

**VETAGRO SUP  
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2019 - Thèse n° 018

***L'INFLUENCE DES MOUVEMENTS DE LUNE SUR LA  
PARTURITION DANS UN CHEPTEL DE BOVINS CHAROLAIS  
EN CLIENTELE VETERINAIRE***

**THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I  
(Médecine - Pharmacie)  
et soutenue publiquement le 30 août 2019  
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

*GITTON Mélanie*





**VETAGRO SUP  
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2019 - Thèse n° 018

***L'INFLUENCE DES MOUVEMENTS DE LUNE SUR LA  
PARTURITION DANS UN CHEPTEL DE BOVINS CHAROLAIS  
EN CLIENTELE VETERINAIRE***

**THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I  
(Médecine - Pharmacie)  
et soutenue publiquement le 30 août 2019  
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

*GITTON Mélanie*





# Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (01-01-2019)

Nom	Prénom	Département	Grade
ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHE	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DEMONT	Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JANKOWIAK	Bernard	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
JAUSSAUD	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
JOSSON-SCHRAMME	Anne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDOUX	Dorothee	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SABATIER	Philippe	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
THOMAS-CANCIAN	Aurélie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur



# Remerciements

**A Monsieur le Professeur Pascal Gaucherand, De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon et président du jury,**

Pour m'avoir fait le grand honneur d'accepter cette présidence, hommages respectueux.

**A Madame le Docteur Anne-Cécile Lefranc-Pohl, de VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon et premier assesseur,**

Pour m'avoir soutenue tout au long de ce projet, pour sa patience et sa gentillesse, un grand merci.

**A Madame le Professeur Dominique Le Grand, de VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon et second assesseur,**

Pour m'avoir franchement sauvé la mise, et me faire l'honneur d'être le second assesseur, sincères remerciements.









# Table des matières

Table des annexes.....	15
Table des figures.....	17
Table des tableaux.....	19
Liste des abréviations.....	21
<b>PARTIE I : Etude bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1 : Physiologie de la gestation &amp; de la parturition chez les bovins</b>	
I. Début de gestation et développement embryonnaire.....	26
A. Accouplement et fécondation des gamètes.....	27
B. Développement préimplantatoire.....	28
C. Implantation du blastocyste dans l'endomètre et mise en place de la placentation ....	30
1. Conditions préalables à l'implantation.....	30
2. Phase d'implantation du blastocyste.....	31
3. Développement de la placentation et mise en place de la nutrition hématotrophique ..	32
a) Nutrition hématotrophique.....	32
b) Placentation.....	34
D. Développement de l'embryon et des annexes fœtales.....	35
1. L'embryon.....	35
a) Mise en place des feuillets embryonnaires.....	35
b) Gastrulation et neurulation.....	36
c) Morphogenèse.....	36
d) Organogenèse.....	37
2. Les annexes fœtales.....	37
E. Reconnaissance maternelle et soutien de la gestation.....	38
1. Prolongement de la phase lutéale.....	38
2. Soutien de la gestation grâce aux hormones gestationnelles.....	39
II. De l'embryon nouvellement implanté au veau: de nombreux changements pour la mère comme pour le petit.....	40
A. Développement du fœtus.....	40
1. Les différents systèmes fœtaux et leur maturation.....	40
a) Système cardiovasculaire.....	40
b) Système respiratoire.....	41
c) Système gastro-intestinal.....	42
d) Système rénal.....	42
2. Modifications fœtales rapportées chronologiquement au cours du développement ..	42
3. Le système neuroendocrinien fœtal et néonatal.....	44
a) Antéhypophyse.....	44
b) Glande thyroïde.....	44
c) Glandes parathyroïdes.....	44
d) Glandes surrénales.....	45
B. Rôles du placenta en place.....	45
1. Echanges mère/ fœtus.....	45

a)	Circulation placentaire .....	45
b)	Le transfert placentaire influence le métabolisme fœtal.....	46
b.1)	Oxygène et dioxyde de carbone .....	47
b.2)	Glucose et hydrates de carbone .....	47
b.3)	Acides aminés et urée .....	48
b.4)	Acides gras .....	48
b.5)	Eau et électrolytes .....	49
b.6)	Fer.....	49
b.7)	Calcium .....	49
b.8)	Vitamines.....	50
b.9)	Bilirubine .....	50
b.10)	Transfert d'immunoglobulines.....	50
2.	Fonction endocrine.....	50
a)	Concernant les hormones stéroïdes .....	50
a.1)	Progestérone.....	50
a.2)	Œstrogènes .....	51
b)	Concernant les hormones polypeptidiques .....	51
b.1)	Hormones lactogènes placentaires .....	51
b.2)	Glycoprotéines associées à la gestation (PAG) .....	52
b.3)	Prolactine placentaire.....	52
3.	Fonction immunitaire .....	52
a)	Trophoblaste quasiment inerte du point de vue antigénique .....	53
b)	Cellules NK du tissu décidual .....	53
c)	Barrière hermétique à la transmission cellulaire.....	53
d)	Antigènes fœtaux .....	53
C.	Modifications utérines.....	54
1.	Poids, taille et volume utérins.....	54
2.	Production du bouchon muqueux .....	54
3.	Transformations anatomiques.....	55
a)	Paroi utérine .....	55
b)	Myomètre .....	55
c)	Développement caronculaire .....	55
D.	Développement de la mamelle.....	55
1.	Mammogenèse .....	55
2.	Lactogenèse .....	56
III.	Phases de la parturition.....	57
A.	Préparation .....	57
1.	D'un point de vue fœtal .....	57
a)	Axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien fœtal .....	57
b)	Modifications des systèmes fœtaux.....	58
b.1)	Système cardiovasculaire .....	58
b.2)	Système respiratoire.....	59
b.3)	Système rénal.....	59
2.	D'un point de vue maternel .....	59
a)	Contractions du myomètre.....	59
a.1)	Aspect mécanique.....	59

a.2) Aspect hormonal.....	60
b) Maturation cervicale et ouverture du col.....	61
c) Autres changements.....	61
c.1) Modifications de la structure des cotylédons.....	61
c.2) Production du colostrum.....	61
3. Les prodromes visibles par l'éleveur.....	61
B. Expulsion du fœtus.....	63
1. Déroulement normal.....	63
2. Situation anormale.....	64
a) Dystocies d'origine maternelle.....	64
b) Dystocies d'origine fœtale.....	65
c) Solutions apportées par l'éleveur et/ou le vétérinaire.....	66
c.1) Extraction forcée.....	66
c.2) Césarienne.....	67
c.3) Fœtotomie.....	67
C. Expulsion des annexes (délivrance).....	68
IV. Exemples de molécules et techniques utiles pour déclencher ou aider la parturition.....	68
A. Molécules à utilisation recommandée pour déclencher le part.....	68
1. Glucocorticoïdes.....	69
2. Prostaglandines.....	69
3. Association de glucocorticoïdes et prostaglandines.....	69
4. Œstrogènes.....	70
5. Molécules reportant le part.....	70
B. Accidents d'administration, ou volonté d'avorter.....	70
1. Antiparasitaires.....	70
2. Antibiotiques.....	71
3. Corticoïdes et prostaglandines, seuls ou associés.....	72
C. Techniques.....	73
1. Massage du col.....	73
2. Méthodes mécaniques volontaires.....	73
3. Palpation transrectale à effets involontaires.....	73

## Chapitre 2: La Lune et ses effets

I. Généralités sur la Terre et la Lune.....	75
A. La Terre.....	75
B. La Lune, un astre proche de la Terre.....	75
C. Cycle lunaire.....	76
1. Révolution.....	76
a) Révolution synodique.....	76
b) Révolution sidérale.....	77
c) Révolution anomalistique.....	78
d) Révolution draconitique.....	78
2. Rotation.....	79
II. Les influences diverses de la Lune.....	79
A. Influence de la Lune sur les marées.....	79
B. Influence de la Lune dans les phénomènes météorologiques.....	80
C. Influence de la Lune sur les plantes.....	81

D.	Influences autres de la Lune .....	83
III.	L'influence de la Lune sur les êtres humains .....	84
A.	Influence sur la psychiatrie .....	84
B.	Influence sur le sommeil.....	85
C.	Influence dans le cadre de l'épilepsie.....	86
D.	Influence en gynécologie-obstétrique .....	87
1.	Sur la reproduction .....	87
2.	Sur les accouchements.....	87
IV.	L'influence de la Lune dans les autres espèces animales .....	90
A.	Influence de la Lune chez les espèces autres que bovine .....	90
1.	Chez les insectes .....	90
2.	Chez les rongeurs.....	90
3.	Chez les oiseaux .....	91
4.	Chez les primates .....	91
5.	Chez les amphibiens .....	92
6.	Chez les espèces marines .....	92
7.	Chez les carnivores .....	94
a)	Carnivores domestiques .....	94
b)	Carnivores sauvages.....	94
8.	Chez les animaux de ferme .....	95
B.	Influence dans l'espèce bovine.....	96
1.	Etudes conjointes entre bovins et autres animaux d'élevage.....	96
2.	Etudes concernant uniquement les bovins .....	97
a)	Animaux avant leur maturité sexuelle.....	97
b)	Reproduction des bovins .....	98
c)	Parturition.....	99

## Partie II: Etude d'une clientèle de cheptels de bovins Charolais

I.	Descriptif de l'étude statistique .....	102
A.	Définitions et objectif de l'étude .....	102
B.	Contraintes rencontrées lors de la collecte et le traitement de données .....	102
C.	Biais à prendre en compte pour l'étude statistique .....	103
1.	Biais de sélection .....	103
2.	Biais d'observation.....	103
II.	Recueil et analyse des données.....	104
A.	Données : actes, chiffres.....	104
1.	Contours de l'étude .....	104
2.	Construction des tableurs Excel® .....	104
B.	Analyses et contrôles mis en place .....	105
1.	Protocole des tests réalisés dans notre étude .....	105
2.	Contrôles de nos données.....	105
C.	Résultats des tests .....	107
1.	Influence selon les jours du cycle synodique lunaire.....	107
2.	Influence selon les phases lunaires.....	109
3.	Influence selon la révolution synodique.....	109
4.	Influence selon la révolution draconitique.....	111
5.	Point sur le type d'actes en fonction de plusieurs variables lunaires .....	112

a) Selon le jour du mois lunaire .....	112
b) Selon les phases lunaires .....	113
c) Selon les phases croissante/décroissante .....	114
d) Selon les phases montante/descendante .....	115
III. Discussion .....	115
<b>Conclusion</b> .....	115
<b>Bibliographie</b> .....	119
<b>Annexes</b> .....	127





## Table des annexes

Annexe 1: Extrait du fichier Database qui a permis les tests statistiques (Mélanie Gitton) ... 127



# Table des figures

Figure 1: Le cycle sexuel chez la vache, avec les pics d'œstrogènes et progestérone (Société Française de Buiatrie, 1981) .....	26
Figure 2: Etapes de la fusion du spermatozoïde et de l'ovocyte (Vetopsy.fr ©) .....	28
Figure 3: Différents stades de la fécondation à l'élongation embryonnaire (Engelhardt, King, 2011) .....	30
Figure 4: Etapes de l'implantation du blastocyste, d'après Saint-Dizier et Chastant-Maillard (2014) .....	32
Figure 5: Structure du placentome (Wattiaux, 1999) .....	33
Figure 6: Représentation d'un placenta cotylédonaire bovin (Wattiaux, 1999).....	34
Figure 7: Carte des territoires présomptifs chez les mammifères (Lanouille, licence CC BY-SA 3.0) .....	35
Figure 8: Représentation de l'embryon entouré de ses annexes (Salisbury and VanDemark, 1961) .....	38
Figure 9: Représentation schématique de la circulation sanguine fœtale (Mélanie Gitton) ....	41
Figure 10: Schématisation de la circulation placentaire (DeBruin, 1910) .....	46
Figure 11: Schématisation de la circulation fœtale en terme de nutrition et d'excrétion (Wattiaux, 1999).....	46
Figure 12: Schématisation des taux de progestérone et œstrogènes au cours de la gestation chez la vache, puis au moment du vêlage (le vêlage étant représenté par la flèche noire) (Wattiaux, 1999).....	51
Figure 13: Développement du tissu mammaire au cours de la vie de la vache (Jammes et al., 1988) .....	56
Figure 14: Schématisation du déclenchement du part, avec la communication fœto-maternelle (Mélanie Gitton) .....	58
Figure 15: Position normale d'un fœtus en vue du vêlage (Wattiaux, 1999) .....	63
Figure 16: Schématisation des torsions utérines possibles, comparées à un utérus normal (Mélanie Gitton) .....	64
Figure 17: Exemples de monstres (Chastant-Maillard et Saint-Dizier 2009; DeBruin 1910; Guérin 2016; Hopper 2015) .....	65
Figure 18: Exemples de mauvaises présentations et postures (Chastant-Maillard et Saint-Dizier 2009; DeBruin 1910; Guérin 2016; Hopper 2015) .....	66

Figure 19: Définition des différentes phases de la révolution synodique (Taillet et al, 2009)..	77
Figure 20: Représentation des points d'apogée et périégée (d'après Taillet et al, 2009).....	78
Figure 21: Représentation des différents plans (à partir de Taillet et al, 2009) .....	79
Figure 22: Graphique du nombre d'actes en fonction du jour de la semaine (Mélanie Gitton) .....	106
Figure 23: Graphique du nombre de naissances en fonction du mois de l'année (Mélanie Gitton) .....	106
Figure 24: Graphique représentant les naissances en fonction du jour du mois (Mélanie Gitton) .....	107
Figure 25: Graphique représentant les naissances en fonction de la phase lunaire (Mélanie Gitton) .....	109
Figure 26: Représentation des actes en phase croissante et décroissante selon l'année (Mélanie Gitton) .....	110

# Table des tableaux

Tableau I: Présentation de modifications fœtales et utérines notables au cours du développement (Chavatte-Palmer, Guérin, Hanzen, Salisbury and VanDemark, Wiley and Sons).....	43
Tableau II: Prodromes et durée jusqu'au vêlage selon que l'animal soit nullipare ou pluripare (d'après Guérin, 2015-2016 et Saint-Dizier, 2014).....	62
Tableau III: Evaluation du nombre d'heures avant le part en fonction de la dilatation cervicale (d'après Guérin, 2015-2016).....	62
Tableau IV: Distribution des actes en fonction des jours synodiques lunaires (Mélanie Gitton) .....	108
Tableau V : Distribution des naissances en fonction de la phase lunaire (Mélanie Gitton) ....	110
Tableau VI: Distribution des actes en fonction des phases montante et descendante (Mélanie Gitton) .....	111
Tableau VII: Distribution des naissances en phase montante et descendante selon l'année (Mélanie Gitton) .....	111
Tableau VIII: Distribution de chaque naissance en fonction du jour synodique et de l'acte associé (Mélanie Gitton) .....	113
Tableau IX: Distribution des naissances en fonction de la phase lunaire et de l'acte associé (Mélanie Gitton) .....	114
Tableau X: Distribution des naissances en fonction de phase croissante ou décroissante et de l'acte associé (Mélanie Gitton) .....	114
Tableau XI: Distribution des naissances en fonction de la phase montante ou descendante et de l'acte associé (Mélanie Gitton).....	115



## Liste des abréviations

- ADAM : A Disintegrin And Metalloprotease domain
- ARN : acide ribonucléique
- bPL : hormone lactogène placentaire bovine
- CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone
- E2 : oestradiol
- EGF : epidermal growth factor
- GalT : galactosyltransférase
- IFN  $\tau$  : Interféron tau
- IGF-1 et 2 : interféron gamma 1 et 2
- MEC : Matrice extra-cellulaire
- P4 : progestérone
- PAG : glycoprotéines associées à la gestation
- P(CO<sub>2</sub>) : pression partielle en dioxyde de carbone
- P(O<sub>2</sub>) : pression partielle en oxygène
- PDGF-a : facteur de croissance placentaire a
- PH-20 : molécule d'adhésion cellulaire
- PRP : protéine relative à la prolactine
- PSP : protéine spécifique de la gestation
- PTR : palpation transrectale
- SLC : solute carrier family
- SP10 : protéine appartenant à la famille ADAM (A Disintegrin and Metalloprotease Domain)
- TGF- $\alpha$ ,  $\beta$ 1 et  $\beta$ 2
- ZP : zone pellucide
- Zp2 et Zp3 : récepteurs de la zone pellucide
- h : heure
- km : kilomètre
- min : minute
- ° : degré
- hPa : hectopascal
- EDE : identification et traçabilité des bovins





# Introduction

En pratique rurale, il n'est pas rare que les éleveurs évoquent l'influence de la lune sur le nombre de naissances. Ainsi, la Lune pleine, ou bien encore le changement de lune, sont des périodes étudiées par les agriculteurs, et parfois les vétérinaires, craignant le surplus de travail. Cependant, à l'heure actuelle, aucun consensus n'a vu le jour concernant une quelconque influence lunaire.

Les croyances autour de la Lune sont nombreuses, puisqu'on lui attribue aussi un impact sur les naissances chez les humains, ou bien sur la pousse des cheveux,...

Tout d'abord, rappelons que chez les bovins, la gestation dure en moyenne 280 jours, et plus précisément de 277 à 295 jours (Saint-Dizier, 2006 ; Johnson and Everitt, 2000). En effet, nous parlons de moyenne car différents facteurs peuvent influencer cette durée : la race (durée augmentée pour les allaitantes) et l'âge de la mère, le nombre de fœtus, le sexe du fœtus (augmenté pour les mâles), le nombre de gestations, la saison (gestation plus courte au printemps et en été), etc... Une fois la gestation arrivée à son terme, le fœtus déclenche le début de la parturition. S'enchaîne alors plusieurs étapes : modifications par le fœtus, réponse de l'organisme maternel pour se préparer au vêlage, le vêlage en tant que tel et enfin l'expulsion des annexes.

Dans la première partie de cette ouvrage, nous allons réaliser une étude bibliographique, portant dans un premier chapitre sur la physiologie de la gestation et de la parturition chez les bovins. Dans le second chapitre, nous parlerons de la Lune, et ses effets, qu'ils soient des croyances ou bien étayés de preuves scientifiques.

La seconde partie de cette ouvrage sera l'étude de terrain, portant sur une clientèle de cabinet vétérinaire à activité rurale, dans la Nièvre (Bourgogne-Franche Comté), du 1<sup>er</sup> janvier 1998 au 31 décembre 2016. Les animaux étudiés sont tous des bovins de race Charolaise. Dans ce travail, nous allons tenter de démontrer si la Lune et ses mouvements peuvent avoir un effet sur le déclenchement des vêlages. Mais nous pouvons également nous demander si la Lune a une influence également au moment de la conception du fœtus, c'est-à-dire au moment de la saillie.



**PARTIE I :**  
**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

# CHAPITRE 1 : Physiologie de la gestation et de la parturition chez les bovins

## I. Début de gestation et développement embryonnaire

Le début de la gestation correspond à l'accouplement puis à la fécondation de l'ovocyte par un spermatozoïde. Pour cela, la femelle doit être dans la phase propice, au cours de son cycle estrien.

Voici un rappel du déroulement du cycle chez la vache (**figure 1**) :

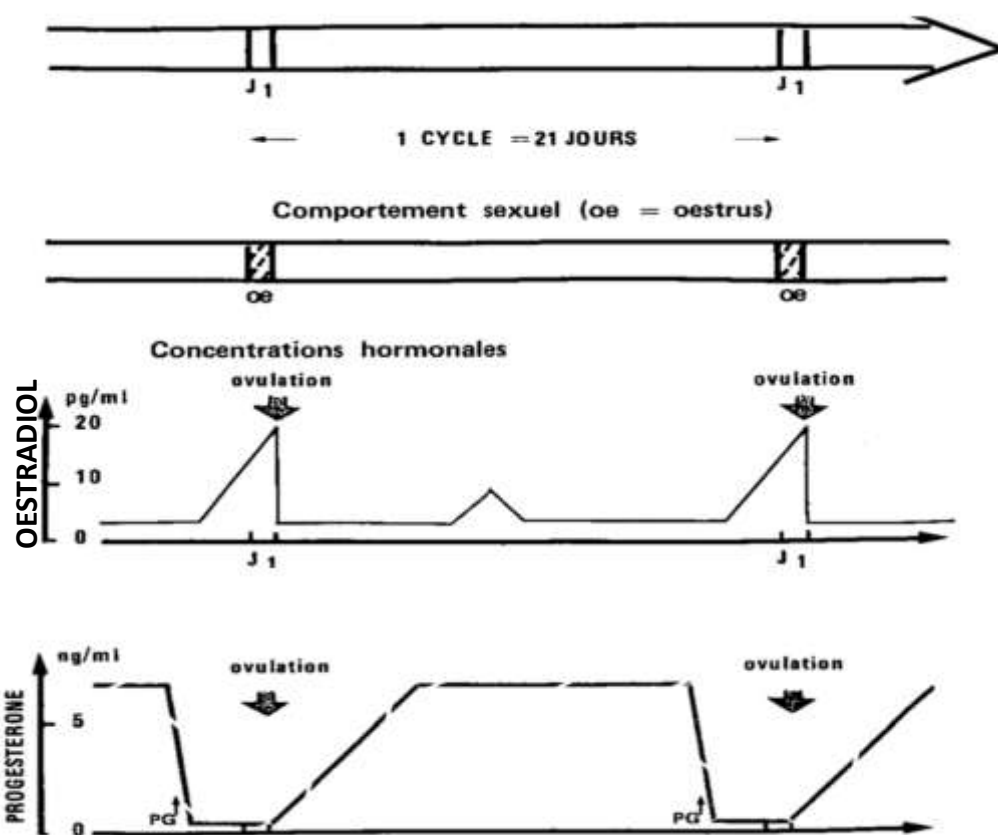


Figure 1: Le cycle sexuel chez la vache, avec les pics d'œstrogènes et progestérone (Société Française de Buiatrie, 1981)

Suite à la fécondation des gamètes, le développement embryonnaire a lieu : il dure jusqu'au 45<sup>ème</sup> jour de gestation.

## A. Accouplement et fécondation des gamètes

Au cours du cycle sexuel d'un bovin femelle, composé de 21 jours, la décharge ovulante correspondant à une forte augmentation de gonadotrophines (LH et FSH), a lieu et dure 6 à 10 heures (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). L'ovulation a lieu dans les 29 à 31 heures suivantes: des remaniements ovariens ont lieu comme l'augmentation du flux sanguin suite à une vasodilatation et une augmentation de perméabilité vasculaire (Thibault et Levasseur 2001). De plus, la zone de la thèque externe est œdémateuse et plusieurs populations cellulaires, telles que la granulosa et le cumulus se détachent de la lame basale. Puis, une vasoconstriction a lieu à l'apex du follicule : celui-ci s'ouvre et libère un ovocyte (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). L'ovaire s'est en parallèle préparé à la formation du corps jaune. En effet, le follicule collabé se transforme : c'est la lutéinisation. Nous reviendrons sur l'importance du corps jaune dans la partie « *I.E. Reconnaissance maternelle et soutien de la gestation* » (Johnson et Everitt 2000).

Une fois l'accouplement réalisé, les spermatozoïdes tenteront d'entrer en contact avec l'ovocyte fraîchement créé. Tout d'abord, une fois arrivés dans les voies génitales femelles, les spermatozoïdes subissent la capacitation (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014): les stéroïdes présents du fait de l'ovulation rendent les récepteurs spermatiques accessibles et provoquent également un changement de motilité, en rendant hyperactifs les spermatozoïdes. Grâce au récepteur ZP3 présent sur la zone pellucide, le spermatozoïde se lie via une enzyme membranaire, la galactosyltransférase GalT, à l'ovocyte (**figure 2, 1.**). Se produit alors la réaction acrosomique (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014): il y a exocytose du contenu de l'acrosome suite à l'activation de la protéine G (**figure 2, 2.**). La membrane acrosomique disparaît et le spermatozoïde subit une seconde fixation (**figure 2, 3.**), grâce au récepteur ZP2 au PH-20, une molécule d'adhésion cellulaire fixée à la membrane plasmique. Diverses enzymes acrosomiques sont libérées, chacune ayant un rôle propre (Thibault et Levasseur 2001):

- La hyaluronidase aide le spermatozoïde à franchir la zone pellucide grâce à la rétraction des cellules de la corona qu'elle induit en détruisant l'acide hyaluronique composant les mailles de cette couche.
- La  $\beta$ -N-acétylglucosaminidase l'aide également lors de la traversée, en rompant les liens du spermatozoïde avec ZP2-ZP3.
- L'acrosine permet de faciliter la fixation et le franchissement de la zone pellucide et aide à la transformation des enzymes en protéines actives pour la fusion du spermatozoïde avec l'ovocyte.

Une fois le spermatozoïde entré dans l'ovocyte, se produit la reconnaissance des membranes plasmiques des gamètes puis leur fusion (**figure 2, 4.**). Ces processus ont lieu grâce aux protéines ADAM, telles que la fertiline (présente sur la membrane plasmique), les cyritestines et SP10 (présente sur la membrane acrosomique). La fécondation a donc lieu dans l'oviducte, quelques heures seulement après ovulation (Salisbury et VanDemark 1961).

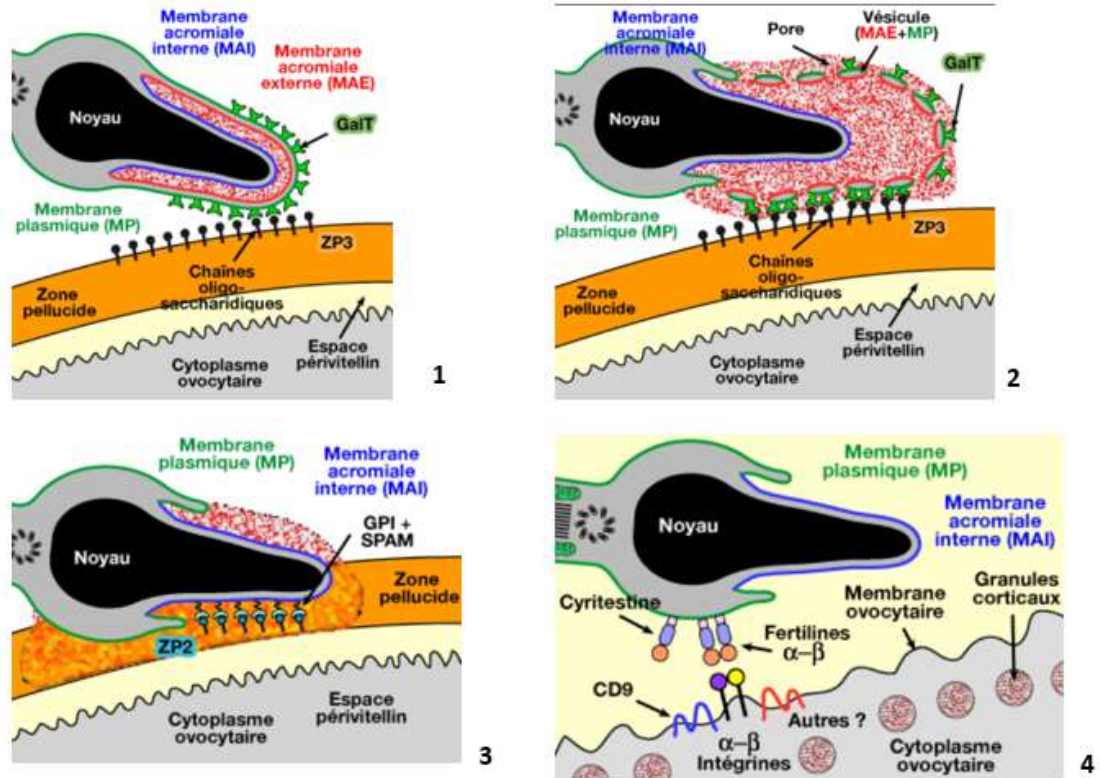


Figure 2: Etapes de la fusion du spermatozoïde et de l'ovocyte (Vetopsy.fr ©)

1. reconnaissance et fixation primaire du spermatozoïde à la zone pellucide ; 2. exocytose du contenu acrosomique ; 3. fixation secondaire du spermatozoïde ; 4. fusion des membranes gamétiques

## B. Développement préimplantatoire

Une fois la fusion faite, l'œuf est alors activé : un premier cycle cellulaire se produit. Durant la vie libre de l'œuf, ou phase préimplantatoire, il sera nourri grâce aux sécrétions de la muqueuse utérine (Jarrige 1984). L'œuf va subir de nombreux cycles cellulaires au cours de sa migration dans l'utérus, grâce à des successions de segmentations correspondant à des mitoses. Chaque cellule fille aura donc exactement le même matériel génétique que sa mère (Salisbury et VanDemark 1961).

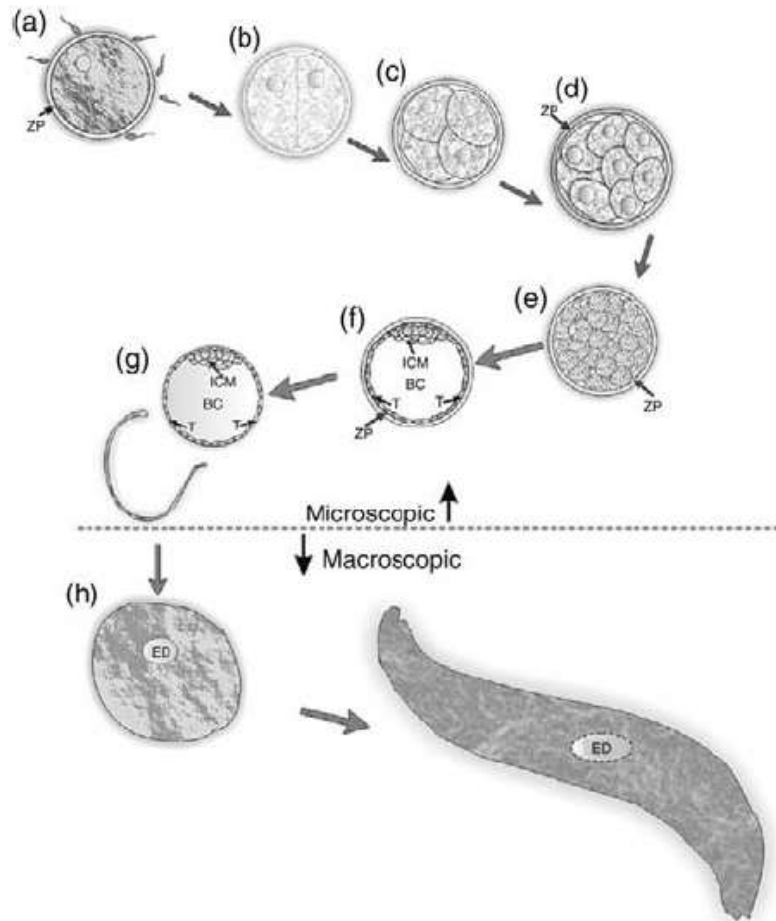
Tout d'abord, le conceptus est clivé en 4 cellules, soit 2 à 3 jours post-ovulation. Le conceptus se divise encore et passe au stade de 8 cellules. Alors la transcription par le conceptus lui-même est activée, c'est-à-dire qu'il produit son propre matériel génétique et contrôle son développement contrairement aux stades précédents où c'était l'ARN maternel contenu dans les blastomères qui initiait la division (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Dès lors, divers agents qualifiés d'autocrines, ou paracrines peuvent stimuler le développement in vivo (Johnson et Everitt 2000):

- Les Insulin Growth Factors IGF-1 et 2
- Les Transforming Growth Factors TGF- $\alpha$ ,  $\beta$ 1 et  $\beta$ 2
- L'Epidermal Growth Factor EGF
- Facteur de croissance plaquettaire PDGF-A

Les divisions se poursuivant, le conceptus passe au stade 16 cellules, appelé morula. Chez la vache, c'est à ce stade que l'embryon pénètre dans l'utérus, soit entre le 4<sup>ème</sup> et le 6<sup>ème</sup> jour de gestation (**figure 3**). On note alors que les blastomères composant la morula sont plus petits et aplatis en raison du processus de compaction en cours (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). De ce fait, les contacts intercellulaires sont maximisés et les cellules changent de forme pour acquérir un état épithélioïde hautement polarisé (Johnson et Everitt 2000).

Se divisant encore, la morula devient un blastocyste, correspondant au stade 32-64 cellules ; se sont alors écoulés 7 à 8 jours après la fécondation (Salisbury et VanDemark 1961). Deux types de cellules sont distinguables au sein du blastocyste: des cellules trophoblastiques composant la couronne extérieure et entourant une cavité blastocœlique (contenant du liquide blastocœlique) ainsi qu'un groupe interne appelé pluriblaste localisé à une extrémité de la cavité blastocœlique. Le blastocœle mis en place verra sa croissance stimulée par les facteurs EGF et TGF- $\alpha$  (Johnson et Everitt 2000). Les cellules trophoblastiques forment le premier tissu dit extra-embryonnaire. De plus, les trophoblastes ont pour fonction de nourrir l'embryon en formation. Dans les 16 à 17 jours suivant la conception, se développent donc les tissus extra-embryonnaires du sein du conceptus et se produit la séparation d'une population cellulaire, nommé embryon, qui formera plus tard le fœtus unique: c'est la phase embryogène du développement.

De la fécondation à la création du blastocyste, le conceptus est entouré de la zone pellucide. Cette zone sert, d'une part, à ce qu'au cours des divisions les blastomères ne se désolidarisent pas, mais également, à ce qu'un autre conceptus ne vienne pas fusionner avec le conceptus protégé et ainsi former une chimère (Johnson et Everitt 2000). Il arrive parfois que le conceptus se sépare en deux groupes avant de poursuivre leur développement, ce qui conduira à des jumeaux monozygotiques (à contrario des jumeaux dizygotiques qui seront issus de la fécondation indépendante de deux ovocytes distincts).



**Figure 3: Différents stades de la fécondation à l'élongation embryonnaire (Engelhardt, King, 2011)**

(a) Fécondation; ZP = Zone pellucide. (b) Première division, produisant un embryon avec deux blastomères. (c) Deuxième division, moins de 12 h après la première division, produisant 4 blastomères. (d) Troisième division, quelques heures plus tard, produisant 8 blastomères. (e) Divisions suivantes produisant une morula avec 16 à 64 blastomères. (f) Divisions qui conduisent à la formation d'un blastocyste constitué d'un bouton embryonnaire (ICM), du trophoblaste (T) et du blastocèle (BC). (g) Rupture de la zone pellucide, donc l'embryon peut augmenter de taille. (h) Le disque embryonnaire (ED) grandit rapidement dans le blastocyste. (i) Le blastocyste sphérique s'allonge rapidement en une forme filamenteuse à l'intérieur de la lumière utérine.

## C. Implantation du blastocyste dans l'endomètre et mise en place de la placentation

### 1. Conditions préalables à l'implantation

Avant l'implantation, le blastocyste complètement libre remonte lentement les voies génitales femelles pour se diriger, dans la majorité des cas, vers la corne utérine



correspondant à l'ovaire où le corps jaune est sécrétant (Salisbury et VanDemark 1961). Tout son parcours est facilité par les contractions du myomètre utérin (Jarrige 1984).

Pendant ce trajet, il baigne dans les sécrétions utérines, que l'on appellera ensuite « lait utérin » (Johnson et Everitt 2000). Il en puise l'oxygène et les substrats métaboliques (hydrates de carbone, acides aminés et précurseurs lipidiques) dont il a besoin pour survivre et croître. Ainsi, l'oxygène et le gaz carbonique sont échangés par diffusion. Les ions et autres molécules ont quant à elles des transports spécifiques. Nous parlons d'une nutrition histiotrophique (Hopper 2015). Au bout d'un certain stade de développement, ces échanges deviennent inadaptés à la survie du conceptus. C'est pourquoi celui-ci va s'implanter dans l'endomètre, et ainsi créer une zone d'échanges et de contacts étroits très irriguée entre sa mère et lui, le placenta. Alors sera mise en place une nutrition dite hémotrophique (Johnson et Everitt 2000).

