques des vaches avec un TP faible

N° travail	Rang lactation	Production laitière (L)	TP (g/L)	TB (g/L)	TB/TP
<b>724</b>	3	47,1	26,1	<b>57,6</b>	<b>2,21</b>
<b>743</b>	3	43,1	25,2	<b>45,9</b>	<b>1,82</b>
<b>1529</b>	3	17,9	26,2	37,3	<b>1,42</b>
<b>1559</b>	2	49,2	26,1	30,9	1,18
<b>1568</b>	2	34,7	24,7	<b>49</b>	<b>1,98</b>
<b>2832</b>	2	38	23	39,3	<b>1,71</b>
<b>3065</b>	1	18,7	23,5	30,1	1,28
<b>8005</b>	5	36,7	25,2	34,9	1,38
<b>8036</b>	4	17,7	23,1	33,3	<b>1,44</b>
<b>8042</b>	4	46,4	23,3	32,7	<b>1,40</b>
<b>9706</b>	4	40,8	25,6	<b>42,6</b>	<b>1,66</b>

On remarque que pour 5 vaches, le rapport TB/TP est supérieur à 1,5 et pour 3 autres, il est supérieur à 1,4 donc anormal. Ces rapports mettent en évidence un trouble de cétose subclinique dans cet élevage. Les  $\beta$ -OH sanguins mesurés durant notre visite de suivi de reproduction, sont au-dessus du seuil de subcétose (1,2 mmol/L). De plus, les NEC évaluées à chaque période clé montrent une perte d'état importante qui confirme le déficit énergétique et la subcétose.

Tableau 13 - Caractéristiques des vaches présentant un rapport TB/TP > 1,5

N° travail	TB/TP	$\beta$ -OH (mmol/L)	NEC vêlage	NEC pic lactation	Perte état
<b>724</b>	<b>2,21</b>	<b>4,9</b>	4	2,5	<b>- 1,5</b>
<b>743</b>	<b>1,82</b>	<b>2,8</b>	4,5	2,5	<b>- 2</b>
<b>1529</b>	<b>1,42</b>	0,8	3,5	2	<b>- 1,4</b>
<b>1559</b>	1,18	<b>2,7</b>		3	
<b>1568</b>	<b>1,98</b>	<b>1,4</b>	4	2,5	<b>- 1,5</b>
<b>2832</b>	<b>1,71</b>	1	3,7	2,5	<b>- 1,2</b>
<b>3065</b>	1,28	0,4	3,5	2,5	- 1
<b>8005</b>	1,38	0,8		1,5	
<b>8036</b>	<b>1,44</b>	<b>1,2</b>	3,5	1,2	<b>- 2,3</b>
<b>8042</b>	<b>1,40</b>	<b>3,2</b>	3,2	2,5	- 0,7
<b>9706</b>	<b>1,66</b>	<b>5</b>	3,7	1,7	<b>- 2</b>

Ces vaches correspondent à plus de 10% de l'effectif à ce contrôle (55 vaches), ce qui confirme le problème de subcétose dans cet élevage. La répercussion de ce trouble sur les paramètres de fertilité et de fécondation doit être évaluée.

## 4. Les troubles nutritionnels et leurs répercussions sur la reproduction

### 4.1 Déficit énergétique et reproduction

La balance énergétique de la vache est associée aux concentrations de 3 hormones : l'insuline, l'IGF1 et la leptine. En début de lactation, la balance énergétique de la vache laitière est négative due une activité métabolique importante au même moment qu'une diminution de l'appétit. La concentration sérique des 3 hormones diminue (Butler 2000). A mesure que la lactation continue, les concentrations en IGF1 et en insuline augmentent alors que celle de la leptine a tendance à rester basse toute la lactation (Lucy 2000). Cette balance a un rôle déterminant sur la reproduction en agissant sur l'axe hypothalamo-hypophysaire.

Ainsi, de nombreuses études ont montré que ces 3 hormones avaient un lien avec la reproduction de la vache laitière (Tableau 14).

Tableau 14 - Effet de l'insuline, l'IGF1 et de la leptine impliqué dans la balance énergétique et la reproduction

Hormone	Effet
<b>Insuline</b>	Régule la concentration des IGF : si $\nearrow$ insuline alors $\nearrow$ IGF1 (MCGuire et al. 1995)
<b>IGF1</b>	Si $\nearrow$ concentration en IGF1 : $\nearrow$ TRIA1 (Taylor et al. 2004)  Concentrations plasmatiques faibles (fort pic de production) : retard à une activité ovarienne cyclée (Taylor et al. 2004)
<b>Leptine</b>	Régule l'activité des neurones à GnRH et donc régule la sécrétion de FSH et LH (Chemineau et al. 1999, Williams et al. 2002)  Si concentrations hautes en leptine : IVC1 diminuée (Liefers et al. 2003)

Il existe 2 types de follicules, les petits follicules (diamètre inférieur à 4 mm) et les gros follicules (diamètre supérieur à 4-5 mm). La maturation des petits follicules dépend principalement de l'insuline et de l'IGF1 alors que celle des gros follicules dépend des gonadotropines hypophysaires.