Pour que l'implantation ait lieu dans de bonnes conditions, l'endomètre s'est en amont vu changer de structure profonde (Jarrige 1984). Sous action des stéroïdes ovariens E2, sécrétés pendant la phase lutéale, et P4, nous assistons alors à une augmentation de perméabilité des capillaires, un œdème de la muqueuse et à des remaniements des constituants de la matrice extra-cellulaire à savoir la fibronectine, les collagènes et laminine (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014; Thibault et Levasseur 2001).

Les œstrogènes sont également responsables du déclenchement d'une sécrétion glandulaire par les cellules épithéliales utérines, qui contiennent des cytokines activatrices du blastocyste. Les œstrogènes sensibilisent aussi les cellules épithéliales utérines à un signal du blastocyste, ce qui permettra leur attachement au trophoblaste (Johnson et Everitt 2000).

De plus, des pinopodes, ou formations bulbeuses proéminentes, voient le jour grâce au taux de progestérone élevé pendant la phase préimplantatoire. Ceux-ci permettent la résorption du liquide endo-utérin et réduisent donc le volume de la cavité utérine (Johnson et Everitt 2000).

Une synchronisation entre le blastocyste et l'utérus est également nécessaire: il faut en effet que la phase réceptive coïncide avec « l'âge » d'implantation du conceptus. Celle-ci va en effet permettre de modifier la composition du glycocalyx, notamment en inactivant la mucine et donc en libérant d'autres glycoprotéines permettant à l'épithélium d'être adhésif.

A la suite de cette phase réceptive se trouve une période réfractaire : non seulement l'utérus résiste à l'attachement du blastocyste mais en plus il devient un milieu toxique pour lui dans le cas où le blastocyste quitte prématurément l'oviducte ou qu'il arrive trop tardivement dans la cavité utérine (Thibault et Levasseur 2001).

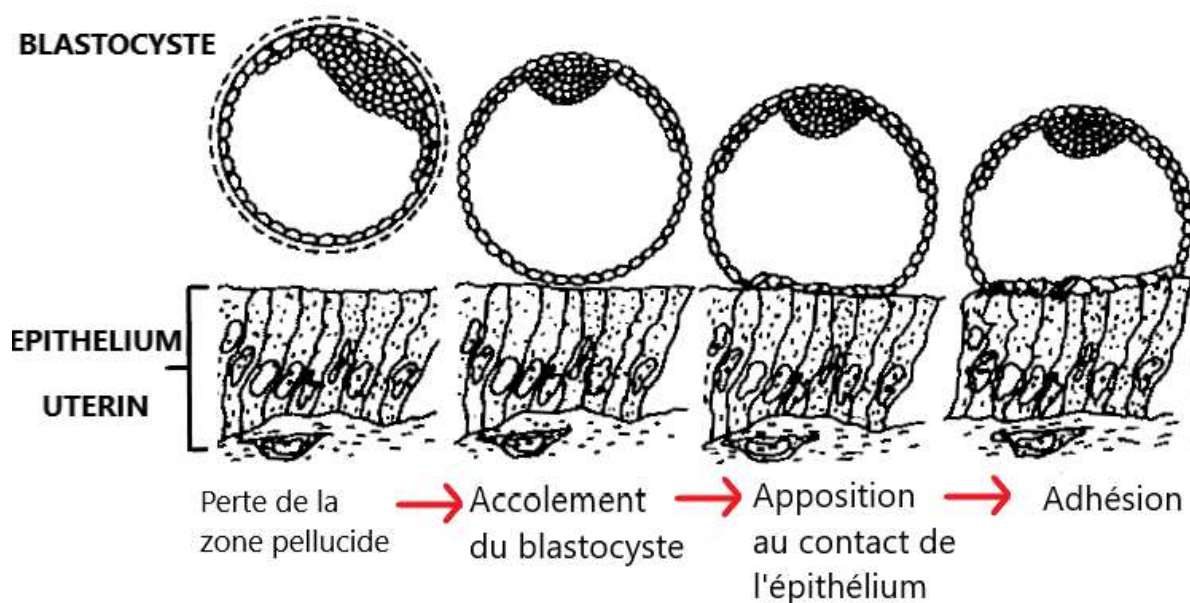
## 2. Phase d'implantation du blastocyste

La phase préimplantatoire étant de longue durée chez les animaux dont l'implantation n'est pas invasive, tel que c'est le cas pour les bovins, le blastocyste va être de grande taille. A cet instant, le blastocyste voit croître en grande majorité les tissus extra-embryonnaires qui le composent ; et ainsi représenter une vaste aire d'échanges avec le lait utérin (Salisbury et VanDemark 1961).

Ainsi donc, après 9 à 10 jours de gestation (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014), le conceptus va perdre sa zone pellucide en subissant une rupture partielle puis l'éclosion (Jarrige 1984; Thibault et Levasseur 2001). Le blastocyste ainsi libéré va s'arrêter. Le blastocyste s'appose à l'épithélium utérin, en présentant donc une grande surface extra-embryonnaire de trophoblaste chorial aux caroncules (**figure 4**) (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Il y aura donc mise en place d'une placentation dite cotylédonaire (Johnson et Everitt 2000). Entre ces sites d'implantation, les glandes utérines sécrètent toujours le lait utérin qui nourrit le blastocyste.

Nous assistons ici à une implantation centrale, c'est-à-dire que plusieurs couches tissulaires séparent les deux circulations qui se développent dans le placenta : il n'y a eu ni pénétration ni érosion de l'épithélium lors de l'implantation. L'implantation débute après 19-20 jours de gestation, et s'achèvera au 45<sup>ème</sup> jour de gestation (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). A la suite de l'invasion trophoblastique, du fluide décidual est libéré ; celui-ci complètera le fluide utilisé dans la nutrition du blastocyste.

Bien entendu, durant tout ce processus le risque de mortalité embryonnaire est très élevé : c'est le cas dans 10 à 20% des gestations (Wattiaux 1999).



**Figure 4: Etapes de l'implantation du blastocyste, d'après Saint-Dizier et Chastant-Maillard (2014)**

### 3. Développement de la placentation et mise en place de la nutrition hémotrophique

#### a) Nutrition hémotrophique

Au niveau de chaque caroncule, le chorion développe une spécialisation cotylédonaire. Cela forme le placentome : c'est l'unité fonctionnelle composée d'une caroncule maternelle

et d'un cotylédon (**figure 5**). Chaque épithélium caroncule est imbriqué de villosités choriales, chaque villosité étant elle-même parcourue d'un axe de mésoderme fœtal vascularisé. De plus, chaque cotylédon est vascularisé par un à trois vaisseaux ombilicaux ; ces vaisseaux se divisant et se ramifiant pour trouver un point de contact avec la surface trophoblastique des extrémités villositaires (Johnson et Everitt 2000).

De plus, l'interdigitation des membranes plasmiques utérines et trophoblastiques va être plus importante grâce à l'enchevêtrement des microvillosités apicales. L'endomètre est donc envahi, de façon ponctuelle et limitée. Une partie des cellules binucléées du trophoblaste se lie ensuite aux constituants de la MEC et de la membrane basale via les intégrines. S'en suit l'activation de protéases qui permettra l'avancée du trophoblaste dans le stroma utérin par lyse des composants de la membrane basale et de la MEC. Enfin, il y a migration des cellules trophoblastiques par ancrage sur les protéines de la MEC : un syncytium maternel sera alors formé (Thibault et Levasseur 2001). En parallèle, des artères tortueuses et circonvolutionnaires irriguent chaque caroncule et se ramifient en capillaires que l'on retrouvera entre les villosités terminales du cotylédon fœtal. Ainsi au niveau capillaire, le sang peut circuler dans des directions opposées et donc favoriser les échanges métaboliques entre mère et embryon.

Une fois ce système fonctionnel, la nutrition hémotrophique, plus efficace, va remplacer la nutrition histiotrophique car plus efficace.

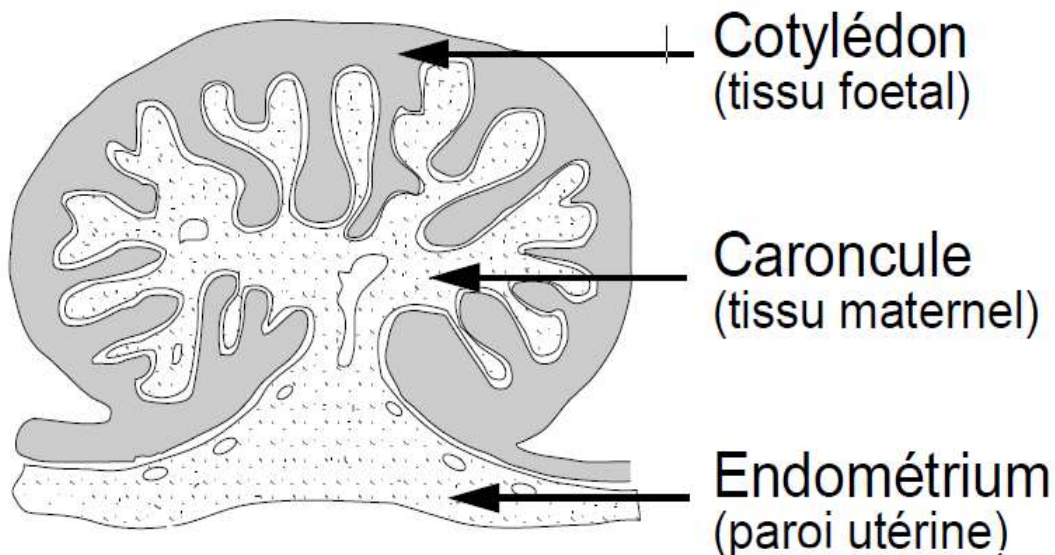
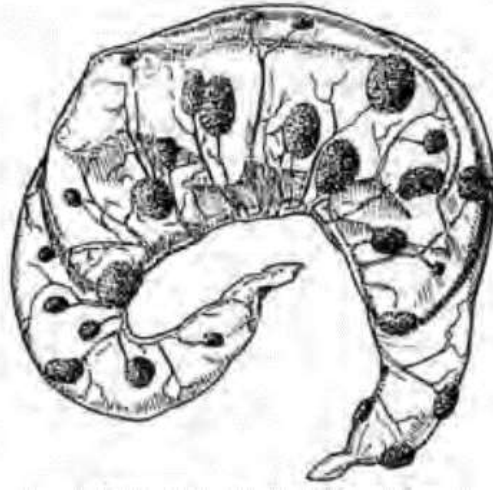


Figure 5: Structure du placentome (d'après Wattiaux, « Gestation et vêlage », )

b) *Placentation*

Concernant la placentation cotylédonaire en elle-même (**figure 6**), elle est en fait constituée de deux placentas : le placenta du sac vitellin et celui dit chorio-allantoïdien.



**Figure 6: Représentation d'un placenta cotylédonaire bovin (Wattiaux, « Gestation et vêlage, n.d.)**

Pendant la phase de nutrition histiotrophique, le conceptus utilise les ressources du lait utérin. Ces substances passent au travers de l'enveloppe trophoblastique et sont diffusées dans les cavités et tissus du conceptus. A mesure que le mésoderme s'étend, des vaisseaux vont le coloniser et s'y anastomoser pour former un grand réseau vasculaire. Ainsi, le sang va se former au sein du mésoderme cardiaque du conceptus. Dès lors, ce sang peut être pompé dans l'ensemble du tissu mésodermique du conceptus (embryonnaire et extra-embryonnaire). Le sang circule alors jusqu'au mésoderme chorial où il peut être équilibré avec les sécrétions maternelles et le fluide décidual (Thibault et Levasseur 2001). Ultérieurement, certains vaisseaux dans le mésoderme du sac vitellin se développeront plus encore ; et avec ceux développés en parallèle dans l'endomètre à proximité de cette région se formera le placenta du sac vitellin.

De plus, un second placenta se forme, nommé placenta chorio-allantoïdien. Une extension de l'allantoïde se voit enveloppée par du mésoderme. Cet ensemble, très richement vascularisé, fusionne ensuite avec le mésoderme chorionique. La croissance allantoïdienne couplée à l'implantation tardive amène donc à la formation d'un placenta chorio-allantoïdien plutôt diffus et étendu (Johnson et Everitt 2000).

Ainsi, un placenta parfaitement fonctionnel a donc les caractéristiques suivantes (Thibault et Levasseur 2001):

- Abondante prolifération de tissu chorial donc une grande surface d'échanges
- Réseaux vasculaires fœtaux et maternels développés
- Deux flux sanguins séparés mais intimement juxtaposés

## D. Développement de l'embryon et des annexes fœtales

### 1. L'embryon

L'embryon va s'implanter en premier lieu dans la corne du côté du corps jaunes gestatif, puis s'étendre à l'autre corne utérine. Cette extension sera achevée à partir du 18<sup>ème</sup> jour de gestation (Hafez et Hafez 2000).

#### a) Mise en place des feuilletts embryonnaires

Le blastocyste, autrement appelé disque embryonnaire bi-lamellaire, est divisé en deux hémisphères, à partir desquels nous pouvons établir une carte des territoires présomptifs (**figure 7**). Ainsi, l'hémisphère supérieur est l'ectoblaste ; lui-même divisé en épiblaste, croissant blanc qui donnera les téguments, et le neuroblaste, croissant noir, qui donnera le système nerveux (Salisbury et VanDemark 1961). L'hémisphère inférieur est appelé le mésoblaste, lui-même divisé en :

- mésoblastes chordal et préchordal, qui formeront le squelette axial et le plancher de la boîte crânienne
- mésoblaste somitique, qui formera le squelette appendiculaire et les muscles
- mésoblaste des lames latérales, qui formera l'appareil circulatoire et urogénital.

L'ectoblaste, correspondant à la couche entre les deux hémisphères, va quant à lui former le système digestif, à l'exception de la bouche et de l'extrémité du rectum. De plus, l'ectoblaste servira au développement du système urinaire et de la majorité des glandes endocrines (Hopper 2015).

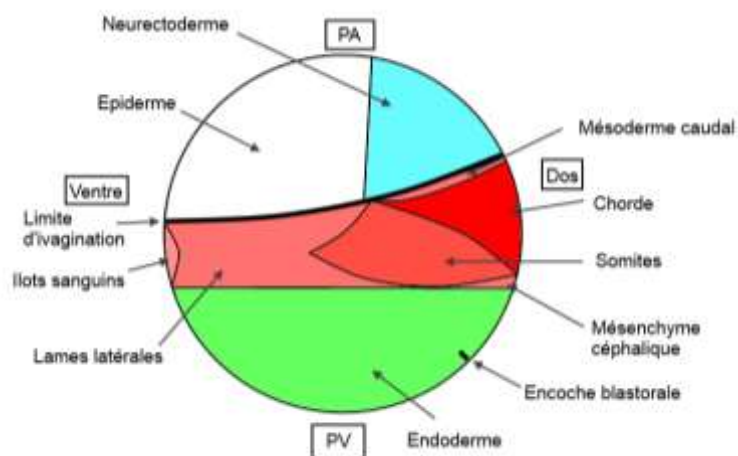


Figure 7: Carte des territoires présomptifs chez les mammifères (Lanouille, licence CC BY-SA 3.0)

## *b) Gastrulation et neurulation*

Ces feuilletts embryonnaires vont d'abord subir la gastrulation, où le mésoblaste est comprimé puis enfoui pour avoir une position intermédiaire entre ectoblaste et endoblaste (Roger et Chatelain 2015).

Ensuite, aura lieu la neurulation : les cellules épiblastiques augmentent le rythme de division tout en repoussant le neuroblaste, qui se courbe sur lui-même. Se forme alors deux lames neurales qui se rejoignent ensuite pour former le tube neural ; à l'origine plus tardive de la moelle épinière (Roger et Chatelain 2015).

Par la suite, de nombreuses individualisations de feuilletts, des remaniements et déplacements ont lieu.

## *c) Morphogenèse*

Parallèlement à la croissance du fœtus, les annexes embryonnaires achèvent leur développement. Précédemment, l'individu s'était vu organisé grâce à l'apparition de la ligne primitive, jonction des deux bords de l'épiblaste. Ainsi, le jeune s'allonge à partir de cet axe, et ses différentes régions se forment : l'individu s'identifie.

Nous assistons donc à la formation de la paroi dorsale : le mésoblaste s'enfouit, recouvert par l'épiblaste. L'ectoblaste s'épaissit à un niveau où le neuroblaste affleure pour donner le système nerveux central, grâce à la mise en place de la gouttière neurale. De plus, une enveloppe se forme pour protéger le système nerveux central à partir du mésoblaste chordal et de l'épiblaste : c'est la colonne vertébrale (Roger et Chatelain 2015).

En parallèle s'effectue la formation des parois latérales et ventrale. Le fœtus se décolle latéralement du sac vitellin et des annexes. Le cordon ombilical se voit formé à partir des parties ventrale et latérales. Les lames latérales du mésoderme constituent le système latéral, elles donneront donc les côtes qui s'articulent à partir des vertèbres et des héli-sternum (Roger et Chatelain 2015).

A cela s'ajoute la mise en place de la région céphalique. Au niveau de la tête, le crâne se met en place ainsi que l'organisation ventrale. Au niveau de la face, trois bourgeons cutanés prennent place (bourgeons frontal, maxillaire et mandibulaire) pour permettre le positionnement des placodes sensorielles (Roger et Chatelain 2015). Se met ensuite en place l'ébauche cardiaque, qui migre de la tête vers le cordon ombilical. Une partie de cette masse formera le diaphragme. Puis le cœur se divise et s'infléchit grâce à une pression mécanique.

Enfin, au pôle caudal, se met en place la pédiculisation du fœtus. En effet, un éperon caudal s'enfonce dans le sac vitellin. Cela crée un étranglement, qui formera donc le cordon ombilical. De plus, un diverticule du sac vitellin permet la formation d'une hernie, la cavité allantoïde (Roger et Chatelain 2015).



#### d) Organogenèse

A la suite de la morphogenèse se déroule l'organogenèse et donc l'organisation segmentaire cranio-caudale. En effet, cette segmentation a lieu de l'avant vers l'arrière, et le début du processus est identique pour chaque section.

Puis des modifications propres à chaque section ont lieu, et les segments se distinguent les uns des autres.

#### 2. Les annexes fœtales

De manière concomitante avec le développement du conceptus, les populations cellulaires extra-embryonnaires vont continuer à se différencier. Ainsi vont se développer l'ensemble des membranes et annexes fœtales : toutes seront formées à la fin de l'implantation du blastocyste (Johnson et Everitt 2000).

L'amnios est la membrane qui délimite la cavité liquidienne contenant le fœtus. Cette annexe placentaire offre au fœtus un lieu où il est protégé des pressions externes, où il peut se développer et croître sans contrainte mécanique (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Au moment du part, l'amnios participera à la lubrification du petit, facilitant son expulsion (Thibault et Levasseur 2001).

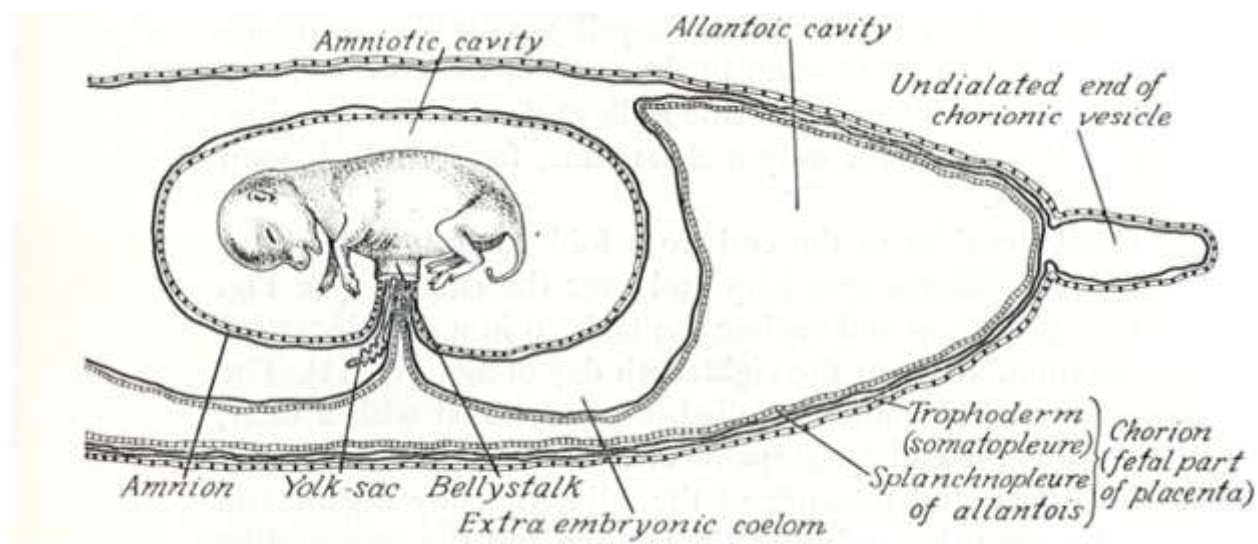
Le sac vitellin constitue la première annexe extra-embryonnaire vascularisée (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Le mésoderme extra-embryonnaire migre entre le trophoblaste et l'endoderme pariétal, avec lequel il s'accôle et forme une cavité à l'intérieur du blastocœle ; l'exocœlome. Au sein de ce mésoderme vitellin se développe donc la vascularisation, qui permet de passer à la nutrition hémotrophique, comme expliqué dans la partie précédente.

L'allantoïde est une autre annexe extra-embryonnaire vascularisée. Celui-ci se forme à partir d'un bourgeonnement endodermique de l'intestin primitif du conceptus, au niveau du sinus uro-génital. Ce diverticule se voit ensuite recouvert par du mésoderme extra-embryonnaire. C'est à partir de ce mésoderme que se développent les vaisseaux allantoïdiens, qui formeront plus tard les vaisseaux ombilicaux. Chez les bovins, l'implantation du conceptus étant superficielle, le sac allantoïdien croît énormément, puis finit par doubler le sac chorionique ; il persiste alors jusqu'au terme. Puisqu'étant en communication avec le système urinaire fœtal, l'allantoïde sert de réservoir à déchets du métabolisme fœtal (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). L'allantoïde sert aussi au maintien de la pression osmotique du plasma fœtal (Thibault et Levasseur 2001).

Le chorion enveloppe l'embryon et l'ensemble de ses annexes. Au cours du développement embryonnaire, le mésoderme extra-embryonnaire migre et fusionne avec le trophoblaste pour former le chorion (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Le chorion forme donc des villosités primaires, composées de colonnes de trophoblastes. Celles-ci se ramifient et sont

alors infiltrées par du mésoderme extra-embryonnaire pour former les villosités secondaires ; des vaisseaux sanguins d'origine fœtale s'y infiltrent ensuite pour former les villosités tertiaires. Ainsi est formé un placenta villeux (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

Ces quatre annexes protègent donc le bouton embryonnaire (**figure 8**), et permettent aussi sa fixation à l'utérus ainsi que sa nutrition durant la gestation.



**Figure 8: Représentation de l'embryon entouré de ses annexes (Salisbury and VanDemark, 1961)**

## E. Reconnaissance maternelle et soutien de la gestation

### 1. Prolongement de la phase lutéale

Après la lutéinisation, le corps jaune est apte à sécréter diverses hormones. Ainsi les anciennes cellules thécales devenues petites cellules lutéales sécrètent des progestagènes et en particulier de la progestérone (P4). Les grandes cellules lutéales sécrètent quant à elle l'ocytocine. Ce corps jaune ne va être viable que 18 à 20 jours, puis il va subir la régression lutéale ou lutéolyse (Johnson et Everitt 2000). Cela s'explique par la production d'ocytocine via le corps jaune : celle-ci va stimuler la production de PGF2 $\alpha$  par l'endomètre utérin en se fixant aux récepteurs à l'ocytocine, 10 à 15 jours après la formation du corps jaune. La PGF2 $\alpha$  est transmise ensuite en vagues via l'artère utérine, à des intervalles de 6 heures environ, au corps jaune. En effet, les cellules lutéales s'affaissent et une ischémie accompagnée de la mort cellulaire progressive sont visibles. Cela induit la chute du taux de progestérone. De plus, la PGF2 $\alpha$  induit un rétrocontrôle positif sur la sécrétion d'ocytocine (Hopper 2015).



Or dans le cas d'un accouplement fertile, la situation est différente. En effet, c'est l'embryon qui va jouer un rôle prépondérant. Celui-ci va exercer une activité anti-lutéolytique après 16 à 23 jours post-fécondation, c'est-à-dire après son transfert dans l'une des cornes utérines (Thibault et Levasseur 2001). Cette activité est générée par la trophoblastine (oTP), appartenant à la famille des interférons de type I. Autrement appelé interféron-tau (IFN  $\tau$ ), il est sécrété par les cellules trophoblastiques mononucléées et a une action strictement locale (Johnson et Everitt 2000). Sa sécrétion est de courte durée : il est détectable dans le trophoblaste extra-embryonnaire dès le 10<sup>ème</sup> jour de gestation, atteint un plateau entre 15 et 21 jours et devient indétectable dès que le trophoblaste s'accroche aux caroncules utérines, soit au moment de l'implantation, vers le 25<sup>ème</sup> jour de gestation (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

L'IFN  $\tau$  a différentes actions concourant à cet effet anti-lutéolytique (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014; Thibault et Levasseur 2001):

- Bloque la décharge de PGF2 $\alpha$  provoquée par l'ocytocine (OT)
- Pourrait diminuer la synthèse de PGF2 $\alpha$  par l'endomètre en réduisant l'expression d'une oxydoréductase permettant le passage de PGE2 en PGF2 $\alpha$
- Réduit le nombre de récepteurs à l'ocytocine (ROT) des épithéliums luminal et glandulaire de l'endomètre
- Favorise la synthèse de P4, hormone qui inhibe l'expression des ROT ainsi que la fixation de l'ocytocine à ses récepteurs

En résumé, il faut comprendre que l'IFN  $\tau$  exerce son activité au niveau génomique.

L'action de l'IFN  $\tau$  est complétée par d'autres facteurs (Thibault et Levasseur 2001):

- Les PGE, sécrétées par le conceptus et le stroma endométrial, qui ont une action lutéotrope
- L'hormone lactogène placentaire produite par les cellules géantes du trophoblaste, qui a également une action lutéotrope
- Les PSP (pregnancy specific protein) et les PAG (pregnancy associated protein), par inhibition de l'activité P<sub>450</sub>, protégeraient les structures lutéales contre l'action lutéolytique des œstrogènes.

## 2. Soutien de la gestation grâce aux hormones gestationnelles

Chez les bovins, il a été démontré que la synthèse stéroïdienne gravidique dépend de l'axe hypophyso-ovarien (Johnson et Everitt 2000). En effet, le corps jaune gestatif synthétise la P4 sous contrôle des gonadotrophines (FSH et LH). La P4 bloque la prolifération cellulaire endométriale générée par les œstrogènes ; elle sert donc à l'établissement et au maintien de la gestation.

De plus, elle permet la régulation hydrique du fœtus et du placenta. Enfin, elle induit une quiescence utérine par plusieurs mécanismes à savoir la diminution du taux de Ca<sup>2+</sup> intracellulaire, la baisse de la sensibilité contractile des cellules du myomètre et la diminution de l'expression des ROT et des récepteurs à l'angiotensine II. Il faut également attribuer à la

P4 un effet anti-inflammatoire et immunosuppresseur (Johnson et Everitt 2000; Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). C'est le corps jaune qui sécrète la P4 durant 210 à 230 jours de gestation. Après, c'est le placenta qui prend le relais dans la sécrétion. Le corps jaune est également source de relaxine, au sein des granules des grandes cellules lutéales. Cette hormone est sécrétée pendant la majeure partie de la gestation, à un taux relativement bas. Son rôle sera majeur au moment du part.

Le placenta est aussi sécréteur d'autres hormones importantes au cours de la gestation ; nous détaillerons ces hormones dans la partie « II. B. 2. Fonction endocrine du placenta ».

## II. De l'embryon nouvellement implanté au veau : de nombreux changements pour la mère comme pour le petit

Durant les 9 mois que va durer la gestation, le fœtus va grandir par le biais des échanges placentaires avec sa mère et ne pas être rejeté de l'utérus grâce aux modifications hormonales et immunologiques qu'il a généré. Dans un premier temps a lieu le développement embryonnaire, soit du 13<sup>ème</sup> au 45<sup>ème</sup> jour de gestation, comme vu précédemment. Aussi, nous ne détaillerons à présent que le développement fœtal, à savoir du 46<sup>ème</sup> jour de gestation jusqu'à la naissance.

### A. Développement du fœtus

#### 1. Les différents systèmes fœtaux et leur maturation

##### a) Système cardiovasculaire

La circulation fœtale est différente de celle de l'adulte puisque les échanges gazeux ont lieu au niveau du placenta et non au niveau des poumons. Le mécanisme de ces échanges sera détaillé plus tard, dans la partie « II.B. 1. Echanges mère/fœtus ». Du fait de cette adaptation, les deux ventricules cardiaques fœtaux travaillent en parallèle et des shunts sont mis en place. L'ensemble de cette circulation est représentée dans la **figure 9**.

Le sang oxygéné par le placenta revient et est véhiculé dans deux voies :

- La première voie, la plus importante, est le *ductus venosus* : la circulation hépatique est shuntée pour passer directement dans la veine cave inférieure.
- La seconde, moins importante, perfuse le foie et pénètre dans la veine cave inférieure en passant par les veines hépatiques.

La veine cave inférieure fait parvenir le sang dans l'oreillette droite, où le flux sanguin est orienté dans deux directions par la *crista dividens*, qui forme le bord libre du septum interauriculaire au niveau du *foramen ovale*. Ce second shunt fait parvenir la majorité du flux sanguin directement à l'oreillette gauche, en évitant la circulation pulmonaire. Le reste du flux

parcourt l'oreillette droite, arrive dans le ventricule droit et en ressort par l'artère pulmonaire. L'artère se partage alors en deux chenaux :

- Le premier est le troisième shunt, à savoir le *canal artériel*, qui porte le sang dans l'artère aorte
- Le second est un flux très réduit parvenant jusqu'aux poumons du fœtus.

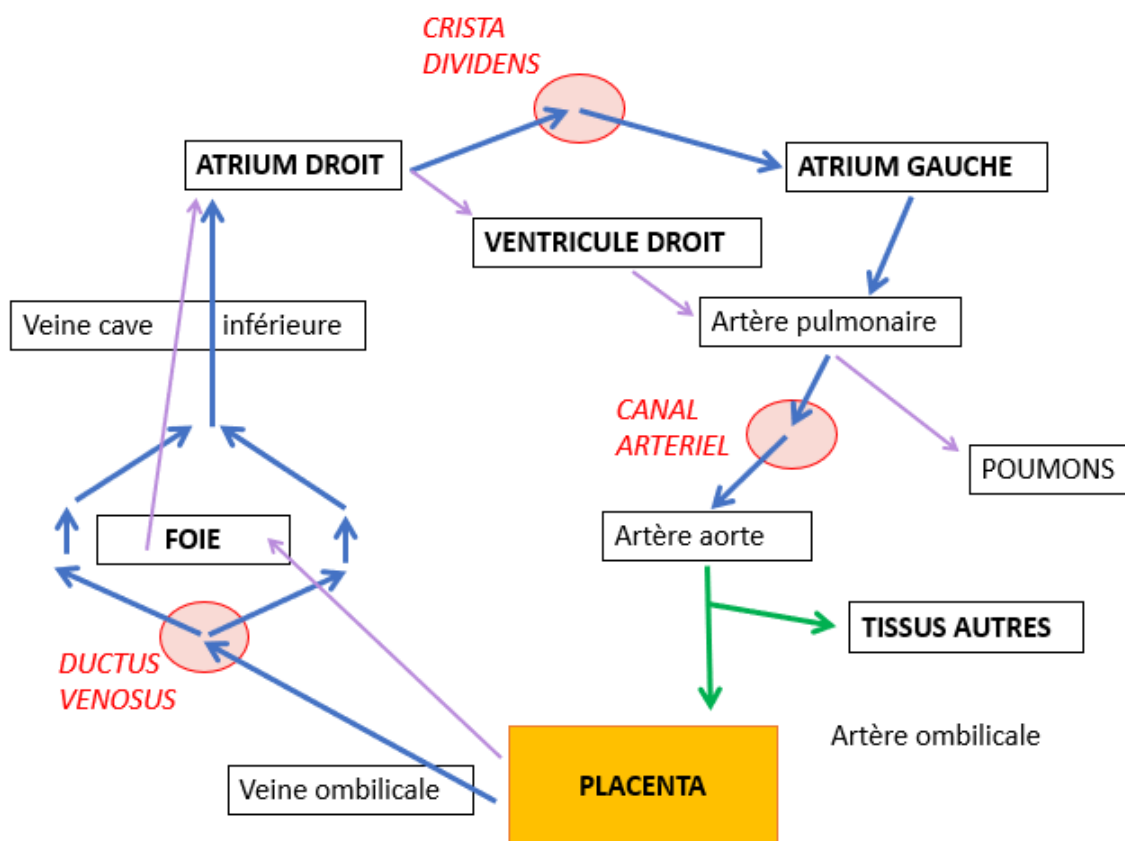


Figure 9: Représentation schématique de la circulation sanguine fœtale (Mélanie Gitton)

### b) Système respiratoire

Durant la gestation, le fœtus effectue des mouvements respiratoires, purement diaphragmatiques et entraînant des mouvements de va-et-vient du liquide amniotique dans les poumons. Ces mouvements pourraient être assimilés à un exercice en vue de la vie post-natale (Johnson et Everitt 2000).

De plus, pendant la gestation les poumons subissent de nombreuses modifications, et particulièrement à l'approche de la parturition. Dans le mésenchyme pulmonaire, vont se développer les sacs aériens puis un réseau vasculaire abondant. La pression servant à gonfler les poumons fœtaux diminue progressivement, à mesure que le surfactant est sécrété. Son rôle est de diminuer la tension superficielle du fluide pulmonaire (Johnson et Everitt 2000).

Les corticostéroïdes induisent l'augmentation de conversion de la noradrénaline en adrénaline, au niveau des surrénales et localement au niveau pulmonaire. De plus, le taux de récepteurs aux catécholamines augmente dans les poumons. La synthèse de surfactant y est augmentée, sous l'effet des corticostéroïdes ainsi que la résorption aqueuse. Tout ceci concourt à préparer les poumons fœtaux à une vie extra-utérine (Johnson et Everitt 2000).

#### *c) Système gastro-intestinal*

Le fœtus avale une partie du fluide amniotique. Celui-ci passe dans l'estomac, l'intestin grêle où sont absorbés l'eau, le glucose, les électrolytes et les stéroïdes, puis dans le gros intestin où vont rester les débris cutanés fœtaux et les grosses molécules. Cette accumulation s'ajoute aux cellules desquamées de l'intestin grêle et aux pigments biliaires pour former une masse fécale, le méconium (Johnson et Everitt 2000). L'éjection des déchets fœtaux se fait par la circulation maternelle, où les déchets rejoindront ensuite les urines. L'urine fœtale passe quant à elle dans l'amnios surtout, mais aussi dans l'allantoïde.

#### *d) Système rénal*

Les reins fœtaux sont fonctionnels pendant la gestation. Ils produisent de l'urine, qui participe au volume total de liquide amniotique. De plus, cette urine est hypotonique car les tubules sont dans l'incapacité de réabsorber le sodium (Johnson et Everitt 2000).

## 2. Modifications fœtales rapportées chronologiquement au cours du développement

Durant l'ensemble de la gestation, la taille du veau va augmenter linéairement, tandis que le poids va croître non linéairement (Salisbury et VanDemark 1961). Durant les 70 à 100 premiers jours de gestation, le poids fœtal augmente approximativement de 10g par jour. A partir du 200-250<sup>ème</sup> jour jusqu'à la naissance, le fœtus prend entre 200 et 300g par jour. Cependant, à l'approche du terme, ce taux de croissance pondérale diminue à 100g par jour (Hopper 2015).

**Tableau I: Présentation de modifications fœtales et utérines notables au cours du développement (d'après Chavatte-Palmer, Guérin, Hanzen, Salisbury and VanDemark, Wiley and Sons)**

<b>Durée de gestation</b>	<b>Modifications fœtales</b>	<b>Modifications autres (PTR)</b>
20 jours	Apparition des somites	Liquide séreux dans la corne non gravide
21 jours	- Début des battements cardiaques - Début du développement des poumons, du foie et du pancréas	
22-23 jours	- Fermeture du tube neural : formation du cerveau et de la moelle épinière - Développement de l'allantoïde terminé	
25-26 jours	- Proéminence du foie - Incurvation de l'embryon, apparition de la queue et des bourgeons des membres antérieurs	
27-28 jours	Apparition des bourgeons des membres postérieurs	Vésicule amniotique palpable
30-45 jours	- Bourgeons deviennent des membres - Développement queue	Corne utérine : 5 à 10 cm de diamètre
30 jours	- Allantoïde remplit le chorion dans corne gravide - Fœtus : environ 2 cm	- Utérus imprime une légère vague - Asymétrie cornes
33 jours		Cotylédons fragiles
36-37 jours	Allantoïde remplit tout le chorion	Liquide séreux emplit entièrement la corne non gravide
60 jours	- Yeux fermés - Fœtus : environ 6-8 cm	- Utérus gonflé mais contournable - Différenciation des enveloppes possible
70 jours	- Début de l'ossification - Fœtus : environ 10 cm	Fœtus palpable par effet rebond
90 jours	- Apparition des premiers poils - Fœtus : environ 15-16 cm, tête environ 4 cm	- Utérus dodu - Cornes dissymétriques plongeant dans abdomen - Col sur bord antérieur du bassin
100 jours	- Apparition cornes - Fœtus : environ 18-20 cm	
110 jours	- Début du développement des dents - Début de coloration du pelage	
120 jours	- Œil=1.8cm (4.5 mois) - Onglons bien développés - Fœtus : environ 27-28 cm	- Cotylédons palpables (2,5 cm) - Thrill présent côté corne gravide - Utérus : taille d'un ballon
150 jours	- Œil=2 cm - Développement des poils autour des yeux et du museau	Thrill sur la paroi des 2 côtés
180 jours	- Ossification extensive - Testicules présents dans le scrotum, ébauches de trayons identifiables	- Veau plonge - Augmentation du thrill
210 jours	- Poils sur les métacarpes et métatarses - Fœtus aisément palpable, 62-64 cm	Remontée de l'utérus
230 jours	Pelage sur l'ensemble du corps	Augmentation du thrill
280 jours	Fœtus prêt pour vie extra-utérine, environ 85-105 cm	- Veau aux portes du bassin - Augmentation du thrill

### 3. Le système neuroendocrinien fœtal et néonatal

Le système endocrinien fœto-placentaire est le coordinateur du développement fœtal et préparateur de la naissance.

#### *a) Antéhypophyse*

Elle fonctionne pendant la majorité de la gestation. Ainsi sont produits l'hormone de croissance (GH) et la prolactine (PRL) (Johnson et Everitt 2000).

L'hormone de croissance, en se fixant sur des récepteurs hépatiques induit la sécrétion de IGF-1, qui permettrait de favoriser la production lactée en retardant la mort des cellules du tissu mammaire. La GH est également impliquée dans la croissance placentaire. De plus, cette hormone participe aux métabolismes protéique, lipidique et glucidique en favorisant la croissance du fœtus.

La prolactine quant à elle est présente dans le liquide amniotique à de fortes concentrations. Elle serait potentiellement produite par le tissu décidual. Conjointement aux corticostéroïdes, la prolactine participerait à la synthèse de surfactant pulmonaire.

L'antéhypophyse produit également l'ACTH, sous contrôle du facteur hypothalamique libérateur de la corticotropine (CRF). L'ACTH induirait la croissance et le développement du cortex surrénalien.

#### *b) Glande thyroïde*

La thyroïde fœtale secrète de la thyroxine (T4) sous l'effet de l'hormone thyroïdienne du fœtus (TSH). La T4 maternelle ne passe que très peu dans la circulation placentaire, ce qui justifie sa production par le fœtus. En effet, la T4 est essentielle au bon développement fœtal ; en particulier dans le développement osseux, la pilosité et au niveau des capacités mentales (Johnson et Everitt 2000).

#### *c) Glandes parathyroïdes*

Ces glandes sécrètent la parathormone très tôt dans le développement fœtal ; son taux restant cependant bas jusqu'à la naissance puisque le calcium nécessaire au fœtus provenait jusque-là de la mère (Johnson et Everitt 2000).

#### d) *Glandes surrénales*

Les glucocorticostéroïdes que les glandes surrénales produisent ont diverses fonctions :

- Maturation : en induisant des enzymes nécessaires à la synthèse du surfactant et à la résorption pulmonaire
- Stockage du glucose et néoglucogenèse, voir partie « *II.B.1.b. Le transfert placentaire influence le métabolisme fœtal* », du chapitre I.
- Sécrétion de l'insuline, en régulant la maturation des îlots pancréatiques fœtaux
- Synthèse d'adrénaline
- Production de thyroxine
- Formation de l'hémoglobine : en favorisant le passage de l'hémoglobine fœtale en hémoglobine adulte
- Maturation du rapport sel/eau : grâce à la production du facteur auriculaire natriurétique (ANF) qui régule l'excrétion sodée

Au moment de la parturition, les glucocorticostéroïdes ont d'autres rôles, que nous détaillerons dans la partie *III du chapitre I*.

### B. *Rôles du placenta en place*

Le placenta est un organe transitoire : il assure les échanges entre la mère et le petit tout en conférant une immunité au fœtus.

#### 1. *Echanges mère/ fœtus*

##### a) *Circulation placentaire*

Pendant la gestation, le débit cardiaque maternel augmente de 25% en réponse à la mise en place du système vasculaire embryonnaire. En fin de gestation, c'est 10% du débit qui est consacré au placenta associé aux vaisseaux utérins et ovariens (Johnson et Everitt 2000). Le flux sanguin circule à bas débit, de façon à ce que le conceptus ne soit pas soumis à de brusques variations de pression sanguine ; cela permet également aux échanges métaboliques d'avoir lieu à l'interface placentaire. Ce ralentissement se produit aussi du côté fœtal, où l'on constate une dilatation terminale du réseau vasculaire correspondant au lieu d'échanges. De plus, les vaisseaux fœtaux sont protégés d'un éventuel collapsus grâce à une contre pression de perfusion induite par la mère au sein de l'espace intervilloux (Johnson et Everitt 2000).

Concernant les artères maternelles, l'innervation sympathique dont elles bénéficient n'est présente qu'au niveau du trajet dans le myomètre utérin. Ainsi, en cas de diminution de débit circulatoire au niveau du placenta, il n'y aura qu'une vasoconstriction locale ou une diminution de la pression sanguine locale.



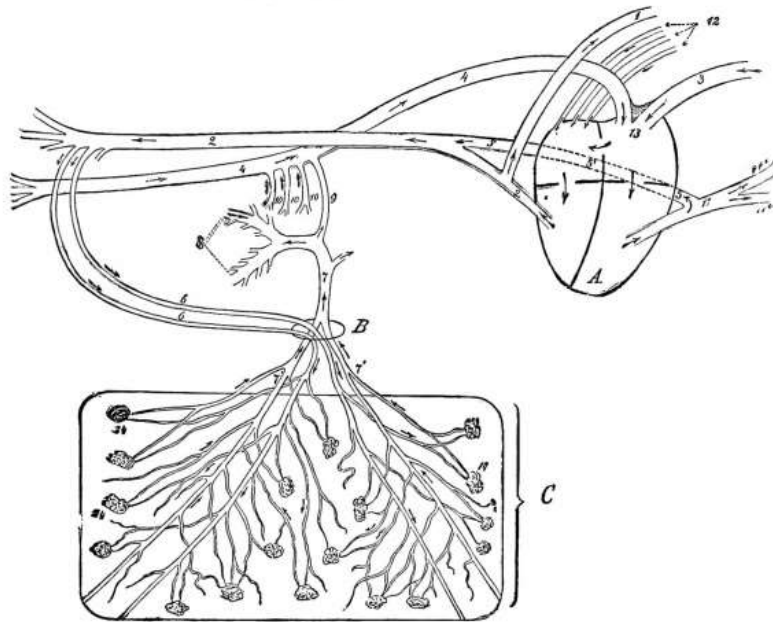


Figure 10: Schématisation de la circulation placentaire (DeBruin, 1910)

*b) Le transfert placentaire influence le métabolisme fœtal*

Pour son bon développement, le fœtus doit avoir accès à plusieurs types de molécules, à savoir les acides aminés essentiels, les acides gras, les vitamines et les éléments minéraux. Les circulations maternelle et fœtale étant séparées par le placenta, les éléments seront transmis par diffusion simple en cas de petit poids moléculaire, ou bien par des mécanismes de transport actif et par entrée via les brèches de la barrière placentaire. La nutrition et l'excrétion des déchets est représentée dans la **figure 11** suivante.

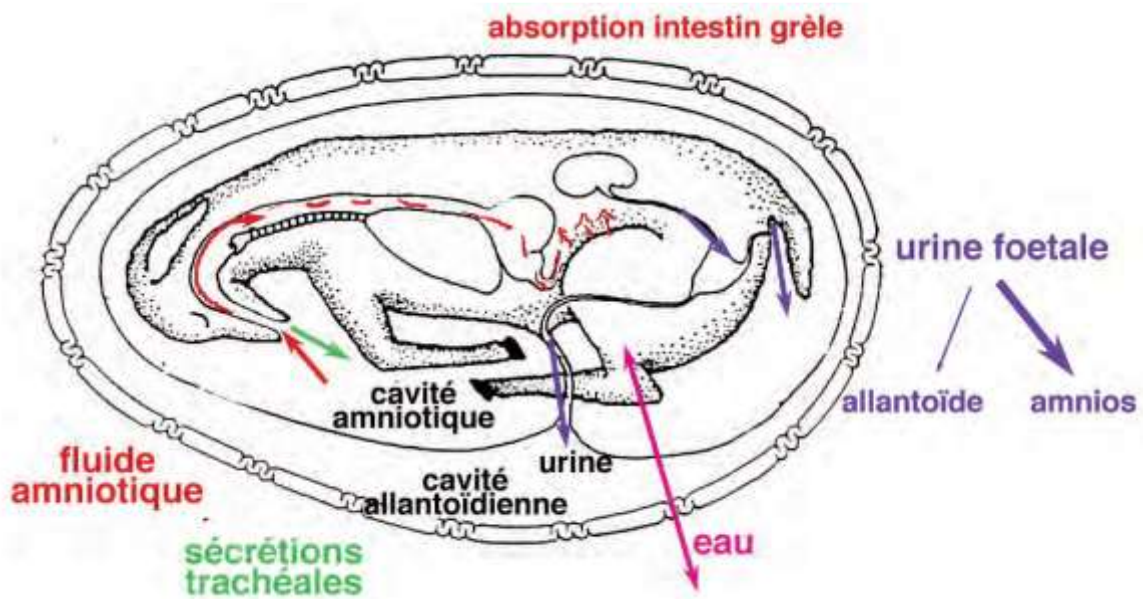


Figure 11: Schématisation de la circulation fœtale en terme de nutrition et d'excrétion (Wattiaux, 1999)



### b.1) Oxygène et dioxyde de carbone

Pendant la gestation, la consommation maternelle en oxygène augmente, et ce en proportion de la croissance fœtale. De plus, la ventilation pulmonaire maternelle augmente et ce à cause de la progestérone sécrétée qui agit directement sur le centre de commande respiratoire du tronc cérébral (Hopper 2015). Cela conduit à une diminution de la pression en dioxyde de carbone,  $P(\text{CO}_2)$ , ainsi que de la concentration en bicarbonates du sang maternel et une légère augmentation du pH sanguin. Les réserves gazeuses fœtales étant minces, il y a nécessité d'un apport permanent de gaz. Le passage des gaz se fait par diffusion, avec des gradients : dans le sang fœtal, la tension en oxygène est basse et celle du  $\text{CO}_2$  est élevée (gradient  $\text{O}_2$  : différence de pression partielle de 2 à 20mmHg). De plus, le sang fœtal a une plus forte affinité pour l'oxygène que le sang maternel (Johnson et Everitt 2000).

Durant l'implantation du conceptus, le mésoderme du sac vitellin devient le premier site d'érythropoïèse. Puis, au cours du développement fœtal, des érythrocytes fœtaux prennent le relais ; ils sont alors formés dans le foie. Chaque érythrocyte fœtal contient de l'hémoglobine transporteuse d' $\text{O}_2$ . Chaque hémoglobine est composée de 4 chaînes de globine couplées à un groupement d'hème. La différence entre les hémoglobines embryonnaire, fœtale et adulte réside dans les chaînes de globines qui sont différentes. Le passage d'un type à l'autre de globine ainsi que le changement de site d'érythropoïèse est régulé par le cortisol fœtal (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). La variation de chaîne influence aussi la capacité de l'oxygène pour s'y lier. Les chaînes  $\beta$  uniquement présentes chez l'adulte rendent la liaison de l'oxygène moins aisée que pour les hémoglobines embryonnaires et fœtales (Johnson et Everitt 2000).

Enfin, nous pouvons citer au niveau du placenta le « double effet Bohr » qui facilitera le transfert de 10% d' $\text{O}_2$  en direction du fœtus (Johnson et Everitt 2000). Ceci s'explique par la chute du pH maternel suite au rejet de  $\text{CO}_2$  fœtal en sa direction qui entraîne la libération d'oxygène maternel ; et en parallèle le rejet de  $\text{CO}_2$  fœtal en direction de la mère induit une élévation de pH fœtal qui facilite la fixation de l'oxygène que la mère libère.

### b.2) Glucose et hydrates de carbone

Le fœtus n'est que très peu capable d'effectuer la néoglucogenèse, aussi il puise le glucose dans le sang maternel. Pour répondre à cette demande, la mère doit réguler sa production de glucose. D'un côté, l'absorption digestive de glucose et la néoglucogenèse sont réalisés par l'organisme. De l'autre, le pancréas maternel secrète de l'insuline pour que le glucose soit utilisé dans la synthèse de glycogène et de lipides (Johnson et Everitt 2000).

Au début de la gestation, la progestérone sécrétée stimule l'appétit de la mère mais aussi l'utilisation du glucose dans la production des réserves de graisses (Thibault et Levasseur 2001). Plus tard, l'hormone lactogène placentaire entre en jeu et mobilise les acides gras présents dans ces dépôts lipidiques. Au cours de la gestation, les tissus maternels vont devenir moins sensibles à l'insuline. Le glucose sera donc moins utilisé par la mère et passera donc plus dans la circulation fœtale. La diffusion se fait grâce à un gradient des concentrations de glucose. En effet, ce transport fait intervenir des récepteurs de la famille des Solute Carrier Family (SLC), à savoir chez les bovins les récepteurs spécifiques SLC-1 et 3 localisés

respectivement sur la membrane basale et apicale du trophoblaste (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Un tiers du glucose transporté sera consommé pendant le transit, le fœtus reçoit donc du lactate (Johnson et Everitt 2000).

L'utilisation de glucose pour la croissance fœtale est régulée par l'insuline en majorité, sécrétée par le pancréas fœtal suite au transfert de glucose via la circulation maternelle. En vue du terme de la gestation, l'organisme met en réserve du glucose sous forme de glycogène dans le foie fœtal grâce à l'activité corticosurrénale se mettant progressivement en place.

Outre la graisse blanche, l'organisme fœtal se pourvoit également de graisse brune. Sa structure, différente de la graisse blanche dans l'organisation des adipocytes (multiloculaire), permet la thermorégulation de l'organisme et génère donc de grandes quantités de chaleur. Le mécanisme est nommé thermogenèse non frissonnante. Au cours de la vie néonatale, le fœtus verra sa graisse brune régresser progressivement (Johnson et Everitt 2000).

### b.3) Acides aminés et urée

Le fœtus utilise les acides aminés maternels pour former ses propres protéines. En effet, les protéines maternelles ne passent pas la barrière placentaire, contrairement aux acides aminés qui utilisent des transports actifs spécifiques (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Les acides aminés proviennent de l'alimentation maternelle, aussi il est important de supplémenter en protéines la mère au cours de la gestation. Pendant ce processus, ce n'est pas une augmentation de la digestion des protéines issues de l'alimentation, mais plutôt une amélioration du métabolisme intermédiaire des acides aminés. Ainsi l'apport alimentaire semble mieux utilisé mais en parallèle, l'excrétion de l'urée est diminuée (Johnson et Everitt 2000).

De plus, l'excédent d'acides aminés non utilisés par la mère passe dans la circulation fœto-maternelle, induisant une production d'urée qui diffusera ensuite dans la circulation maternelle où elle sera éliminée.

### b.4) Acides gras

Les besoins lipidiques fœtaux sont satisfaits par le transfert placentaire d'acides gras et par la synthèse endogène. Globalement, le placenta est peu perméable aux lipides. Ainsi, les triglycérides maternels sont hydrolysés au niveau du syncytium puis transférés sous forme d'acides gras libres via des transporteurs sur la membrane basale des trophoblastes ou des vaisseaux fœtaux. Les besoins en acides gras essentiels et en particulier les longues molécules d'acides gras polyinsaturés (LCPUFAs) augmentent considérablement au cours du dernier tiers de gestation (Johnson et Everitt 2000). En effet, ces LCPUFAs entrent dans la composition de toutes membranes mais aussi dans les lipides structurels composant le cerveau fœtal. Le cholestérol est quant à lui transporté vers le placenta par les lipoprotéines : celles-ci interagissent avec des transporteurs présents sur la membrane apicale des trophoblastes (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

### b.5) Eau et électrolytes

La progestérone sécrétée au cours de la gestation se lie aux récepteurs rénaux aldostéroniques de la mère, ce qui stimule la natriurèse. Ceci a pour effet de stimuler la sécrétion d'aldostérone. D'autre part, les œstrogènes stimulent la production d'angiotensinogène par le foie, ce qui stimule également la sécrétion d'aldostérone. Ces deux processus concurrent donc à un accroissement de la rétention hydrosodée par l'organisme maternel.

Concernant les échanges hydriques, ils ont lieu au niveau du placenta et du chorion à proximité de l'amnios. Ces deux derniers laissent passer librement les molécules, mais le principal lieu d'échange est le placenta. La mobilisation hydrique nécessaire au fœtus aurait comme mécanisme des petites poussées de pression hydrostatique intermittentes, pour que les vaisseaux fœtaux ne collabent pas. Au cœur du placenta, le sodium et de nombreux autres électrolytes diffusent largement, que ce soit par transfert actif ou bien par voie transcellulaire (Johnson et Everitt 2000). De plus, ces échanges hydriques servent au contrôle du volume de liquide amniotique (Thibault et Levasseur 2001).

### b.6) Fer

Le fer est présent dans le sérum fœtal, à l'état libre ou lié à la ferritine. Grâce au transfert placentaire, le fer libre pénètre dans le sérum fœtal, ce qui induit une concentration fœtale en fer bien plus élevée que la concentration maternelle (Johnson et Everitt 2000). Globalement, l'ensemble de la gestation induit un déficit en fer, même si une anémie franche est rare. De plus, les cellules trophoblastiques contiennent du fer sous forme combinée à la ferritine ; participant aussi à la concentration fœtale élevée.

### b.7) Calcium

Le calcium et les phosphates parviennent jusqu'à la circulation fœtale à contre-courant d'un gradient de concentration et ce grâce à un transport actif, sensible aux inhibiteurs métaboliques (Johnson et Everitt 2000). L'ossification fœtale, qui a lieu au cours des trois derniers mois de gestation, demande une grande quantité de calcium maternel disponible. Ainsi, au cours de la gestation et de la lactation, la mère voit son tube digestif plus apte à résorber le calcium. De plus, pendant la lactation, la parathormone étant plus sécrétée, cela stimule la conversion rénale de la vitamine D en son dérivé actif, la  $1\alpha,25$ -dihydroxy-vitamine D3 qui permet la mobilisation du calcium.

## b.8) Vitamines

Deux vitamines sont particulièrement importantes pour le métabolisme fœtal : l'acide folique et la vitamine B12. L'acide folique, issu de l'alimentation, et sa forme co-enzymatique sont impliqués dans la synthèse des nucléoprotéines et donc dans le métabolisme des acides aminés. La vitamine B12, est un cofacteur du métabolisme des folates, et de certains acides gras et acides aminés ramifiés (Johnson et Everitt 2000). Ce sont les réserves maternelles qui fournissent le fœtus.

## b.9) Bilirubine

Le catabolisme de l'hémoglobine, aussi bien présente au niveau fœtal que néonatal et adulte, fournit la bilirubine à l'état libre ou liée à l'albumine. La bilirubine fœtale diffuse ensuite par le placenta grâce à un gradient décroissant et, une fois dans la circulation maternelle, se lie à l'albumine sérique. Cet ensemble subira ensuite la glycuronidation dans le foie, puis sera excrété dans la bile maternelle (Johnson et Everitt 2000).

## b.10) Transfert d'immunoglobulines

Chez les bovins, du fait de la placentation synépithéliochoriale, aucune immunoglobuline ne peut parvenir jusqu'au veau. Ainsi, c'est la prise du colostrum à la naissance qui permettra un apport satisfaisant pour le transfert de l'immunité passive maternelle (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Nous reviendrons sur ce processus dans la partie « *III.A.2.c. Autres changements* », du chapitre I.

## 2. Fonction endocrine

### a) *Concernant les hormones stéroïdes*

La progestérone et les œstrogènes voient leurs concentrations varier au cours de la gestation, et en particulier à proximité du vêlage (**figure 12**).

#### a.1) Progestérone

La sécrétion de progestérone par le placenta a lieu à partir du 200<sup>ème</sup> jour de gestation chez la vache, quand le dit placenta prend le relais du corps jaune gestatif (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Cette hormone est produite à partir de l'acétate et/ou du cholestérol maternels en fonction de leur disponibilités par le syncytiotrophoblaste. Lors de la synthèse de P4, le cholestérol utilisé est capté à partir des lipoprotéines du plasma maternel grâce à des récepteurs localisés sur les villosités du syncytiotrophoblaste. Les  $\frac{3}{4}$  de la production sont transférés à l'organisme maternel et une partie sera rejetée dans les urines (Thibault et Levasseur 2001).

La progestérone a une activité myorelaxante sur l'endomètre et le myomètre. Au terme de la gestation, une chute brutale de sa production permet également d'enclencher le début du processus de parturition (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

#### a.2) Œstrogènes

Les œstrogènes sont produits à partir de la prégnénolone et de la P4, grâce à l'enzyme P<sub>450c17</sub> présente dans le placenta. Cela confère au placenta la capacité de synthétiser des androgènes, et donc les œstrogènes. Le sulfate d'œstrone E1S est la forme majoritaire des œstrogènes circulants chez la vache (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

Une activité aromatasase transitoire est notée au moment de l'implantation embryonnaire, soit entre le 16 et le 18<sup>ème</sup> jours chez la vache (Thibault et Lévasseur 2001).

Globalement, les œstrogènes stimulent la multiplication cellulaire au niveau de l'endomètre et du myomètre utérin, la production des récepteurs à la progestérone puis le déclenchement de la parturition. Pendant la gestation, de nombreuses modifications cardiovasculaires ont lieu : forte augmentation du volume extracellulaire, augmentation du débit cardiaque, vasodilatation de la sphère utérine, baisse de la pression artérielle sanguine et réduction de la réponse vasculaire aux vasoconstricteurs. Toutes ces modifications sont également justifiables par l'action des œstrogènes.

En fin de gestation, le taux de E1S augmente ; ceci est dû au développement des corticosurrénales du fœtus et à l'activité aromatasase croissante du placenta en lui-même.

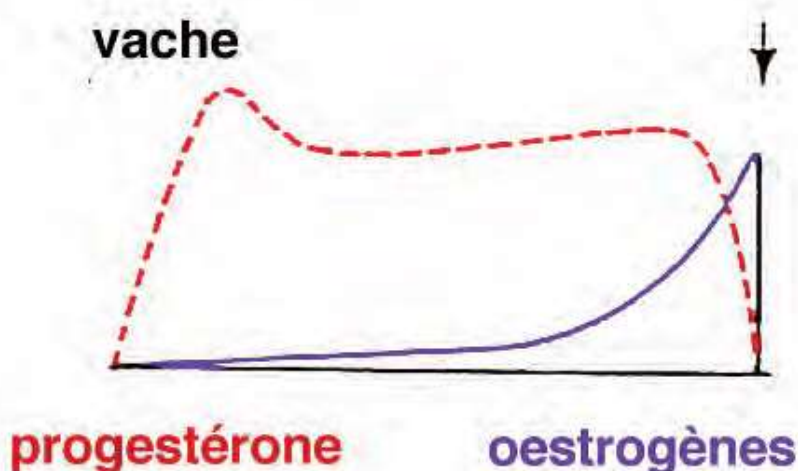


Figure 12: Schématisation des taux de progestérone et œstrogènes au cours de la gestation chez la vache, puis au moment du vêlage (le vêlage étant représenté par la flèche noire) (Wattiaux, 1999)

#### b) Concernant les hormones polypeptidiques

##### b.1) Hormones lactogènes placentaires

L'hormone lactogène placentaire bovine (bPL) est sécrétée par les cellules trophoblastiques binucléées, dans les circulations maternelle et fœtale. La structure de la bPL

étant proche de celle de la prolactine, elle se lie aux récepteurs spécifiques de la prolactine et de l'hormone de croissance pour pouvoir agir au niveau des foies fœtal et maternel (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Elle stimule l'absorption des nutriments maternels et leur utilisation par le fœtus, ce qui participe à la croissance pondérale du fœtus. De plus, au cours de la gestation, la bPL aurait une action trophique sur la glande mammaire (Thibault et Levasseur 2001).

D'autres hormones de la famille de la prolactine ont été caractérisées dans la placenta bovin. Ainsi, 6 PRP (Prolactin-related protein) ont été identifiées, étant elles aussi sécrétées par les cellules trophoblastiques binucléées. En particulier la PRP-1 bovine a été étudiée : elle est exprimée dans le placenta dès le 20<sup>ème</sup> jour de gestation, soit pendant la période pré-implantatoire et ce avant même la sécrétion de bPL. Après l'implantation embryonnaire, toutes deux sont produites ; le pic de synthèse étant atteint autour du 60<sup>ème</sup> jour de gestation. L'activité des PRP est liée à l'établissement et au maintien de la gestation, en intervenant notamment dans le remodelage de la MEC pendant la placentation (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

#### b.2) Glycoprotéines associées à la gestation (PAG)

Les PAG appartiennent à la famille des protéases aspartiques, et constituent une famille multigénique (environ 100 gènes de PAG chez les bovins). Les PAG sont synthétisées par le trophoblaste. Selon le lieu précis de synthèse, les PAG appartiennent à deux classes distinctes : les PAG anciennes, sécrétées par les cellules mono et binucléées du trophoblastes ou bien les PAG modernes, sécrétées uniquement par les cellules binucléées. La majorité des PAG sont libérées dans le sang maternel dès leur synthèse ; elles sont donc maintenant dosées pour établir un diagnostic de gestation précoce très apprécié dans les élevages laitiers (Michel 2017).

#### b.3) Prolactine placentaire

La prolactine est également sécrétée par le placenta. Autrement appelée la somatomammotrophine, elle agit via la progestérone pour favoriser le développement des acini mammaires (Jammes et Djiane 1988).

### 3. Fonction immunitaire

Le fœtus est pour moitié composé du patrimoine génétique du père, et représente donc un organisme semi-allogénique pour la mère. Du fait de son originalité génétique, le fœtus est phénotypiquement unique ; la mère devrait ainsi rejeter immunologiquement cet « intrus ». Cependant, le fœtus est toléré, peut survivre et se développer pendant 9 mois in utero. Ceci s'explique par plusieurs mécanismes, efficaces uniquement par leur action commune, que nous détaillons ci-après.

Afin de participer à cette immunisation, le placenta secrète également des facteurs suppresseurs placentaires à action locale, bloquant les circuits utilisant l'interleukine 2, ainsi que les interférons placentaires comme l'IFN  $\tau$ , les stéroïdes placentaires et les cytokines immunosuppressives.

*a) Trophoblaste quasiment inerte du point de vue antigénique*

Au niveau des caduques, il semblerait que les lymphocytes T soient rares. Quand bien même ils seraient aptes à réagir aux HLA exprimés par le trophoblaste, ils semblent inertes dans cette zone, en raison d'une propriété particulière de l'environnement local. Des taux élevés de progestérones corticostéroïdes pourraient moduler cette réactivité locale (Johnson et Everitt 2000). De plus, les cellules trophoblastiques ont la capacité de résister à l'apoptose (Thibault et Levasseur 2001).

*b) Cellules NK du tissu décidual*

Par contraste, dans cette zone de tissu décidual, et particulièrement au début de la gestation, se trouvent un grand nombre de lymphocytes Natural Killer (NK). Ces cellules NK expriment de nombreux récepteurs capables de reconnaître les HLA de classe I. Ainsi, de par l'activation de leurs récepteurs, les cellules NK produisent de nombreuses cytokines et sont donc aptes à influencer la croissance, la différenciation et la migration du trophoblaste par ces actions paracrines (Johnson et Everitt 2000).

*c) Barrière hermétique à la transmission cellulaire*

Le fœtus et sa circulation sanguine sont séparés de la mère par les membranes fœtales. La plus externe, le trophoblaste chorial, est donc génétiquement différent de la mère. Après étude du syncytiotrophoblaste, il a été prouvé que les HLA, de classe I et II, présents au niveau des autres cellules embryonnaires y font défaut. Cependant, les cellules trophoblastiques qui envahissent l'endomètre et les artères spiralées sont pourvues d'HLA. Elles induisent donc logiquement une réponse immunitaire par la mère. Or, de par la nature microscopique de la circulation fœtale et maternelle, tout passage de cellules maternelles vers le fœtus est impossible, tout comme le passage d'anticorps.

*d) Antigènes fœtaux*

Le fœtus se voit pourvu d'antigènes d'histocompatibilité (système HLA) au niveau des cellules embryonnaires, dès l'implantation et détectables tout au long de la grossesse.

## C. Modifications utérines

### 1. Poids, taille et volume utérins

L'utérus, hors gestation, pèse environ 500 grammes (g), contre près de 8 kilogrammes (kg) en fin de gestation. Le poids utérin total est quant à lui évalué de 800 g à 40-80 kg en fin de gestation ; la variation de poids dépend de la race et du sexe de l'animal (Société Française de Buiatrie 1981). Non seulement le poids de l'utérus est multiplié par 6 ou plus au cours de la gestation, mais le fœtus, ainsi que les membranes fœtales et l'ensemble du liquide amniotique, représentent 85% de ce poids à terme (Salisbury et VanDemark 1961). La capacité utérine passerait ainsi de 200 millilitres à près de 55 litres en fin de gestation (Ch Hanzen 2015).

Au cours de la gestation, l'utérus prend de plus en plus de place dans la cavité abdominale, et subit donc une extension crâniale. Il repousse d'ailleurs le rumen en avant. Il est logé dans le récessus supra-omental, ce qui le sangle et donc limite ses mouvements (Guérin 2016). Les repères topographiques de l'utérus dans l'abdomen sont donc complètement changés. Du fait des changements topographiques de l'utérus, les ovaires voient également leur position varier ; en effet, les ovaires s'éloignent de façon dissymétrique de l'exocol : 24 cm à 96 cm en fin de gestation pour la corne gravide (Ch Hanzen 2015).

Dans environ 60% des gestations (Société Française de Buiatrie 1981), c'est la corne utérine droite qui est gravide. A cela s'ajoute le fait que dans la majorité des cas, le corps jaune gestatif est du même côté que la corne gravide.

De plus, lors du développement utérin au cours de la gestation, l'utérus peut s'engager au-dessus ou en-dessous du grand épiploon. La majorité du temps, l'utérus passe au-dessus et nous parlons alors d'une gestation sus-omental, qui serait plus favorable car l'utérus peut être maintenu par la sangle épiploïque sur la droite. A contrario, en cas de passage en-dessous, nous avons affaire à une gestation sous-omental, bien moins favorable puisque le rumen pourrait passer sous le rumen et alors être plus facilement sujet à des torsions et autres troubles statiques (Société Française de Buiatrie 1981).

### 2. Production du bouchon muqueux

Sous l'effet de la progestérone sécrétée par le corps jaune gestatif, l'utérus produit un mucus glaireux et épais qui va boucher le col. Alors l'utérus devient un incubateur aseptique. Plus tard dans la gestation, quand le taux d'œstrogènes augmente alors les cellules productrices de mucus sont réactivées ; il n'est pas rare de voir des glaires pendre de la vulve à proximité du vêlage (Salisbury et VanDemark 1961).



### 3. Transformations anatomiques

#### a) *Paroi utérine*

En dehors des gestations, la paroi utérine mesure en moyenne 5,4 millimètres (mm). Au cours de la gestation, celle-ci s'amincit progressivement pour mesurer en moyenne 1,3mm côté gravide et 1,8mm côté non gravide pour un utérus intact et plein (Ch Hanzen 2015). De plus, en cas d'extraction forcée du veau par césarienne, nous voyons l'épaisseur de cette paroi augmenter de façon très importante et atteindre jusqu'à 2cm, du fait d'une rétraction utérine franche (Société Française de Buiatrie 1981).

#### b) *Myomètre*

Une fois la gestation débutée, l'utérus subit un accroissement musculaire et conjonctif. Ainsi, la musculature lisse est augmentée suite à une hypertrophie cellulaire ainsi qu'à la formation d'éléments conjonctifs et de nouvelles fibres musculaires par mitose (Société Française de Buiatrie 1981).

#### c) *Développement caronculaire*

Les caroncules sont des structures endométriales, non glandulaires et préformées en face desquelles s'appose le trophoblaste au moment de l'implantation du blastocyste (cf *partie I.B.3, du chapitre I*). Ainsi au niveau de chaque caroncule, se développe un cotylédon : le tout forme un placentome.

Dans l'utérus bovin, on compte en moyenne 70 à 110 caroncules pour une gestation simple, leur nombre pouvant atteindre 170 en cas de gémellité. De plus, les placentomes voient leur taille augmenter, avec au maximum une envergure de 14x6,5x4,5cm et un poids caronculaire atteignant en moyenne 300g (Société Française de Buiatrie 1981).