En postpartum, l'activité ovarienne reprend lorsque la pulsativité de la sécrétion de LH atteint un certain niveau. Il y a alors maturation d'un follicule dominant qui produit de l'oestradiol jusqu'à un niveau permettant de déclencher le pic de LH aboutissant à l'ovulation.

Les vaches en déficit énergétique en début de lactation auront une balance énergétique très négative, des concentrations en IGF1, en insuline et en leptine basses et ainsi une sécrétion moindre de GnRH (Terqui et al. 1982). La pulsativité de LH s'en trouve diminuée et les sécrétions de FSH aussi.

Le déficit énergétique (concentration basses en insuline et IGF1) affecte les petits follicules sur leur capacité à se sensibiliser à LH et à FSH. Le développement du follicule en follicule secondaire puis tertiaire est alors altéré et entraîne un retard à l'ovulation. Cela explique le délai entre le déficit énergétique et les conséquences que l'on peut observer sur la reproduction : le déficit énergétique observé en tout début de lactation va altérer les follicules qui devraient arriver 4-6 semaines plus tard à maturation, soit au moment de la mise à la reproduction.

Ainsi, les vaches en déficit énergétique ont plus de petits follicules que de gros follicules (Lucy et al. 1991).

Il a aussi été démontré que les vaches en balance énergétique positive exprimeraient mieux leurs chaleurs que celles en balance énergétique négative ; ce qui facilite le retour à la reproduction (Spicer et al. 1990)

#### **4.2 Relation azote dégradable et fécondation**

La vache possède plusieurs voies de digestion des protéines. Les PDI (protéines d'origine alimentaires) peuvent être dégradées dans le rumen (PDIM) ou non dégradées dans le rumen (PDIA). Dans ce système PDIM, on distingue deux facteurs déterminants la synthèse microbienne des protéines : l'apport énergie et l'apport azoté. Ainsi, la production de PDIE nécessite de la matière organique fermentescible pour le fonctionnement des microorganismes. Les PDIA sont déterminés par les apports en azote soluble.

Lorsque l'apport PDIN > Apport PDIE, on considère qu'il y a excès d'azote dégradable.

Parfois, l'apport PDI (excès d'azote peu dégradable) est supérieur aux besoins et alors, l'apport peut être équilibré en PDIE et PDIN, mais excessif, ce qui permet d'obtenir une bonne expression du pic de lactation, et peut conduire à un amaigrissement des animaux, si l'énergie est limitante.

Les recommandations alimentaires françaises pour les ruminants viennent d'être revues dans le cadre du programme de travail nommé SYSTALI. Ces nouvelles recommandations entraînent une refonte du système PDI qui se traduit par la disparition de la notion PDIN. Les aliments n'ont donc plus qu'une valeur PDI équivalente aux PDIE du système précédent.

En revanche, une nouvelle notion a été créée : la balance protéique du rumen ou bilan azoté du rumen ; le BalProRu exprimé en kg de MS, qui équivaut à la différence entre la matière azotée totale (MAT) ingérée et la matière azotée totale (MAT) arrivant au duodénum. Ce bilan rend compte des échanges d'azote non protéiques et intervient comme un indicateur de l'équilibre azoté au niveau ruminal. La balance est élevée lorsque les rations sont riches en azote dégradable par rapport à l'énergie fermentescible c'est-à-dire avec une forte production et absorption ruminale d'ammoniac. La balance est faible lorsque les rations sont pauvres en azote

dégradable c'est-à-dire lorsque le recyclage endogène d'azote uréique est supérieur à la quantité d'ammoniac absorbée.

Un **déficit en azote dégradable** entraîne une moindre digestion ruminale et donc, indirectement, un déficit énergétique.

Un **excès d'azote non dégradable** stimule la production laitière et indirectement augmente le déficit énergétique (Enjalbert 2003) (Figure 31).