## D. Développement de la mamelle

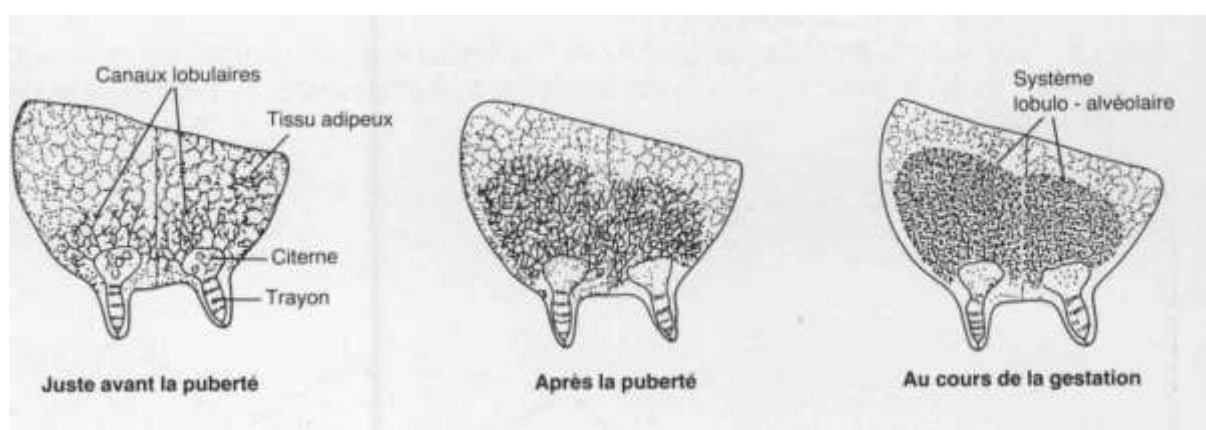
### 1. Mammogénèse

Au cours du développement fœtal, une ébauche mammaire se forme à partir de l'ectoderme ventral du fœtus. À la naissance, la glande mammaire comprend un système de canaux primaires et secondaires entourés de cellules mésenchymateuses, le stroma (Martinet et Houdebine 1993). Avant la puberté, la glande mammaire se développe à la même vitesse que les autres tissus de l'organisme. À la puberté, sous action des stéroïdes sexuels, la croissance des canaux mammaires et du stroma est fortement accélérée (Thibault et

Levasseur 2001). La mamelle de vache sera ainsi composée de quatre pis, chacun étant pourvu d'un tétou.

C'est au cours de la deuxième moitié de la première gestation qu'un changement se produit au niveau du tissu mammaire (**figure 13**). L'extrémité des canaux bourgeonne, formant alors des lobules se substituant au tissu adipeux. Le développement lobulo-alvéolaire de la mamelle s'accompagne du début d'activité sécrétoire. Ainsi, chaque lobule alvéolaire est pourvu d'un système de canaux galactophores. D'ici à la fin de la gestation, les structures tubulo-alvéolaires vont représenter près de 90% du tissu mammaire (Thibault et Levasseur 2001). Les canaux galactophores vont se réunir en une citerne glandulaire, qui s'abouchera elle-même en une citerne du tétou.

Cette croissance du tissu mammaire a lieu lorsque la progestéronémie et la concentration en hormone lactogène placentaire sont importantes ; et que la concentration en œstrogènes est en cours d'augmentation. E2 et P4 agissent sur les cellules épithéliales souches à l'extrémité des canaux mammaires : alors sous action de la prolactine, ces cellules deviennent capables de se multiplier d'où le développement du tissu mammaire (Martinet et Houdebine 1993).



**Figure 13: Développement du tissu mammaire au cours de la vie de la vache (Jammes et al., 1988)**

## 2. Lactogénèse

Pendant la mammogénèse, nous assistons à l'apparition de l'activité sécrétoire de la cellule mammaire ; c'est l'initiation de la lactogénèse. La lactogénèse se déroule en deux phases : lactogénèse primaire et secondaire. La lactogénèse primaire est caractérisée par une faible augmentation de l'ARN total dans la glande mammaire, au cours de la mammogénèse. Tous les éléments du lait synthétisés restent alors dans les canaux alvéolaires (Thibault et Levasseur 2001). Au moment de la naissance du veau, le développement de la glande mammaire maternel est pratiquement complet.

La lactogénèse secondaire se met en place quelques jours avant la parturition: suite à la chute du taux de progestérone, l'activité inhibitrice qu'elle avait jusque-là sur les cellules épithéliales mammaires (CEM) n'est plus (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). De plus, le taux d'œstradiol augmentant de plus en plus à proximité du vêlage, il stimule les cellules

lactophores et somatotrophes de l'hypophyse qui secrètent donc de la prolactine (PRL) et de l'hormone de croissance (GH) (Martinet et Houdebine 1993). Ces hormones agissent directement sur les CEM. La PRL favorise l'activité sécrétoire et la différenciation des CEM. La GH quant à elle stimule la prolifération des CEM en fin de gestation ainsi que la synthèse des caséines à proximité du part. De plus, au moment du vêlage, un pic de sécrétion de glucocorticostéroïdes a lieu ; il participerait à la synthèse des acides gras, du lactose et des caséines.

### III. Phases de la parturition

La parturition correspond à l'expulsion hors des voies maternelles du fœtus et de ses annexes.

#### A. Préparation

##### 1. D'un point de vue fœtal

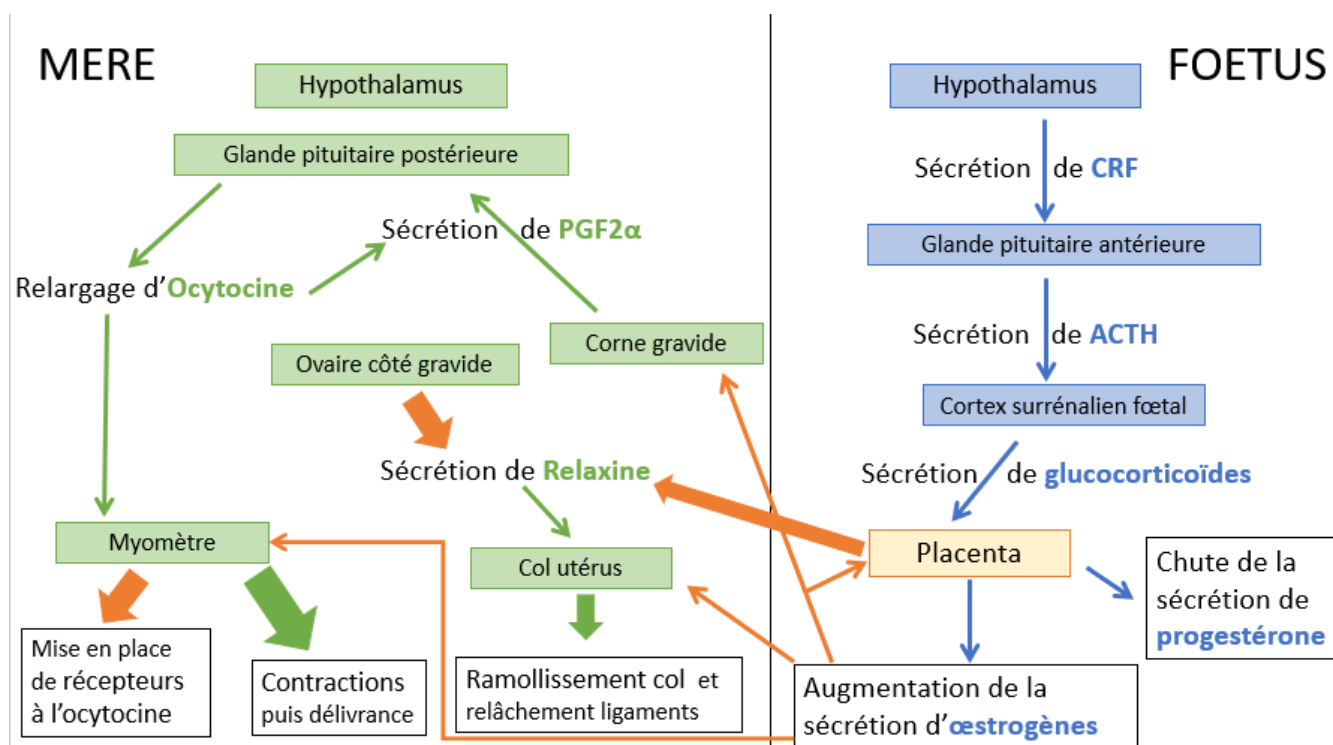
###### *a) Axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien fœtal*

C'est le fœtus qui donne le signal de départ du part. À l'approche du vêlage, le cerveau fœtal va augmenter la sécrétion de CRH. Alors l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien entre en jeu: l'ACTH est sécrétée par la glande pituitaire antérieure et induit la sécrétion de glucocorticostéroïdes, en particulier le cortisol, par les glandes surrénales (Thibault et Levasseur 2001). Ceux-ci induisent l'aromatisation de DHEA en œstrogènes, ceux-là même stimulant la synthèse des PGF2 $\alpha$  par le placenta. Les PGF2 $\alpha$  induisent alors la lyse du corps jaune gestatif, du fait de leur pouvoir lutéolytique (Youngquist et Threlfall 2007). Ainsi, la lutéolyse implique une chute du taux de progestérone. Tout ceci concourt au « débloccage » du myomètre utérin (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). La lyse du corps jaune est également responsable d'une libération aiguë de relaxine, participant au relâchement du ligament interpubien (Johnson et Everitt 2000).

Suite au démarrage des contractions utérines, une sécrétion additionnelle de PGF2 $\alpha$  se met en place en parallèle. De plus, le rapport œstrogènes sur progestérone étant élevé, cela induit la libération d'ocytocine par l'hypophyse postérieure ; la libération d'ocytocine étant amplifiée par la progression du part, à savoir via les contractions utérines et la dilatation du col. L'ocytocine va induire la libération des prostaglandines par rétrocontrôle positif (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

Du fait de la dilatation cervicale en cours, et par la remontée du fœtus dans la cavité pelvienne, la glande pituitaire maternelle va être stimulée mécaniquement (Mémeteau 2012). Cela induit alors une sécrétion d'ocytocine par l'endomètre maternel (Johnson et Everitt 2000). C'est ce qu'on appelle le réflexe de Ferguson. L'ocytocine va elle aussi agir sur le myomètre via les OT-R, et amplifier les contractions utérines (Jackson 2004).

Il est important de noter que les œstrogènes présents vont également induire le relâchement des ligaments du sacrum, qui sera utile d'un point de vue mécanique quant au passage du veau. L'ensemble de ce processus est schématisé dans la **figure 14** ci-après.



**Figure 14: Schématisation du déclenchement du part, avec la communication fœto-maternelle (Mélanie Gitton)**

## b) Modifications des systèmes fœtaux

### b.1) Système cardiovasculaire

À la naissance, la circulation placentaire devient pulmonaire grâce à la fermeture des trois shunts. Plus particulièrement, suite à l'oblitération des vaisseaux ombilicaux, le *ductus venosus* cesse d'emmener le sang au cœur. Au même moment, une chute de la résistance vasculaire dans les poumons a lieu, suite à l'amplification ventilatoire de ceux-ci et à l'augmentation de  $P(O_2)$  à leur niveau. Ainsi, on assiste à une diminution de la pression dans le compartiment cardiaque droite, et une augmentation de pression dans le compartiment gauche. Ceci renverse la circulation dans le *canal artériel*, dont la paroi se contracte suite à l'élévation de  $P(O_2)$ . Suite à ce renversement de circulation, le *foramen ovale* voit son clapet se refermer, bien qu'étant jusque-là maintenu ouvert par la circulation sanguine provenant de l'oreillette droite. Alors, le *foramen ovale* est obstrué et les deux compartiments cardiaques se voient séparés, pour alors commencer à fonctionner en série (Johnson et Everitt 2000). Chez le nouveau-né se met en place en réalité une circulation transitoire, où le *foramen ovale* et le canal artériel sont obstrués fonctionnellement mais pas encore anatomiquement. Parfois, on assiste donc à une réouverture de ces shunts.

## b.2) Système respiratoire

Pour initier une respiration normale à la naissance, il faut vaincre la viscosité et la tension superficielle des voies aériennes, ainsi que la résistance du tissu pulmonaire. Au cours de l'expulsion de veau, la pression intrathoracique va augmenter, ce qui permet l'élimination des liquides présents dans les voies respiratoires (Johnson et Everitt 2000). Le liquide résiduel sera quant à lui résorbé via les réseaux lymphatique et capillaire des poumons. Cette résorption est stimulée par le cortisol et l'adrénaline.

La respiration prénatale est alors très rapidement remplacée par une respiration normale et régulière.

## b.3) Système rénal

À la naissance, la fonction rénale doit changer radicalement, puisque l'eau et les électrolytes fournis jusque-là par le placenta ne sont plus en libre accès. La filtration glomérulaire néonatale est incomplète pendant les premiers mois de vie, ce qui implique que le fœtus risque l'hyponatrémie pendant cette période.

### 2. D'un point de vue maternel

#### a) Contractions du myomètre

##### a.1) Aspect mécanique

Le myomètre utérin est composé de cellules musculaires lisses reliées elles-mêmes par jonctions communicantes, entourées de tissu conjonctif (Johnson et Everitt 2000). La MEC joue un rôle plastique en assurant la transmission des forces contractiles générées par les cellules musculaires ; elle contient également un riche réseau vasculaire, lymphatique et nerveux. Le myomètre est composé de 3 couches liées par des faisceaux d'association, chacune des couches étant composée de cellules contractiles fusiformes, où l'appareil contractile cellulaire et le cytosquelette prennent 80% de place (Thibault et Lévassieur 2001). La contraction musculaire résulte à la base de la phosphorylation des chaînes légères de la myosine par une kinase dont l'activité est régulée par le complexe calcium-calmoduline (formé suite à l'augmentation du  $\text{Ca}^{2+}$  intracellulaire). La myosine est alors liée à l'actine. S'en suit alors une déphosphorylation par une phosphatase : la myosine se détache de l'actine et le muscle se relâche. La contraction se voit également régulée par deux protéines liées à l'actine, à savoir la calponine et la caldesmone. En effet, une fois ces deux protéines phosphorylées par une kinase, elles lèvent alors l'inhibition qu'elles généraient sur l'activité ATPasique de la myosine et augmentent donc la contraction musculaire (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

Globalement, en fin de gestation l'utérus passe d'un état quiescent à un état d'excitation, où des contractions vont être induites. Cela s'explique par l'action de deux hormones : les  $\text{PGF}_2\alpha$  stimulent la sortie de  $\text{Ca}^{2+}$  des réserves intracellulaires, et l'ocytocine abaisse le seuil

d'excitation cellulaire nécessaire à la décharge polarisante (Johnson et Everitt 2000). De plus, de par la croissance fœtale, des forces d'étirement s'appliquent sur l'utérus induisant une augmentation d'expression de la caldesmone en fin de gestation (Jackson 2004).

Tout cela concourt à des contractions utérines fortes qui font remonter le fœtus dans la cavité pelvienne en vue de l'expulser.

#### a.2) Aspect hormonal

En fin de gestation, le rapport progestérone sur œstrogènes s'inverse, on note une diminution de 40% de ce rapport. C'est le résultat de la levée du frein progestéronique. Le taux d'œstrogènes augmente alors très fortement (Youngquist et Threlfall 2007).

C'est par la mise en route de plusieurs voies de signalisation que la contraction utérine va démarrer : les prostaglandines, les endothélines, l'ocytocine, les catécholamines et l'acétylcholine (Thibault et Levasseur 2001).

Les prostaglandines ont différentes isoformes de récepteurs dans le myomètre : les récepteurs FP induisant les contractions et les récepteurs EP2, conduisant à la quiescence du muscle. Au terme de la gestation, l'expression des FP est augmentée et celle des EP2 est diminuée (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

Concernant l'ocytocine, plusieurs récepteurs peuplent également le myomètre et c'est le OT-R qui est le plus important concernant l'activité contractile (l'expression du gène OT-R augmente très fortement durant le vêlage). Suite à la stimulation des OT-R, en résulte la production des prostaglandines (PGF2 $\alpha$  et PGE2), elles-mêmes utiles à la maturation cervicale et facilitant la contraction utérine (Johnson et Everitt 2000).

L'endothéline est produite au niveau de l'unité utéro-fœto-placentaire. Divers récepteurs lui correspondent, mais il a été démontré que ce sont les récepteurs A qui prédominent dans le myomètre. Leur expression augmentant en fin de gestation, le pouvoir contractile de l'endothéline est par conséquent lui aussi augmenté (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

Les catécholamines, et tout particulièrement la noradrénaline, sont des neurotransmetteurs des fibres postganglionnaires du système sympathique innervant le myomètre. Durant la gestation, du fait de l'imprégnation par la progestérone, ce sont de nombreux récepteurs  $\beta$ 2-adrénergiques qui sont présents dans l'utérus, récepteurs responsables d'effets relaxants. A terme, les rapports entre les récepteurs changent et ce sont des récepteurs  $\alpha$  qui s'imposent, responsables eux d'un effet excitant (Thibault et Levasseur 2001).

L'acétylcholine est quant à elle un neurotransmetteur des fibres parasympathiques innervant également le myomètre. Elle agit sur les récepteurs muscariniques (Thibault et Levasseur 2001).

Chacune de ces voies fait donc intervenir des récepteurs, tous ayant en commun le principe de fonctionnement : une protéine G et des phospholipases C. A terme, c'est la PGF2 $\alpha$  qui provoque un influx de Ca<sup>2+</sup> via les canaux voltage dépendants, produisant donc au final une contraction (Thibault et Levasseur 2001).

### *b) Maturation cervicale et ouverture du col*

Le col de l'utérus est constitué de près de 90% de tissu conjonctif. Peu avant le vêlage le col se prépare à se dilater sous l'effet des contractions utérines par la maturation. Ainsi les glycosaminoglycanes vont être redistribués, avec pour conséquence une augmentation de l'hydratation tissulaire mais aussi l'augmentation du taux d'acide hyaluronique (Johnson et Everitt 2000). De plus, la trame collagénique va se désorganiser suite à l'activité collagénase accrue qui a détruit une partie du collagène I présent. Enfin, de par l'afflux des polynucléaires neutrophiles, des mastocytes et de macrophages, on assiste à la synthèse de métalloprotéinases et de cytokines (Thibault et Levasseur 2001).

Enfin, le col est prêt à se dilater sous l'effet des contractions utérines efficaces, ordonnées et rythmées. La dilatation cervicale augmente de façon exponentielle dans les trois derniers jours de gestation (Jarrige 1984).

### *c) Autres changements*

#### *c.1) Modifications de la structure des cotylédons*

Le stroma cotylédonaire développe en fin de gestation un nouveau type de cellules : les cellules géantes polynucléées. Elles ont un pouvoir phagocytaire et métabolique. De plus, à la fin du 8<sup>ème</sup> mois de gestation, le nombre de cellules épithéliales maternelles commence à diminuer dans les cryptes (Thibault et Levasseur 2001).

#### *c.2) Production du colostrum*

Le colostrum correspond à la sécrétion mammaire produite en fin de gestation et quelques jours après le vêlage. Il est très riche en protéines et anticorps, et participe donc au transfert d'immunité passive de la mère au petit (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014). Sa composition varie donc du lait, lui-même composé pour la vache de : 87.3% d'eau, 3.9% de lipides, 3.2% de protéines totales, 4.6% de glucides et 0.7% de minéraux (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

## *3. Les prodromes visibles par l'éleveur*

Plusieurs modifications physiques de la mère dans les 24 heures précédant le vêlage (Salisbury et VanDemark 1961; Wattiaux 1999).

Le prodrome le plus important est le développement de la mamelle. En effet, le colostrum va être sécrété en vue de l'arrivée du veau.

Nous pouvons également noter une modification de la conformation vulvaire : elle paraît œdématisée et sa taille est augmentée. À cela s'ajoutent des écoulements muqueux, correspondant à la fonte du bouchon muqueux qui rendait jusque-là l'utérus aseptique.

La mère adopte également une posture « cassée » ; suite au relâchement des ligaments sacro-iliaques, sous influence des œstrogènes sécrétés en quantité importante, l'abdomen paraît

tirer le dos de l'animal vers le sol. Le fœtus déforme la cavité abdominale par son poids du fait du relâchement de cette sangle ligamentaire.

Enfin, la future mère semble plus agitée : il est régulièrement rapporté des troubles alimentaires ainsi que des mouvements dans la case inhabituels. Les mères ont tendance à alterner le coucher et le relever et à avoir la queue relevée en permanence.

Globalement tous ses prodromes se retrouvent quelque-soit la naissance, mais avec des variations de durée propres au nombre de gestation.

Prodromes visibles	Pluripares	Nullipares
Vulve	-15 à -10h	-10 à -4h
Écoulements muqueux	-4 à -2h	-2 à -1j
Développement de la mamelle (avec colostrum)	-13 à -10h	-13 à -10h
Relâchement des ligaments sacro-iliaques	-10 à -6h	-4 à -2h
Agitation	Très variable	

**Tableau II: Prodromes et durée jusqu'au vêlage selon que l'animal soit nullipare ou pluripare (d'après Guérin, 2015-2016 et Saint-Dizier, 2014)**

Bien sûr, l'ouverture du col peut être appréciée manuellement, par une fouille vaginale. Suivant l'ouverture du col, nous pouvons évaluer approximativement la durée qui sépare du vêlage.

Dilatation cervicale	Nombre d'heure précédant le vêlage
2-3 doigts, soit 2 à 8 cm	5-9h
Main, soit 8-12 cm	2-8h
Bras passe, soit 12-16 cm	1-5h

**Tableau III: Evaluation du nombre d'heures avant le part en fonction de la dilatation cervicale (d'après Guérin, 2015-2016)**

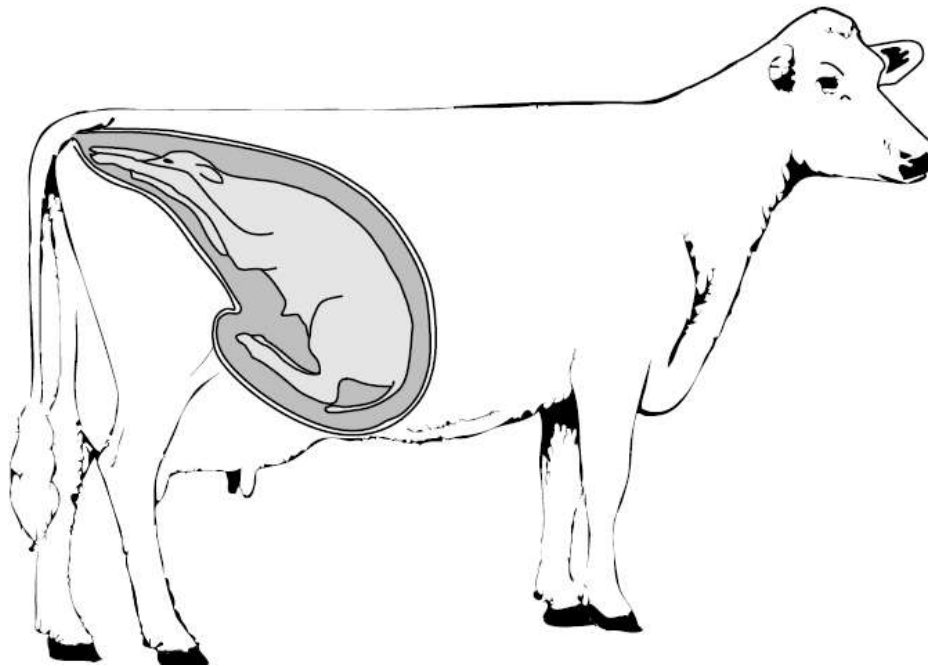
Il est important de noter que ces données donnent un ordre d'idée et ne sont pas précises ; il existe en effet des variations dû à l'âge de l'animal, la race, l'intervention ou non de l'éleveur, ... Quoiqu'il en soit, une fois le col totalement dilaté, il est impossible de le reconnaître par palpation. On dit qu'il est effacé.



## B. Expulsion du fœtus

### 1. Déroulement normal

L'expulsion du fœtus se fait une fois que celui-ci est remonté dans la cavité pelvienne, grâce aux contractions abdominales et adopte une position particulière, dite dorso-sacrée (**figure 15**). Du fait de la pression du veau sur le col et sur le vagin, la glande pituitaire est stimulée et libère de l'ocytocine. Celle-ci va donc, comme expliqué précédemment, favoriser encore plus de contractions myométriales. C'est le réflexe de Ferguson (Peters et Ball 1995).



**Figure 15: Position normale d'un fœtus en vue du vêlage (Wattiaux, 1999)**

Tout d'abord va se produire la rupture de la première poche des eaux, l'allantoïde. À compter de ce moment, le veau a une survie estimée à 8 heures (Jackson 2004). Puis l'amnios va se rompre, du fait des contractions utérines qui se poursuivent. Les fluides amniotiques sont alors expulsés massivement de l'utérus. Le processus de rupture des différentes membranes au cours du part s'explique par la diminution de la résistance élastique de celles-ci à cause des forces d'étirement in utero du fait des contractions utérines et du remodelage de la MEC (Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

Pendant le travail à proprement parlé, qui dure d'une demi-heure à 3 heures en temps, le fœtus va s'accommoder à l'espace qui lui est offert pour sortir : son corps va légèrement se déformer, et les membres vont s'allonger (Jackson 2004). La mère quant à elle adopte physiologiquement une posture plus confortable, le plus souvent couchée.

Des contractions abdominales s'ajoutent aux contractions utérines pour faire progresser le veau, qui, de par son trajet étire encore un peu plus l'utérus (Youngquist et Threlfall 2007). L'effort le plus important fourni par la mère semblerait être au moment du passage de la tête du fœtus. Ensuite le corps semble sortir plus facilement, avec parfois dans le cas des veaux culards, des difficultés à nouveau présentes au passage du bassin et des fessiers (Jackson 2004).

En fin d'expulsion, les grassets du fœtus vont imprégner un mouvement de bascule facilitant sa sortie. Durant tout le processus d'expulsion, il est fréquent de voir la mère se tourner d'une position sternale à une position latérale ; de plus certaines lèvent un postérieur. Ces modifications posturales permettent d'ouvrir le bassin et d'offrir un plus grand espace de passage à leur progéniture.

## 2. Situation anormale

Parfois, il s'avère que le veau n'est pas capable de sortir sans l'intervention humaine. Nous parlons alors de part dystocique. Il existe bon nombre de dystocies, certaines maternelles et d'autres fœtales (DeBruin 1910; Guérin 2016; Saint-Dizier et Chastant-Maillard 2014).

### a) Dystocies d'origine maternelle

Les dystocies d'origine maternelle peuvent être dues à un défaut de forces expulsives (Jackson 2004). Ainsi, cela peut être dû à une inertie utérine, qui peut elle-même être primaire ou secondaire. Ceci peut également venir de la naissance d'un prématuré ; en effet le corps de la mère n'est pas prêt donc il n'y a ni contraction utérine et abdominale, ni dilatation cervicale. Les forces abdominales peuvent être insuffisantes et ne pas aider à la remontée du veau dans la filière pelvienne. La rupture utérine peut également être une cause de dystocie, tout comme la torsion utérine (**figure 16**).

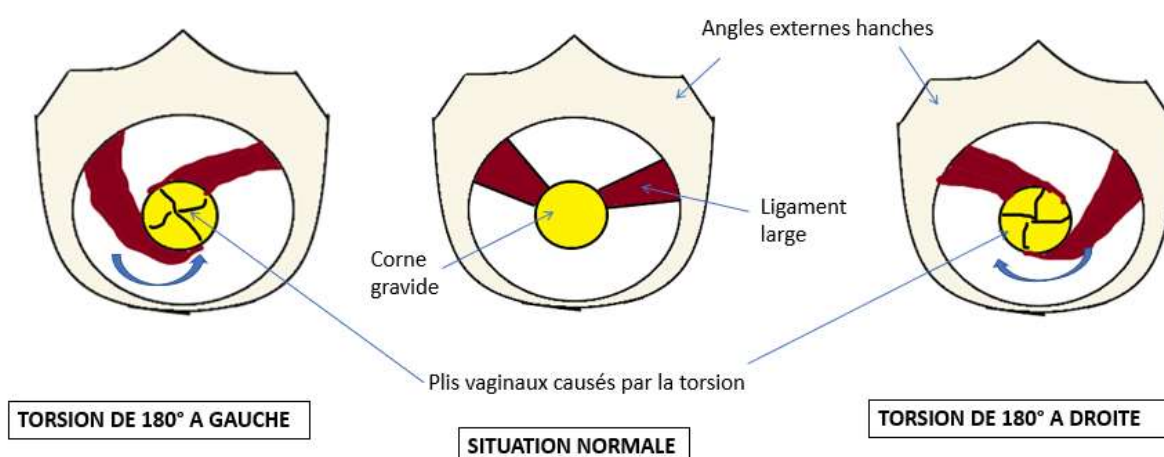


Figure 16: Schématisation des torsions utérines possibles, comparées à un utérus normal (Mélanie Gitton)

Ces dystocies maternelles peuvent être liées à l'obstruction du canal de naissance, à savoir la filière pelvienne, l'utérus, le vagin et la vulve (Jackson 2004). Ainsi, les dimensions du pelvis peuvent être insuffisantes, comme c'est souvent le cas chez les génisses. Le problème peut venir des tissus mous : vulve insuffisamment relaxée, le vagin trop peu relaxé ou le col trop peu dilaté. La torsion utérine peut également obstruer le passage du veau, qu'elle ait eu lieu au cours de la gestation, ou bien au terme de la gestation (Hopper 2015). Enfin, la déviation utérine vers le bas peut également être un facteur gênant pour le passage du veau.

#### *b) Dystocies d'origine fœtale*

La disproportion fœto-pelvienne est la première dystocie d'origine fœtale. Le fœtus est bien trop gros par rapport au passage qu'offre le bassin de la mère, qui lui est très peu malléable (Jackson 2004).

Il existe également les dystocies causées par des monstres (Jackson 2004). Nous pouvons être face à des jumeaux accolés, un veau cœlosomien, un veau bouledogue, un veau hydrocéphale, un fœtus anasarque ou bien de l'ascite fœtale (Hopper 2015). Les différents monstres sont présentés sur la **figure 17**.

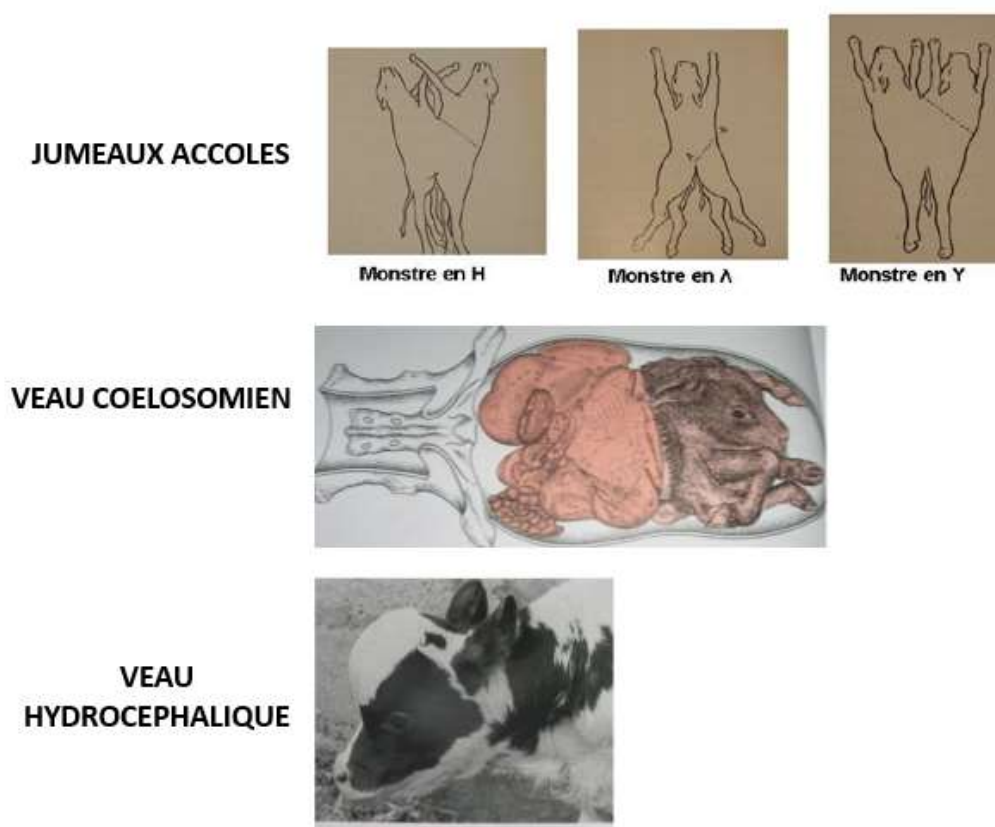
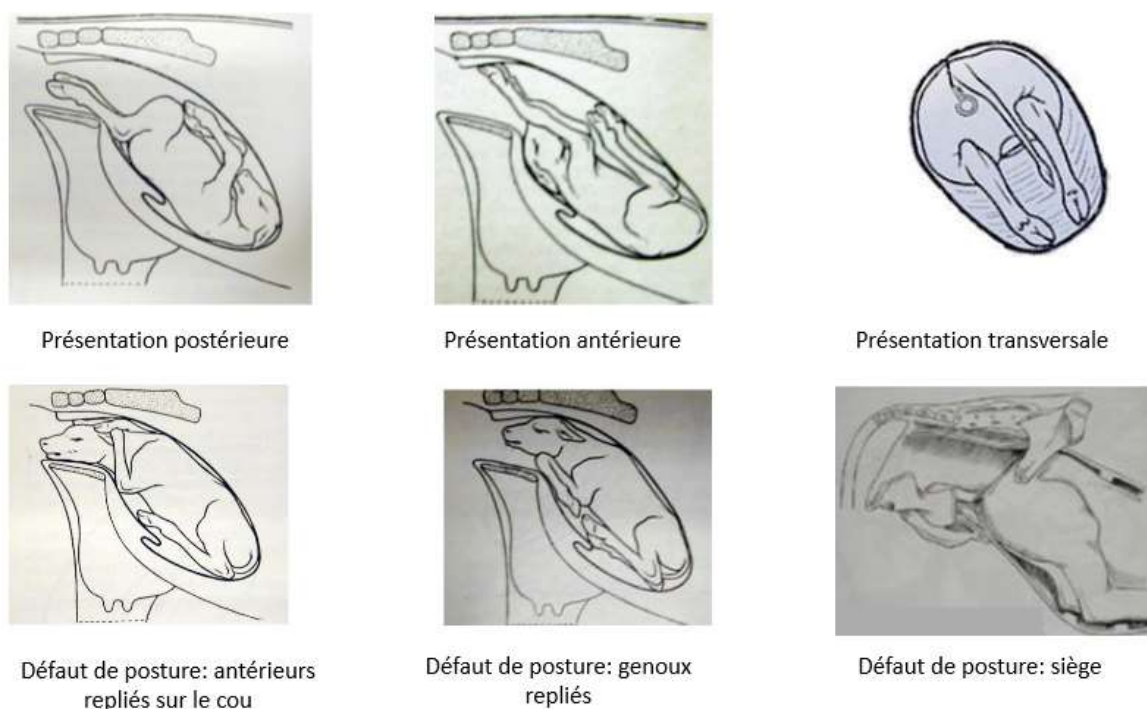


Figure 17: Exemples de monstres (Chastant-Maillard et Saint-Dizier 2009; DeBruin 1910; Guérin 2016; Hopper 2015)

Les dystocies peuvent également dues à une mauvaise disposition fœtale (Jackson 2004) (**figure 18**). Le problème peut être une mauvaise présentation : présentation postérieure, présentation transverse, présentation verticale. Il peut également être lié à une malposition ou bien une mauvaise posture : déviation latérale de la tête, déviation de la tête vers le bas, rétention d'un membre antérieur (flexion du carpe, flexion de l'épaule), rétention d'un membre postérieur (flexion du jarret, flexion de la hanche). La dystocie peut être enfin liée à la présentation simultanée de plusieurs veaux (jumeaux ou naissance multiple).



**Figure 18: Exemples de mauvaises présentations et postures (Chastant-Maillard et Saint-Dizier 2009; DeBruin 1910; Guérin 2016; Hopper 2015)**

Enfin, les dystocies peuvent être causées par la mort fœtale (Jackson 2004): le fœtus n'ayant pas déclenché le vêlage, la mère à elle-seule ne peut réussir à extraire son petit.

### *c) Solutions apportées par l'éleveur et/ou le vétérinaire*

#### *c.1) Extraction forcée*

De nombreuses manipulations du veau peuvent être réalisées dans l'utérus, ainsi de corriger les mauvaises dispositions fœtales par exemple. Il est également possible d'aider le col à se dilater par un massage. Concernant la vulve, l'épisiotomie peut être envisagée si le veau semble trop forcer dessus au moment de sa sortie.

Toutes ces manipulations sont à associer à l'extraction forcée du veau, que ce soit en mettant des cordes et à l'aide d'un autre opérateur, ou bien en utilisant une vèleuse.

### c.2) Césarienne

Lorsqu'éleveur et vétérinaire jugent l'extraction forcée trop risquée pour le veau comme pour la mère, il reste la solution chirurgicale (Jackson 2004). La césarienne est dans la très grande majorité des cas réalisée sur le flanc gauche de l'animal, du fait de la facilité d'accès à l'utérus.

Nous allons à présent détailler les étapes d'une césarienne à gauche :

1. Injection dans la veine caudale de Clenbutérol, pour inhiber les contractions utérines
2. Tonte large de la zone abdominale
3. Lavage avec savon et solutions antiseptiques
4. Anesthésie locale à la Procaïne : en L, traçante
5. Incision cutanée avec les repères suivants : une main de la dernière côte et une main des processus transverses des vertèbres lombaires (lame de scalpel)
6. Incision musculaire plan à plan : muscles oblique externe, oblique interne et transverse (lame de scalpel)
7. Incision du péritoine (lame de scalpel)
8. Recherche de la corne gravide et repérage de la position du veau
9. Incision dans la grande courbure de la corne utérine à l'utérotome
10. Sortie du veau (vérification qu'il est vivant, respire correctement, crache les sécrétions muqueuses,.. )
11. Suture de l'utérus étanche, transfixante. Utilisation de points Schmidden, ...
12. Vidange des divers jus abdominaux
13. Injection antibiotique dans la cavité abdominale
14. Suture des plans musculaires : péritoine et transverse, puis oblique interne et oblique externe
15. Suture cutanée
- (16. Injection antibiotique en intra-musculaire)

### c.3) Foetotomie

Malheureusement, il arrive qu'à l'arrivée du vétérinaire, ou bien après manipulation, le foetus soit mort et les opérateurs dans l'incapacité de l'extraire. Lorsque la césarienne n'est pas une option choisie, il reste encore la possibilité de découper le veau pour l'extraire de la mère. Pour cela, le vétérinaire passe la scie-fil entre les membres ou bien autour de la tête. Le but est d'éliminer les parties gênantes pour ensuite faire passer le reste du veau, grâce à des cordes ou bien un crochet (couramment mis dans l'œil).

## C. Expulsion des annexes (délivrance)

Pratiquement, la délivrance correspond au « décollement des épithéliums maternel et fœtal, les villosités choriales issues du fœtus quittant les cryptes cotylédonaires de la mère », d'après .

En cas de vêlage non compliqué, les annexes seront expulsées dans les 12 heures suivant la naissance du veau. Cela correspond d'ailleurs à l'une des étapes du puerpérium, composé également de l'involution utérine.

Après l'expulsion du fœtus, les contractions du myomètre se poursuivent, tout comme la libération de PGF2 $\alpha$  et de l'ocytocine. Cela concourt à une diminution rapide de la taille de l'utérus (Peters et Ball 1995). De plus, du fait des contractions utérines, de nombreux changements de pression sanguine ont lieu dans l'utérus. Cela aboutit à une alternance d'anémie et d'hyperémie au niveau des cotylédons ; ainsi qu'à un relâchement des tiges cotylédonaires (Jarrige 1984). Ces phénomènes induisant à la fois une collagénolyse et une vacuolisation, le tissu chorial finit par nécroser.

De plus, après l'expulsion du fœtus le cordon ombilical se rompt. Cela induit une hémorragie qui conduit à l'affaissement des villosités choriales. Les contractions utérines se poursuivant plusieurs heures après l'expulsion du veau, le placenta nouvellement séparé des cotylédons peut alors lui aussi être expulsé (Thibault et Levasseur 2001).

## IV. Exemples de molécules et techniques utiles pour déclencher ou aider la parturition

### A. Molécules à utilisation recommandée pour déclencher le part

Le part peut être déclenché pour de nombreuses raisons. D'un point de point de vue thérapeutique, cela peut être pour soulager une vache paralysée avant vêlage, en cas de fractures, en cas d'hydropisie des membranes fœtales ou bien encore une gestation bien trop longue. Il est également possible de procéder au déclenchement du vêlage pour des raisons zootechniques, telles que le regroupement des vêlages, la prévention d'éventuelles dystocies ou bien encore une facilité de surveillance des naissances. Plusieurs protocoles sont possibles, que nous allons maintenant détailler.

## 1. Glucocorticoïdes

Après 255 jours de gestation, il est possible d'induire la parturition par injection de corticoïdes synthétiques tels que la dexaméthasone (Saint-Dizier 2006). Il a été montré que lorsque l'on induit le vêlage entre le 14<sup>ème</sup> jour et le 5<sup>ème</sup> jour précédant le terme, le veau sera viable et la sécrétion lactée présente ; de plus il n'y aura pas de différence significative concernant le poids de l'animal (Peters et Ball 1995). Les glucocorticoïdes agissent sur le fœtus directement, en prenant part à la cascade endocrine physiologique du petit au moment du vêlage (détaillée *chapitre 1, partie « III. A. 1. Axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien fœtal »*) (Hopper 2015). Ceci implique que les corticoïdes ne seront efficaces que si le fœtus est vivant (Jarrige 1984). En effet, il va induire une rétroaction négative sur l'ACTH fœtal, puis ensuite induire une production massive d'ACTH et donc de corticoïdes.

De plus, l'injection de corticoïdes contribue à augmenter la cortisolémie fœtale et donc à favoriser la maturation fœtale et son adaptation à la vie aérienne. Ainsi, cela implique (Chastant-Maillard et Saint-Dizier 2009):

- changement d'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène
- maturation de l'intestin grêle
- maturation du poumon avec la synthèse de surfactant
- maturation de la thyroïde, ayant un rôle dans la thermogénèse
- maturation du pancréas et du foie
- accumulation de réserves de glycogène et production d'adrénaline.

Cependant, il apparaît que le risque de rétention placentaire serait plus important suite à l'injection de corticoïdes à court délai d'action par rapport à des corticoïdes longue action (Bosc, Coulaud, et De Fontaubert 1971). De plus, la rétention placentaire et la potentielle endométrite qui suit seraient clairement associées à une infertilité ; cela affecterait donc la gestation suivante (Peters et Ball 1995).

## 2. Prostaglandines

Les prostaglandines et leurs analogues peuvent être utilisés également. Il est recommandé de ne pas les utiliser avant 270 jours de gestation. En particulier il semble intéressant d'utiliser les PGF2 $\alpha$  (Youngquist et Threlfall 2007). Les prostaglandines induisent le vêlage grâce à leur activité lutéolytique, qui va induire une chute de la progestéronémie (Chastant-Maillard et Saint-Dizier 2009).

## 3. Association de glucocorticoïdes et prostaglandines

Le plus couramment, les PGF2 $\alpha$  sont associées aux corticoïdes : une injection de dexaméthasone est réalisée, et si 6 jours après le vêlage n'a pas eu lieu, alors l'animal reçoit



des prostaglandines et des corticoïdes à nouveau. Dans les 48 heures suivant la deuxième injection, le vêlage aura eu lieu (C Hanzen 2009).

Là encore, il est conseillé de ne pas débiter ce protocole avant 270 jours de gestation (Canival 2009). Ce protocole impliquerait aussi une augmentation de la rétention placentaire, mais qui n'aurait cependant pas d'effet néfaste sur la fertilité ensuite (Peters et Ball 1995).

#### 4. Œstrogènes

S'ils sont administrés 72 heures après l'ovulation, les œstrogènes empêcheront le transit de l'embryon dans l'oviducte. Jusqu'à 5 mois de gestation, l'injection d'œstradiol conduit à l'avortement en 7 jours. (Youngquist et Threlfall 2007, 44)

Au moment du vêlage, l'injection d'œstradiol permettrait la maturation du placenta (C Hanzen 2009).

#### 5. Molécules reportant le part

Pour différer le moment du part, il est possible d'utiliser le clenbutérol en intra-veineuse ou par voie intra-musculaire (Peters et Ball 1995). Cette molécule stimule les récepteurs  $\beta$ -adrénergiques de l'utérus et en inhibent donc les contractions myométriales ; tout en permettant au col de conserver son activité. Cependant, le clenbutérol (Planipart<sup>®</sup>) ne peut être efficace que s'il est injecté avant dilatation complète du col ; auquel cas il offre un répit de 5 à 10 heures en moyenne (Chastant-Maillard et Saint-Dizier 2009). Il semble important de préciser que ce traitement n'a une influence que sur la première phase du vêlage, les durées des phases II et III n'étant en aucun cas modifiées. De plus, avec ce genre de protocole la vie du fœtus n'est pas menacée.

### B. Accidents d'administration, ou volonté d'avorter

#### 1. Antiparasitaires

Voici quelques antiparasitaires dont l'utilisation peut conduire à un avortement si la notice n'est pas respectée. Nous pouvons ainsi citer différentes familles (« MedVet - chapitre QP. Antiparasitaires, insecticides et répulsifs » s. d.).

##### Famille des avermectines :

Les avermectines sont à la fois antiparasitaire interne et externe. Elles ont donc une action contre les nématodes, à savoir les strongles digestifs, respiratoires et oculaires ainsi que contre les hypodermes. Leur spectre d'action se porte également sur les poux et les agents de



gale. L'ivermectine agit également contre les strongles sous-cutanés. Il est conseillé de ne pas l'utiliser dans les 21 à 60 jours avant le vêlage, selon le produit dans lequel on la retrouve. La doramectine quant à elle ne doit pas être utilisée après 7 mois de gestation révolus.

#### Famille des lactones macrolytiques :

Les lactones ont eux aussi une activité interne et externe, selon les produits. En effet, ils sont tous actifs contre les strongles digestifs et respiratoires et les hypodermes. De plus, les lactones agissent contre les poux piqueurs et broyeurs et contre les agents de gale. Nous pouvons citer par exemple la moxidectine à ne pas utiliser dans les 60 à 80 jours avant la date prévue du vêlage.

#### Famille des salicylanilides :

Ce sont les salicylanilides ayant des dérivés chlorés qui présentent des propriétés anti-helminthiques. En effet, cette famille présente une activité contre les strongles digestifs (nématodes), les hypodermes et les myases. Le closantel, appartenant à cette famille, ne doit pas être utilisé après 6 mois de gestation.

#### Famille des imidothiazoles :

Ce sont des antihelminthiques à large spectre. Dans le cas des bovins, ils sont actifs en particulier contre les strongles digestifs et respiratoires. L'une des molécules phares de cette famille est le lévamisole, qu'il est conseillé de ne pas utiliser après 7 mois de gestation.

#### Famille des organophosphorés :

Les organophosphorés sont des inhibiteurs de cholinestérases, qui agissent au niveau des synapses cholinergiques. Ils sont utilisés entre autre comme insecticides. Ils sont efficaces contre les poux, gales, tiques, myases et mélophages. La phoxime en fait partie ; elle ne doit pas être utilisée chez des bovins après 7 mois de gestation.

## 2. Antibiotiques

L'utilisation d'antibiotiques doit être raisonnée et en accord avec le vétérinaire. De nombreuses familles d'antibiotiques peuvent présenter des caractéristiques intéressantes pour le traitement de pathologies diverses et variées, mais également des effets délétères. Nous nous intéressons ici uniquement aux antibiotiques pouvant avoir des effets toxiques au cours de la gestation, ou bien provoquer une naissance trop précoce (Prouillac 2014).

#### Famille des Quinolones :

L'une des contre-indications relatives des molécules de cette famille concerne les animaux en gestation, en lactation ou bien en croissance. En effet, il existerait une toxicité de leur part au niveau du cartilage de croissance.

#### Famille des $\beta$ -lactamines :

Là encore, il existe une contre-indication relative concernant la gestation. Certaines pénicillines semblent avoir des effets tératogènes, ce qui n'est cependant pas le cas pour les pénicillines A et les céphalosporines.

#### Famille des tétracyclines :

Cette famille est contre-indiquée en cas de gestation puisque causant des malformations dentaires et osseuses, aussi bien chez le jeune en croissance qu'au stade fœtal, avec en particulier une diffusion transplacentaire marquée.

#### Famille des polypeptides :

La bacitracine présente une importante néphrotoxicité, à portée maternelle et fœtale. On ne l'utilise donc jamais par voie parentérale.

#### Famille des sulfamides et du triméthoprimé :

Globalement, leur toxicité est faible. Cependant, les sulfamides présentent une néphrotoxicité, à portée maternelle et fœtale.

#### Familles des nitrofuranes et nitro-imidazolés:

Ce sont des agents à pouvoir mutagène et cancérigène, ils sont interdits chez tous les animaux de rente. De plus, du fait de leur capacité à traverser la barrière placentaire, nous ne pouvons pas les utiliser chez les femelles gravides.

#### Famille des pleuromutilines :

La tiamuline présente une neurotoxicité chez le veau lors d'utilisation par voie intra-veineuse.

#### Famille des ionophores :

Cette famille présente une forte toxicité, de par sa capacité à perturber l'équilibre ionique intracellulaire. Cela conduit à une altération des mitochondries, en particulier dans les fibres musculaires striées ; aboutissant à des lésions cardiaques et musculaires.

Il ne faut jamais associer les ionophores avec la tiamuline ou les macrolides, qui ont un métabolisme P<sub>450</sub> dépendant, et que serait donc la cible directe des ionophores.

### 3. Corticoïdes et prostaglandines, seuls ou associés

Les PGF<sub>2α</sub> et leurs analogues sont les molécules de choix dans des protocoles d'avortements en cas de gestations de moins de 150 jours.

Si les PGF<sub>2α</sub> sont associés à la dexaméthasone, ils sont le protocole de choix dans les avortements entre 5 et 8 mois de gestation, car ils permettent d'inhiber à la fois les sources ovariennes et placentaires de progestérone. D'où l'importance d'associer ces deux molécules.

Au cours du dernier mois de gestation, la dexaméthasone ou la PGF<sub>2α</sub> seule peuvent induire un avortement en 2 à 3 jours (Youngquist et Threlfall 2007).

## C. Techniques

### 1. Massage du col

Lorsque l'éleveur visualise les prodromes signifiant l'approche du part, il arrive parfois que le col semble peu dilaté alors que la mère a déjà de fortes contractions. Ou bien, le col est en cours de dilatation et la mère tente déjà d'expulser le petit, qui peine à passer du fait du passage encore trop étroit. Il est alors possible d'effectuer un massage du col, pour favoriser sa dilatation (Jackson 2004). Il est conseillé d'utiliser des substances telles que du gel obstétrical. Cela apporte en plus une lubrification qui aidera le fœtus à sortir.

### 2. Méthodes mécaniques volontaires

Il est possible de faire exploser le corps jaune de l'ovaire par une pression importante lors d'une palpation transrectale (PTR), permettant de faire avorter une vache dans le cas d'une gestation de moins de 150 jours. Cependant, cette manipulation paraît risquée et pourrait en effet être à l'origine d'une hémorragie sévère ou encore provoquer des adhérences entre l'ovaire et la bourse ovarique. Il est aussi possible de rompre la membrane amniotique, dès lors que celle-ci est identifiable soit après 30-35 jours de gestation, par PTR également. Enfin, entre 60 et 120 jours de gestation, le fœtus peut être décapité pour induire l'avortement (Youngquist et Threlfall 2007). Il est également possible d'injecter une solution antiseptique dans l'utérus (C Hanzen 2008).

Globalement, toutes ces méthodes dites « mécaniques » existent et sont connues, mais ne sont plus utilisées à l'heure actuelle.

### 3. Palpation transrectale à effets involontaires

Entre 35 et 70 jours de gestation, il est possible d'effectuer une palpation transrectale sans risque uniquement si l'on teste les fluctuations présentes dans l'utérus. Cela représente un risque d'avortement (mise-bas précoce) dès lors que l'on palpe la vésicule amniotique ou bien les « fœtal membrane slip » (Youngquist et Threlfall 2007).

De plus, plusieurs auteurs ont montré que la palpation transrectale serait une cause iatrogène de mort fœtale, et d'autres au contraire n'arrivent pas à prouver l'implication de cet acte dans la mort fœtale. Concrètement, il est très difficile de différencier les vaches qui perdent leur fœtus du fait de la palpation de celles dont l'avortement est spontané, avec ou sans acte vétérinaire (Youngquist et Threlfall 2007). Globalement, avant 45 jours de gestation, la palpation transrectale semble augmenter le taux de mortalité embryonnaire (Hopper 2015).



# Chapitre 2 : La Lune et ses effets

## I. Généralités sur la Terre et la Lune

### A. La Terre

La Terre fait partie des planètes du Système Solaire. Elle est la troisième planète la plus proche du Soleil. La Terre interagit principalement avec le Soleil et la Lune, dont nous évoquerons plus précisément les effets tout au long de ce chapitre 2 de la partie bibliographique. Notre planète a un rayon d'environ 6 371 kilomètres, pour une masse de  $5,9722 \times 10^{24}$  kilogrammes (Taillet, Villain, et Febvre 2009).

Sur Terre, nous sommes soumis à de nombreux phénomènes en lien avec le reste du Système Solaire. Tout d'abord, la Terre tourne sur elle-même, chaque tour représentant un jour, soit 24 heures. Du fait de ses tours, et donc de son passage devant le Soleil, il existe une alternance jour/nuit. Ce premier phénomène impacte les êtres vivants, au niveau des phases de sommeil par exemple.

De plus, la Terre tourne autour du Soleil ; un tour étant complet après 365,25 jours soit une année. Du fait de cette rotation, cela génère les saisons. Certains animaux sont sensibles à cette alternance saisonnière, qui provoque par exemple des périodes d'hibernation ou bien les périodes de rut.

Beaucoup d'autres effets peuvent être rapportés, que nous ne détaillerons pas ici puisque n'étant pas l'objet de notre manuscrit.

### B. La Lune, un astre proche de la Terre

La Lune est l'astre du Système Solaire le plus proche de la Terre. C'est d'ailleurs le seul satellite naturel de notre planète. La Lune a un diamètre de 3476,4 kilomètres, pour une masse de  $7,3477 \times 10^{22}$  kilogrammes, soit 1/81ème de la masse terrestre (« Club Astronomie Amateur Boucherville Montérégie - CAABM » 2011).

Newton, grâce à l'une de ces célèbres formules, a permis de définir la pesanteur sur les planètes (Taillet, Villain, et Febvre 2009):

$$F = m \times a$$

m : masse de la planète

a : accélération

Du fait de son poids bien moins élevé que la Terre, la pesanteur y est donc bien plus faible (6 fois moins que sur Terre).

De plus, la Lune tourne autour de la Terre avec une trajectoire elliptique, la distance les séparant allant de 356 000 km à 406 700 km, soit 60,3 rayons terrestres. Cette trajectoire est donc l'orbite lunaire. Il permet, ainsi que les mouvements lunaire et terrestre, de définir les révolutions, que nous verrons ci-après dans la partie I. C. Cycle lunaire.

De nombreuses forces physiques s'exercent entre la Terre et la Lune, dont les forces d'attraction. Leurs effets seront détaillés dans la partie II. A. Influence de la Lune sur les marées.

## C. Cycle lunaire

Le cycle des phases lunaires est défini par la lumière du Soleil, réfléchi sur sa surface en fonction de l'alignement du Soleil, de la Lune et de la Terre (Christophe 1999). Nous allons définir les différents paramètres de ce cycle.

### 1. Révolution

On définit la révolution comme le mouvement de translation périodique, circulaire ou elliptique, en mécanique céleste. Cela permet de définir la période de révolution, comme durée mise par un astre pour faire un tour entier de son orbite autour d'un astre (Taillet, Villain, et Febvre 2009).

Il existe donc plusieurs types de révolution, ce que nous allons décrire ci-après.

#### a) Révolution synodique

La révolution synodique correspond au temps que la Lune met, lors de sa rotation autour de la Terre, pour revenir dans le même alignement que le Soleil, vu de la Terre (Taillet, Villain, et Febvre 2009). De ce fait, cela définit les différentes phases lunaires, au cours d'une période synodique.

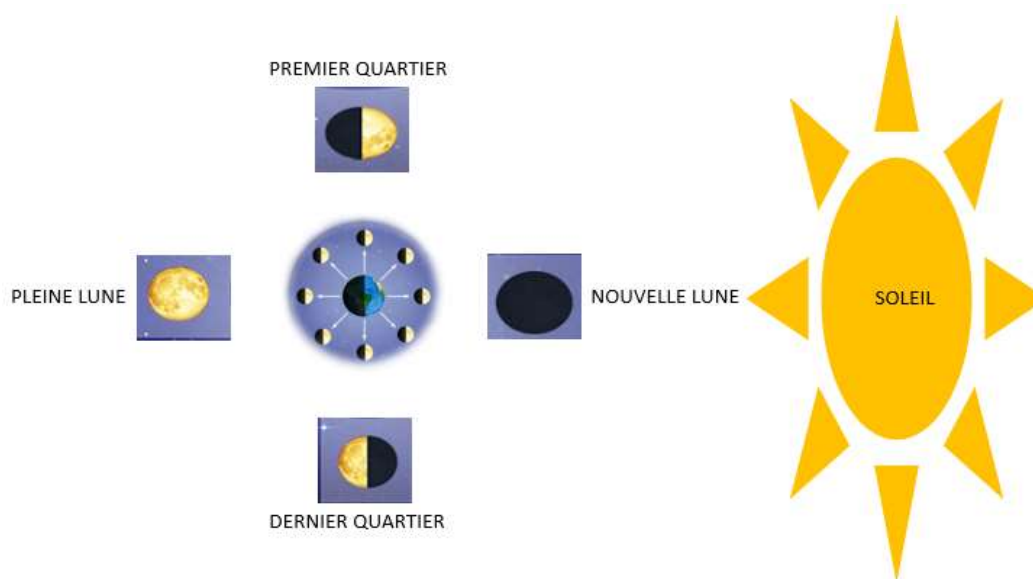
Ainsi, sont définies les phases suivantes (**figure 19**):

- La Nouvelle Lune
- Le premier quartier
- Le dernier quartier
- La Pleine Lune

Les quatre phases dans cet ordre définissent le mois synodique lunaire, qui dure 29,531 jours (Taillet, Villain, et Febvre 2009). Ainsi nous pouvons noter les jours d'un mois lunaire de 0 à 29. La valeur de la révolution synodique n'étant pas ronde, cela explique que certains mois nous aurons un cycle 28 ou bien de 30 jours lunaires.

Grâce au concept de révolution lunaire synodique, nous pouvons également définir :

- Lune croissante, c'est-à-dire de la Nouvelle Lune à la Pleine Lune. Chaque jour la surface lumineuse augmente.
- Lune décroissante, c'est-à-dire de la Pleine Lune à la Nouvelle Lune. Chaque jour la surface lumineuse diminue.



**Figure 19: Définition des différentes phases de la révolution synodique (d'après Taillet et al, 2009)**

### *b) Révolution sidérale*

La révolution sidérale est quant à elle la rotation de la Lune sur elle-même. Elle peut également être appelée révolution périodique et dure 27,322 jours (Taillet, Villain, et Febvre 2009). Cette différence avec la révolution synodique s'explique par le fait que la Terre tourne autour du Soleil en même temps que la Lune tourne autour de la Terre. Or la trajectoire de la Lune autour de la Terre étant elliptique et l'alignement de ces trois astres étant nécessaire pour définir la position synodique, la Lune doit continuer d'avancer pour se retrouver au même point.

### c) Révolution anomalistique

Dans le cas de la Lune, le mouvement autour de la Terre suit une trajectoire elliptique, et comprend deux points d'intérêt. Tout d'abord, l'apogée (**figure 20**), qui est le point de l'ellipse où Terre et Lune sont les plus éloignées. En ce point, la vitesse de déplacement de la Lune est la moins élevée, d'après la deuxième loi de Kepler (Szabo 2005). À l'inverse, se décrit le périgée (**figure 20**), comme le point de l'ellipse où Terre et Lune sont les plus proches. En ce point, la vitesse de la Lune y est la plus élevée. La révolution anomalistique correspond au temps que met la Lune pour aller d'un point de périgée au point de périgée suivant. Elle dure donc 27,555 jours (Taillet, Villain, et Febvre 2009).



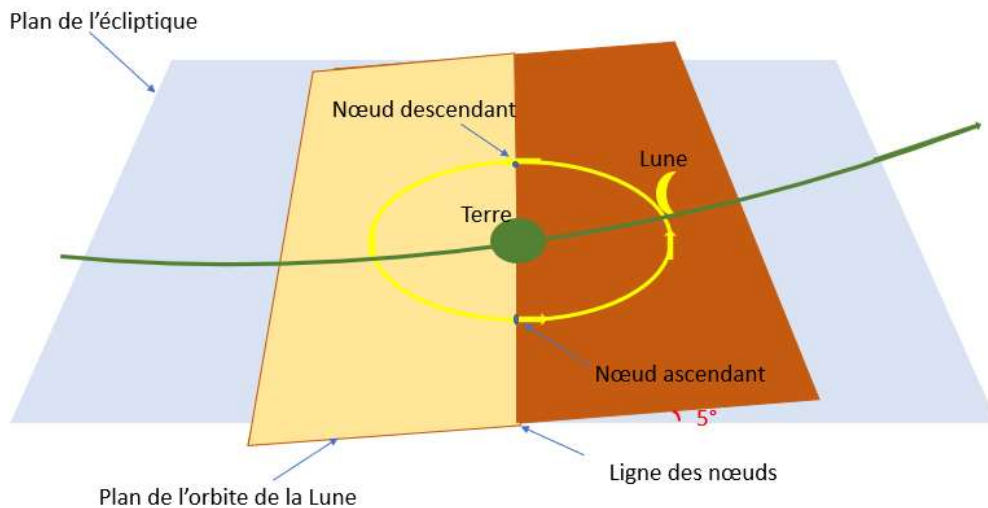
Figure 20: Représentation des points d'apogée et périgée (d'après Taillet et al, 2009)

### d) Révolution draconitique

Pour comprendre cette révolution, il faut savoir qu'il existe un plan de l'écliptique. Ce plan est défini par deux lignes, à savoir la ligne Terre-Soleil et la ligne de l'écliptique qui est la trajectoire que parcourt le Soleil dans le ciel (**figure 21**).

Le trajet de la Lune autour de la Terre, en forme d'ellipse comme dit précédemment, a lieu dans un plan d'inclinaison de  $5^\circ$  par rapport à ce plan de l'écliptique. Cela implique, qu'à un moment de sa trajectoire la Lune est au-dessus de ce plan et à un autre, elle est en dessous (Taillet, Villain, et Febvre 2009). La Lune coupe donc le plan de l'écliptique en différents points, nommés nœuds. Ils sont ascendants lorsque la Lune est descendante, et descendants en Lune montante (**figure 21**). La révolution draconitique est donc le temps mis d'aller d'un nœud au suivant, identique. Elle dure donc 27,212 jours (Taillet, Villain, et Febvre 2009).





**Figure 21: Représentation des différents plans (à partir de Taillet et al, 2009)**

## 2. Rotation

La Lune, tout comme la Terre, tourne en permanence sur elle-même. La durée de cette rotation est égale à celle de la révolution synodique, soit 29.531 jours. Cela implique que de la Terre, nous voyons toujours la même face de la Lune.

Après avoir donné un certain nombre de généralités concernant la Lune et défini les cycles lunaires d'intérêt, nous allons détailler l'influence de la Lune à de nombreux niveaux. Nous allons d'abord nous concentrer sur les effets sur Terre puis nous détaillerons l'impact sur les êtres vivants (homme puis animal).

## II. Les influences diverses de la Lune

### A. Influence de la Lune sur les marées

Sur Terre, les océans représentent plus de 70% de la surface planétaire. Or, les marées océaniques sont dues à l'ensemble des forces d'attraction gravitationnelle dont la Terre est sujet.

Grâce à sa loi de l'attraction universelle, Newton fut le premier à expliquer le phénomène de marées (Taillet, Villain, et Febvre 2009):

$$F = G \times (mm')/d^2$$

$m$  : masse de la Lune ou du Soleil

$m'$  : masse de la Terre

$d$  : distance Terre-Lune ou Terre-Soleil

La Lune accomplit sa révolution en 27,33 jours ; dans le même sens que la Terre tourne sur elle-même en 24 heures. La Lune passe au même point (vu de la Terre) toutes les 24 heures et 50 minutes. Pendant ce temps, a lieu deux cycles complets de marées. L'intervalle entre deux marées est de 12h25, un cycle représentant donc une marée montante puis une descendante.

De plus, la Lune, malgré sa petite taille, étant plus proche de la Terre que le Soleil, exerce une attraction 2,2 fois supérieure à celle provoquée par le Soleil sur la Terre. L'impact solaire sera cependant particulièrement notable lorsque Soleil et Lune sont alignés, c'est-à-dire en nouvelle et pleine Lune. Les marées seront donc alors de forte amplitude. A l'inverse, lorsque les deux astres sont en quadrature, c'est-à-dire à 90° d'angle, les marées sont de faible amplitude puisque les forces de chacun s'opposent (Melchior et Ducarme 1989).

Il faut également noter que Lune et Soleil sont à l'origine d'autres types de marées. Le premier type est représenté par les marées terrestres, dues au fait que la Terre est élastique. Du fait de cette élasticité, le globe terrestre se déforme ce qui modifie le potentiel gravitationnel de la Terre. Cela impacte directement les forces d'attraction des satellites de la Terre, comme la Lune.

Le second type correspond aux variations de pression atmosphérique, sur le même principe que les marées océaniques, puisqu'océans et atmosphère répondent aux mêmes forces. L'effet prédominant des marées atmosphériques et océaniques est à 12 heures (Melchior et Ducarme 1989).

Il existe une interaction entre les types de marées puisque les marées fluides (océaniques et de pression atmosphérique) exercent une attraction gravitationnelle en même temps qu'elles déforment le globe terrestre par surcharge.

## B. Influence de la Lune dans les phénomènes météorologiques

Une étude statistique américaine, publiée en 1972 dans « Monthly Weather Review », a porté sur différentes données météorologiques de l'Atlantique nord au Pacifique nord-ouest pendant 78 ans. Il en est ressorti que lors du cycle synodique lunaire, les 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> jours suivant la nouvelle et la pleine Lune sont plus pluvieux que la moyenne. De plus, il apparaît que les ouragans et de typhons sont plus fréquents à la nouvelle et pleine Lune (78% en plus), contrairement aux autres jours (Carpenter, Holle, et Fernandez-Partagas 1972). Également, les tempêtes tropicales qui ne sont pas devenues des ouragans étaient toujours plus proches des quartiers lunaires. Enfin, ils ont démontré que la révolution anomalistique a un impact sur l'amplitude des ouragans, et non sur leur formation même (Carpenter, Holle, et Fernandez-Partagas 1972).

Une autre étude américaine a porté sur 50 ans de pluviométrie en mesure directe au niveau de l'ensemble du continent américain et sur 91 ans de relevés en stations. Les analyses ont révélé que la plus forte pluviométrie a toujours lieu dans la première et troisième semaine du mois synodal (Bradley, Woodbury, et Brier 1962), défini plus haut avec la révolution synodique.

Une dernière étude, réalisée en collaboration entre Université de Bourgogne-France Comté et le Centre Départemental de Météo-France de Besançon, s'est penchée sur l'influence de la Lune en terme de climatologie. Elle part d'un postulat populaire basé sur les phases lunaires. En effet, suivant si la Lune est montante ou descendante, nous lui prêtons depuis de nombreuses années des « pouvoirs » comme par exemple la pousse des cheveux, ou comme le suppose l'étude, le changement de temps. Elle révèle que la Lune n'a aucun effet sur un changement de temps, quelle que soit l'hypothèse utilisée (le changement de Lune provoque/ne provoque pas de manière certaine un changement de temps) (Joly, Gresset-bourgeois, et Vermot-Desroches 2008). Ces différentes hypothèses ont été testées avec plusieurs paramètres pour avoir un impact statistique : minima et maxima de températures, pression atmosphérique, précipitations et ensoleillement. En réalité, le temps est particulièrement instable dans un climat tempéré comme le nôtre, en France. Cette pensée collective d'une influence de la Lune serait dû à un inconscient collectif, qui sélectionne de manière positive uniquement les changements reliés à des mouvements de Lune d'intérêt (Joly, Gresset-bourgeois, et Vermot-Desroches 2008).

### C. Influence de la Lune sur les plantes

Plusieurs articles et études démontrent une influence de la Lune au niveau de la végétation.

Tout d'abord, le diamètre des arbres a été étudié. L'étude de Barlow et al., publiée en 2010, porte des arbres feuillus et des résineux (*Picea abies*, *Tilia cordata*, *Liriodendron tulipifera*, *Pseudotsuga menziesii*, *Abies alba*, *Juglans regia*, *Mespilus germanica*) dont le diamètre a été mesuré en fonction de différentes valeurs de « tidal lunisolar acceleration », ou bien en français d'accélération par effet de marée due à l'interaction luni-solaire. Ces paramètres ont été mesurés dans plusieurs cas : arbres en plein air à Vallombrosa (Italie) et arbres sous serre à Firenze (Italie). Il apparaîtrait que celui-ci varie en fonction de la phase lunaire (Barlow, Mikulecký, et Střeštík 2010). Il n'a pas été admis avec certitude que les pics de croissance de diamètre suivent les pics d'accélération tidale, mais bien que les pics et creux de ces deux variables sont synchrones. De plus, il est important de garder à l'esprit que la variation de diamètre dépend également d'un système de régulation interne de croissance dans les tiges et racines. Il en ressort que l'étude devrait être poursuivie pour les arbres résineux, car leur croissance est continue sur l'année, et que l'étude devrait porter sur un mois lunaire entier. Globalement, les actions conjointes de la Lune et du Soleil sur la variation de

diamètre des arbres sont indéniables (Barlow, Mikulecký, et Střeščík 2010). Ainsi, les données de cette étude pourraient être utilisées dans l'industrie forestière pour déterminer à quel moment l'abattage serait le plus propice en fonction de l'utilisation future du bois.

Une seconde étude, menée par Barlow, porte sur des plants d'*Arabidopsis thaliana* dont la croissance en serre a été étudiée. Trois lots d'*Arabidopsis thaliana* de génotypes différents ont été observés avec ou sans saccharose, avec des conditions de luminosité variable (avec, sans, alternance sur 12 ou 24 heures). Il a été montré que le taux d'allongement racinaire suit parfaitement les courbes de marées gravimétriques induites par la Lune, dans les conditions de croissance avec alternance jour nuit par contrôle de luminosité (Barlow et Fisahn 2012).

L'influence de la Lune sur la germination des cactus a également été étudiée en 2011, à partir des données d'un site internet recensant les semis de cactus par l'ensemble des jardiniers adhérant au site. Cependant, aucune certitude n'émerge ; ce sont plutôt les habitudes de semis des jardiniers qui conditionnent la pousse de ceux-ci (Derouet 2011).

De plus, la consommation d'eau par les graines d'haricot en fonction de la phase lunaire a été étudiée par Brown et son équipe. Il apparaît que le taux d'absorption d'eau dans les quatre premières heures est variable en fonction de la phase lunaire. Il est également montré que les taux sont maximaux à proximité de chaque changement de phase, en particulier à proximité de la nouvelle et de la pleine Lune. Enfin, il existerait une interaction entre les haricots poussant à proximité les uns des autres, dont le maximum serait dans les 4 à 5 jours à proximité de la nouvelle Lune (Brown et Chow 1973).

Enfin, une étude portant sur le diamètre des tiges d'arbre en fonction des marées a été publiée en avril 1998 par Zürcher et ses collaborateurs. Il apparaît que la croissance de ces tiges varie en fonction de facteurs périodiques, tels que l'humidité ou encore la lumière. Dans cette étude, il est montré que ces facteurs périodiques varient eux-mêmes en fonction des marées, elles-mêmes sous influence de la Lune.