Un **excès d'azote dégradable** a plus de conséquences néfastes sur la santé (Figure 30). Il entraîne lui aussi un déficit énergétique importante car le foie utilise beaucoup d'énergie pour transformer l'ammoniac absorbé par la muqueuse ruminale, en urée. L'augmentation des concentrations en urée et en ammoniac ont plusieurs conséquences :

- Diminution des concentrations de progestérone et augmentation de  $\text{PGF2}\alpha$  (Butler 1998).
- La diminution du pH entraîne un milieu utérin dysgénésique, néfaste pour la survie des spermatozoïdes (Elrod et al. 1993), de l'ovocyte et de l'embryon.

Il en résulte une diminution du taux de réussite à l'insémination car la qualité des ovocytes est altérée et la mortalité embryonnaire augmentée.

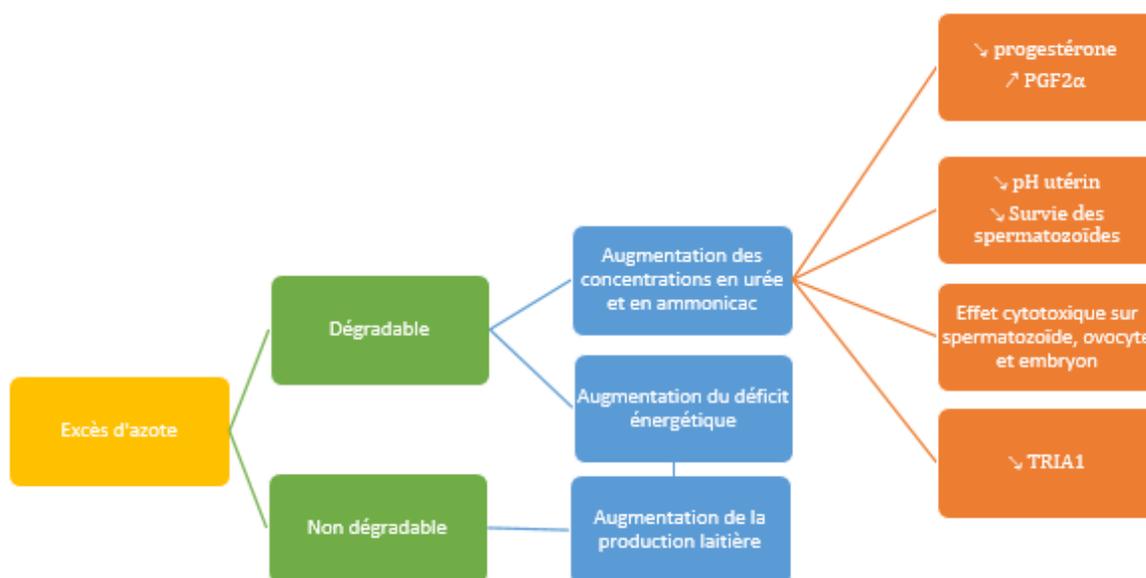


Figure 31 - Excès d'azote et conséquences sur la reproduction. D'après Westwoord et al. 2002, Froidmont et al. 2002

### 4.3 Rôle des minéraux et des oligo-éléments

Des déficits en minéraux et oligo-éléments peuvent avoir des répercussions sur la reproduction des vaches laitières, même si leur impact est généralement moins important que le déficit

énergétique et azoté. Des carences en calcium, phosphore et magnésium peuvent dégrader la reproduction (Tableau 15).

*Tableau 15 - Effet de la carence calcium, phosphore et magnésium sur la reproduction*

<b>Minéral</b>	<b>En cas de carence</b>
<b>Calcium</b> <b>(Kamgarpour 1999)</b>	Rétention placentaire  Retard d'involution utérine  Mérite
<b>Phosphore</b> <b>(Bosio 2006)</b>	Repeat breeding  Kystes ovariens  Anoestrus
<b>Magnésium</b> <b>(Bosio 2006)</b>	Retard d'involution utérine  Mérite

En cas de carence en oligo-éléments, la reproduction peut être altérée à différents niveaux (Tableau 16). En outre, le fœtus est entièrement dépendant des apports maternels pour son développement, qui peut être perturbé en cas de carence sévère.

Tableau 16 - Effet de la carence des principaux oligo-éléments sur la reproduction