Il a été démontré que ces variations rythmiques de diamètre ont lieu sur tout type de tige végétale, de la jeune à celle déconnectée des racines et de la cime (Zürcher et al. 1998). Ces variations suivent un cycle de 25 heures, comportant deux pics. Elles ont un effet tant que le cambium du végétal reste en vie, que la plante soit à la lumière ou à l'obscurité. Si l'on compare les variations de diamètre de plusieurs plantes, elles sont totalement synchrones, quelles que soient les conditions de pousse entre elles et avec les variations de marées terrestres; il n'y a que l'amplitude qui diffère (Zürcher et al. 1998).

Lorsque les plants sont maintenus en serre sous conditions contrôlées, il devient évident que la variation de diamètre de tige est corrélée au rythme synodique journalier imposé par la Lune, que la plante soit encore une fois entière ou bien avec seulement une tige isolée avec

cambium vivant (Zürcher et al. 1998). Il semblerait que la phase d'accroissement correspond à une accumulation d'eau dans les parois cellulaires ; tandis que les phases sans croissance correspondent à un afflux d'eau dans les cytoplasmes cellulaires. Ainsi, la Lune jouerait là encore sur un flux d'eau, à l'intérieur des plantes, et permettant leur croissance (Zürcher et al. 1998).

#### D. Influences autres de la Lune

Les scientifiques du groupe mené par Bevington, au Royaume-Uni, ont tenté de répertorier l'ensemble des influences avérées, ambiguës ou non justifiées que l'on prête à la Lune. Après ceci, ils ont cherché à démontrer comment la Lune pouvait être à l'origine des effets qui lui sont imputés. Ont été étudiées les variations d'énergie lumineuse lunaire, les variations gravitationnelles causées par la Lune et les perturbations de magnétosphère elles aussi causées par la Lune, puisqu'étant à l'origine des effets biologiques lunaires. Ainsi, les scientifiques ont démontré que c'est en particulier les perturbations de magnétosphère qui semblent avoir un effet notable. De nombreux effets ont été étudiés, et il semblerait, entre autres, que les effets géo électriques et géomagnétiques aient un impact sur les êtres vivants (Bevington 2015). Ainsi, la fréquence cardiaque pourrait être augmentée en présence de magnétite ferromagnétique. Autre exemple, la survie en cas de cancer serait diminuée en fonction de la production de mélatonine, elle-même influencée par des phénomènes électriques et magnétiques (Bevington 2015).

Nous pouvons également citer l'étude de Carla Monteiro, qui s'est penchée sur la reproduction d'une algue invasive, *Sargassum muticum*, en fonction d'habitats différents (selon le cycle lunaire et l'effet tydal). Il en est ressorti que la ponte des œufs et le développement des embryons suit un programme défini par la nouvelle et la pleine Lune. En effet, il a été montré que la dissémination des propagules, propres à la reproduction de plantes aquatiques, a lieu en accord avec les phases lunaires mais également en rapport avec les marées. Or, dans ce cas, cela implique des différences de jours de ponte des œufs en fonction de la géographie (Monteiro et al. 2009).

Nous savons maintenant que la Lune joue un rôle prépondérant dans les marées, mais aussi qu'elle influence la flore sur Terre. Mais qu'en est-il concernant la faune ?

### III. L'influence de la Lune sur les êtres humains

Dans cette partie, nous n'avons sélectionné qu'une partie des écrits disponibles puisque, contrairement aux animaux, l'Homme et la potentielle influence qu'aurait la Lune sur lui ont beaucoup été étudiés. Toutes les études décrites ci-après n'apportent pas forcément la preuve de cette influence, mais nous les évoquons pour vous faire part de la multitude de sujets traités.

#### A. Influence sur la psychiatrie

C'est en se basant sur une croyance populaire stipulant que les phases de la Lune influencent le comportement humain de façon néfaste, que les scientifiques de l'équipe de Schafer ont étudié les données de la ville de San Antonio (Etats-Unis) entre le 1er janvier 2001 et le 31 décembre 2005. Ainsi les appels téléphoniques à destination de la police ont été classés selon leurs motifs en six catégories, et pris en compte uniquement si un rapport de police leur était consacré après enquête. Ces données ont été recoupées avec les données météorologiques et concernant la Lune. Lorsque les variables ont été corrélées deux à deux, il n'y a aucun effet significatif de la Lune sur le taux de criminalité. Seul le taux de vente/circulation de drogue dans la ville est augmenté, ce qui peut suggérer non plus une influence de la Lune sur le comportement, mais plutôt que la clarté en temps de pleine Lune facilite ce commerce (Schafer et al. 2010). Lorsque les variables sont étudiées toutes en même temps, il ressort que le taux de cambriolages est significativement augmenté durant la phase croissante de la Lune, et en particulier à proximité de la pleine Lune (Schafer et al. 2010). Enfin, il semblerait que les autres catégories de crimes voient leur taux augmenter en pleine Lune, mais l'analyse statistique n'apporte pas de valeur significative (Schafer et al. 2010).

Les données en terme d'homicides, de Dade (Floride, Etats-Unis) et Cuyahoga (Ohio, Etats-Unis) ont été analysées sur des périodes respectives de 15 et 13 ans. Le but était de montrer si le cycle lunaire et les changements émotionnels des humains peuvent être corrélés. Les résultats montrent qu'il existe une relation entre phases du cycle lunaire et le taux d'homicides dans ces deux villes (Lieber et Sherin 1972). Le taux d'homicides serait augmenté durant les phases de pleine Lune ; mais cette augmentation du taux n'est significative qu'en Floride (Lieber et Sherin 1972).

Une autre étude portant sur les homicides et les suicides avait été réalisée par Lester, sur l'ensemble des données des Etats-Unis en 1973. Dans cette étude, les données ont été traitées en fonction du jour et du mois de l'année, de la phase de la Lune et des vacances scolaires américaines. Il apparaît que les suicides sont plus nombreux durant les mois de juillet et août, tandis que les homicides le sont plus en juillet et décembre (Lester 1979). De plus, les suicides arrivent plus souvent le lundi ; les homicides plutôt le week-end (Lester 1979). Il

semble que les suicides sont moins fréquents durant les jours fériés et vacances scolaires, en particulier à Thanksgiving et Noël (Lester 1979). Enfin, concernant la Lune, il semblerait que la nouvelle et la pleine Lune ne soient pas propices plus l'une que l'autre à ce genre d'actes ; cependant il semble que les taux de suicides/homicides en ces phases soient plus élevés que lors des autres phases lunaires (Lester 1979).

Dans une dernière étude, les données du service d'urgences de l'Hôpital psychiatrique de l'Université des Sciences Médicales de Mashhad (Iran) d'avril 2004 à mars 2005 ont été étudiées. Les scientifiques ont classé ces données en fonction du motif d'admission, du sexe du patient, d'un éventuel comportement agressif et d'un recours à la sédation, ainsi que des phases lunaires au moment de l'admission. Il apparaît que presque 70% des patients admis sont des hommes, que seulement 4.6% des patients sont agressifs et qu'environ 20% d'entre eux ont dû être sédatisés à leur admission (Kazemi-Bajestani et al. 2011). Trois modèles ont été utilisés pour l'analyse mensuelle, se basant sur le calendrier arabe où un mois vaut un cycle lunaire : le mois divisé en 2 fois 15 jours, le mois divisé en 6 fois 5 jours et enfin le mois divisé en 3 fois 10 jours. Le modèle 3 permet d'affirmer qu'il y a significativement moins de patients nécessitant une admission durant la pleine Lune que le reste du mois ; mais que le nombre de patients se présentant aux urgences en cette période est plus élevé (Kazemi-Bajestani et al. 2011). De plus, durant la nouvelle Lune et en phase croissante, il apparaît que les personnes se présentant aux urgences ont des symptômes plus graves, et sont plus souvent agressifs (Kazemi-Bajestani et al. 2011). Enfin, il apparaît que l'utilisation de sédatifs pour contenir les patients semble plus récurrente au milieu du mois, soit à proximité de la phase de pleine Lune (Kazemi-Bajestani et al. 2011).

## B. Influence sur le sommeil

Une équipe de scientifiques suisses a analysé le sommeil de 70 volontaires jeunes et en bonne santé, ainsi que 16 volontaires plus âgés et également en bonne santé, durant une période à l'hôpital de 3 à 5 jours. La surveillance fut faite à l'aide d'électroencéphalogrammes, des mouvements oculaires, du taux de mélatonine et de la sécrétion de cortisol. Ainsi, le temps d'endormissement semble plus long lors de la phase de pleine Lune (Cajochen et al. 2013).

Comme attendu, la qualité, la durée du sommeil et le temps d'endormissement sont également dépendants de la condition des patients, tels que leur âge ou bien encore leur sexe. Mais la Lune aurait également un effet dessus, puisque ces paramètres sont négativement impactés dans les 4 jours autour de la pleine Lune : le temps d'endormissement est augmenté de 5 minutes, la durée du sommeil totale est réduite de 20 minutes et le sommeil profond est amputé de 30% (Cajochen et al. 2013).

De plus, les patients ont évalué une baisse subjective de leur qualité et de leur durée de sommeil. Il est important de noter que, pour éviter tout biais d'interprétation, les scientifiques

n'ont pas informé les patients du motif précis de l'étude. Il a également été révélé que le taux de cortisol n'est pas impacté par la phase lunaire (Cajochen et al. 2013). Cette étude a ouvert la voie quant à l'importance de la Lune sur le sommeil des humains.

Une seconde étude, menée par Smith, a également porté sur le sommeil. 47 jeunes volontaires, en bonne santé ont donc été observés. Plusieurs conditions ont dû être respectées, tel que l'absence de tabagisme et de consommation d'alcool ainsi qu'une interdiction de boire du café ou du thé après 15 heures. Comme dans l'étude de Cajochen, les volontaires n'ont pas été informés du but de l'étude concernant la Lune, mais seulement du fait que cette étude voulait démontrer l'impact des vibrations et du bruit à basse fréquence d'une ligne de train sur le sommeil. Les volontaires ont donc été observés durant 6 nuits consécutives, dans une chambre en conditions contrôlées (température 20°C, pas de lumière extérieure et bruit constant à 25 décibels), à l'aide de différents tests : électroencéphalogramme, électromyogramme, électrocardiogramme, enregistrement des mouvements oculaires et saturation partielle en dioxyde de carbone. Dans cette étude, il apparaît clairement qu'en phase de pleine Lune, la durée totale du sommeil est réduite de près de 25 minutes (Smith, Croy, et Persson Waye 2014). De plus, cette diminution du temps de sommeil durant la pleine Lune semble bien plus marquée chez les hommes que chez les femmes, avec une perte d'efficacité du sommeil de plus de 10% (Smith, Croy, et Persson Waye 2014). Les hommes mettent également plus de temps que les femmes à s'endormir durant la pleine Lune, avec en moyenne un temps d'endormissement supérieur de 30 à 40 minutes (Smith, Croy, et Persson Waye 2014). Le cycle du sommeil est aussi perturbé durant la pleine Lune, puisque la phase de sommeil léger des hommes est augmentée, empiétant sur la phase de sommeil intermédiaire (Smith, Croy, et Persson Waye 2014). La latence des mouvements oculaires, signant une transition du sommeil paradoxal au sommeil profond, semble plus longue durant la nouvelle Lune (Smith, Croy, et Persson Waye 2014); ceci est contradictoire avec les résultats de l'étude de Cajochen et collaborateurs. Globalement, l'étude a permis de démontrer que durant la pleine Lune, le sommeil profond est altéré et le corps produit des réactions corticales exacerbées à n'importe quel stimulus extérieur (Smith, Croy, et Persson Waye 2014).

Les études de Cajochen et Smith permettent de formuler l'hypothèse d'une horloge lunaire, qui influencerait le fonctionnement humain, et en particulier son sommeil ; à l'image de l'horloge circadienne déjà bien connue et bien documentée.

### C. Influence dans le cadre de l'épilepsie

L'étude de la mort subite dans les cas d'épilepsie a été étudiée à partir des données de la Clinique de Ribeirão Preto (Brésil), qui constitue le troisième centre de référence du pays dans le domaine de l'épilepsie. 835 enfants, âgés de 0 à 18 ans ont été hospitalisés entre 2000 et



2008 dans cet hôpital. Au cours de ces 8 années, il y a eu 10 cas de morts subites chez ces enfants atteints d'épilepsie. Les résultats de l'étude montrent que ces morts subites sont arrivées surtout pendant la pleine Lune (Terra-Bustamante et al. 2009). De plus, il a été montré qu'aucune mort subite n'a eu lieu durant la phase décroissante de la Lune (Terra-Bustamante et al. 2009).

Des études précédemment publiées ont montré que les crises d'épilepsie sont plus nombreuses à proximité de la pleine Lune. De plus, lors de ces crises, c'est la fréquence des convulsions qui conduit à des défaillances organiques. Or, dans le cas de mort subite inattendue dans l'épilepsie, ce sont très souvent les défaillances du cœur et des poumons qui causent la mort. Il paraît donc très probable que ce soit de cette façon que la Lune impacte sur les morts subites (Terra-Bustamante et al. 2009).

De plus, il est important de noter que pour les patients souffrant d'épilepsie, le sommeil est un élément capital. Or, des études ont démontré que les crises convulsives et l'épilepsie sont directement liées à des perturbations du sommeil. Il semblerait donc que la fréquence des crises soit liée à un manque de sommeil, et que ces crises apparaissent suite à un mécanisme initié par le système nerveux sympathique et via la production de catécholamines (Terra-Bustamante et al. 2009).

## D. Influence en gynécologie-obstétrique

### 1. Sur la reproduction

Menaker et Menaker furent les premiers à réfléchir sur l'influence de la Lune au moment de la conception des fœtus. Précisément, ils ont tenté de démontrer si la phase de la Lune au moment de la fécondation a un impact sur le taux de natalité durant la pleine Lune. En se basant sur une durée de gestation moyenne de 266 jours et le fait que le cycle lunaire moyen dure 29.5 jours, alors une gestation dure 9 mois lunaires complets. Ceci implique qu'un bébé conçu durant la pleine Lune devra naître à la pleine Lune ; et de même pour chacune des phases lunaires (Menaker et Menaker 1959).

### 2. Sur les accouchements

Le principal intérêt de notre étude bibliographique sur les humains reste l'influence de la Lune dans le domaine de la gynécologie et de l'obstétrique. De nombreuses études ont été réalisées dans ce domaine, et en particulier sur les naissances, mais les résultats ne sont pas unanimes. Ci-après, nous vous présentons quelques-unes de ces études.

Les plus anciennes études que nous avons pu consulter portent sur le nombre de naissances à New-York (Etats-Unis) ; ce fut le cas des études de Menaker (1967) puis d'Osley et de son équipe (1973).

Dans l'étude de Menaker, les naissances des années 1961 à 1963, soit 37 mois lunaires, ont été étudiées. Il est apparu que le taux de naissances était augmenté durant la moitié du mois synodique où la Lune brille le plus, en étant centré sur la pleine Lune (Menaker 1967).

Dans l'étude d'Osley et de ses collaborateurs, ce sont 500 000 naissances qui ont été étudiées. La distribution du nombre de naissances au cours du mois synodique lunaire n'est pas équilibrée, et les naissances sont plus nombreuses de la nouvelle à la pleine Lune (Osley, Summerville, et Borst 1973).

Une autre étude américaine fut menée, en se basant cette fois-ci sur le point de vue du personnel des maternités. Ceux-ci affirmaient régulièrement que le nombre de naissances était plus important durant la pleine Lune. La présente étude utilise donc les données des naissances assistées par les sages-femmes des années 1977 à 1979 dans un hôpital d'Etat, aux Etats-Unis. Il ressort que ni la pleine Lune ni la nouvelle Lune n'ont d'impact avéré sur le pic de naissances, contrairement au mois, au jour de la semaine ou encore au moment de la journée (Nalepka, Jones, et Jones 1983).

Plus tardivement, ce genre d'étude a été réalisée en France. Laurent Toulemon en a fait un résumé qu'il a publié en 1986. Ainsi, il a combiné les données de l'INSERM de 1972, ainsi que les études menées par Criss et Marcum (1981), puis Guillaume Henri et Paul Guillon (naissances en France de 1968 à 1974). Il a expliqué donc qu'à petite échelle, la pleine Lune semble impacter le nombre de naissances, avec un taux significativement plus élevé. Cependant, si nous passons à l'échelle du pays, c'est-à-dire des milliers de naissances, la portée statistique des tests est ébranlée ; et aucune des phases lunaires ne semble être plus propice que les autres à la naissance (Toulemon 1986). En revanche, il semble que le moment de la journée est un réel impact sur les naissances. En effet, les accouchements naturels seraient plus fréquents aux premières heures du jour, tandis que les accouchements provoqués s'étalent tout au long de la journée, avec une période de creux entre 14 et 15 heures (Toulemon 1986).

Les naissances et les complications à l'accouchement en fonction du cycle lunaire ont également été étudiées. Ce fut l'équipe de Arliss qui utilisa l'ensemble des naissances entre 1997 et 2001 en Caroline du Nord (Etats-Unis), qui étaient au nombre de 564 039. Cette étude à grande échelle n'a fourni aucune preuve d'une influence de la Lune ni sur la fréquence des naissances, ni sur d'éventuelles complications (Arliss, Kaplan, et Galvin 2005).

Une autre étude a porté sur les naissances à l'Hôpital de Cleveland (Ohio, Etats-Unis) durant l'année 1984. A ce jeu de données ont été corrélées les différentes phases lunaires ainsi que les pressions barométriques. L'étude a montré que les jours de la phase de pleine Lune, la rupture des membranes fœtales ainsi que le déclenchement des accouchements sont plus nombreux que durant les autres phases et lorsque la variation de pression barométrique n'était pas trop élevée. Cependant, aucune relation entre la Lune et les naissances n'a pu être établie selon les jours de grande variation de pression (Stern, Glazer, et Sanduleak 1988). Cela peut donc permettre de conclure que c'est l'influence conjointe de la pression barométrique et de la pleine Lune qui impacte sur le déclenchement du travail et la rupture des membranes fœtales (Stern, Glazer, et Sanduleak 1988).

Une autre étude portant sur l'éventuelle relation entre la position de la Lune et le jour de l'accouchement a été publiée, en utilisant les données de l'Hôpital civil de Marches (Italie). Les accouchements des années 1993 à 1995 ont donc été étudiés grâce à une méthode de statistique circulaire. Il est ainsi apparu que l'effet de la Lune sur le jour de la naissance de leur enfant est particulièrement présent chez les femmes multipares et pluripares. Dans leur cas, le jour de naissance suit à 1 ou 2 jours près la pleine Lune (Ghiandoni et al. 1998). Cependant, cet effet n'est pas retrouvé chez les primipares. De plus, malgré une influence statistique démontrée de la Lune, les résultats ont une portée statistique trop faible pour permettre de définir à l'avance le jour de la naissance en fonction de la phase lunaire (Ghiandoni et al. 1998).

Au vu d'un nombre conséquent d'études portant sur l'influence de la Lune sur les naissances, Causeur et Charpentier ont proposé une étude à grande échelle, permettant de s'affranchir de la signification des tests statistiques. Pour ce faire, les scientifiques ont utilisé les données INSEE en France du 1er janvier 1968 au 31 décembre 2005. Les cycles ont été triés selon la fraction de leur temps ayant un impact significatif sur les naissances. Il apparaît que les fractions significatives n'excèdent jamais plus de 8% ; cependant ces fractions sont plus larges à proximité de la pleine Lune (Causeur et Charpentier 2010). Ils ont également montré que la différence entre le nombre de naissances durant la pleine Lune et durant les autres phases n'est pas significative (Causeur et Charpentier 2010). Enfin, les scientifiques ont constaté qu'entre les années 1968 et 1977, les fractions significatives à la pleine Lune sont bien plus importantes que les autres. Ceci implique que dans l'inconscient collectif, la Lune impacte toujours les naissances, bien qu'en réalité ces résultats ne soient retrouvés que sur une courte période (Causeur et Charpentier 2010).

La dernière étude présentée dans cette partie concerne un panel de naissances en Allemagne entre 1920 et 1989, récolté à partir du système de sécurité sociale allemande. Les nombres quotidiens de naissances ont ainsi pu être calculés, puis leur corrélation avec les phases de la Lune et les taches solaires a été étudiée. Il apparaît que les cycles lunaire et solaire ont un impact sur le nombre de naissances quotidien. Cependant, si l'on étudie chacun des cycles de manière indépendante, seul le cycle

solaires impacte les naissances (Bauer et al. 2013). L'augmentation d'un minimum de 60 taches solaires dans le ciel permettrait d'augmenter le nombre de naissances de 0.02% ; ce qui en fait un résultat significativement positif (Bauer et al. 2013). Enfin, le nombre de naissances serait diminué durant les week-ends et cette tendance semble s'amplifier au cours des années (Bauer et al. 2013).

Cette partie nous a permis de voir dans quels domaines et dans quelle mesure l'Homme est influencé par le cycle lunaire. La partie suivante va nous permettre de décrire l'influence de la Lune chez les espèces animales.

## IV. L'influence de la Lune dans les autres espèces animales

L'influence de la Lune est évoquée pour bon nombre d'espèces animales, et ce dans divers domaines, la reproduction étant le domaine phare. Dans cette partie, nous allons faire un recueil des résultats des études menées chez les animaux, que les résultats soient ou non en faveur d'un impact lunaire.

### A. Influence de la Lune chez les espèces autres que bovine

#### 1. Chez les insectes

Les travaux de Mikulecký portent quant à eux sur les *Typhlodromus pyri* Scheuten, qui sont des acariens. Les femelles sont à l'origine de morsures qui ont été étudiées dans ce travail. Il est apparu que l'activité prédatrice de ces femelles est cyclique, selon un rythme de 14 jours. De plus, leur activité est minimale les jours de pleine Lune (Mikulecký et Zemek 1992).

#### 2. Chez les rongeurs

Les chercheurs de l'équipe de Gutman ont étudié deux types de souris, *Acomys cahirinus* et *A. russatus*, ayant respectivement des activités nocturne et diurne dans des environnements naturels et artificiels. Les animaux sont piégés et leurs fécès sont prélevés pour étudier le taux de cortisol, reflet du stress. Chez les deux espèces, le taux de cortisol fécal est augmenté lors de la pleine Lune et des jours qui suivent (Gutman et al. 2011). De plus, ce taux est plus élevé chez les souris en liberté par rapport à celles en enclos. De plus, les phases lunaires influencent le comportement alimentaire. Chez les *A. russatus*, la consommation de

graines est bien plus importante sous nouvelle Lune que pendant la pleine Lune (Gutman et al. 2011). Enfin, les nuits de pleine Lune, *A. cahirinus* a visité moins de plateaux à la recherche de nourriture que les autres nuits, contrairement à *A. russatus*. Chez *A. russatus*, le nombre de graines, inférieur pour un temps de recherche plus élevé en pleine Lune, indique qu'ils ont consacré plus de temps à la vigilance vis-à-vis des prédateurs (Gutman et al. 2011). Dans la nature, les *A. russatus* ne sont actifs que la journée ; alors quand ils sont étudiés en enclos et ont alors une activité nocturne, il semblent réagir à une réponse « toute faite » de leur organisme impliquant qu'à une forte luminosité (type pleine Lune) il existe un fort risque de prédation d'où une réponse comportementale. Ceci serait inscrit génétiquement et commun aux deux espèces de souris étudiées, indépendamment de leur évolution (Gutman et al. 2011).

### 3. Chez les oiseaux

L'effet du clair de Lune dans la relation proie-prédateur a été étudié dans le Montana, par Clarke. Le hibou grand-Duc et le hibou des marais ont donc été observés durant leur chasse à la souris sylvestre, *Peromyscus maniculatus*, dans plusieurs situations type (recherche, poursuite, capture, échecs) et selon différentes phases lunaires. Il est apparu qu'à mesure que la luminosité augmente, à savoir en allant de la nouvelle Lune vers la pleine Lune, l'activité motrice de la souris diminuait. En parallèle, la durée de la chasse par les prédateurs diminue du fait d'une meilleure capacité à visualiser et donc à chasser les proies (Clarke 1983).

Une autre étude portant sur des hiboux nicheurs a été réalisée au sud-ouest de l'Espagne entre 2003 et 2008. Les animaux ont été radio-étiquetés afin d'être suivis sans être dérangés. Il a été constaté que les hiboux sont plus silencieux durant les nuits les plus sombres, et ce en concordance avec les phases lunaires. De plus, à proximité et durant la pleine Lune, les hiboux s'exprimant sont majoritairement des mâles (Penteriani et al. 2010). Le moment préféré pour la communication visuelle reste le crépuscule, puisqu'il serait propice pour visualiser les plumes blanches du poitrail des hiboux, mises en valeur lors du hullement (Penteriani et al. 2010).

### 4. Chez les primates

Certains primates prosimiens ont été étudiés en terme de reproduction, et en particulier les lémurins et loriformes suivants : *Lemur fulvus*, *Lemur albifrons*, *Galago senegalensis*, *Galago crassicaudatus* et *Perodicticus potto*. De cette étude a émané le constat suivant : les *G. senegalensis* ont une période d'accouplement propre en fonction de la Lune ; et chez les *G. crassicaudatus*, le comportement est propre en phase de pleine Lune (Cowgill et al. 1962). De plus, le pic d'activité sexuelle serait corrélé à la pleine Lune chez les Lemur et les Galago, dû à l'illumination particulière durant cette phase (Cowgill et al. 1962).

En 2010, a été publié un rapport sur les singes *Aotus*, une espèce essentiellement nocturne, par Penteriani et son équipe. L'activité de ces singes est plus importante à l'aube et au crépuscule. Les scientifiques ont également démontré que les singes chouettes ont une activité nocturne accrue les nuits de pleine Lune, systématiquement suivies d'activité réduite les lendemains matins, et ce quel que soit le moment de l'année (Penteriani et al. 2010). De plus, il apparaît que l'activité locomotrice de ces singes serait influencée par la luminosité durant la nuit ; l'activité étant maximale à un taux de luminosité intermédiaire (Penteriani et al. 2010). Enfin l'activité locomotrice s'est retrouvée masquée lors d'éclipses lunaires, en particulier totales (Penteriani et al. 2010).

## 5. Chez les amphibiens

En 1960, Church publie un papier sur le crapaud javanais, *Bufo melanostictus*. Il apparaîtrait que l'ovulation chez la femelle crapaud serait influencée par la Lune.

L'étude de Underhill et Höbel porte sur un type d'anoues, les rainettes grises ou *Hyla versicolor*. Il a déjà été démontré que la reproduction de ces amphibiens dépend de nombreux facteurs environnementaux dont la température et la pluviométrie. Dans cette étude, c'est l'effet lunaire qui est en particulier étudié. Ainsi, la formation des chœurs de mâles est prédominante lors des nuits à luminosité moyenne, et n'est pas impactée par une phase lunaire en particulier. Les 647 couples étudiés se sont reproduits durant 67 nuits, ayant lieu tout au long du cycle lunaire. Cependant, une légère prédominance des accouplements avait lieu autour du premier quartier lunaire (Underhill et Höbel 2018).

## 6. Chez les espèces marines

Le mollusque marin opisthobranche *Tritonia diomedea* a été l'objet d'une étude comportementale menée par Lohmann et Willows. Ils ont en effet étudié le comportement de déplacement de ce mollusque. Cette étude a permis de comprendre que ces animaux se déplacent grâce au champ magnétique terrestre. Il est apparu que les directions magnétiques suivies dans ce champ magnétique forment un patron directionnel semblant être en corrélation avec les phases lunaires. Ainsi, la réponse comportementale des *Tritonia diomedea* au champ magnétique est modulée par le cycle synodal (Lohmann et Willows 1987). Cette étude a ouvert la voie quant à l'impact du champ magnétique sur les êtres vivants et en particulier sur la capacité de détection de ce champ.

Un autre travail concernant les espèces marines a porté sur un diptère, le moucheron *Clunio marinus*, dans la zone intertidale le long de la côte atlantique européenne. Ce moucheron a des besoins particuliers : en effet, au moment de la ponte, il doit être à marée

très basse, donc à proximité du littoral, tandis qu'une fois adulte, il doit s'éloigner des côtes pour se nourrir de substrats larvaires avant d'effectuer sa ponte. La sélection naturelle a fini par produire un moucheron dont le stade adulte ne dure que quelques heures afin de permettre la ponte en milieu idéal et au moment idéal, soit quand la mer est la plus basse. L'émergence des adultes se produit autour des nouvelle et pleine Lune, soit aux marées de printemps et selon un rythme diurne. Cependant, tout le long du littoral, les heures de marées basses varient et donc les différentes populations de *Clunio* voient leur heure d'émergence varier en fonction de leur localisation. Dans l'étude de Kaiser et de ses collaborateurs, des croisements entre populations de *Clunio* de Saint-Jean-de-Luz et Port-en-Bessin (différentes en terme d'émergence diurne et lunaire, et de rythme lunaire) ont été effectués pour tenter de comprendre l'implication génétique dans les différences d'émergence de ces populations. Il en ressort que les émergences diurne et lunaire sont contrôlées par des gènes dépendants les uns des autres, et pléiotropes ; leur effet étant de faciliter l'adaptation de chaque population de moucherons à son environnement propre (Kaiser, Neumann, et Heckel 2011).

Une autre étude, portant cette fois sur un poisson, le *Siganus argenteus*, a été publiée en mai 2003 par Rahman et ses collaborateurs. Ce poisson se reproduit de manière systématique à proximité du dernier quartier lunaire. Autour de cette phase, les scientifiques ont démontré que les testicules se développent. Cela se justifie par plusieurs effets observés : la motilité de ses spermatozoïdes y est maximale et le liquide séminal voit ses caractéristiques optimales (pH et osmolarité) (Saydur Rahman et al. 2003). De plus, Rahman et son équipe ont étudié le rôle des hormones testiculaires dans ce processus. Pour se faire, des fragments testiculaires et des prélèvements de sperme ont été incubés en atmosphère contrôlée. Ils en ont conclu que la gonadotrophine et la 20beta-dihydroxy-4-pregnen-3-one (DHP) interviennent dans la phase finale de maturation des testicules, la gonadotrophine permettant la production de DHP via le système hypothalamo-hypophysaire (Saydur Rahman et al. 2003).

Une dernière étude concernant des coraux, *Stylophora pistillata*, a été menée par Linden et son équipe. Trois lots de coraux ont été étudiés, avec des modèles de reproduction distincts. Les scientifiques sont arrivés à la conclusion que la libération des larves de coraux semble être corrélée avec le cycle lunaire, puisque débutant 5 à 10 jours après la pleine Lune (Linden, Huisman, et Rinkevich 2018). Le caractère cyclique serait admis puisque la libération aurait lieu environ tous les 30 jours. Il fut également admis que d'autres facteurs tels que le rayonnement solaire et la température de l'eau auraient un impact sur cette libération larvaire (Linden, Huisman, et Rinkevich 2018).

## 7. Chez les carnivores

### a) *Carnivores domestiques*

Une première étude porte sur la fréquence des urgences canines et félines en fonction du cycle lunaire. Pour se faire, 11 ans de visites comprenant 11940 animaux ont été analysées. Il est apparu que les visites d'urgence sont plus fréquentes les jours de pleine Lune. Cependant, cela ne se remarque pas pour un praticien seul, puisque correspondrait à une hausse de fréquentation de 0.59 les jours de pleine Lune (Wells et al. 2007).

Une seconde étude, australienne dans ce cas, a porté sur les visites d'urgence chez les carnivores domestiques. Ce sont les données de l'université de Melbourne, de février 2003 à janvier 2006 qui ont été utilisées, comprenant 12102 animaux. Dans cette étude, il a été démontré qu'il n'y avait pas plus de cas lors de la pleine Lune que durant les autres phases (McAlees et Anderson 2007).

L'équipe de Browand-Stainback a étudié une population de 211 carnivores domestiques (chiens et chats) souffrant d'épilepsie idiopathique, pour tenter de démontrer une corrélation avec la Lune. Ainsi, les convulsions à chaque phase lunaire et selon le pourcentage d'éclairement lunaire ont été dénombrées. Il est apparu qu'aucune phase n'est prédominante dans le déclenchement des crises convulsives. De ce fait, les recommandations quant à une surveillance accrue ou bien une modification de traitement lors de pleine Lune n'étaient pas justifiées (Browand-Stainback, Levesque, et McBee 2011).

Bhattacharjee et son équipe ont quant à eux publié une étude portant sur les morsures d'animaux (en excluant insectes et humains), en utilisant les données du service d'urgence de l'Infirmierie Royale de Bradford, des années 1997 à 1999. Ainsi, il est admis que majorité des morsures ont lieu à proximité ou bien les jours de pleine Lune. Précisément, l'incidence s'accélère quelques jours avant la pleine Lune, et atteint son maximum le jour même avant de très rapidement diminuer les jours suivants la pleine Lune (Bhattacharjee et al. 2000).

### b) *Carnivores sauvages*

Le coyote a été également étudié durant les étés 1992 et 1994, dans les collines Cypress, au Canada. Ainsi, les hurlements ont été classés, en fonction du statut des coyotes (groupe/solitaire), selon l'heure après le crépuscule et en fonction de la phase de la Lune. Il a été conclu que les hurlements ont lieu de 90 à 120 minutes après la tombée du jour.



De plus, les hurlements en groupe sont corrélés négativement avec l'augmentation du clair de Lune, soit une diminution des hurlements à proximité de la pleine Lune (Bender, Bayne, et Brigham 1996).

Un autre carnivore sauvage, le blaireau, appartenant à la famille des Mustélidés a été étudié en Europe par vidéosurveillance à long terme. De cette étude ressort que la reproduction du blaireau semble influencée par le cycle lunaire (Dixon et al. 2006). En effet, à mesure que la nouvelle Lune approche, des jets d'urine et des jetées de jambes caractéristiques d'actes de reproduction sont de plus en plus fréquents. Le pic d'activité de reproduction a lieu au 22ème jour du mois synodal, soit à la nouvelle Lune. De plus, les accouplements sont plus souvent observés lors de la phase sombre lunaire (Dixon et al. 2006).

## 8. Chez les animaux de ferme

Les chevaux sont utilisés pour l'élevage depuis de nombreuses années. Les éleveurs pensent très souvent que les juments sont plus fertiles à la pleine Lune, et qu'un accouplement réussi doit s'approcher de cette date. En 2005, Kollerstrom et Power ont été les seuls à étudier la reproduction équine en fonction de la Lune. Il n'est pas possible d'imputer un quelconque effet de la Lune sur les performances de reproduction des juments étudiées. A priori, seule une influence lumineuse pourrait être envisagée, mais pas propre à la Lune (Druet 2005).

Une étude menée par Chinchilla-Vargas et al, et publiée en 2018, a porté sur les verrats de neuf races différentes, et en particulier sur leur comportement reproducteur. Ont été collecté 4149 éjaculats de porcs, qui ont ensuite été qualifiés (volume, concentration de sperme, jour de collecte). A la suite de cela, chaque jour de collecte a été caractérisé : phase lunaire, températures minimale et maximale, humidité moyenne journalière et saison. De plus, à chaque prélèvement a été indexé la date de 45 jours avant le jour de collecte, qui correspond au début théorique de la spermatogenèse. Les résultats de l'étude sont les suivants : le volume d'éjaculat est impacté par la phase de la Lune (Chinchilla-Vargas, Kerns, et Rothschild 18). De plus, la concentration est influencée par la Lune et la saison, mais aussi par les températures, la race et l'humidité. De par l'impact de la Lune sur la qualité du sperme, il paraît intéressant pour les porchers de mettre en place des calendriers en fonction des phases lunaires pour optimiser la reproduction de leurs verrats (Chinchilla-Vargas, Kerns, et Rothschild 18).

Les phases lunaires de naissances d'un lot de chèvres ont été étudiées pour vérifier leur éventuel impact sur diverses caractéristiques de ces chèvres une fois adultes. Ainsi, les chèvres ont été divisé en trois groupes en fonction de leur date de naissance : nouvelle Lune, pleine Lune, et quartier. Cette étude arrive à la conclusion que les chèvres du groupe pleine Lune atteignent la puberté plus précocement que les deux autres groupes. Ceci se justifie

par une courbe de poids corporel toujours supérieure aux autres, des signes d'œstrus plus précoces et une glaire cervicale (une fois les chèvres pubères) plus aptes au coït que les autres groupes (El-Darawany, El-Tabarany, et Al-Marakby 2019). Enfin, les taux de progestérone cyclique sont plus élevés chez les chèvres nées en pleine Lune (El-Darawany, El-Tabarany, et Al-Marakby 2019).

La production ovine a également été étudiée en Espagne, et en particulier les naissances. Ainsi, 68127 dates de naissance d'agneaux ont été triées en fonction des phases de la Lune (nouvelle Lune, premier quartier, pleine Lune et dernier quartier), et ce sur 37 cycles lunaires complets. Les scientifiques sont arrivés à la conclusion qu'aucune des phases lunaires ne correspond à une pic de naissances ; puisque la répartition est d'environ 25% autour de chacune des quatre phases (Palacios et Abecia 2011).

Palacios et son équipe ont réalisé une seconde étude sur les moutons et l'influence de la Lune, en particulier lors d'insémination artificielle. Deux groupes de brebis ont été inséminées, soit après détection visuelle de l'œstrus ou bien après traitement hormonal. La fécondité est impactée par les phases lunaires, puisque les agneaux par brebis sont plus nombreux si l'insémination artificielle a lieu durant la nouvelle Lune ou bien lorsque la Lune est décroissante (Palacios et Abecia 2014). De plus, l'œstrus est différent selon la phase lunaire, ce qui impacte également la fertilité (Palacios et Abecia 2014).

## B. Influence dans l'espèce bovine

Bon nombre d'éleveurs affirment que la Lune influence la date des vêlages. Il est possible d'entendre que la phase lunaire au moment de la saillie est également importante. Bien que ces affirmations soient courantes dans les campagnes, peu d'études ont été réalisées jusqu'à présent par les scientifiques ; aussi toutes les études présentées ci-après seront peu nombreuses et particulièrement récentes.

### 1. Etudes conjointes entre bovins et autres animaux d'élevage

Au cours d'un congrès sur l'hygiène animale en 2015 à Košice (Slovaquie), a été présentée une étude, menée par Könyves et son équipe, portant sur « Assessment of lunar cycle associations with animal reproduction ». Les données de 4 fermes de bovins et de 2 fermes porcines à grande échelle entre 1995 et 2014 ont été exploitées. Dans les fermes porcines, il y avait toujours synchronisation de l'œstrus par protocole hormonal, contrairement aux fermes bovines laitières où ce type de protocole est apparu à partir de 2008.

Les résultats ont démontré une corrélation entre apparition de l'œstrus et pleine Lune dans les fermes bovines quand la synchronisation hormonale n'est pas utilisée. Par contre, aucune corrélation n'a été démontrée chez les porcins (International Congress on Animal Hygiene et International Society for Animal Hygiene 2015).

Cependant, l'insémination en élevage porcin offrirait un meilleur taux de réussite à certains moments du mois lunaire : pour une ferme entre le 7ème et le 8ème jour ainsi qu'au 21ème jour ; pour l'autre ferme à la nouvelle Lune et entre le 24ème et 25ème jour (International Congress on Animal Hygiene et International Society for Animal Hygiene 2015).

Enfin, il semble que d'une manière générale, autour de la pleine Lune, le nombre de saillies est augmenté (International Congress on Animal Hygiene et International Society for Animal Hygiene 2015).

Une étude portant sur les productions animales a été rédigée par Abecia et ses collaborateurs. Elle compare les sexes de 25546 veaux, 66830 agneaux, 5671 chevreux et 1916 porcelets en fonction de la saison et de la Lune au moment de l'initiation de leur gestation (Abecia, Arrébola, et Palacios 2016). Ainsi chaque date de conception a été qualifiée selon la phase lunaire (nouvelle Lune, premier quartier, dernier quartier et pleine Lune) et selon la saison (printemps, été, automne, hiver). Pour compléter l'étude, le sex ratio a été testé, avec comme hypothèse la proportion 1 pour 1 (Abecia, Arrébola, et Palacios 2016).

Différents résultats ont donc pu être exprimés. Chez les bovins, le sex ratio est significativement différent de 1 pour 1 en cas de conception en Lune montante ou descendante, et à la pleine Lune. De plus, le sex ratio est impacté lors de conceptions hivernales ou automnales. Chez les porcelets, il apparaît que si l'accouplement a lieu en été ou pendant un premier quartier, alors le sex ratio est significativement différent de l'hypothèse 1 pour 1. Enfin, chez les agneaux, ce n'est pas la phase lunaire mais la saison qui impacte le sex ratio. En effet, si l'accouplement a lieu au printemps ou en hiver, alors il y a une plus forte probabilité d'obtenir des mâles (Abecia, Arrébola, et Palacios 2016).

Cette étude conclue cependant par le fait que les effets saisonniers et lunaires sur le sex ratio peuvent être complétés par d'autres facteurs tels que l'alimentation, les traitements hormonaux ou bien la météo ; ces facteurs additionnels devant être à l'avenir eux aussi étudiés (Abecia, Arrébola, et Palacios 2016).

## 2. Etudes concernant uniquement les bovins

### a) *Animaux avant leur maturité sexuelle*

Une étude menée pendant 10 ans, en Tchécoslovaquie, a porté sur environ 10000 génisses laitières. Il est apparu que celles-ci deviennent matures sexuellement, et donc initient leur cycle de reproduction à proximité ou un jour de pleine Lune (Horak et Potucek 1978).

Une seconde étude, publiée en 1980, a porté sur 57 génisses laitières de race Holstein Friesian élevées avec une alimentation pour animaux à haut potentiel. Les génisses nées en phase croissante atteignent la puberté 2 mois avant les autres (Roy et al. 1980). Le cycle œstral semble être influencé par le cycle lunaire, puisque le pic d'activité intervient dans les 7 jours après la pleine Lune. De plus, l'œstrus fécondant semble coïncider avec la Lune croissante (Roy et al. 1980).

En 1984, une autre étude portant cette fois-ci sur les génisses de race allaitante a été publiée par Greer. 556 bêtes ont été recensées, ainsi que leur âge lors du premier œstrus. Greer voulait déterminer si la phase lunaire lors de la naissance de l'animal avait un impact sur l'âge du premier œstrus, mais également si le premier œstrus et la Lune étaient liés. D'après ses calculs, il apparaît que le jour de naissance n'impacte pas sur le jour du premier œstrus. De plus, lorsqu'il a étudié les œstrus selon le cycle lunaire, il n'a pu fournir aucun pic (Greer 1984).

Dans cette sous-partie, nous pouvons donc voir que l'œstrus n'est pas unanimement corrélé à la Lune. Mais qu'en est-il de la reproduction ?

#### *b) Reproduction des bovins*

La reproduction débute, quelle que soit l'espèce, par l'ovulation, qui permettra à l'issu du coït, la production d'un œuf suite à la rencontre de l'ovule et du spermatozoïde fécondant. Cela explique que les scientifiques se sont tournés vers l'œstrus et sa détection pour tenter de démontrer une quelconque influence de la Lune sur la reproduction des bovins.

Lors de sa thèse en vue d'obtenir le grade de docteur vétérinaire, Bohy a étudié l'« incidence des cycles lunaires sur la reproduction dans l'espèce bovine ». De son écrit, il ressort que l'ovulation des vaches semble maximale lors du dernier quartier (Bohy 1986). Cependant, les analyses statistiques n'ont pas permis de corréler la date de naissance des veaux avec une quelconque phase de la Lune.

En 2000, Orihuela a publié une étude recensant les facteurs influençant le comportement de manifestation de l'œstrus chez les bovins. Différentes catégories influencent ce comportement : nous pouvons noter les interactions sociales, l'alimentation, l'âge et le statut physiologique, des facteurs génétiques, le taureau, la gestion d'élevage et les facteurs environnementaux. La météo, la saison et la photopériode ont donc un impact sur la reproduction bovine (Orihuela 2000). De plus, la Lune a également un effet : en effet, à la pleine Lune, l'activité œstrale est augmentée (Orihuela 2000).

Une équipe indienne s'est également intéressée à l'influence de la Lune autour de l'œstrus. L'étude portait donc sur le comportement d'expression des chaleurs et sur l'insémination après détection de ces chaleurs. Les résultats étaient en faveur d'une corrélation entre ces facteurs et la Lune. Plus précisément, le nombre de vaches exprimant les chaleurs serait plus important en nouvelle et pleine Lune (Subramaniam et al. 1991). De plus, la proportion de vaches inséminées suite à une détection de chaleurs serait également plus importante durant ces phases lunaires (Subramaniam et al. 1991).

Plus récemment, en Roumanie, Popescu et son équipe ont tenté d'étudier l'effet de la Lune sur le taux de naissances chez les bovins, en réalisant une étude comparative chez les vaches allaitantes (Angus et Limousines) et laitières (Prim'Holstein). L'étude a porté sur 1481 gestations, étalées sur 5 ans et ayant eu lieu dans 6 fermes roumaines différentes en terme de climat et de sol. Dans les fermes de vaches laitières, il est apparu que les premier et dernier quartiers étaient plus propices à un œstrus suivie d'une saillie fécondante que la pleine et la nouvelle Lune (Popescu, Corin, et Dobrică 2017). De plus, dans l'unique ferme laitière utilisant la synchronisation hormonale, le premier quartier semble offrir un taux de fécondation meilleur que les autres phases (Popescu, Corin, et Dobrică 2017). Dans les fermes allaitantes, il semblerait par contre que ce soit le premier quartier qui soit le plus propice à un fort taux de fécondation (Popescu, Corin, et Dobrică 2017).

### *c) Parturition*

Les scientifiques ont cherché à démontrer l'effet de la Lune sur le commencement de la gestation, puis se sont penchés plus tardivement sur son aboutissement, avec le déclenchement du part.

Une étude rétrospective portant sur l'ensemble des naissances de bovins en Suisse entre 2008 et 2010 a été réalisée, comprenant 26 races dans plus de 41000 fermes. Elle a pour but de montrer si la Lune et les facteurs météorologiques ont une influence sur la durée de gestation et sur le jour de naissance des bovins. Ainsi, il est paru statistiquement évident que la météo impacte la durée de gestation. Par exemple, les orages diminuent de 0.5 jour la gestation (Ammann et al. 2016). De plus, les jours où la pression barométrique varie avec une amplitude de plus de 15 hPa voient leurs taux de natalité augmenter de 4% (Ammann et al. 2016). La variation de température joue aussi un rôle prépondérant : ainsi, une forte variation de température impliquerait un taux de natalité quotidien plus élevé, ainsi qu'une durée de gestation moyenne diminuée (Ammann et al. 2016). Quant à l'impact lunaire, il est ressorti que le 4ème jour du mois lunaire semble plus propice aux naissances ; contrairement au 20ème jour du mois qui lui voit son nombre de naissances diminué. Globalement, les naissances semblent plus concentrées autour de la pleine Lune (Ammann et al. 2016). Cependant, l'étude n'a pas permis de définir précisément le mécanisme d'action de la Lune sur la parturition.

Une dernière étude a été publiée par l'équipe de Yonezawa, portant sur la parturition spontanée chez les vaches Prim'Holstein en se basant sur les naissances à terme au cours de 3 années dans une ferme japonaise. Pour minimiser l'impact de facteurs tels que l'environnement, l'alimentation ou encore les interactions sociales, l'étude porte uniquement sur des vaches domestiquées. Toutes les vaches de cette étude ont reçu une insémination artificielle, et le terme prévu a été calculé en additionnant 284 jours (correspondant à la durée de gestation moyenne d'une Holstein). De plus, les vaches ont été gardées en étable libre ou bien au pâturage durant toute l'étude. D'après l'analyse des données, il apparaît que les vêlages spontanés ont augmenté de manière uniforme de la nouvelle Lune à la pleine Lune, pour ensuite diminuer de manière uniforme à nouveau (Yonezawa et al. 2016). De plus, il semblerait que chez les multipares, le jour du part soit lié au cycle lunaire. En effet, les multipares vêlent significativement plus en phase croissante avant la pleine Lune et à la pleine Lune, en comparaison avec la phase décroissante allant jusqu'au dernier quartier (Yonezawa et al. 2016). Le jour du vêlage est aussi influencé par la Lune. Les scientifiques ont comparé le terme prévu du jour réel du vêlage, et il semblerait que les vêlages prévus en nouvelle Lune soient retardés alors que ceux prévus pendant la pleine Lune ou le dernier quartier sont à la bonne date (Yonezawa et al. 2016). Pour se dédouaner d'une éventuelle spécificité individuelle pouvant induire un retard/une avance de part, les scientifiques ont également analysé la corrélation entre les lacunes de chaque vache. Aucune spécificité individuelle ne peut donc justifier cet écart entre date prévue et date réelle de vêlage durant chacune des phases lunaires (Yonezawa et al. 2016). Enfin, aucune influence significative de la Lune n'est mise en lumière dans le déclenchement du part chez les nullipares. Il semble que la dystocie soit un biais très important, puisque pouvant durer plusieurs jours en cas de premier vêlage, et suffisant pour faire perdre la signification des résultats statistiques dans ce cas (Yonezawa et al. 2016). Bien que l'influence de la Lune sur le déclenchement du vêlage soit difficile à caractériser. Une première hypothèse concerne l'énergie gravitationnelle lunaire, qui pourrait induire des contractions utérines et donc un relargage d'ocytocine. Ce relargage peut être induit également par augmentation de pression artérielle ; or il a été prouvé que la pression artérielle est dépendante de la gravité ressentie par l'organisme (Yonezawa et al. 2016). Une seconde hypothèse concerne la sécrétion de mélatonine. Il est connu que pendant la gestation ce taux est fort élevé, puis chute brutalement au moment du part. Des études ont montré que la sécrétion de mélatonine est diminuée lors de pleine Lune, ce qui pourrait justifier un pic de vêlages à proximité de cette phase (Yonezawa et al. 2016). Une dernière hypothèse serait que la phase de la Lune influencerait l'œstrus et donc l'ovulation, ou bien la fécondation (Yonezawa et al. 2016). Ceci revient aux études évoquées dans la partie IV.B.2.b.

Dans ce second chapitre bibliographique, nous avons fait un tour d'horizon de nos connaissances actuelles sur la Lune et surtout sur ses effets avérés. Maintenant que nous avons une idée de l'influence en particulier sur la parturition chez les bovins, nous allons confronter ceci à notre étude de terrain, menée sur des bovins Charolais.

**PARTIE II :**

**ETUDE D'UNE CLIENTELE DE  
CHEPTELS DE BOVINS CHAROLAIS**

## I. Descriptif de l'étude statistique

### A. Définitions et objectif de l'étude

Dans cette partie plus expérimentale, nous avons souhaité démontrer par une étude statistique si la Lune, et donc ces mouvements au cours d'un cycle, a une influence sur le déclenchement des vêlages ? Pour ce faire, nous avons utilisé les données (prises de rendez-vous, facturations) d'un cabinet vétérinaire à Luzy, dans la Nièvre au cœur du bassin Charolais, de l'année 1998 à l'année 2016, auxquelles nous avons exclu les années 2009, 2010 et 2011 dans un souci d'exactitude. Nous nous sommes concentrés sur les actes vétérinaires se rapportant à la naissance, à savoir : vêlage, césarienne, torsion utérine avec extraction du veau et prolapsus utérin (suite à vêlage/césarienne). L'activité de la clinique a été variable au cours de ces différentes années puisque le nombre d'éleveurs et donc de vaches est variable (installations, départs en retraite, arrêts d'exploitation,..) ; mais aussi à cause du fait que le cabinet a eu au minimum un vétérinaire mais a pu avoir trois docteurs en permanence ensemble.

Nous allons donc voir avec cette étude statistique si les naissances ont un lien avec la Lune, comme souvent décrit dans les coutumes ancestrales.

### B. Contraintes rencontrées lors de la collecte et le traitement de données

Plusieurs contraintes ont été rencontrées au moment de la récolte et de l'exploitation des données du cabinet du Docteur Boerens.

Initialement, il était prévu que nous exploitions l'ensemble des données des cheptels de la clientèle, à savoir l'ensemble des naissances ; qu'elles soient ou non assistées par l'éleveur et le vétérinaire. Cependant, l'étude portant sur des années assez lointaines, il est apparu trop compliqué pour les éleveurs de fournir toutes les informations concernant les naissances des années passées. De plus, entre temps, certaines exploitations avaient disparues et/ou été modifiées. Ainsi le premier biais d'étude porte sur la restriction du choix des naissances, nous forçant à nous restreindre aux naissances (et actes apparentés sous-entendant une naissance) assistées par les vétérinaires du cabinet de Luzy.

La seconde contrainte de l'étude porte sur les moments exacts des naissances, à savoir les heures, qui peuvent jouer sur les différentes étapes du cycle lunaire. Aussi, autant que possible, en nous basant sur les carnets de rendez-vous, nous avons fourni des « moments » de journée, tels que matin, après-midi, soir ou nuit. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'il n'a pas toujours été possible de compléter avec précision ces informations dans nos tableaux.

Une troisième contrainte nous est apparue au moment de l'exploitation des carnets de rendez-vous et facturations, concernant les animaux. Lors de la réflexion initiale sur l'étude



statistique, nous souhaitons d'une part différencier les génisses des vaches, mais également avoir les numéros de travail de chaque animal, pour nous permettre de comparer les vêlages d'un animal d'année en année ; les vaches allaitantes restant la plupart du temps de nombreuses années de suite dans le cheptel de reproductrices. Or, une fois encore, il a paru bien trop difficile de collecter ces données en se tournant vers les éleveurs. De plus, le logiciel utilisé à la clinique ne permettait pas d'isoler chaque acte avec nom de l'éleveur et numéro de l'animal ; et bien entendu le carnet de rendez-vous ne contenait pas ce genre d'informations. Nous avons dû nous contenter d'écrire, quand l'information était fournie, si l'animal était une vache ou une génisse.

Une dernière contrainte a été mise en lumière lors de la récolte de données. En effet, sur les années 2009, 2010 et 2011 nous n'avons plus utilisé que les données du logiciel de gestion de clinique nouvellement installé, Vetocom®. Or, il nous est apparu que ces données ne sont pas fiables puisque nous ne savons pas différencier pour cette époque les dates des actes des dates de facturation. Aussi, dans un souci d'exactitude de nos données, nous avons préféré exclure ces trois années de notre étude.

## C. Biais à prendre en compte pour l'étude statistique

Au cours de l'exploitation de nos données, nous nous sommes confrontés à différents biais dans l'étude statistique, la plupart du temps amenés suite aux contraintes rencontrées lors de la collecte des données.

### 1. Biais de sélection

Le premier biais de l'étude est le fait que les naissances étudiées ne sont que celles induites par le(s) vétérinaire(s) de la structure.

Le second biais de notre étude est le fait que nous ne sommes, dans la majorité des cas, pas en mesure de dire si les vaches sont nullipares ou pluripares, ni à combien de gestations elles en sont.

### 2. Biais d'observation

Le troisième biais rencontré est celui engendré par l'éleveur et l'exploitation en elle-même. Cela comporte donc la gestion du troupeau, les capacités de l'éleveur et enfin le temps écoulé entre la mise en vêlage de l'animal et l'appel au cabinet vétérinaire.

## II. Recueil et analyse des données

### A. Données : actes, chiffres

#### 1. Contours de l'étude

L'étude porte donc comme dit précédemment sur l'ensemble de la clientèle du cabinet vétérinaire du Docteur Boerens à Luzy (58), du 1er janvier 1998 au 31 décembre 2016 (avec 2009, 2010, 2011 exclus).

Cette étude regroupe donc :

- 188 exploitations, sous différents statuts (noms propres, EARL, GAEC) et avec un nombre variable selon les années.
- 100 animaux femelles utilisés pour la reproduction par exploitation et par année en moyenne. Soit un nombre d'animaux entrant dans l'étude de 18800 mères en moyenne par année.

Les animaux étudiés vèlent majoritairement de novembre à avril, du fait du mode d'élevage allaitant. Cependant toutes les naissances au cours d'une année civile ont été prises en compte.

#### 2. Construction des tableurs Excel®

Nous avons collecté nos données pour les utiliser dans des tableurs Excel®.

Dans un premier temps, nous avons mis une année par onglet, avec une ligne par jour et les actes réalisés en face s'il y en a.

Puis nous avons regroupé nos données selon différentes modalités pour nous permettre d'étudier de manière différente l'influence de la Lune :

- année par année
- toutes les années ensemble
- selon les actes
- selon les jours
- selon les mois
- selon lune montante/descendante
- selon les phases
- selon les jours synodiques (mois synodique s'exprimant à partir du cycle synodique)
- selon position croissante/décroissante

Vous trouverez le tableau dit « database », où toutes les données ont été regroupée en **annexe 1 (échantillon de la database)**.

## B. Analyses et contrôles mis en place

### 1. Protocole des tests réalisés dans notre étude

Pour tester chacune de nos hypothèses, nous avons utilisé le test d'ajustement du Khi-deux, car ici nous n'utilisons qu'une variable qualitative à chaque fois. Ce test permet en effet de comparer les fréquences observées à des fréquences théoriques que nous définissons à l'avance.

Nous partons de l'hypothèse suivante : la Lune n'ayant aucun effet sur les naissances, la répartition des actes vétérinaires liés à la naissance en fonction de notre variable est équitable.

Cela nous permettra d'obtenir un résultat de Khi-deux observé, et un résultat de Khi-deux théorique. En comparant ces deux valeurs, nous saurons si notre hypothèse est rejetée ou non.

Le test d'ajustement du Khi-deux s'utilise à deux conditions :

- si le nombre total de données est supérieur à 30
- si chacun des sous-effectifs théoriques est supérieur à 5

Ces deux conditions sont respectées pour chacun des tests que nous avons réalisés.

Lors de ce test, il faut définir avec quelle probabilité nous acceptons de nous tromper ; en biologie nous utilisons toujours une probabilité de 95% puisque nous évaluons le risque de se tromper à 5%.

Différents tests ont donc été lancés afin d'étudier de manière différente l'influence de la Lune :

- selon les actes
- selon les jours du mois synodique lunaire
- selon les phases croissante/décroissante
- selon si la Lune est montante/descendante
- selon les phases lunaires : premier quartier, dernier quartier, nouvelle Lune et pleine Lune.

### 2. Contrôles de nos données

Pour que l'ensemble du jeu de données puisse être exploité correctement, nous avons commencé par réaliser quelques contrôles simples. Ceux-ci nous ont permis de vérifier la représentativité de notre database, ainsi de ne pas avoir de biais notables durant nos tests statistiques.

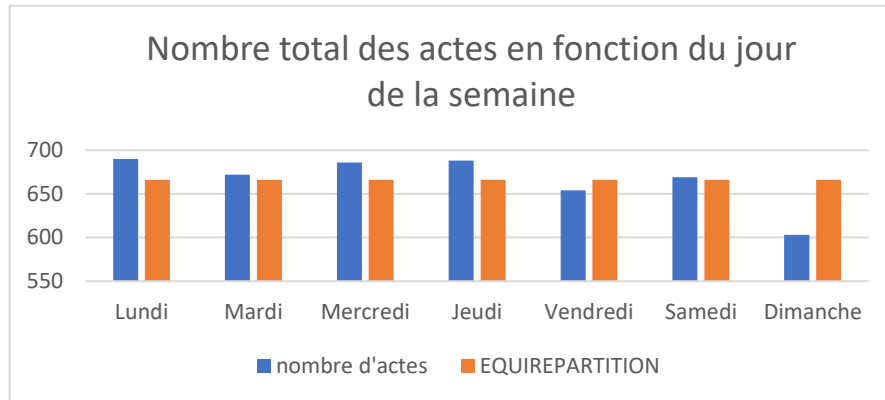
Tout d'abord, nous avons contrôlé que l'ensemble des actes vétérinaires entourant les naissances s'échelonnent tout au long de la semaine, en combinant les données de nos 16 années d'étude.

Nous obtenons donc (**figure 22**):

Khi-deux observé = 8.4

Degrés de liberté = 6 ; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 18.5

L'hypothèse est acceptée, il n'y a pas de différence significative de répartition entre les jours de la semaine.



**Figure 22: Graphique du nombre d'actes en fonction du jour de la semaine (Mélania Gitton)**

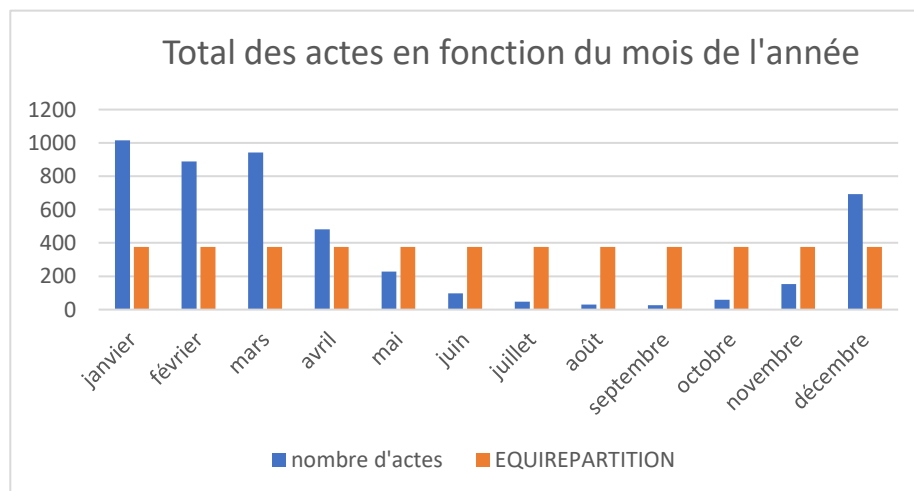
De plus, afin de prouver que nos tests coïncident avec la réalité de l'élevage allaitant, nous avons fait de même en fonction des mois de l'année.

Ainsi nous avons :

Khi-deux observé = 4532.900

Degrés de liberté = 11 ; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 19.675

Cela montre bien que la répartition des vêlages n'est pas la même au cours des mois de l'année (**figure 23**).



**Figure 23: Graphique du nombre de naissances en fonction du mois de l'année (Mélania Gitton)**

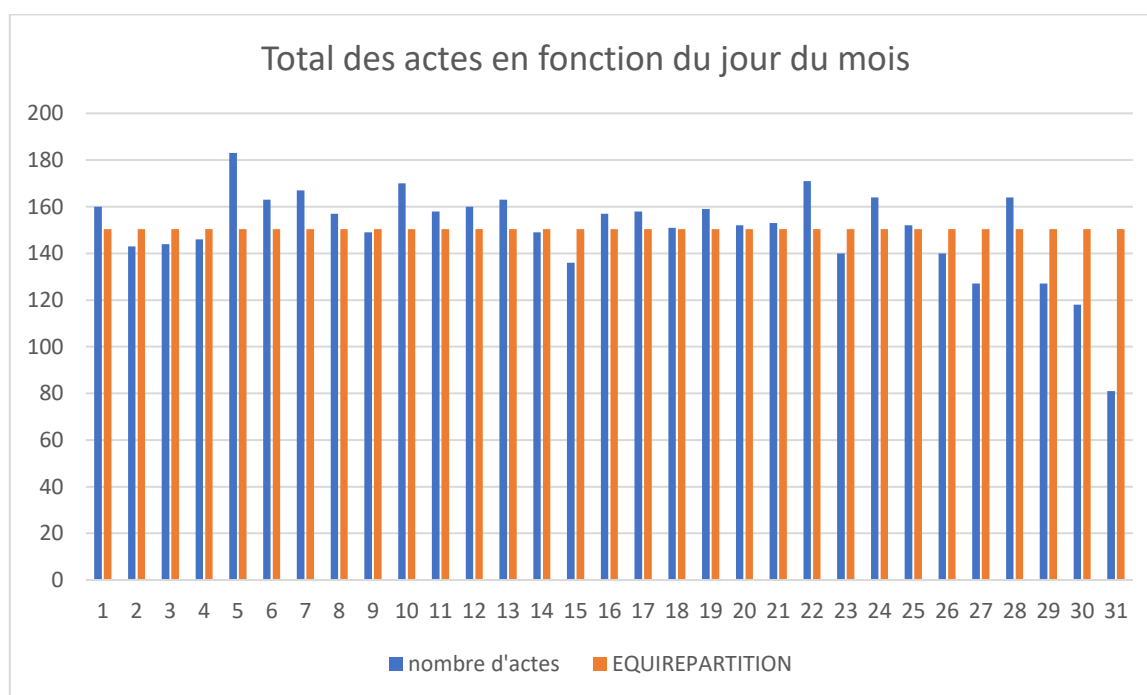
Enfin, nous avons testé que les actes se rapportant aux naissances arrivent bien durant n'importe quel jour du mois.

Les résultats du test sont les suivants (**figure 24**):

Khi-deux observé = 39.876

Degrés de liberté = 30 ; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 43.773

Cela montre bien qu'au cours du mois, il n'y a pas de jour privilégié pour les naissances.



**Figure 24: Graphique représentant les naissances en fonction du jour du mois (Mélanie Gitton)**

### C. Résultats des tests

Les contrôles étant conformes aux résultats attendus, nous allons pouvoir tester plusieurs hypothèses d'influence lunaire.

#### 1. Influence selon les jours du cycle synodique lunaire

Ici, nous avons voulu savoir si certains jours au cours du mois synodique lunaire sont plus propices aux naissances que d'autres.

Voici ce que nous avons obtenu (**tableau IV**) :

Khi-deux observé = 41.349

Degrés de liberté = 29 ; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 42.557

Jour synodique	Équipartition	Nombre d'actes
0	155	147
1	155	141
2	155	161
3	155	195
4	155	162
5	155	152
6	155	169
7	155	148
8	155	168
9	155	134
10	155	153
11	155	144
12	155	185
13	155	161
14	155	144
15	155	154
16	155	159
17	155	169
18	155	147
19	155	155
20	155	134
21	155	181
22	155	157
23	155	156
24	155	163
25	155	151
26	155	182
27	155	142
28	155	166
29	155	82
<b>TOTAL</b>	<b>4662</b>	<b>4662</b>

**Tableau IV: Distribution des actes en fonction des jours synodiques lunaires (Mélania Gitton)**

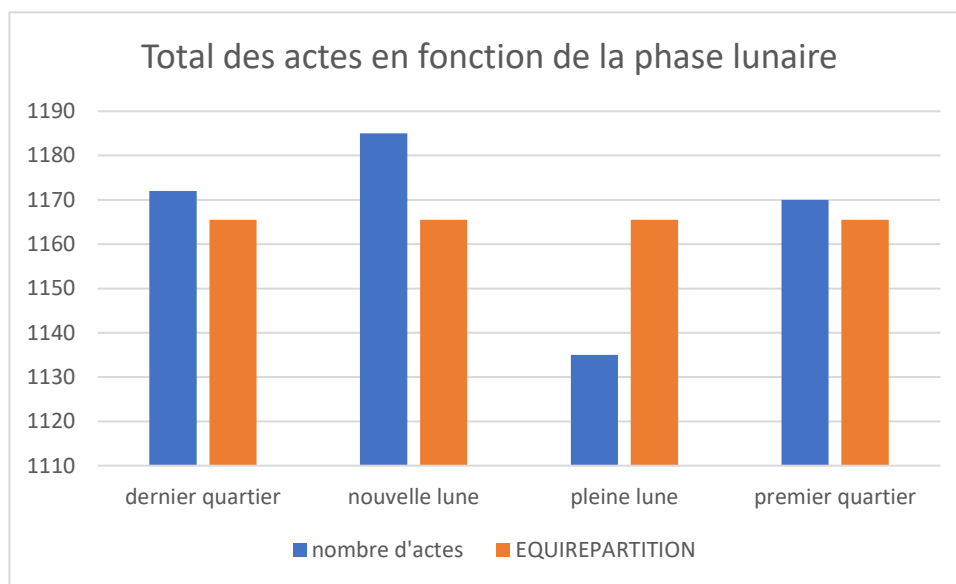
## 2. Influence selon les phases lunaires

Nous avons ensuite cherché si les phases lunaires présentaient ou non des différences significatives.

Voici les résultats obtenus (**figure 25**) :

Khi-deux observé = 1.178

Degrés de liberté = 3 ; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 7.815



**Figure 25: Graphique représentant les naissances en fonction de la phase lunaire (Mélanie Gitton)**

Là encore, la répartition des naissances s'étalent de manière équilibrée tout au long du cycle des phases lunaires.

## 3. Influence selon la révolution synodique

Ensuite, nous avons cherché à savoir si la révolution synodique influence la répartition des naissances chez les bovins Charolais. Nous avons donc cette fois comparer les jours en phase dite croissante ou en phase dite décroissante.

Ainsi, nous avons obtenu les résultats suivants (**tableau V**):

Khi-deux observé = 25.679

Degrés de liberté = 1 ; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 3.841

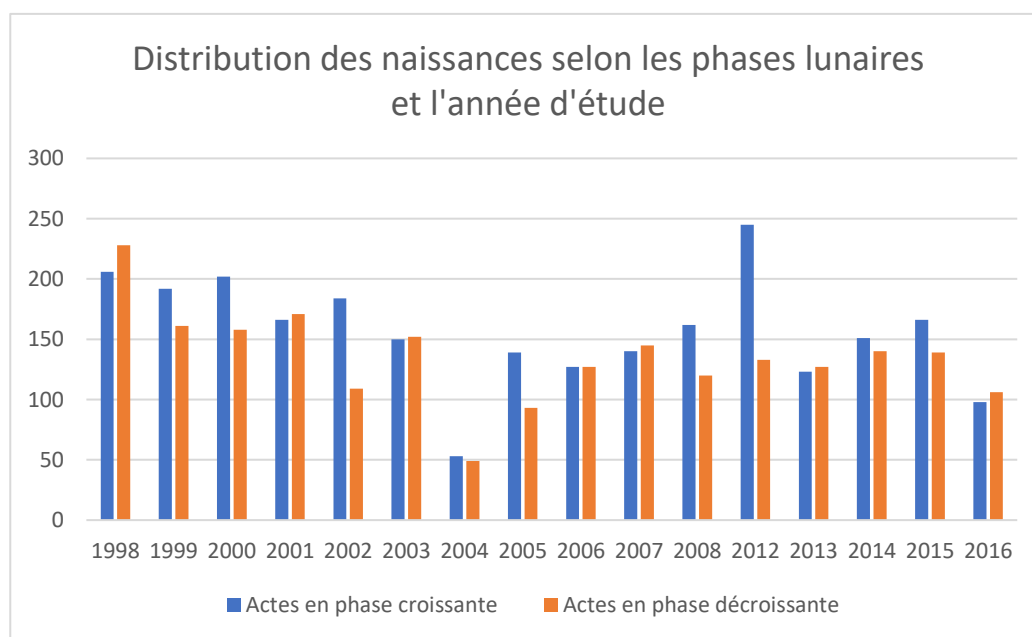
Ce test semble nous indiquer que les naissances assistées par le vétérinaire sont plus fréquentes en phase croissante qu'en phase décroissante.

Phase	Nombre d'actes	Équipartition
croissante	2504	2331
décroissante	2158	2331
<b>TOTAL</b>	<b>4662</b>	<b>4662</b>

**Tableau V : Distribution des naissances en fonction de la phase lunaire (Mélanie Gitton)**

Puisque le test nous démontre une influence lunaire en phase croissante, nous allons détailler année par année les résultats.

Nous obtenons alors ceci (**figure 26**):



**Figure 26: Représentation des actes en phase croissante et décroissante selon l'année (Mélanie Gitton)**

En appliquant à nouveau le test du Khi-deux, nous obtenons un Khi-deux observé valant  $5,681 \cdot 10^{-11}$ . Ceci implique que la distribution des naissances selon la phase lunaire est corrélée avec l'année d'étude.

Ainsi, nous ne pouvons pas conclure à une influence de la révolution synodique sur la répartition des naissances.



#### 4. Influence selon la révolution draconitique

Après s'être concentré sur la révolution synodique et les multiples définitions qu'elle engendre, nous avons étudié la révolution draconitique.

Nous avons obtenu les résultats suivants (**tableau VI**) :

Khi-deux observé = 11.347

Degrés de liberté = 1 ; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 3.841

Là encore, le test montre qu'il existe une influence de la révolution draconitique. En effet, les naissances assistées par le vétérinaire sont significativement plus nombreuses en phase montante.

Phase	Nombre d'actes	Équipartition
descendante	2216	2331
montante	2446	2331
<b>TOTAL</b>	<b>4662</b>	<b>4662</b>

**Tableau VI: Distribution des actes en fonction des phases montante et descendante (Mélania Gitton)**

Nous avons donc cherché à étudier les actes en phase montante et descendante lors de chaque année prise indépendamment des autres, à partir du tableau suivant (**tableau VII**).

Année	Actes en phase descendante	Actes en phase montante
1998	199	235
1999	181	172
2000	173	187
2001	151	186
2002	142	151
2003	138	164
2004	48	54
2005	110	122
2006	124	130
2007	116	169
2008	134	148
2012	193	185
2013	120	130
2014	117	174
2015	162	143
2016	108	96
<b>Total général</b>	<b>2216</b>	<b>2446</b>

**Tableau VII: Distribution des naissances en phase montante et descendante selon l'année (Mélania Gitton)**

Nous obtenons alors que le Khi-deux observé vaut 0.002. Ceci implique que là encore, la distribution des naissances les phases montante et descendante est fortement corrélée avec l'année étudiée.

Nous pouvons donc à nouveau conclure que l'influence de la révolution draconitique n'est finalement pas réelle.

## 5. Point sur le type d'actes en fonction de plusieurs variables lunaires

Dans cette dernière partie, nous avons souhaité étudier la répartition des différents actes vétérinaires se rapportant à la naissance.

Nous avons donc utilisé cette fois-ci le test d'indépendance du Khi-deux, car nous avons ici la variable des actes vétérinaires (variable qualitative), en fonction d'une autre variable se rapportant à la Lune (variable qualitative également).

Ici, l'hypothèse  $H_0$  est telle que la variable des actes et celle se rapportant à la Lune sont indépendantes.

L'hypothèse  $H_1$  est que ces deux variables sont dépendantes.

Nous devons construire une table de contingence et ensuite calculer le Khi-deux observé, que nous comparons ensuite au Khi-deux théorique (là encore calculé avec la probabilité de 0.05, en fonction du degré de liberté). Si le Khi-deux obtenu est supérieur au Khi-deux théorique, alors nous devons rejeter  $H_0$ , ce qui signifierait que les variables sont dépendantes.

Nous allons utiliser ce test pour savoir si la proportion des naissances induite par un acte plutôt qu'un autre est influencée par une phase de la Lune.

### a) *Selon le jour du mois lunaire*

Nous avons tout d'abord cherché à démontrer si la révolution synodique, et en particulier les jours du mois synodique, ont un impact sur la survenue de tel acte par rapport à un autre.

Le test du Khi-deux d'indépendance nous a fourni les résultats suivants, d'après le **tableau VIII** :

Khi-deux observé = 73.360

Degré de liberté = 87; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 109.773

Ici, nous voyons que  $H_0$  est validée, et donc que les deux variables sont indépendantes.

Acte					
Jour synodique	césarienne	vêlage	prolapsus utérin	torsion utérine	Total général
0	29	100	13	5	147
1	34	92	12	3	141
2	32	106	14	9	161
3	39	131	17	8	195
4	33	114	8	7	162
5	28	109	13	2	152
6	30	123	13	3	169
7	25	105	15	3	148
8	33	114	16	5	168
9	25	92	13	4	134
10	35	99	15	4	153
11	27	99	8	10	144
12	31	132	15	7	185
13	38	103	13	7	161
14	35	94	13	2	144
15	33	99	16	6	154
16	42	98	16	3	159
17	34	109	22	4	169
18	37	97	7	6	147
19	22	111	15	7	155
20	22	101	10	1	134
21	36	114	22	8	180
22	28	105	16	8	157
23	35	107	10	4	156
24	29	112	15	7	163
25	36	91	17	7	151
26	32	130	16	4	182
27	25	97	16	4	142
28	30	117	13	6	166
29	15	54	11	2	82
<b>Total général</b>	<b>930</b>	<b>3155</b>	<b>420</b>	<b>156</b>	<b>4661</b>

**Tableau VIII: Distribution de chaque naissance en fonction du jour synodique et de l'acte associé (Mélania Gitton)**

*b) Selon les phases lunaires*

Nous réalisons le même test en fonction des phases lunaires suivantes : premier et dernier quartier, pleine Lune et nouvelle Lune.

Le test d'indépendance nous a fourni cette fois-ci les résultats suivants, reportés également en tableau (**tableau IX**) :

Khi-deux observé = 5.896

Degré de liberté = 9; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 16.919

Ce test nous apprend donc que l'hypothèse H0 est validée, et donc que la répartition des actes se rapportant à la naissance n'est pas dépendante des quatre phases lunaires étudiées.

Actes					
Phase lunaire	césarienne	prolapsus utérin	torsion utérine	vêlage	Total général
dernier quartier	217	114	42	799	1172
nouvelle lune	233	94	38	820	1185
pleine lune	236	108	36	754	1134
premier quartier	244	104	40	782	1170
<b>Total général</b>	<b>930</b>	<b>420</b>	<b>156</b>	<b>3155</b>	<b>4661</b>

**Tableau IX: Distribution des naissances en fonction de la phase lunaire et de l'acte associé (Mélania Gitton)**

*c) Selon les phases croissante/décroissante*

Ensuite, nous réalisons le test d'indépendance entre la variable des actes et celle de phase croissante ou décroissante.

Voici les résultats obtenus d'après le tableau ci-après (**tableau X**):

Khi-deux observé = 1.248

Degré de liberté = 3; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 7.815

Actes					
Phase lunaire	césarienne	prolapsus utérin	torsion utérine	vêlage	Total général
croissante	508	218	80	1698	2504
décroissante	422	202	76	1457	2157
<b>Total général</b>	<b>930</b>	<b>420</b>	<b>156</b>	<b>3155</b>	<b>4661</b>

**Tableau X: Distribution des naissances en fonction de phase croissante ou décroissante et de l'acte associé (Mélania Gitton)**

Là encore, la nature de l'acte et la croissance/décroissance de la Lune sont des variables indépendantes.

d) *Selon les phases montante/descendante*

Enfin, nous tentons de déterminer la dépendance entre la variable des actes et le fait que la Lune soit montante ou descendante.

Ci-après se trouvent les résultats obtenus d'après le **tableau XI** :

Khi-deux observé = 2.725

Degré de liberté = 3; seuil erreur = 5% donc Khi-deux théorique = 7.815

Actes					
Phase lunaire	césarienne	prolapsus utérin	torsion utérine	vêlage	Total général
descendante	458	207	77	1473	2215
montante	472	213	79	1682	2446
<b>Total général</b>	<b>930</b>	<b>420</b>	<b>156</b>	<b>3155</b>	<b>4661</b>

**Tableau XI: Distribution des naissances en fonction de la phase montante ou descendante et de l'acte associé (Mélania Gitton)**

Ce dernier test nous apporte le même résultat que les précédents, à savoir que la phase montante ou descendante de la Lune n'est pas liée avec l'acte vétérinaire ayant permis de faire naître un veau chez nos Charolaises.

### III. Discussion

Notre étude expérimentale avait pour but initial de répondre à la question suivante : le déclenchement des vêlages est-il influencé par la Lune, de quelque façon que ce soit ?

Pour ce faire, nous avons souhaité faire de nombreux points de comparaison, tels que l'acte vétérinaire ayant permis la naissance, le statut maternel de la vache, le moment de la journée, les révolutions synodique, draconitique et anomalistique. Mais plusieurs problèmes pratiques se sont imposés à nous, avec pour cause prioritaire un manque de données transmises.

Cependant, en utilisant les tests du Khi-deux d'ajustement et d'indépendance, nous avons pu montrer que, dans le cas de la clientèle de bovins Charolais étudiée, la Lune n'a pas d'influence statistiquement significative sur le déclenchement des naissances.

Pourtant, nos résultats ont parfois prouvé le contraire, en particulier lorsque les phases montante/descendante et croissante/décroissante ont été étudiées. Ces résultats vont donc dans le même sens que ceux de l'étude de Yonezawa et de ses collaborateurs, publiée en 2016. Eux aussi étaient arrivés à la conclusion que le nombre de vêlages étaient plus importants durant la Lune montante ; mais également plus nombreux durant la phase croissante de la Lune. Cependant, contrairement à Yonezawa, en poursuivant les tests, nous admettons que c'est la variation annuelle qui influe sur les actes et donc sur les phases lunaires.

Bon nombre d'éleveurs pensent, aujourd'hui encore, que la Lune a un effet indéniable sur les naissances de leurs veaux. Bien que la pensée collective aille dans ce sens, les rares études traitant statistiquement de ce sujet tendent aujourd'hui à prouver le contraire.

L'influence de la Lune a toujours fait beaucoup parler les Hommes. En médecine humaine, son impact sur les naissances a été beaucoup étudié à partir du siècle dernier. Seuls Osley (1973) et Ghiandoni (1998) avaient démontré un effet de la Lune, et en particulier de la pleine Lune sur les naissances d'enfants. Mais la grande majorité des études relatées précédemment n'ont pas prouvé d'impact de la Lune quant aux naissances. Ceci nous amène à nous demander si les tests utilisés lors des études précédentes avaient ou non une réelle portée statistique.

L'étude, bien que statistiquement fiable, et l'ensemble des résultats présentés dans ce manuscrit peuvent être vus comme le point de départ d'une analyse statistique à grande échelle. Il serait par exemple judicieux de ne pas se cantonner à une clientèle vétérinaire, mais par exemple à l'ensemble de la région Bourgogne, berceau de la race Charolaise. De plus, il serait intéressant de combiner les données de l'EDE (données officielles et obligatoires), aux données des cliniques et des éleveurs. Ceci permettrait d'avoir accès à des informations plus détaillées sur chaque naissance, et donc d'avoir plus de variables à tester statistiquement ensuite.

## CONCLUSION

En élevage bovin en France, il est d'usage de dire que les vêlages arrivent plus souvent les nuits de pleine Lune. La Lune, cet astre si proche de la Terre, se voit responsable de nombreuses influences. Les scientifiques étudient depuis de nombreuses années son influence présumée, que ce soit au niveau des phénomènes naturels, ou bien au niveau de la faune et de la flore. Cette perspective d'influence lunaire a été et est toujours beaucoup étudiée chez l'Homme, en particulier autour de la naissance, où les résultats tendent vers une absence d'influence. Mais qu'en est-il réellement chez les bovins ?

Dans ce manuscrit, nous avons rédigé une première partie strictement bibliographique, où nous y avons détaillé les mécanismes physiologiques de la fécondation, la gestation puis la parturition chez les bovins, afin de comprendre ce qui peut ou non être influencé. Nous y avons également expliqué comment le vétérinaire rural aide les vaches à mettre bas, que ce soit en assistant la mère ou bien en forçant l'extraction du veau.

Ensuite, nous nous sommes basés sur les données d'une clientèle vétérinaire de Bourgogne, berceau de la vache allaitante Charolaise, pour tenter de répondre à cette question si souvent formulée aux vétérinaires ruraux : la pleine Lune implique-t-elle plus de naissances chez les veaux ? Nous avons donc étudié 16 années de pratique rurale, auxquelles nous avons incorporé les différentes révolutions dont la Lune est responsable. Grâce à une analyse statistique se basant sur les tests d'ajustement et d'indépendance du Khi-deux, nous sommes arrivés à la conclusion que la Lune n'impacte pas le déclenchement des naissances des veaux. L'étude, n'étant basée que sur une clientèle, et présentant quelques imprécisions, peut être considérée comme un point de départ à une étude à plus grande échelle concernant les vaches allaitantes pour répondre plus précisément à cette question : la Lune influence-t-elle ou non les naissances de ces veaux ?





# Bibliographie

- Abecia, JA, F Arrébola, et C Palacios. 2016. « Offspring sex ratio in sheep, cattle, goats and pigs: influence of season and lunar phase at conception ». *Biological Rhythm Research* 48 (3): 417-24. <https://doi.org/10.1080/09291016.2016.1268325>.
- Ammann, T., M. Hässig, S. Rüegg, et U. Bleul. 2016. « Effects of Meteorological Factors and the Lunar Cycle on Onset of Parturition in Cows ». *Preventive Veterinary Medicine* 126 (avril): 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.01.018>.
- Arliss, J, E Kaplan, et S Galvin. 2005. « The effect of the lunar cycle on frequency of births and birth complications ». *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 192 (5): 1462-64. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2004.12.034>.
- Barlow, P, et J Fisahn. 2012. « Lunisolar tidal force and the growth of plant roots, and some other of its effects on plant movements ». *Annals of Botany* 110 (2): 301-18. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs038>.
- Barlow, P, M Mikulecký, et J Střeštík. 2010. « Tree-stem diameter fluctuates with the lunar tides and perhaps with geomagnetic activity ». *Protoplasma* 247 (1-2): 25-43. <https://doi.org/10.1007/s00709-010-0136-6>.
- Bauer, T, S Bender, J Heining, et C Schmidt. 2013. « The lunar cycle, sunspots and the frequency of births in Germany, 1920–1989 ». *Economics & Human Biology* 11 (4): 545-50. <https://doi.org/10.1016/j.ehb.2012.11.001>.
- Bender, DJ, EM Bayne, et RM Brigham. 1996. « Lunar condition influences coyote (*Canis latrans*) howling ». *American Midland Naturalist* 136 (2): 413-17. <https://doi.org/10.2307/2426745>.
- Bevington, Michael. 2015. « Lunar Biological Effects and the Magnetosphere ». *Pathophysiology* 22 (4): 211-22. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2015.08.005>.
- Bhattacharjee, C, P Bradley, M Smith, A Scally, et B Wilson. 2000. « Do animals bite more during a full moon? Retrospective observational analysis ». *BMJ: British Medical Journal* 321 (7276): 1559-61.
- Bohy, A. 1986. « Incidence des cycles lunaires sur la reproduction dans l'espèce bovine ». Thèse d'exercice vétérinaire, Lyon: Claude Bernard. Bibliothèque VetAgro Sup.
- Bosc, MJ, G Coulaud, et Y De Fontaubert. 1971. « Étude de l'induction de la parturition chez la vache par un corticostéroïde de synthèse ». *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique* 11 (4): 581-87. <https://doi.org/10.1051/rnd:19710406>.
- Bradley, DA, MA Woodbury, et GW Brier. 1962. « Lunar Synodical Period and Widespread Precipitation ». *Science* 137 (3532): 748-49. <https://doi.org/10.1126/science.137.3532.748>.
- Browand-Stainback, L, D Levesque, et M McBee. 2011. « Canine and feline epileptic seizures and the lunar cycle: 2,507 seizures (2000-2008) ». *Journal of the American Animal Hospital Association* 47 (5): 324-28. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-5591>.

- Brown, FA, et C Chow. 1973. « Lunar-correlated variations in water uptake by bean seeds ». *The Biological bulletin* 145 (2): 265-78.
- Cajochen, C, S Altanay-Ekici, M Münch, S Frey, V Knoblauch, et A Wirz-Justice. 2013. « Evidence that the Lunar Cycle Influences Human Sleep ». *Current Biology* 23 (15): 1485-88. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.06.029>.
- Canival, E. 2009. « Induction de la mise bas ». *L'Abreuvier*, n° 214: 4.
- Carpenter, T, R Holle, et JJ Fernandez-Partagas. 1972. « Observed Relationship Between Lunar Tidal Cycles & Formation of Hurricanes and Tropical Storms. » *Monthly Weather Review*, n° 100: 451-60.
- Causeur, D, et A Charpentier. 2010. « Large-scale significance testing of the full Moon effect on deliveries », 14.
- Chastant-Maillard, S, et M Saint-Dizier. 2009. « Le vêlage : pourquoi, quand, comment ? » *Le Point vétérinaire*, n° 301. [https://www.researchgate.net/profile/Sylvie\\_Chastant-Maillard/publication/298580697\\_Calving\\_Why\\_when\\_how/links/57c54f6908aea5b17bce9507/Calving-Why-when-how.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sylvie_Chastant-Maillard/publication/298580697_Calving_Why_when_how/links/57c54f6908aea5b17bce9507/Calving-Why-when-how.pdf).
- Chinchilla-Vargas, J, K Kerns, et M Rothschild. 18. « Lunar and climatic effects on boar ejaculate traits ». *Animal Reproduction Science* 193: 117-25. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.04.006>.
- Christophe, C. 1999. « La Lune - satellite de la Terre ». *Le Système Solaire*. 1999. <https://www.le-systeme-solaire.net/lune.html>.
- Clarke, JA. 1983. « Moonlight's influence on predator/prey interactions between short-eared owls (*Asio flammeus*) and deermice (*Peromyscus maniculatus*) ». *Behavioral Ecology and Sociobiology* 13 (3): 205-9. <https://doi.org/10.1007/BF00299924>.
- « Club Astronomie Amateur Boucherville Montérégie - CAABM ». 2011. 2019 2011. <https://www.caabm.org/>.
- Cowgill, U, A Bishop, RJ Andrew, et GE Hutchinson. 1962. « An apparent lunar periodicity in the sexual cycle of certain prosimians ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 48 (2): 238-41.
- DeBruin, CM. 1910. *Obstétrique bovine*.
- Derouet, M. 2011. « Influence des lunes sur la germination des cactus ». *Cactus pro*. 2011. [https://www.cactuspro.com/articles/\\_media/influence\\_des\\_lunes:influence\\_des\\_lunes\\_sur\\_la\\_germination\\_des\\_cactus.pdf](https://www.cactuspro.com/articles/_media/influence_des_lunes:influence_des_lunes_sur_la_germination_des_cactus.pdf).
- Dixon, DR, LRJ Dixon, JD Bishop, et RA Pettifor. 2006. « Lunar-related reproductive behaviour in the badger (*Meles meles*) ». *Acta Ethologica* 9 (2): 59-63. <https://doi.org/10.1007/s10211-006-0016-4>.
- Druet, V. 2005. « Influence des facteurs environnementaux sur la reproduction de la jument ». Thèse d'exercice vétérinaire, Créteil: Médecine de Paris Est Créteil.

- El-Darawany, AH, M El-Tabarany, et K Al-Marakby. 2019. « Effect of lunar cycle on some reproductive aspects of female goats ». *Biological Rhythm Research*. <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1600264>.
- Ghiandoni, G, R Seclì, M Rocchi, et G Ugolini. 1998. « Does lunar position influence the time of delivery? A statistical analysis ». *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 77 (1): 47-50. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(97\)00226-1](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(97)00226-1).
- Greer, RC. 1984. « Effect of daylength at birth and lunar phase on the occurrence of first oestrus in beef heifers ». *Animal Science* 39 (1): 59-63. <https://doi.org/10.1017/S0003356100027616>.
- Guérin, P. 2016. « Obstétrique des ruminants: généralités et part normal ». Cours magistral de reproduction, 2e année cursus vétérinaire, Lyon.
- Gutman, R, T Dayan, O Levy, I Schubert, et N Kronfeld-Schor. 2011. « The Effect of the Lunar Cycle on Fecal Cortisol Metabolite Levels and Foraging Ecology of Nocturnally and Diurnally Active Spiny Mice ». *PLOS ONE* 6 (8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023446>.
- Hafez, B, et ESE Hafez. 2000. *Reproduction in Farm Animals*. Lippincott Williams & Wilkins. Kiawah Island, South Carolina USA: Donna Balado.
- Hanzen, C. 2008. « Les pathologies de la gestation chez les ruminants ». Cours magistral de reproduction, cursus vétérinaire, Liège. [http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200809/R17\\_Pathologies\\_gestation\\_2009\\_PWP.pdf](http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200809/R17_Pathologies_gestation_2009_PWP.pdf). 2009. « Contrôle pharmacologique du part chez les ruminants ». Cours magistral de reproduction, cursus vétérinaire, Liège.
- Hanzen, C. 2015. « Le constat de gestation chez les ruminants ».
- Hopper, RM. 2015. *Bovine Reproduction*. Wiley Blackwell. USA.
- Horak, F, et M Potucek. 1978. « The effect of the lunar phase on the sexual activity of ewes. » *Sb. vys. Sk. zemed*, n° 23: 743-49.
- International Congress on Animal Hygiene, et International Society for Animal Hygiene, éd. 2015. « Animal hygiene and welfare in livestock production - the first step to food hygiene: XVII International Congress on Animal Hygiene 2015, Košice, Slovakia ».
- Jackson, P. 2004. *Handbook of Veterinary Obstetrics*. Saunders. Angleterre.
- Jammes, H, et J Djiane. 1988. « Le développement de la glande mammaire et son contrôle hormonal dans l'espèce bovine ». In *Productions animales*, édité par INRA, unité d'Endocrinologie, 1:299-310. 5.
- Jarrige, R. 1984. *Physiologie et pathologie périnatales chez les animaux de ferme*. INRA. Paris.
- Johnson, M, et B Everitt. 2000. *Reproduction*. De Boeck Université. Sciences médicales série Pasteur. Bruxelles.
- Joly, D, C Gresset-bourgeois, et B Vermot-Desroches. 2008. « Changement de lune, changement de temps : vrai ou faux ? » *IMAGES DE FRANCHE-COMTÉ*, n° 37: 4.

- Kaiser, T, D Neumann, et D Heckel. 2011. « Timing the tides: Genetic control of diurnal and lunar emergence times is correlated in the marine midge *Clunio marinus* ». *BMC Genetics* 12 (1): 49. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-49>.
- Kazemi-Bajestani, S, A Amirsadri, S Samari, et A Javanbakht. 2011. « Lunar phase cycle and psychiatric hospital emergency visits, inpatient admissions and aggressive behavior ». *Asian Journal of Psychiatry* 4 (1): 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2010.12.002>.
- Lester, D. 1979. « Temporal variation in suicide and homicide ». *American Journal of Epidemiology* 109 (5): 517-20. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a112709>.
- Lieber, A, et C Sherin. 1972. « Homicides and the Lunar Cycle: Toward a Theory of Lunar Influence on Human Emotional Disturbance ». *American Journal of Psychiatry* 129 (1): 69-74. <https://doi.org/10.1176/ajp.129.1.69>.
- Linden, B, J Huisman, et B Rinkevich. 2018. « Circatrigintan instead of lunar periodicity of larval release in a brooding coral species ». *Scientific Reports* 8 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23274-w>.
- Lohmann, KJ, et AO Willows. 1987. « Lunar-modulated geomagnetic orientation by a marine mollusk. » *Science* 235 (4786): 331-34. <https://doi.org/10.1126>.
- Martinet, J, et LM Houdebine. 1993. *Biologie de la lactation*. INSERM. Paris.
- McAlees, TJ, et GA Anderson. 2007. « The influence of the full moon on the number of accessions to an animal emergency centre ». *Australian Veterinary Journal* 85 (10): 389-91. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2007.00191.x>.
- « MedVet - chapitre QP. Antiparasitaires, insecticides et répulsifs ». s. d. MED VET. Consulté le 10 octobre 2018. <http://www.med-vet.fr/listing-monographie.php?t=medicament&c%5B%5D=7&a=QP>.
- Melchior, P, et B Ducarme. 1989. « L'étude des phénomènes de marée gravimétrique », 12.
- Mémeteau, S. 2012. « Reproduction - Quand arrive l'heure du vélage ». Réussir Santé animale. 2012. <https://sante-animale.reussir.fr/actualites/reproduction-quand-arrive-l-heure-du-velage:16QCODM8.html#>.
- Menaker, W. 1967. « Lunar periodicity with reference to live births ». *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 98 (7): 1002-4. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(67\)90089-0](https://doi.org/10.1016/0002-9378(67)90089-0).
- Menaker, W, et A Menaker. 1959. « Lunar Periodicity in Human Reproduction: A Likely unit of Biological Time ». *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 77 (4): 905-14. [https://doi.org/10.1016/S0002-9378\(16\)36803-X](https://doi.org/10.1016/S0002-9378(16)36803-X).
- Michel, C. 2017. « Test rapide de diagnostic de gestation sur sang chez les bovins : étude économique dans le cas d'élevages laitiers avec suivi de reproduction ». Thèse d'exercice vétérinaire, Lyon: Claude Bernard.
- Mikulecký, M, et R Zemek. 1992. « Does the moon influence the predatory activity of mites? » *Experientia* 48 (5): 530-32.

- Monteiro, Carla, Aschwin H. Engelen, Ester A. Serrão, et Rui Santos. 2009. « Habitat differences in the timing of reproduction of the invasive alga *Sargassum muticum* (phaeophyta, sargassaceae) over tidal and lunar cycles ». *Journal of Phycology* 45 (1): 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2008.00619.x>.
- Nalepka, C, S Jones, et P Jones. 1983. « Time Variations, Births, and Lunar Association ». *Issues in Comprehensive Pediatric Nursing* 6 (2): 81-89. <https://doi.org/10.3109/01460868309057045>.
- Orihuela, A. 2000. « Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review ». *Applied Animal Behaviour Science* 70 (1): 1-16. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(00\)00139-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(00)00139-8).
- Osley, M, D Summerville, et LB Borst. 1973. « Natality and the Moon ». *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 117 (3): 413-15. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(73\)90048-3](https://doi.org/10.1016/0002-9378(73)90048-3).
- Palacios, C, et JA Abecia. 2011. « Lunar cycle and the frequency of births in sheep ». *Biological Rhythm Research* 42 (4): 283-86. <https://doi.org/10.1080/09291016.2010.503378>.  
2014. « Does lunar cycle affect lamb production after artificial insemination in sheep? ». *Biological Rhythm Research* 45 (6): 869-73. <https://doi.org/10.1080/09291016.2014.923621>.
- Penteriani, Vincenzo, María del Mar Delgado, Letizia Campioni, et Rui Lourenço. 2010. « Moonlight Makes Owls More Chatty ». *PLOS ONE* 5 (1): 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008696>.
- Peters, AR, et pjh Ball. 1995. « Chapter 9: Parturition and Lactation ». In *Reproduction in Cattle*, Blackwell Science Ltd, 127-44. Angleterre.
- Popescu, A, N Corin, et G Dobrică. 2017. « The impact of the lunar phases on bovine conception rate ». *Scientific Papers. Series D. Animal Science*. LX: 3.
- Prouillac, C. 2014. « Bactériologie pharmaceutique ». Cours magistral sur la Bactériologie médicale et les antimicrobiens; 2ème année du cursus vétérinaire, Lyon.
- Roger, T, et E Chatelain. 2015. « Embryologie, annexes foetales et tératologie ». Cours magistral sur l'étude de l'appareil uro-génital, embryologie et endocrinologie; 1ère année cursus vétérinaire, Lyon.
- Roy, JHB, CM Gillies, MW Perfitt, et IJF Stobo. 1980. « Effect of season of the year and phase of the moon on puberty and on the occurrence of oestrus and conception in dairy heifers reared on high planes of nutrition ». *Animal Production* 31 (1): 13-26. <https://doi.org/10.1017/S0003356100039702>.
- Saint-Dizier, M. 2006. « Gestation chez les bovins et les ovins: Prévision et détection de la mise-bas ». *Le Point vétérinaire* 37 (spécial): 18-24.
- Saint-Dizier, M, et S Chastant-Maillard. 2014. *La reproduction animale et humaine*. Quae. Synthèses. Versailles.
- Salisbury, GW, et NL VanDemark. 1961. *Physiology of reproduction and artificial insemination of cattle*. W.H. Freeman & Company. Agricultural Science.

- Saydur Rahman, M, M Morita, A Takemura, et K Takano. 2003. « Hormonal changes in relation to lunar periodicity in the testis of the forktail rabbitfish, *Siganus argenteus* ». *General and Comparative Endocrinology* 131 (3): 302-9. [https://doi.org/10.1016/S0016-6480\(03\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S0016-6480(03)00025-X).
- Schafer, J, S Varano, J Jarvis, et J Cancino. 2010. « Bad moon on the rise? Lunar cycles and incidents of crime ». *Journal of Criminal Justice* 38 (4): 359-67. <https://doi.org/10.1016/j.jcrimjus.2010.04.003>.
- Smith, M, I Croy, et K Persson Waye. 2014. « Human sleep and cortical reactivity are influenced by lunar phase ». *Current Biology* 24 (12): R551-52. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.05.018>.
- Société Française de Buiatrie. 1981. *L'utérus de la vache - Anatomie, physiologie, pathologie*. Société Française de Buiatrie. Maisons-Alfort: A. Constantin & E. Meissonnier.
- Stern, E, G Glazer, et N Sanduleak. 1988. « Influence of the Full and New Moon on Onset of Labor and Spontaneous Rupture of Membranes ». *Journal of Nurse-Midwifery* 33 (2): 57-61. [https://doi.org/10.1016/0091-2182\(88\)90160-7](https://doi.org/10.1016/0091-2182(88)90160-7).
- Subramaniam, A, KP Devarajan, N Velayutham, et M Mohanan. 1991. « Effect of lunar phases on variability of inseminations in cattle ». *Australian Veterinary Journal* 68 (2): 71-72. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1991.tb03141.x>.
- Szabo, A. 2005. « La seconde loi de Kepler ». NASA Goddard Space Flight Center - Space Physics Data facilities. 2005. <https://www-spof.gsfc.nasa.gov/stargaze/Fkepl2nd.htm>.
- Taillet, R, L Villain, et P Febvre. 2009. *Dictionnaire de physique*. 2ème édition. Bruxelles: de Boeck.
- Terra-Bustamante, Vera C., Carla A. Scorza, Marly de Albuquerque, Américo C. Sakamoto, Hélio R. Machado, Ricardo M. Arida, Esper A. Cavalheiro, et Fulvio A. Scorza. 2009. « Does the Lunar Phase Have an Effect on Sudden Unexpected Death in Epilepsy? » *Epilepsy & Behavior* 14 (2): 404-6. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2008.11.013>.
- Thibault, C, et MC Levasseur. 2001. *La reproduction chez les mammifères et l'homme*. INRA Editions-Ellipses.
- Toulemon, L. 1986. « Nouvelles données sur les variations du nombre des naissances selon les rythmes lunaires et circadiens ». *Population (French Edition)* 41 (4/5): 848. <https://doi.org/10.2307/1533026>.
- Underhill, V, et G Höbel. 2018. « Moonlighting? - Consequences of lunar cues on anuran reproductive activity ». *Acta Oecologica* 87: 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2018.02.001>.
- Wattiaux, M. 1999. « Gestation et vêlage ». *Essentiel laitier*, Essentiels laitier.
- Wells, RJ, JR Gionfriddo, TB Hackett, et SV Radecki. 2007. « Canine and feline emergency room visits and the lunar cycle: 11,940 Cases (1992-2002) ». *Journal of the American Veterinary Medical Association* 231 (2): 251-53. <https://doi.org/10.2460/javma.231.2.251>.

- Yonezawa, T, M Uchida, M Tomioka, et N Matsuki. 2016. « Lunar Cycle Influences Spontaneous Delivery in Cows ». Édité par S Yamazaki. *PLOS ONE* 11 (8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161735>.
- Youngquist, R, et W Threlfall. 2007. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology - Second edition*. Saunders Elsevier. Current Therapy in. USA.
- Zürcher, E, MG Cantiani, F Sorbetti-Guerri, et D Michel. 1998. « Tree stem diameters fluctuate with tide ». *Nature* 392 (6677): 665-66. <https://doi.org/10.1038/33570>.





# Annexes

## Annexe 1: Extrait du fichier Database qui a permis les tests statistiques (Mélanie Gitton)

Nom Jours	Jours	phase de la lune	Jours (cycle synodique)	Jours (révolution synodique)	Jours (révolution draconitique)	moment de la journée	élevage	vache/génisse	acte
Jeudi	01/01/1998	pleine lune	19	croissante	descendante	0	0	0	vêlage
Vendredi	02/01/1998	pleine lune	20	décroissante	descendante	matin	Lacombre Jérôme	0	vêlage
Vendredi	02/01/1998	pleine lune	20	décroissante	descendante	matin	Guérin	0	vêlage
Vendredi	02/01/1998	pleine lune	20	décroissante	descendante	après-midi	Rameau - Roche	0	vêlage
Vendredi	02/01/1998	pleine lune	20	décroissante	descendante	après-midi	Carré Charles	0	vêlage
Samedi	03/01/1998	pleine lune	21	décroissante	descendante	matin	GAEC GAEC Lordey - Les guittards	0	vêlage
Samedi	03/01/1998	pleine lune	21	décroissante	descendante	matin	Vigneron JL	0	vêlage
Samedi	03/01/1998	pleine lune	21	décroissante	descendante	après-midi	Loreau Bruno	0	vêlage
Samedi	03/01/1998	pleine lune	21	décroissante	descendante	après-midi	Poupon Didier	génisse	vêlage
Dimanche	04/01/1998	pleine lune	22	décroissante	descendante	0	0	0	0
Lundi	05/01/1998	dernier quartier	23	décroissante	descendante	matin	Michaud - les Berthelets	0	vêlage
Lundi	05/01/1998	dernier quartier	23	décroissante	descendante	matin	Fenayon Emmanuel	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	matin	Véniant Alain	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	matin	Martin JF	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	matin	Cochet Daniel et JC	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	matin/midi	Chandioux JL	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	après-midi	Poupon Didier	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	après-midi	GAEC des quartiers	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	après-midi	Guérin	0	vêlage
Mardi	06/01/1998	dernier quartier	24	décroissante	descendante	soirée	Bouillot JP et Marie-Christine	0	vêlage



**GITTON Mélanie**

# **L'INFLUENCE DES MOUVEMENTS DE LUNE SUR LA PARTURITION DANS UN CHEPTEL DE BOVINS CHAROLAIS EN CLIENTELE VETERINAIRE**

**Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 30 août 2019**

## **RESUME :**

En élevage allaitant, il est très fréquent d'entendre les éleveurs associer « pleine lune » et « pic de vêlages ». Dans cette thèse, nous avons cherché à montrer si la lune, par le biais d'un de ces cycles, influence réellement le déclenchement des naissances. Pour cela, nous avons, dans un premier temps, détaillé la physiologie de la fécondation, de la gestation et de la parturition chez la vache. Nous y avons aussi expliqué les moyens dont dispose le vétérinaire pour déclencher puis faire naître les veaux. Nous avons ensuite étudié les actes d'un vétérinaire exerçant dans le Charolais (Nièvre) sur 16 ans. De cette étude, il ressort que les naissances seraient plus fréquentes en phase montante et phase croissante de la lune. Cependant, si l'on étudie chaque année au cas par cas, la lune n'exerce aucune influence statistiquement probante. Cette étude, ayant porté sur une seule clientèle, pourrait être le point de départ d'une étude statistique à grande échelle portant sur les bovins Charolais, afin de définitivement conclure sur l'influence de la Lune sur les naissances.

## **MOTS CLES :**

- Parturition
- Effets de la lune
- Bovins

## **JURY :**

Président :	Monsieur le Professeur Pascal Gaucherand
1er Assesseur :	Madame le Docteur Anne-Cécile Lefranc-Pohl
2ème Assesseur :	Madame le Professeur Dominique Le Grand

**DATE DE SOUTENANCE : 30 août 2019**