<b>Oligo-élément</b>	<b>Effet</b>	<b>En cas de carence</b>
<b>Cuivre</b>	Régulation de la production de progestérone par les cellules lutéales (Hostetler et al. 2003)	Prédisposition au repeat breeding et anoestrus Rétention placentaire Infertilité Mortalité embryonnaire (Ceylan et al. 2008, Yasothai 2014)
<b>Zinc</b>	Régulation de la production de progestérone par les cellules lutéales (Hostetler et al. 2003)	Prédisposition au repeat breeding et anoestrus Avortements Retard de développement des cellules gonadiques Retard d'involution utérine Saignement au vêlage (Ceylan et al. 2008, Yasothai 2014, Rollin 2002)
<b>Sélénium (Harrison 1984)</b>	Implication dans l'involution utérine (Lequeux 2016)	En synergie avec la vit E : Rétention placentaire Avortements Augmentation de la fréquence des métrites Prédisposition aux kystes ovariens
<b>Manganèse (Boland 2003)</b>	Co-facteur dans la synthèse du cholestérol (précurseur des stéroïdes dont les oestrogènes et la progesterone)	Anoestrus Oestrus discret Kystes folliculaire (Yasothai 2014)
<b>Iode</b>	Action sur la glande thyroïde et sur la fonction ovarienne	Moindre développement fœtal Anoestrus Mortalité embryonnaire et naissances prématurées Rétention placentaire (Lequeux 2016)

*Le suivi de reproduction du prétroupeau est essentiellement limité aux diagnostics de gestation des génisses. Lors de problème de fertilité, la conduite du prétroupeau (alimentation et logement de la velle sevrée à la génisse pubère) sera évaluée. Le chapitre suivant donne des indicateurs zootechniques de croissance et de reproduction chez les génisses.*

## **5. Conduite du pré-troupeau**

Il est indispensable de s'intéresser au pré-troupeau lors du suivi de reproduction car la carrière de la future vache laitière est largement dépendante de la conduite du pré-troupeau, pourtant parfois négligée par les éleveurs.

Les objectifs de croissance du pré-troupeau doivent répondre aux objectifs de l'éleveur. Il est reconnu qu'en race Holstein, compte tenu de sa croissance rapide, un vêlage entre 24 et 28 mois est intéressant économiquement. Les races normandes ou les montbéliardes sont des races plus tardives.

La phase d'élevage des génisses et, particulièrement leur croissance entre 0 et 6 mois est primordiale.

L'apparition de la puberté dépend principalement du développement corporel de l'animal et survient quand la génisse a atteint 40-50% de son poids adulte (Trocon 1996, Le Cozler et al 2009). Ainsi, plus la vitesse de croissance de l'animal est élevée, plus la puberté apparaît précocement (Trocon et Petit 1989). La femelle est mise à la reproduction, quand elle a atteint les deux tiers de son poids adulte. Ainsi, la génisse Holstein doit peser au moins 420 kg à l'insémination et au moins 630 kg au vêlage.

Les génisses Holstein sont des animaux à croissance rapide. Leur fertilité baisse au-delà de 26 mois d'âge, notamment si elles sont trop grasses, alors que leurs performances ne sont pas dégradées pour des IA réalisées dès 12 mois d'âge (Barbat et al., 2007).

La fertilité des génisses est meilleure que celle des vaches (Tableau 18).

*Tableau 17 - Comparaison des paramètres de fertilité des génisses et des vaches Holstein. Source : Etude IDELE, Fertilité des vaches laitières, c'est mieux, bilan de fertilité 1999-2012 de la fertilité en races laitières*

<b>Paramètres</b>	<b>Génisse</b>	<b>Vache</b>
<b>TRIA<sub>1</sub></b>	55%	40%
<b>% 3IA</b>	16%	29%

Pour les races normandes et montbéliardes, la fertilité est identique en ce qui concerne les génisses. En revanche la fertilité des adultes est meilleure qu'en race Holstein (entre 45 et 55% de réussite en première insémination).

La fertilité des génisses a diminué après les années 2010 et 2015 en raison de l'utilisation des semences sexées (dont la réussite à l'IA est moins importante). Ainsi, en France, en race Holstein, l'utilisation de la semence sexée concerne 39% des génisses et seulement 3,5% des vaches (IDELE, statistiques semence sexée).

## **Conclusion & perspectives**

Depuis plusieurs décennies, les résultats de reproduction des vaches laitières se sont dégradés. L'amélioration génétique orientée vers les index de productions laitière a conduit à une dégradation des performances de reproduction, en raison de la difficulté à maîtriser le déficit énergétique postpartum.

Les suivis de reproduction permettent au vétérinaire d'avoir une vision intégrée de l'élevage. La médecine rurale étant en plein déclin, cette approche de médecine collective s'est développée dans certains cabinets vétérinaires orientés vers la rurale. Et dans ce cas, la pratique rurale ne se limite plus à la gestion de cas individuels et d'urgences.

Les apprentissages de nos études vétérinaires sont majoritairement orientés vers la médecine individuelle. L'unité de pathologie de la reproduction de l'ENVT réalisent depuis une vingtaine d'années des suivis de reproduction, ce qui permet aux étudiants d'avoir une approche de la médecine collective. Au-delà des connaissances requises pour la réalisation de ces suivis, l'étudiant ou le vétérinaire doit suivre une méthodologie diagnostique. Ainsi, l'élaboration d'un outil numérique permettant d'avoir un canevas pour le suivi global en élevage m'a semblé nécessaire, puisque j'ai été récemment en position d'apprenant et je fais partie de la génération Y qui souhaite disposer des informations instantanément. A l'ère du développement digital du dictionnaire de la médecine vétérinaire, l'étudiant peut préparer sa visite à distance, et même directement dans l'élevage.

L'étudiant, futur vétérinaire, connaît les notions de reproduction, d'alimentation, de logement, de qualité du lait et de confort de la vache laitière. Mais, ce site internet lui permet de faire des liens entre les troubles de la reproduction observés en élevage et les facteurs de risques. Ce site, créé dans le cadre de cette thèse apporte une démarche méthodologique, qui va de la préparation de la visite de reproduction aux recommandations. Il est destiné aux étudiants de l'ENVT, des autres écoles ou universités vétérinaires, mais également à tout vétérinaire qui souhaite mettre en place une offre de suivi d'élevage dans sa clientèle.

L'évaluation du site par les étudiants au travers d'un questionnaire n'a pu être réalisé formellement en raison du délai trop court par rapport à la soutenance de thèse. Néanmoins, un panel d'étudiants de la troisième à la cinquième année a été interrogé. Les avis suivants ont été recueillis :

- Le site internet est complet et simple à comprendre
- L'approche est synthétique et les rappels apportés dans la dernière partie sont considérés très utiles.
- Certains étudiants estiment que le site manque d'illustrations, des photos ou des vidéos de NEC, de bouses ou même des différents stades de boiteries qui pourraient être rajoutés.

Ce site internet est évolutif et d'autres modules pourront être ajoutés. Il sera utilisé dans les enseignements cliniques de Pathologie de la Reproduction.



## **Bibliographie :**

**AMIRIDIS GS** (2009) Comparison of aspiration and hormonal therapy for the treatment of ovarian cysts in cows. *Acta. Vet. Hung.*, 57 : 521 - 529.

**ALBAAJ A, FOUCRAS G, RABOISSON D** (2017) High somatic cell counts and changes in milk fat and protein contents around insemination are negatively associated with conception in dairy cows - *Theriogenology*, (88):18-27

**BARBAT A, GION A, DUCROCQ V** (2007) L'évaluation génétique de la fertilité en France, *Bulletin Technique de l'Insémination Artificielle*, 126, 19:22.

**BARTOLOME JA, THATCHER WW, MELENDEZ P, RISCO CA, ARCHBALD LF** (2005) Strategies for the diagnosis and treatment of ovarian cysts in dairy cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 227 : 1409-1414.

**BLOKHUIS JH** (2009) Welfare Quality® Assessment Protocol for Cattle [en ligne], Disponible sur <http://edepot.wur.nl/233467>. Consulté le 03/10/2018

**BONNES G, DESCLAUDE J, DROGOUL C, GADOUD R, JUSSIAU R, LE LOC'H A, MONTMEAS L, ROBIN G** (1990) Reproduction des mammifères domestiques, Collection INRAP, Les éditions Foucher, 1990, 141-149

**BORCHARDT D, POHL A, CARVALHO PD, FRICKE PM, HEUWIESER W** (2018) Short communication : Effect of adding a second prostaglandin F2 $\alpha$  injection during the Ovsynch protocol on luteal regression and fertility in lactating dairy cows : A meta-analysis ? *J Dairy Sci.* Jun 13

**BOSIO L** (2006) Relation entre fertilité et évolution de l'état corporel chez la vache laitière : le point sur la bibliographie, Thèse de doctorat vétérinaire, Lyon 1, 110p

**BUTLER WR** (2000) Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle - *Anim Reprod Sci*, 2000 ; 60-61 : 449-457

**BUTLER WR** (1998) Review : Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle - *J Dairy Sci*, 81 : 2533-2539

**CAVANAUGH C** (2001) « The effectiveness of interactive distance education technologies ». in *K-12 learning: A meta-analysis. International Journal of Educational Telecommunications*, 7, 1, 73-88.

**CAVANAUGH C, GILLIAN K, KROMREY J, HESS M, BLOMEYER R** (2004) *The Effects of Distance Education on K-12 Student Outcomes: A Meta-Analysis*, Learning Point Associates.

- CLARK R** (1985). « Evidence for Confounding in Computer Based Instruction Studies : Analyzing the Meta-Analyses ». *Educational Technology Research and Development*, 33, 4, 235-262.
- CEYLAN A, SERIN I, AKSIT H, SEYREK K** (2008) Concentrations of some elements in dairy cows with reproductive disorders. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 52 : 109-112
- CHASTANT-MAILLARD S** (2010) Intérêt de l'échographie de kystes ovariens. *Point vét.*, 303 : 49-53
- CHASTANT-MAILLARD S, FOURNIER R** (2011) Virage diagnostique et thérapeutique sur les endométrites. *Point vét.*, 318 : 56-60
- CHEMINEAU P, BLANC M, CARATY A, BRUNEAU G, MONGET P** (1999) Sous-nutrition, reproduction et système nerveux central chez les mammifères : rôle de la leptine - *INRA Prod Anim*, 1999 ; 12 (3) : 217-223
- CLARK R. E.** (1994) « Media Will Never Influence Learning ». *Educational Technology Research and Development*, 42, 2, 21-29
- COLEMAN DA, THAYNE WV, DAILEY RA** (1985) Factors affecting reproductive performance of dairy cows - *J.Dairy Sci.*, 68, 1793-1803.
- CROWE A, DISKIN G, WILLIAMS J** (2014) Parturition to resumption of ovarian cyclicity: comparative aspects of beef and dairy cows. *New Science - New Practices International Cow Fertility*, Vol 8, Supplement s1, 40-53
- CRUZ CE, CORBELLINI LG, DRIEMEIER D** (2004) Simple procedure for emptying longterm ovarian cysts in cattle. *Vet. Rec.*, 155 : 599-601
- DORNIER P, DROUI X** (2013) - Les kystes folliculaires chez la vache laitière : évaluation échographique de l'efficacité d'un traitement par les progestagènes et relation avec l'inflammation génitale, Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse 3, 219p
- DOUTHWAITE R, DOBSON H** (2000) Comparison of different methods of diagnosis of cystic ovarian disease in cattle and an assessment of its treatment with a progesteron leasing intravaginal device. *Vet. Rec.*, 147 : 355-359.
- DUFFIELD T** (2000) Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary clinics of north america : Food animal practice*, 16 : 231-253
- DUFFIELD T & al** (2009) Reference limits for biochemical and hematological analytes of dairy cows one week before and one week after parturition. *Can Vet J*, 50(4), 383–388

**EICHER R** (2002) Médecine de troupeau intégrée - le modèle bernois. In : Journées nationales des GTV, Conduite à tenir : de l'animal au troupeau, du troupeau à l'animal, Tours, France, 29-31 mai 2002, 33-35

**ELLIOTT L, MCMAHON KJ, GIER HT, MARION GB** (1968) Uterus of the cow after parturition : bacterial content - Am J Vet Res., 29 (1) : 77-81

**ELROD CC, BUTLER WR** (1993) Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein - J Anim Sci, 71 : 694-701

**ENJALBERT F** (2003) Les contraintes nutritionnelles autour du vêlage - Point Vet, 34 (236) : 40-44

**ESSLEMONT RJ** (1992) Measuring dairy herd fertility. The Veterinary Record, 131(10), 209-212

**FROIDMONT E, THEWIS A, BARTIAUX-THILL N** (2002) L'urémie (lait/plasma) peut révéler un apport excessif de protéines limitant la fertilité des vaches - Renc Rech Ruminants, 2002 ; 9 : 159

**FOURICHON C, SEEGER H, MALHER X** (2000) Effect of disease on reproduction in the dairy cow - Theriogenology, 53 : 1729-59

**GARVERICK HA** (1997) Ovarian follicular cysts in dairy cows. J. Anim. Sci., 80 : 995- 1004.

**GUEDON H** (2017) Suivi de reproduction et alimentation, Journée Nationales des GTV Nantes, mai 2017, p 181-186

**HAGEN-PICARD** (2012) Quelles stratégies thérapeutiques choisir vis-à-vis des métrites et des endométrites chez la vache, Le Nouveau Praticien Vétérinaire élevage et santé, vol 5/ n°21, p24-32

**HANZEN CH, BASCON F, THERON L, LOPEZ-GATIUS F** (2008) Les kystes ovariens dans l'espèce bovine. Partie 1. Définitions, symptômes et diagnostic. Ann. Med. Vet., 151 : 247-256.

**HARRISON JH, HANCOCK DD, CONRAD HR** (1984) Vitamin E and selenium for reproduction of the dairy cow - J Dairy Sci, 67 : 123-132

**HULSEN** (2007) Connaître, observer et analyser. Signes de vaches. Zutphen : Editions Rootbound, 96p, ISBN 9075280629

**INRA** (2018) INRA feeding system for ruminants, Wageningen Academic Publishers, 638pp

**INSTITUT DE L'ELEVAGE.** Fertilité des vaches laitières : c'est mieux. Bilan 1999-2012 [en ligne]. Disponible sur : <http://idele.fr/filieres/publication/idelesolr/recommends/fertilite-des-principales-races-laitieres-1.html> (consulté le 09/11/2017)

**INSTITUT DE L'ELEVAGE.** Statistiques semence sexée [en ligne] Disponible sur : [http://idele.fr/no\\_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/statistiques-semence-sexee.html](http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/statistiques-semence-sexee.html) (consulté le 09/11/2017)

**ISENSEE A, LEIBER F, BIEBER A, SPENGLER A, IVEMEYER S, MAURER V, KLOCKE P** (2014) Comparison of a classical with a highly formularized body condition scoring system for dairy cattle, *Animal*, 8 : 1971-7

**JEFFCOATE IA, AYLIFFE TR** (1995) An ultrasonographic study of bovine cystic ovarian disease and its treatment. *Vet. Rec.*, 1995 ; 136 : 406-410.

**JOUËT L, CHENU F, DRUT O** (1999) ESTEL, un logiciel d'estimation de la santé des troupeaux en élevage. *Point Vét.*, numéro spécial 30 (n°spécial), 721-726.

**JULIA J, TAVEAU J.** Atlas de gynécologie bovine, l'échographie de l'appareil génital de la vache [en ligne] Disponible sur <http://physiologie.envt.fr/reproduction/index.html> (consulté le 10/11/2017)

**KAMGARPOUR R, DANIEL RGW, FENWICK DG, MCGUIGAN K, MURPHY G** (1999) Postpartum subclinical hypocalcemia and effects on ovarian function and uterine involution in a dairy herd - *The Veterinary Journal*, 158 : 59-67

**KIERS A** (2005) Analyse des résultats de reproduction d'élevages bovins laitiers suivis avec le logiciel VETOEXPERT, Thèse de doctorat vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 91p

**LE COZLER Y, PEYRAUD JL, TROCCON JL** (2009) Effect of feeding regime, growth intensity and age at first insemination on performances and longevity of Holstein heifers born during autumn. *Livest. Sci.*, 24, 72-81.

**LEQUEUX** (2016). Santé et performance chez les bovins : rôle des oligo-éléments. Journée Nationales des GTV, 18-20 mai 2016, Nantes.

**LIAO Y, BRIGHT G** (1991) « Effects of computer programming on cognitive outcomes : A meta-analysis », *Journal of Research on Computing in Education*, 24, 367-380.

**LIEFERS SC, VEERKAMP RF, TE PAS MFW, DELAVAUD C, CHILLIARD Y, VAN DER LENDE T** (2003) Leptin concentrations in relation to energy balance, milk yield, intake, live weight and estrus in dairy cows - *J Dairy Sci*, 86 : 799-807

**LIEVAART JJ, PARLEVLIET JM, DIELEMAN SJ, RIENTJES S, BOSMAN E, VOS PL** (2006) Transvaginal aspiration as first treatment of ovarian follicular cysts in dairy cattle under field circumstances. Tijdschr Diergeneeskd, 2006 ; 131 : 438-442.

**LÓPEZ-GATIUS F, LÓPEZ-BÉJAR M** (2002) Reproductive performance of dairy cows with ovarian cysts after different GnRH and cloprostenol treatments. Theriogenology, 58 : 1337-1348.

**LUCY MC, STAPLES CR, MICHEL FM, THATCHER WW** (1991) Energy balance and size of number of ovarian follicles detected by ultrasonography - in early postpartum dairy cows - J Dairy Sci, 74 : 473-482

**LUCY MC** (2000) Regulation of ovarian follicular growth by somatotropin and insulin-like growth factors in cattle - J Dairy Sci, 83 : 1635-1647

**MCGUIRE MA, DWYER DA, HARRELL RJ, BAUMAN DE** (1995) Insulin regulates circulating insulin-like growth factors and some of their binding proteins in lactating cows - Am J Physiol Endocrinol Metab, 269 : 723-730

**MICHAUX H** (2008) Cétose de la vache laitière : dosage du béta-hydroxybutyrate dans le lait avec le détecteur Optim Xceed®, Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse, 136p

**MONGET P, FROMENT P, MOREAU C, GRIMARD B, DUPONT J** (2004) Les interactions métabolisme-reproduction chez les bovins : influence de la balance énergétique sur la fonction ovarienne - 2ème Journée d'Actualités en Reproduction des Ruminants, ENVA, septembre 2004 : 49-54

**PACCARD P.** (1985) La détection des chaleurs, in « Mieux connaître, comprendre et maîtriser la fécondité bovine » Société Française de buriatrie, 95-105

**PASQUIN O** (2008) Effet d'un traitement intra-utérin à la céfapirine sur les performances de reproduction des vaches laitières. Thèse Méd Vét., Toulouse, n°8, 91p

**PONSART C, FRAPPAT B, LE MEZEC P, FRERET S, SEEGERS H, PACCARD P, HUMBLOT P** (2007) Une palette d'outils pour améliorer la reproduction des vaches laitières. Renc. Rech. Ruminants, 14

**RABOISSON D, MOUNIE M, MAIGNE E** (2014) Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. Journal of Dairy Science, Vol, Issue 12, 7547-7563

**ROLLIN F** (2002) Mise en évidence des carences en oligo-éléments dans les exploitations bovines. Proceedings of the Veterinary Sciences Congress, Oeiras, Portugal. 95-106

**SEEGERS & al** (1996) Relationships between culling criteria in dairy herds and farmers management styles; Preventive Veterinary Medicine, Vol 25, Issues 3–4, 327-342

**SHELDON M, LEWIS GS, LEBLANC SJ, GILBERT RO** (2006) Defining postpartum uterine disease in cattle. Theriogenology, 65 : 1516-1530.

**SPICER LJ, TUCKER WB, ADAMS GD** (1990) Insulin-like growth factor-I in dairy cows : relationships among energy balance, body condition, ovarian activity and estrous behavior - J Dairy Sci, 73 : 929-937

**TAYLOR VJ, CHENG Z, PUSHPAKUMARA PG, BEEVER DE, WATHES DC** (2004) Relationships between the plasma concentrations of insulin-like growth factor-I in dairy cows and their fertility and milk yield - Vet Rec, 155 (19) : 583-588

**TERQUI M. et al.** (1982) Influence of management and nutrition of postpartum endocrine function and ovarian activity in cows - In : Factors influencing fertility in the postpartum cow, J. Karg and E. Schallenberger Ed, Current topics in veterinary medicine and animal science. Vol. 20, Martinus Nijhoff Publ., The Hague, Netherlands, 384-408

**TODOROKI J, KANEKO H** (2006) Formation of follicular cysts in cattle and therapeutic effects of controlled internal drug release. J. Reprod. Dev., 52 : 1-11.

**TROCCON JL** (1989) Allaitement et sevrage des génisses d'élevage. INRA Prod. Anim., 2, 189-195.

**TROCCON JL** (1996) Elevage des génisses laitières et performances ultérieures. Renc. Rech. Rum., 3, 201-210.

**VAN EERDENBURG F. et al** (1996) Detection of oestrus in dairy cows : a new approach to an old problem - The vet.Quartely, 18, 2, 52-54

**VEERKAMP F, MEUWISSEN E, OLORI E** (2002) Calving interval and survival breeding values as measure of corw fertility in a pasture-based production system with seasonal calving Journal of Dairy Science, volume 85, Issue 3, 689-69

**WALSH RB, WALTON JS, KELTON DF, LE BLANC SJ, LESLIE KE, DUFFIELD T** (2007) The Effect of Subclinical Ketosis in Early Lactation on Reproductive Performance of Postpartum Dairy Cows. Journal of Dairy Science, Vol 90, Issue 6, 2788-2796

**WATELLIER P** (2010) Etude bibliographique des métrites chroniques chez la vache, Thèse de doctorat vétérinaire, Lyon 1, 117p

**WESTWOOD CT, LEAN IJ, GARVIN JK** (2002) Factors influencing fertility of Holstein dairy cows : a multivariate description - J Dairy Sci, 85 : 3225-3237

**WILLIAMS E, FISCHER D, ENGLAND G, DOBSON H, PFEIFFER D, SHELDON I** (2005) Clinical evaluation of postpartum vaginal mucus reflects uterine bacterial infection and the inflammatory response to endometritis in cattle - *Theriogenology*, 63, 102-117

**WILLIAMS GL, AMSTALDEN M, GARCIA MR, STANKO RL, NIZIELSKI SE, MORRISON CD, KEISLER DH** (2002) Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle - *Dom Anim Endocrinol*, 23 : 339-349

**WILTBANK MC, GTIMEN A, SARTORI R** (2002) Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. *Theriogenology*, 57 : 21-52.

**YASOTHAI R** (2014) Importance of minerals on reproduction in dairy cattle. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3 : 2051-2057

**ZAREMBA W, HEUWIESER W, AHLERS D** (1985) Ovarian hematoma and hemorrhage in a cow due to the manual rupture of cysts. *Tierarztl. Prax.*, 13 : 29-32.

*Rapport-gratuit.com*   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES