

**Mémoire, y compris stage professionnalisant[BR]- Séminaires  
méthodologiques intégratifs[BR]- Mémoire : Etude du rôle de pratiques  
zootecniques dans la prévention du risque zoonotique de santé publique : cas  
de la cryptosporidiose en élevage bovin**

**Auteur :** Riffart, Cédric

**Promoteur(s) :** Antoine-Moussiaux, Nicolas; 21528

**Faculté :** Faculté de Médecine

**Diplôme :** Master en sciences de la santé publique, à finalité spécialisée en promotion de la santé

**Année académique :** 2022-2023

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/18449>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---



**« Etude du rôle de pratiques zootechniques dans la prévention du risque zoonotique de santé publique : cas de la cryptosporidiose en élevage bovin »**

**Mémoire présenté par Cédric Riffart**

en vue de l'obtention du grade de

Master en Sciences de la Santé Publique

Finalité spécialisée en Promotion de la Santé

Année académique 2022-2023



**« Etude du rôle de pratiques zootechniques dans la prévention du risque zoonotique de santé publique : cas de la cryptosporidiose en élevage bovin »**

Promoteur : **Antoine-Moussiaux Nicolas**

Co-promotrice : **Pauline Martin**

**Mémoire présenté par Cédric Riffart**

en vue de l'obtention du grade de

Master en Sciences de la Santé Publique

Finalité spécialisée en Promotion de la Santé

Année académique 2022-2023

## Résumé

Introduction : La cryptosporidiose, maladie causant des diarrhées, est l'une des 13 zoonoses les plus répandues au monde et son rythme d'émergence ne fait qu'augmenter. Les bovins représentent une source de contamination importante. Dans une optique One Health, une réduction de la prévalence des diarrhées chez le veau serait bénéfique à la fois pour la santé bovine, la santé humaine et l'environnement. Dans ce travail, nous avons cherché des pistes permettant de réduire la prévalence des diarrhées en élevage bovin et nous sommes plus particulièrement intéressés à savoir si la facilité de naissance du veau avait un impact sur sa résistance aux maladies diarrhéiques et plus précisément au *Cryptosporidium*.

Matériel et méthodes : A partir des données de 3514 veaux de quatre races différentes issus de trois fermes expérimentales Françaises, l'effet de différents facteurs (dont la race, le type d'élevage ou la facilité de naissance) sur la probabilité d'avoir une diarrhée durant les 60 premiers jours de vie a été testé à l'aide d'un modèle de régression logistique. Des inventaires de pathogènes diarrhéiques ont également été réalisés sur un sous-ensemble du jeu de données. Ces analyses statistiques ont été complétées par des entretiens individuels semi-directifs avec les responsables de deux des élevages et des observations sur place afin d'intégrer les pratiques d'élevage dans la réflexion.

Résultats : Parmi les 3514 veaux étudiés, 1430 (40.69%) ont eu au moins un enregistrement de diarrhée durant les 60 premiers jours de vie. Ce pourcentage varie fortement d'un élevage à l'autre et d'une année sur l'autre. Les veaux issus de naissances faciles sont moins sujets aux diarrhées que ceux issus de naissances difficiles. Un effet du mois de naissance du veau et de la parité de la mère ont également été observés. Le *Cryptosporidium* est le pathogène le plus fréquemment retrouvé et son association avec les diarrhées est forte. A partir des résultats et des observations, différentes propositions afin de diminuer la prévalence des diarrhées ont été formulées.

Conclusion : La facilité de naissance est un levier d'action qui, associé à une amélioration des mesures d'hygiène en élevage et à des actions de prévention de santé publique, permettrait de réduire la prévalence des diarrhées du veau et son impact sur la santé humaine.

Mots-clés : Zoonose - *Cryptosporidium* - facilité de naissance

## Abstract

Introduction: Cryptosporidiosis, a disease-causing diarrhea, is one of the 13 most common zoonosis worldwide and its importance keeps increasing. Cattle is a major source of contamination. Within the One Health concept, a decrease in calf diarrhea prevalence would be beneficial to both cattle and human health, as well as to the environment. In this study, we looked for ways to reduce calf diarrhea and were especially interested in the possible impact of calving ease on diarrhea resistance and more specifically on *Cryptosporidium*.

Materials and methods: Data of 3514 calves from four different breeds coming from three different French experimental farms were used to determine the effect of various factors (including breed, farm type or calving ease) on the odds of having diarrhea during the first 60 days of life with a logistic model. Enteric pathogens were detected with two different tests on a subset of the dataset to evaluate the contamination. In addition to these statistical analyses, interviews of two farm managers and personal in-site observations were performed in order to get a better picture of farm practices.

Results: A total of 1430 calves (40.69%) had at least one diarrhea event recorded during the first 60 days of life. This proportion is highly variable depending on farm and year. Calves born from a difficult calving were more prone to get diarrhea than those born from easy calving. Effects of month of birth and dam parity were also observed. *Cryptosporidium* is the most frequently found pathogen and its link to diarrhea is high. Based on these results and on the in-site observations, several possible practical actions to implement in order to reduce diarrhea prevalence were formulated.

Conclusion: Combined to an improvement of hygiene and measures of public health prevention, calving ease would be an efficient way to reduce calf diarrhea prevalence and its impact on human health.

Keywords: Zoonosis - *Cryptosporidium* - Calving ease

## Remerciements

Je souhaiterais tout d'abord remercier particulièrement mes promoteurs ainsi que les chercheurs de l'INRAE, sans lesquels ce projet de recherche n'aurait jamais pu voir le jour.

À toute l'équipe du domaine du Pin-au-Haras pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité ainsi que leur aide tout au long de mon stage d'observation.

À ma mère pour sa relecture et ses conseils d'écriture tout au long de ce travail.

À mon frère pour son investissement et son aide précieuse dans la rédaction de ce travail.

À ma belle-sœur pour son immense patience, son implication, pour toutes ses corrections et surtout son aide essentielle en statistique.

Et enfin à ma compagne qui m'a soutenue et encouragé durant la traversée de cette épreuve, pour sa compassion, son écoute, ses conseils et son amour sans qui ce travail n'aurait pu aboutir.

## Table des matières

Préambule .....	1
Introduction.....	2
Contexte général .....	2
Cycle de vie du <i>Cryptosporidium</i> et infection.....	3
Infection chez l'homme.....	4
Traitement.....	5
Modèle d'analyse proposé .....	8
Question de recherche.....	8
Objectifs .....	8
Hypothèses.....	8
Matériel et méthodes.....	9
Type d'étude.....	9
Population étudiée .....	9
Données.....	10
Paramètres étudiés .....	11
Analyses statistiques .....	12
Résultats .....	13
Jeux de données 1 – analyse de la relation entre facilité de naissance et diarrhées .....	13
Jeux de données 2 – Analyse des différents pathogènes diarrhéiques.....	19
Jeux de données 3 – Influence de la météo.....	21
Description des pratiques d'après les réponses des entretiens semi-directifs.....	22
Observations et propositions d'amélioration afin de diminuer la propagation du <i>Cryptosporidium</i> .....	24
Discussion .....	26
Bibliographie.....	34
Annexes .....	40
Annexe 1 : Cycle biologique de <i>Cryptosporidium parvum</i> d'après Ward et Cevallos (55) .....	40
Annexe 2 : Questionnaire responsable troupeau laitier (Holstein, Normande, Jersiaise).....	41
Annexe 3 : Questionnaire responsable troupeau allaitant (Charolaise).....	42
Annexe 4 : Distribution des variables testées .....	43
Annexe 5 : Demande d'avis au Comité d'Ethique .....	45
Annexe 6 : Réponse du Comité d'Ethique .....	50
Annexe 7 : Réponse Comité d'Ethique pour les animaux .....	52
Annexe 8 : Convention de stage.....	53

## Préambule

Diplômé en AESI sciences naturelles à la haute école de Liège depuis 2019, j'ai eu la chance de travailler dans plusieurs établissements scolaires tout au long de ma formation et à la suite de celle-ci. Par ma pratique professionnelle, j'ai eu la possibilité d'accompagner, d'informer et de soutenir mes étudiants dans leur apprentissage, et ce dans différents domaines tels que la chimie, la biologie et l'initiation scientifique. Ces expériences ont été riches en apprentissages et en réflexions sur le rôle de l'enseignant et son action sur la société.

Toutefois, l'évolution des attendus au niveau de l'enseignement, qui se dirigent de plus en plus vers une restitution sans réelle compréhension des programmes officiels, que vers une démarche de découverte, de réflexion sur les conséquences des actes de l'homme sur l'environnement ainsi que sur les différentes espèces présentes dans celui-ci, m'ont fait réagir. Il m'a semblé évident qu'il m'était nécessaire de me diriger vers l'approche de la santé publique, et plus précisément au niveau de la promotion de la santé publique, car son approche holistique des problématiques et ses actions multidisciplinaires sont pour moi un levier d'action important. Ceci m'a donc poussé à entamer un nouveau cursus universitaire.

Durant ma formation à l'université de Liège en santé publique, j'ai réalisé l'importance grandissante du concept « One Health » et la multitude des liens qui existent entre la santé animale, environnementale et humaine. Ayant été séduit par ce concept, j'ai décidé de creuser cette approche et de cela m'a amené à réfléchir aux élevages modernes et plus précisément aux élevages bovins et aux conséquences de ceux-ci sur l'environnement et leurs impacts sur la santé animale et humaine.

Au fur et à mesure des différents échanges que j'ai pu avoir avec des personnes de terrain dans ce domaine, la question du risque zoonotique grandissant et son impact sur la santé humaine (60% des pathogènes qui touchent l'homme sont d'origine zoonotique (1)) m'ont semblé de plus en plus évident. Étant donné l'augmentation grandissante de l'émergence de nouvelles zoonoses (2), mon projet de recherche fait suite à ces observations et s'inscrit dès lors dans une démarche de promotion de la santé, démarche définie par la Charte d'Ottawa en 1986. (3)

## Introduction

### Contexte général

Depuis 2020, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) est chargée de la surveillance des maladies d'origine alimentaire et des zoonoses aux niveaux national, régional et mondial (4). Le terme « zoonose » est dérivé du mot grec « Zoon » qui signifie animal, et de « nosos », qui veut dire malade (5). Selon l'OMS, une zoonose est une maladie ou une infection naturellement transmissible des animaux vertébrés à l'humain.

La plupart des maladies émergentes qui touchent les humains sont des zoonoses et plus de 60 % des pathogènes humains ont une origine zoonotique (1). Présentes partout dans le monde, les zoonoses sont un problème de santé majeur et particulièrement d'actualité, notamment au travers de l'exemple de la COVID 19 et de la variole du singe. Plus de 200 types connus de zoonoses ont été recensés (6) dont la transmission à l'humain se serait faite par différents modes de contamination (contact direct avec l'animal, ingestion d'eau ou d'aliment contaminé, contact avec les matières fécales ...) (7).

À l'échelle mondiale, les 13 zoonoses les plus communes causent environ 2,4 milliards de cas de maladie et 2,7 millions de morts chaque année, en plus de leurs effets négatifs sur la santé humaine (8).

L'émergence des zoonoses dépend de trois composantes principales qui sont l'homme, l'animal et leur environnement (9). En raison de plusieurs facteurs environnementaux favorisant de nouveaux contacts homme-animal, et une plus grande dissémination des agents infectieux ou de leurs vecteurs, tels que la déforestation, l'élevage intensif, l'urbanisation et la mondialisation, le réchauffement climatique ou encore la domestication d'animaux sauvages, le rythme d'émergence de nouvelles zoonoses ne cesse de s'accélérer (2).

Ce contexte a poussé au développement d'une approche intégrée de la santé au travers du concept One Health, « une seule santé », depuis le début des années 2000. Ce concept, selon Sciensano, « fait référence à la poursuite d'une santé optimale pour l'homme, l'animal et leur environnement grâce à l'étude des interactions entre ces éléments et leur influence sur la santé » (10), ou autrement dit, que la protection de la santé humaine passe par celle de l'animal et de leurs interactions avec l'environnement (11).

Dans les pays européens, l'élevage représente une source importante de zoonoses. La cryptosporidiose est l'une d'entre elles. La cryptosporidiose est causée par un parasite intracellulaire, *Cryptosporidium*. Présent chez l'homme et chez une grande variété d'animaux, notamment les bovins, il est la cause de troubles digestifs, en particulier des diarrhées, pouvant entraîner la mort chez des sujets jeunes ou immunodéprimés (12) (13).

Décrit pour la première fois au début du 20e siècle, *Cryptosporidium* est un protozoaire parasite des épithéliums gastro-intestinaux des mammifères (13) (14). Si *Cryptosporidium muris* et *C. parvum* sont les deux premières espèces identifiées (15) pas moins de 26 espèces différentes ont été recensées aujourd'hui (13).

#### Cycle de vie du *Cryptosporidium* et infection

Son cycle de vie peut être décomposé en 6 grandes étapes (cf. Annexe 1) après l'ingestion par l'hôte, le **désenkystement** avec la libération des sporozoïtes dans les cellules gastro-intestinales, la **mérogonie**, qui est la multiplication asexuée et qui se fait par maturation successive des sporozoïtes en trophozoïtes puis en mérozoïtes qui vont envahir les cellules épithéliales voisines. Il y a, par la suite, une **gamétogénèse** puis une **reproduction sexuée** par union de micro et de macro-gamètes pour ensuite donner des oocytes par **formation d'une membrane**, soit mince qui va maintenir l'infection chez l'hôte, soit épaisse avec **formation de spores**, et va permettre aux oocystes d'être évacués dans l'environnement (15) (16).

De plus, certaines études montrent une capacité de multiplication sans nécessité d'hôte, mais simplement en présence de biofilms (amas de micro-organismes) aussi bien dans l'eau potable que dans les eaux usées (17).

Lors d'une intrusion des sporozoïtes dans des cellules épithéliales, celles-ci sont endommagées de l'une des deux façons suivantes : soit la cellule meurt sous l'action directe de l'invasion, de la multiplication et de la sortie du parasite ; soit la cellule est endommagée à cause de l'intervention de cellules lymphocytaires T guidées par l'inflammation. Il est également important de noter que bien que *Cryptosporidium* demeure le plus souvent au niveau de l'intestin, il peut également attaquer d'autres organes, des cas d'infections respiratoires ayant par exemple été diagnostiqués (13).

## Infection chez l'homme

Parmi les différentes espèces de *Cryptosporidium*, *C. parvum* a la capacité d'infecter l'humain. Il est donc de type zoonotique (18). Les premiers cas de cryptosporidiose chez l'homme ont été diagnostiqués en 1976 chez des personnes présentant une diarrhée aqueuse sévère (15). Aujourd'hui, la liste des symptômes les plus fréquents recensés pour la cryptosporidiose est une diarrhée aqueuse ou des selles diarrhéiques, des coliques ou des douleurs à l'estomac, une déshydratation, des nausées, des vomissements, une légère fièvre ainsi qu'une perte de poids (19). Ils apparaissent en général de 1 à 12 jours après l'infection du sujet (7 en moyenne) et durent le plus souvent entre 1 et 14 jours, mais ils peuvent néanmoins durer plus longtemps, ce qui est d'autant plus problématique chez les personnes avec un système immunitaire affaibli (19).

La cryptosporidiose se rencontre plus fréquemment chez les jeunes enfants et les personnes immunodéficientes où elle est également plus sévère. Elle est une menace particulièrement sérieuse pouvant entraîner la mort chez les personnes vivant avec le HIV, en raison d'une durée plus importante des diarrhées et d'une altération plus forte de l'épithélium intestinal causant un défaut d'absorption (12) (13).

En Belgique, une enquête a été réalisée par Sciensano en 2020 (20). D'après les résultats, la prévalence de cas de cryptosporidiose est en augmentation avec 620 cas détectés en 2015, 749 cas en 2016, 778 cas (6,9 cas sur 100 000 habitants) en 2017 et 1255 cas (11,0 cas/100 000 habitants) en 2018. Cette augmentation peut s'expliquer par plusieurs facteurs dont l'augmentation du nombre de laboratoires participant au réseau des laboratoires vigies à partir de 2015 ou le changement de méthode de dépistage, qui se réalise maintenant par test antigénique et non plus via un diagnostic au microscope. De plus, une meilleure sensibilisation de cette pathologie chez les médecins a amené à la réalisation d'un plus grand nombre de demandes de tests et donc à une augmentation du nombre de cas diagnostiqués. La forte augmentation des cas positifs observée en 2018 laisse penser que plusieurs épidémies sont survenues. La majorité des cas ont par ailleurs été observés en Flandre comme le montre le *tableau 1* (20).

Pathogène (maladie)	Région	Nombre de cas détectés par an			
		2018	2017	2016	2015
<i>Cryptosporidium</i> spp. (Cryptosporidiose)	Flandre	1151	701	654	522
<i>Cryptosporidium</i> spp. (Cryptosporidiose)	Wallonie	61	59	66	63
<i>Cryptosporidium</i> spp. (Cryptosporidiose)	Bruxelles	22	4	19	23

Tableau 1 : évolution du nombre de cas enregistré dans les différentes régions (20)

La population la plus touchée par la cryptosporidiose en Belgique est la classe des moins de 10 ans. Sur l'année 2018, le ratio homme/femme était de 0,9 et les contaminations avaient principalement eu lieu en été et en automne. Il est utile de noter qu'une augmentation brusque des cas apparaît en moyenne tous les 3 ans (20).

Dans l'environnement, une des sources principales de *C. parvum*, l'espèce infectant l'homme, est liée à l'élevage bovin. Il représente en effet plus de 80 % des espèces de *Cryptosporidium* détectées dans les élevages bovins (21) où il est trouvé en forte abondance lors des périodes de vêlage (7).

Particulièrement commun chez le jeune veau durant ses deux premières semaines de vie, il provoque diarrhée aigüe, déshydratation, perte de poids, retard de croissance et parfois la mort (14) (18). La transmission à l'homme peut se faire par différentes voies, qu'il s'agisse de contacts directs avec des animaux malades, mais également de contacts avec du matériel contaminé par des matières fécales, de l'eau, de la nourriture ou des vêtements contaminés voire par inhalation d'oocystes (15).

### Traitement

Malgré une forte volonté de recherche dans le développement d'un médicament efficace, l'halofuginome lactate (HL) est le seul traitement autorisé en Europe chez le veau. Il permet de réduire la diffusion des oocystes mais sans pour autant l'arrêter complètement.

Au regard de l'ensemble de ces différents éléments, et dans une optique One Health, agir sur les pratiques d'élevage et l'environnement sont des leviers qui pourraient permettre

d'améliorer la situation chez l'homme (18). Si différentes mesures telles qu'une augmentation générale de l'hygiène (18), une limitation des contacts avec les veaux ou des lieux récréatifs potentiellement sources de contamination en particulier pour les populations à risque (1)(8) ont été proposées, il est également important de s'intéresser aux pratiques d'élevage.

De manière complémentaire aux conditions d'hygiène, une piste qui apparaît comme particulièrement intéressante à explorer est le potentiel effet de la condition de naissance des veaux. La condition de naissance, aussi appelée facilité de naissance, se rapporte à la manière dont le veau naît : facilement et sans aide, par voie basse mais avec la nécessité d'une intervention humaine plus ou moins appuyée, ou par césarienne.

Un certain nombre de facteurs sont connus pour influencer la facilité de naissance (22)(23). On trouve en premier lieu la compatibilité entre la taille du veau et le pelvis de la mère (eux-mêmes influencés par l'âge et la morphologie de la mère, ainsi que le poids et le sexe du veau), mais aussi la manière dont le veau se présente (par exemple normale, anormale ou en siège) ou encore la manière dont se déroule le travail (dilatation du col de l'utérus, absence de torsion utérine, ...).

Une partie de ces facteurs étant liés à la génétique, la facilité de naissance diffère aussi beaucoup d'une race à l'autre, avec une influence à la fois de la race de la mère, mais aussi de la race du veau lui-même. Il a ainsi été montré, par exemple, une diminution significative des difficultés de naissance pour des veaux croisés de mère Holstein et père Jersiais par rapport à des veaux Holstein purs (24). En race Blanc Bleu Belge, en lien avec le fort développement musculaire des animaux, 90 % des naissances se font par césarienne (25).

L'intérêt de l'étude de la condition de naissance tient dans le fait qu'elle influence un certain nombre de caractères tout au long de la vie de l'animal. En plus d'un impact fort sur la mortalité pendant et dans les 48 h suivant la mise bas (veaux mort-nés), des conséquences ont été observées à moyen terme sur la santé du veau, son développement et sa survie (26) (27). Des effets à très long terme ont même été observés tels qu'une réduction de l'espérance de vie (28) ou une diminution de la production laitière des veaux femelles une fois l'âge adulte atteint (27). Lors des dystocies, les veaux peuvent en effet subir des hypoxies prolongées parfois couplées à des acidoses qui affectent la vigueur du nouveau-né à la naissance et sa capacité à se tenir debout et à téter (26). Moins de colostrum serait ainsi absorbé par le veau, limitant le

transfert de l'immunité passive et diminuant notamment la protection contre les maladies néonatales (28).

Ce transfert de l'immunité passive pourrait néanmoins ne pas avoir d'effet direct sur la résistance à l'infection au *Cryptosporidium* (29) (18) (30), bien que des études plus anciennes semblaient observer une minimisation de l'infection et une meilleure élimination chez les veaux avec les meilleurs transferts de l'immunité (31) (32) (33). Le lien entre la présence de l'agent infectieux, *Cryptosporidium*, et une condition de naissance semble, à notre connaissance, avoir été peu étudié.

En plus d'un potentiel effet direct de la condition de naissance, les conditions d'élevage dans les premiers jours peuvent également exercer une influence sur la susceptibilité des veaux à l'infection par *Cryptosporidium* (29) (18) (30). En élevage bovin, on trouve généralement des pratiques très différentes entre les élevages laitiers et les élevages allaitants. En effet, en élevage laitier (avec des races telles que la Holstein, la Normande ou la Jersiaise), les veaux sont séparés de leur mère dans les heures suivant la naissance et élevés en niche individuelle jusqu'à 15 jours où ils sont nourris avec le colostrum de leur mère dans les premiers jours, puis éventuellement avec un lait de mélange. Ils sont ensuite vendus entre 15 et 21 jours à des éleveurs spécialisés dans l'engraissement pour les veaux mâles ou croisés. Les jeunes femelles destinées au renouvellement du troupeau demeurent quant à elles sur l'élevage où elles rejoignent une nurserie collective. Par ailleurs, en élevages allaitants (avec des races telles que la Charolaise ou la Blanc Bleu Belge) les veaux restent avec leur mère et sont élevés au sein du troupeau de femelles adultes jusqu'au sevrage, généralement autour de 7 à 9 mois. Dès lors, ces différences de pratique méritent elles aussi d'être étudiées.

Au vu du fait que le protozoaire *Cryptosporidium* est un agent cosmopolite, de sa récurrence et de son impact sur la santé de la population actuelle et à venir, il apparaît important dans le contexte du concept One Health d'investiguer plusieurs pistes en lien avec cette problématique, ce qui est proposé de réaliser ici au travers de l'étude de l'influence des conditions de naissance et autres caractéristiques de naissances des veaux sur les diarrhées néonatales et plus particulièrement la cryptosporidiose, et ce dans différents cadres d'élevage.

## Modèle d'analyse proposé

### Question de recherche

« Quel est l'impact de la facilité de naissance du veau sur sa résistance aux diarrhées et plus précisément à la cryptosporidiose dans les élevages INRAE du Pin-au-Haras et de Bourges-la-Sapinière dans une approche One Health dans l'optique de diminuer la prévalence de cette maladie chez l'humain ? »

### Objectifs

- **Objectif principal :**

« Déterminer dans quelle mesure la facilité de naissance chez le veau a un impact sur sa résistance aux diarrhées néonatales et plus particulièrement à l'agent infectieux *Cryptosporidium*. »

- **Objectifs secondaires :**

Déterminer la prévalence de la présence de diarrhées dans les différents élevages de veaux durant les 8 premières semaines de vie.

Comparer les résultats obtenus entre les différents types d'élevage sur base de l'échelle de facilité de naissance et la présence ou non de diarrhée chez le veau. Et évaluer les différents impacts qui peuvent être observés quant au risque de propagation du parasite *Cryptosporidium* chez l'Homme.

Sur la base des résultats obtenus, proposer des pratiques permettant de réduire la pression dans l'environnement pour limiter la probabilité de contamination chez l'Homme.

### Hypothèses

L'hypothèse principale mise en avant dans ce projet est la suivante : la facilité de naissance chez le veau influence positivement sa résistance aux diarrhées et plus particulièrement sa résistance à l'agent infectieux *Cryptosporidium*.

Les différentes méthodes d'élevages ont un impact sur la probabilité de contracter le parasite *Cryptosporidium*.

L'origine génétique du veau peut avoir un impact positif sur sa résistance au parasite *Cryptosporidium*.

## Matériel et méthodes

### Type d'étude

L'étude se base sur les résultats récoltés par l'INRAE (Institut National français de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement) de 2011 à 2021 dans les élevages suivants :

- Le domaine expérimental du Pin-au-Haras (région Normandie) possédant un troupeau laitier composé d'animaux de races Holstein, Normande et Jersiaise, et ayant eu jusqu'en 2020 un troupeau allaitant de Charolaises.
- Le domaine expérimental de Bourges-la-Sapinière (région Centre), aujourd'hui limité à des activités sur les petits ruminants, mais ayant eu jusqu'en 2018 un troupeau allaitant de Charolaises. (34)

Il s'agit d'une étude observationnelle de cohortes, car nous disposons des données de suivi du développement des veaux après leur naissance. L'étude est rétrospective, car la question de recherche de ce travail se base sur des données déjà existantes.

Des méthodes statistiques seront utilisées en fonction de la nature quantitative ou qualitative de chaque variable étudiée.

### Population étudiée

La population étudiée est constituée de bovins de races Holstein, Normande, Jersiaise et Charolaise. Ces animaux sont nés dans les élevages INRAE du Pin-au-Haras et de Bourges-la-Sapinière entre 2011 et 2021. La période d'étude porte sur les 60 premiers jours de vie du veau.

Les critères d'exclusion sont définis comme suit :

- Veaux issus d'une grossesse gémellaire.
- Veaux présentant une malformation à la naissance.
- Veaux rejetés par la mère après la naissance.
- Veaux morts pendant la période d'étude (60 premiers jours de vie).

- Veaux sortant de l'élevage (vente) pendant la période considérée (ceci implique l'exclusion de l'ensemble des veaux mâles des races laitières).

Pour les troupeaux Charolais, qui ont tous les deux été fermés durant la période étudiée, les conditions de vie des animaux ayant pu être différentes sur les derniers moments (faible nombre d'individus, élevés hors du cadre expérimental qui prévalait les années précédentes), les animaux des deux dernières campagnes de naissance de Bourges-la-Sapinière (2016 et 2017) et les animaux de la dernière campagne de naissance de l'implantation Charolaise du Pin-au-Haras (2020) ont également été exclus.

## Données

Dans cette étude, trois jeux de données ont été utilisés. Le premier regroupe l'ensemble des données zootechniques et de la survenue des événements sanitaires sur la période 2011-2021 pour les trois troupeaux de l'étude. Ces données ont été extraites des bases de données de suivi des élevages expérimentaux INRAE (SICPA BOVIN et SICPA SANITAIRE). Les données présentes dans ces bases sont saisies directement par les agents des unités expérimentales au quotidien. Au total, les informations de 3514 veaux ont été utilisées pour cette étude.

Le deuxième jeu de données est issu du projet de recherche HealthyCalf (financement APIS-GENE) qui a eu lieu entre fin 2017 et fin 2020. Il concernait les veaux Holstein et Charolais de l'unité expérimentale du Pin ainsi que des veaux Holstein d'élevages commerciaux (désignés dans ce rapport comme Holstein tout venant). Au total, 844 veaux font partie de ce jeu de données, qui recoupe partiellement le premier.

Enfin, l'unité expérimentale du Pin-au-Haras dispose de sa propre station météorologique située à proximité des bâtiments d'élevage. Ces données ont pu être récupérées directement auprès de la ferme pour la période de septembre 2017 à septembre 2020 (période HealthyCalf).

Pour ces trois jeux de données, cette étude se base sur un échantillonnage non probabiliste de commodité, à savoir l'utilisation de données disponibles et accessibles.

En complément des analyses statistiques, un stage d'observation de plusieurs jours a été réalisé sur l'unité expérimentale du Pin-au-Haras afin de pouvoir relever en direct les pratiques en place sur l'unité ainsi que la disposition des lieux. De plus, des entretiens individuels semi-

directifs ont été effectués auprès des responsables des deux troupeaux du Pin-au-Haras engagés dans cette étude, à savoir Laurent Chanteloup (interlocuteur 1) ancien responsable du troupeau allaitant (race Charolaise) du Pin-au-Haras, aujourd'hui réaffecté aux vaches laitières, et Sébastien Blandamour (interlocuteur 2) responsable du troupeau laitier (races Holstein, Normande et Jersiaise) du Pin-au-Haras. Le détail du questionnaire utilisé est disponible en annexe 2 et 3.

### Paramètres étudiés

Dans cette étude et sur la base du premier jeu de données, nous nous intéressons au fait d'avoir eu au moins un événement diarrhéique au cours des 60 premiers jours de vie. Il s'agit d'une variable binaire, codée en 0 (pas de diarrhée) ou 1 (au moins une diarrhée).

Différentes variables explicatives ont été testées :

- La facilité de naissance, variable catégorielle pouvant prendre quatre valeurs (1= naissance sans aide, 2= naissance nécessitant une faible assistance, 3= naissance difficile nécessitant une forte assistance, 4= césarienne).
- Le troupeau (Bourges, Pin-au-Haras allaitant, Pin-au-Haras laitier).
- La race (Charolais, Holstein, Normande ou Jersiaise, identique pour le veau et la mère).
- L'année de naissance du veau (de 2011 à 2021).
- Le groupe de contemporain (combinaison du troupeau et de l'année de naissance).
- Le mois de naissance du veau (de septembre à avril, les quelques vêlages ayant lieu fin août ou début mai ayant été groupés respectivement avec les vêlages de septembre ou d'avril).
- Le poids de naissance du veau (en Kg).
- Le sexe du veau (uniquement en Charolais, les mâles laitiers étant vendus avant 60 jours).
- Le fait que le veau soit issu d'un transfert embryonnaire ou non (la mère considérée étant alors la mère porteuse).
- L'âge de la mère à la naissance, groupé en catégories (18-24 mois, 25-29 mois, 30-39 mois, 40-49 mois, 50-59 mois, 60 mois et plus).
- Le rang de vêlage de la mère (s'il s'agit de son premier vêlage ou de son deuxième vêlage ou plus).

Pour les animaux faisant partie du dispositif HealthyCalf, la présence ou l'absence de 5 pathogènes diarrhéiques (*Cryptosporidium*, *Rotavirus*, *Coronavirus* et deux souches d'*E. coli*) a été déterminée à l'aide d'un kit Speed V Diar à partir d'un échantillon de fèces prélevé entre 8 et 14 jours d'âge. Par ailleurs, une analyse PCR a été menée sur chaque échantillon afin de déterminer de manière indépendante et beaucoup plus sensible la présence ou non d'ADN de *Cryptosporidium* et l'espèce précise de celui-ci. L'ensemble de ces analyses avaient été effectuées préalablement au stage.

Pour les variables météorologiques, nous disposons pour chaque jour calendaire de trois informations : la quantité de précipitation, la température moyenne et le taux d'humidité moyen. La valeur moyenne de chacune de ces variables a été calculée pour chaque veau sur les 15 premiers jours de vie ainsi que sur les 60 premiers jours de vie, définissant ainsi six variables météorologiques par veau.

### Analyses statistiques

Pour le jeu de données 1, une première phase du travail a consisté en la préparation des données afin d'appliquer les critères d'exclusion au jeu de données brutes extrait de la base (5702 veaux initialement).

Pour chacun des trois jeux de données, des analyses statistiques numériques et/ou graphiques ont été effectuées en fonction de la nature de chacune des variables (distribution, fréquence, moyenne...). Différentes analyses univariées ont été utilisées. Lorsqu'il s'agissait de tester le lien entre notre variable principale (le fait d'avoir ou non une diarrhée, variable binaire) ou le fait d'être positif ou non à un test de détection de pathogène (autre variable binaire) avec une variable qualitative, des tests de X<sup>2</sup> ont été réalisés. Pour la seule variable quantitative analysée (i.e. l'âge de survenue de la diarrhée), des tests de Student ont été effectués pour comparer les moyennes deux à deux en fonction de variables catégorielles (par exemple la race).

Enfin, des analyses multivariées ont été appliquées afin de répondre à l'objectif principal. Compte tenu de la nature binaire de notre variable à expliquer, un modèle de régression logistique a été utilisé. L'effet de chacune des différentes variables disponibles et décrites au paragraphe 3.4 a été testé et les variables les moins significatives ont été retirées une par une jusqu'à ce que seules demeurent les variables significatives pour l'estimation des odds ratio.

Les variables météorologiques (jeu de données 3) ont été testées en les ajoutant à ce modèle final.

L'ensemble de ces analyses statistiques a été réalisé à partir du logiciel SaS avec un seuil de significativité à 5%. Compte tenu de l'aspect payant du logiciel et du caractère sensible de certaines données, les analyses ont été décidées de manière conjointe avec ma co-promotrice, Pauline Martin, qui les a ensuite effectuées sur les serveurs de calculs de l'INRAE.

## Résultats

### Jeux de données 1 – analyse de la relation entre facilité de naissance et diarrhées

Au total, 1430 (40,69%) des 3514 veaux ont au moins un enregistrement de diarrhée au cours de leurs 60 premiers jours de vie, dont 474 (13,5%) ont plusieurs évènements rapportés au cours de leurs 60 premiers jours. Le troupeau du Pin allaitant présente un pourcentage de veau ayant eu au moins une diarrhée significativement plus importante que les deux autres implantations (49,72% de veaux touchés contre 36,25% à Bourges et 33,74% au Pin laitier, test de  $\chi^2$   $P < 0,0001$ ). Parmi les veaux ayant au moins un évènement enregistré, le nombre moyen d'évènement est de 1,4 à Bourges, 1,5 au Pin viande et 1,4 au Pin laitier (entre 1 et 7 évènements à Bourges et entre 1 et 4 évènements aux deux troupeaux du Pin). Au sein du troupeau laitier du Pin, seul troupeau présentant plusieurs races, on constate que les veaux de race Jersiaise (16,42% de veaux atteints) sont significativement moins malades que ceux de la race Holstein (31,00% de veaux atteints), qui sont eux-mêmes moins touchés que ceux de la race Normande (40,12% de veaux atteints, test de  $\chi^2$   $P < 0,0001$ ). Ces résultats sont néanmoins à modérer compte tenu de la très forte variation interannuelle que l'on peut observer sur le *tableau 2*. Si le même test de comparaison entre les trois races laitières est effectué en prenant uniquement les années où les veaux Jersiais sont présents, le classement entre les trois races demeure le même, mais la différence n'est plus significative ( $P = 0,32$ ).

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Charolaise- Bourges</b>	39,99	59,69	40,00	26,32	22,29	-	-	-	-	-	-
<b>Charolaise- Pin</b>	21,13	22,05	44,05	27,68	100,00	90,63	58,68	22,73	54,76	13,70	-
<b>Jersiaise</b>	-	-	-	-	-	-	-	0,00	58,33	11,11	4,17
<b>Normande</b>	76,47	66,04	54,55	35,00	50,75	14,58	40,00	9,43	50,00	16,00	15,15
<b>Holstein</b>	48,84	27,08	63,41	36,06	55,26	14,61	35,38	10,29	45,24	7,23	17,28

Tableau 2 : Pourcentage de veaux ayant eu au moins une diarrhée par campagne et par race sur chaque implantation.

La répartition des évènements de diarrhée enregistrés en fonction de l'âge du veau est présentée en Figure 1. On constate que la plupart des diarrhées ont lieu autour de 10 jours d'âge. Si l'on regarde comment se distribuent les diarrhées en fonction de l'âge pour chaque race et implantation (Figure 2), on constate que si le pic de diarrhée autour de 10 jours est présent dans toutes les races, la fréquence cumulée d'animaux ayant eu une diarrhée n'augmente quasiment plus après 15 jours pour les trois races laitières tandis qu'elle continue à augmenter pour les deux troupeaux Charolais. La moyenne d'âge (corrigée par l'effet année) est d'ailleurs significativement plus importante dans les deux troupeaux Charolais que dans les races laitières (Tableau 3).

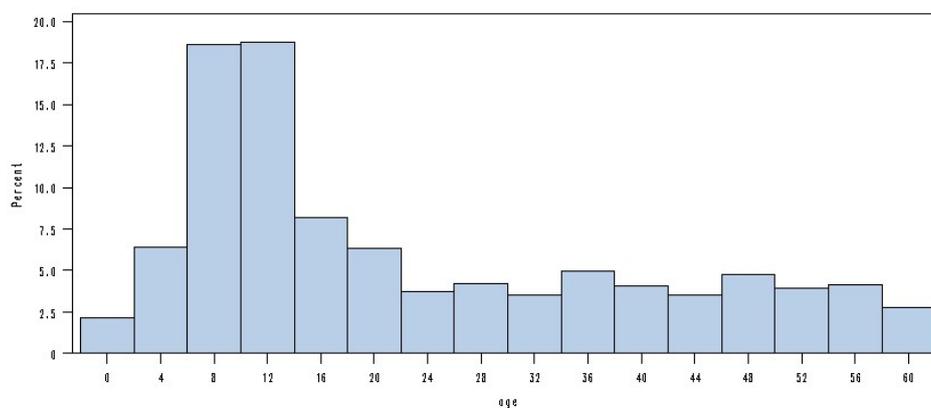


Figure 1 : Répartition des évènements de diarrhée enregistrés en fonction de l'âge du veau

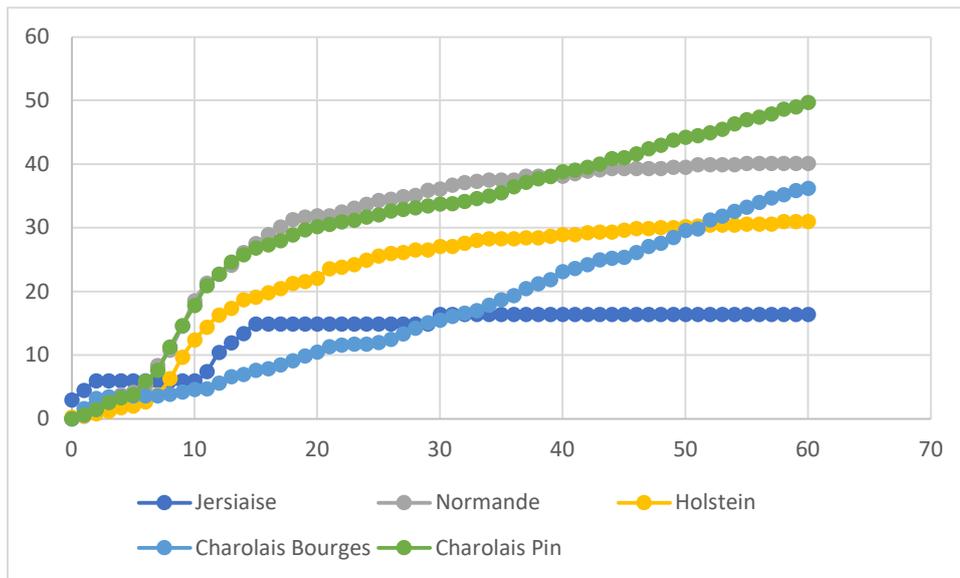


Figure 2 : Pourcentage cumulé de veaux avec au moins une diarrhée par race et implantation sur les 60 premiers jours

Race et implantation	Moyenne des moindres carrés	Significativité des différences
Charolaise Bourges	33,8	a
Charolaise Pin	23,0	b
Holstein	18,0	c
Jersiaise	16,2	b, c
Normande	16,3	c

Tableau 3 : Moyenne des moindres carrés de l'âge moyen de diarrhée par race et par implantation (des lettres différentes signifient que les différences sont significatives)

La distribution des notes de facilité de naissance en fonction de la race et de l'implantation est présentée sur le *Tableau 4*. Si l'étude de la condition de naissance et des facteurs l'influençant est intéressante en soi, ce n'est pas l'objet de notre étude et nous nous limiterons ici à une description succincte de notre variable explicative. Les veaux de race Jersiaise ont davantage de naissances faciles que les autres races. On constate également que l'élevage Charolais de Bourges a noté moins de naissances avec la note 1 et davantage avec la note 2 que les autres races/implantations. La distribution des notes pour les veaux des races Normande, Holstein et des Charolais du Pin sont assez similaires. La distribution des autres variables (zootecniques ou non) testées dans le modèle est disponible en *annexe 4*.

	1	2	3	4
<b>Jersiaise</b>	74,63	22,39	2,99	0
<b>Charolaise Bourges</b>	36,13	47,63	12,38	3,88
<b>Charolaise Pin</b>	59,26	20,37	17,17	3,21
<b>Normande</b>	52,89	25,55	19,16	2,40
<b>Holstein</b>	59,30	27,90	12,26	0,54

*Tableau 4 : Condition de naissance par race et implantation.*

Parmi les effets testés dans le modèle, plusieurs n'étaient pas significatifs, comme cela est visible dans le *Tableau 5*. Ces effets ont donc été retirés un à un du modèle jusqu'à ce que celui-ci ne contienne plus que des effets significatifs afin d'estimer les odds ratios. Les résultats de ce modèle final sont présentés dans le *Tableau 6*. Les effets significatifs sur le fait d'avoir une diarrhée pendant les 60 premiers jours de vie sont donc la note de facilité de naissance ( $p=0,02$ ), le mois de naissance ( $p<0,0001$ ), le groupe de contemporains (combinaison de l'année et du troupeau,  $p<0,0001$ ) et le rang de vêlage de la mère (primipare ou multipare,  $p=0,007$ ). On constate en comparant les rapports de cotes que les vêlages sans aide (note=1) ont un effet favorable sur le fait d'avoir ou non une diarrhée en comparaison des notes 2 et 3. Pour la comparaison entre les notes 2 et 3 et toutes les comparaisons avec la note 4 (césarienne), même si l'estimation est en faveur de la note la plus faible, les différences ne sont pas significatives. Par ailleurs, être né d'une mère dont c'est au moins le deuxième vêlage a un effet protecteur contre les diarrhées. Concernant les mois de l'année, les veaux nés à l'automne (septembre, octobre, novembre) ont significativement moins de diarrhées que ceux nés en deuxième partie de saison de vêlage (janvier à avril). Ceux nés en septembre sont les moins touchés, puisqu'ils sont même significativement différents de ceux nés le reste de l'automne.

Effet	Probabilité associée
<b>Facilité de naissance</b>	0,03
<b>Race</b>	0,83
<b>Poids de naissance du veau (intra-race)</b>	0,91
<b>Sexe (intra-race)</b>	0,96
<b>Mois de naissance</b>	< 0,0001
<b>Groupe de contemporain</b>	< 0,0001
<b>Transfert d'embryon</b>	0,63
<b>Classe d'âge de la mère</b>	0,51
<b>Rang de mise-bas</b>	0,31

*Tableau 5 : Significativité des effets dans le modèle complet*

Variable	Probabilité associée	Rapport de cotes	Estimation	Intervalle de confiance (95%)
Facilité de naissance	0,02	1 vs 2	0,808	0,667-0,979
		1 vs 3	0,730	0,577-0,923
		1 vs 4	0,684	0,422-1,107
		2 vs 3	0,903	0,705-1,156
		2 vs 4	0,846	0,523-1,369
		3 vs 4	0,937	0,571-1,538
		1 vs 2	1,115	0,800-1,554
		1 vs 3	0,991	0,726-0,1352
Mois de naissance	< 0,0001	1 vs 9	6,462	4,027-10,369
		1 vs 10	1,787	1,194-2,675
		1 vs 11	1,556	1,115-2,170
		1 vs 12	1,023	0,743-1,410
		2 vs 3	0,889	0,661-1,195
		2 vs 4	0,798	0,557-1,143
		2 vs 9	5,798	3,547-9,476
		2 vs 10	1,604	1,063-2,419
		2 vs 11	1,396	0,997-1,954
		2 vs 12	0,918	0,662-1,274
		3 vs 4	0,898	0,666-1,212
		3 vs 9	6,522	4,048-10,507
		3 vs 10	1,804	1,309-3,082
		3 vs 11	1,570	1,257-2,430
		3 vs 12	1,033	0,773-1,381
		4 vs 9	7,262	4,321-12,204
		4 vs 10	2,009	1,309-3,082
		4 vs 11	1,748	1,257-2,430
		4 vs 12	1,150	0,818-1,617
		9 vs 10	0,277	0,165-0,465
9 vs 11	0,241	0,150-0,387		
9 vs 12	0,158	0,100-0,252		
10 vs 11	0,870	0,592-1,279		
10 vs 12	0,573	0,391-0,838		
11 vs 12	0,658	0,490-0,883		
Parité	0,007	1 vs 2	1,299	1,075-1,569
Groupe de contemporain	< 0,0001	non détaillés		

Tableau 6 : Significativité des effets dans le modèle final.

## Jeu de données 2 – Analyse des différents pathogènes diarrhéiques

Les résultats du test Speed V Diar sont présentés dans le *Tableau 7*. Concernant les veaux Charolais, il n’y a quasiment eu aucun pathogène détecté avec le kit et ces données ne seront donc pas analysées plus loin. En revanche, des pathogènes sont détectés chez un pourcentage important d’animaux Holstein avec respectivement 62% et 21% des animaux présentant au moins un pathogène parmi les veaux Holstein tout venant et les veaux Holstein du Pin. Les pathogènes les plus fréquemment détectés sont *Cryptosporidium* et *Rotavirus*. Environ 15% des animaux (21% tout venant, 8% au Pin) présentent plusieurs pathogènes en association, le plus souvent *Cryptosporidium* et *Rotavirus*. Il y a significativement plus d’animaux porteurs de *Cryptosporidium* ou de *Rotavirus* ( $p < 0,0001$ ) parmi les veaux Holstein tout venant que parmi ceux du Pin, tandis que les pourcentages des autres pathogènes ne sont pas statistiquement différents. Il y a également plus d’animaux présentant une diarrhée ( $p < 0,0001$ ). Le pourcentage d’animaux porteurs de pathogènes parmi les animaux diarrhéiques est significativement plus élevé que le pourcentage parmi les animaux ne présentant pas de signe de diarrhée, comme cela est détaillé dans le *Tableau 8*.

Pathogène	Holstein tout venant (n=340)	Holstein le Pin (n= 252)	Charolais le Pin (n=175)
<b><i>Rotavirus</i></b>	25,29	7,48	0
<b><i>Coronavirus</i></b>	7,84	5,95	0
<b><i>E. coli F5</i></b>	3,82	6,32	0
<b><i>E. coli CS31A</i></b>	6,76	4,76	1,14
<b><i>Cryptosporidium</i></b>	43,24	16,60	0

*Tableau 7 : Résultats test Speed V Diar pour les 3 troupeaux.*

Pathogène	Pourcentage de veaux diarrhéiques porteurs	Pourcentage de veaux sains porteurs	P(Chi <sup>2</sup> )
<b>Rotavirus</b>	30,26	9,94	< 0,0001
<b>Coronavirus</b>	11,40	4,44	0,001
<b>E. coli F5</b>	6,17	4,14	0,26
<b>E. coliCS31A</b>	10,13	3,32	0,001
<b>Cryptosporidium</b>	59,47	28,57	< 0,0001

Tableau 8 : Pourcentage de veaux infectés parmi ceux présentant ou non des signes diarrhéiques

Les résultats de l'analyse PCR *Cryptosporidium* pour les trois sous population d'HealthyCalf est présenté Figure 3. Parmi les échantillons ayant pu être correctement analysés, on constate qu'il y a 69,4%, 46,6% et 44,6% de veaux pour lesquels de l'ADN de *Cryptosporidium* est détecté dans les fèces respectivement parmi les veaux Holstein tout venant, Holstein du Pin et Charolais du Pin. Dans les trois cas, pour les animaux porteurs, la souche ultra-majoritaire est *C. parvum*. Dans les deux populations du Pin, on trouve également une fraction de *C. bovis*. Tout comme le test Speed V Diar, on retrouve un pourcentage d'animaux porteurs de *Cryptosporidium* plus important parmi les veaux diarrhéiques que parmi les veaux sans signes cliniques, et ce dans les trois populations, comme le montre le Tableau 9.

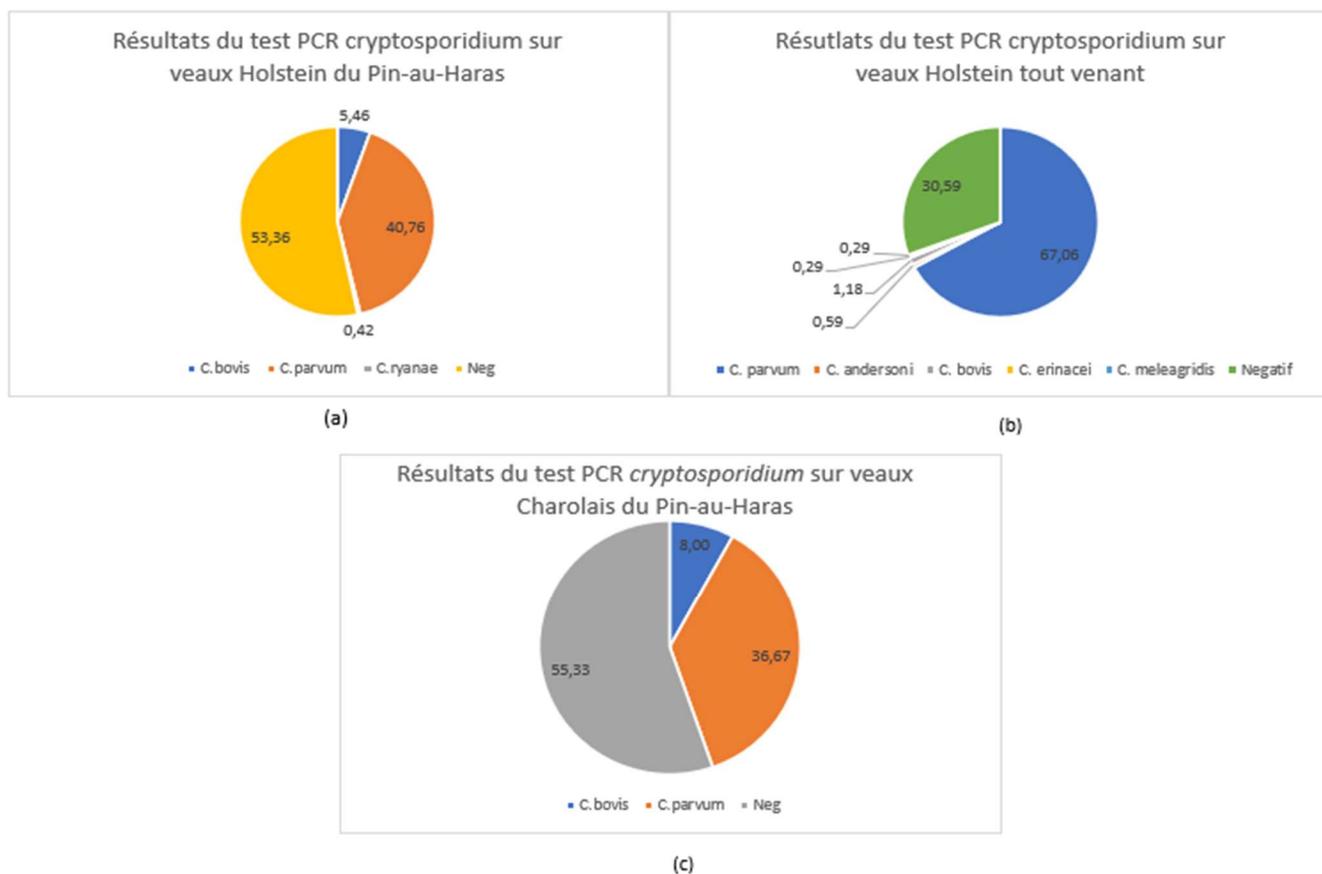


Figure 3 : Résultats test PCR HealthyCalf pour les 3 populations

Population	Pourcentage de veaux diarrhéiques porteurs	Pourcentage de veaux sains porteurs	P (Chi <sup>2</sup> )
Holstein tout venant (n=352)	77,17	63,10	0,004
Holstein le Pin (n=248)	72,22	44,81	0,002
Charolais le Pin (n=153)	79,63	31,31	<0,0001

Tableau 9 : Pourcentage d'animaux infestés parmi les veaux diarrhéiques et les veaux sains dans chacun des trois populations

### Jeu de données 3 – Influence de la météo

Lorsque le modèle est testé sur les 815 veaux nés pendant la période pendant laquelle les données météo sont disponibles, on constate qu'aucune des variables météo moyennées sur les 60 premiers jours de vie n'a d'effet ( $P_{\text{précipitation}}=0,67$ ,  $P_{\text{temperature}}=0,40$ ,  $P_{\text{humidité}}=0,08$ ). En revanche, lorsqu'on utilise les variables moyennées sur les 15 premiers jours de vie uniquement, on observe un effet de la température moyenne ( $P=0,02$ ) et de l'humidité ( $P=0,04$ ). Compte tenu des estimations (valeur et intervalle de confiance de 1,14 [1,02-1,28]

et 1,08 [1,002-1,16] respectivement), et du fait que nous modélisons le fait d'avoir une diarrhée, cela signifie qu'une température plus élevée et une humidité plus élevée ont toutes deux un effet aggravant sur le fait d'avoir une diarrhée. Nous rappelons que le mois de naissance fait partie des effets correctifs du modèle.

### Description des pratiques d'après les réponses des entretiens semi-directifs

- **Pratiques autour de la gestion des vêlages**

La gestion des vêlages n'était pas tout à fait identique sur les deux implantations du Pin-au-Haras d'après les propos recueillis. En ce qui concerne les vaches allaitantes, celles-ci étaient groupées en lot avec des animaux aux dates de vêlage proche tandis que pour les vaches laitières, celles-ci rejoignaient le troupeau en lactation quelques jours avant la date de vêlage prévue. À l'approche du vêlage (date prévue ou signe visuel de préparation de la femelle), la surveillance des animaux était renforcée. Pour la nuit ou le week-end, les femelles en préparation étaient équipées d'un « velfone », un appareil inséré dans le vagin et qui déclenche une alerte sur le téléphone de garde lorsqu'il est expulsé en début de vêlage. Les vêlages étaient ainsi normalement tous suivis. Si les agents s'occupant des animaux laitiers et allaitants au quotidien constituaient deux équipes distinctes ne se mélangeant pas, les gardes de vêlage étaient partagées entre les deux implantations (distantes de 1,2km) à partir de 2018. Le règlement imposait un lavage de bottes systématique entre les deux implantations, mais l'un de nos interlocuteurs a mentionné que cela n'était pas toujours appliqué.

Quel que soit le troupeau, si la femelle vêlait seule, le vêlage se déroulait dans l'enclos collectif. En cas de nécessité d'intervention, la femelle parturiente était alors isolée dans un « box de vêlage », espace délimité contiguë à l'enclos du groupe, ou l'animal peut toujours avoir des interactions avec ses congénères, mais où les agents peuvent intervenir en toute sécurité et en appliquant de la contention si nécessaire. Cet isolement pouvait durer jusqu'à 48h après vêlage pour les femelles de race Charolaise, en fonction des difficultés éprouvées par la vache ou le veau, tandis qu'il durait au plus jusqu'à la prochaine traite (maximum 12h) pour les femelles laitières. Si le veau allaitant demeure avec le troupeau de mères jusqu'au sevrage (vers 8 mois), le veau laitier est placé en niche individuelle où il est nourri au seau quelques heures après sa naissance. Il y restera pendant 15 jours avant de rejoindre un groupe de veaux d'âges similaires. L'alimentation se fait alors au distributeur automatique de lait (DAL).

La note de facilité de naissance est donnée par l'agent qui supervise le vêlage. Il n'existe pas de description détaillée de l'échelle ce qui fait que la notation n'était pas exactement identique d'un troupeau à l'autre. Par exemple, d'après l'intervenant 1, utiliser une corde et tirer à mains nues ne correspond pas réellement à utiliser du matériel alors que c'est le cas d'après l'intervenant 2. Lorsqu'ils sont interrogés sur la fiabilité de la note, puisque celle-ci est sujette à l'interprétation, les interlocuteurs évaluent tous les deux la fiabilité à autour de 80%. La majorité des confusions seraient selon eux entre les niveaux 1 et 2 en raison d'une utilisation trop rapide du matériel par manque de discernement entre un vêlage qui aurait pu se passer sans intervention (niveau 1) et un qui nécessite une intervention légère (niveau 2). L'intervenant 1 laisse sous-entendre que le moment où le vêlage a lieu (durant la journée ou la nuit) a également un effet, car durant la nuit la personne ne garde n'aurait pas toujours la patience d'attendre l'avancée naturelle du vêlage.

Durant toute la période considérée dans cette étude, il n'y a pas eu de modification de la gestion des vaches ou des veaux au moment du vêlage.

- **Pratiques autour de la gestion des diarrhées**

La gestion des diarrhées entre les deux troupeaux était globalement similaire. En cas de diarrhée constatée chez un veau celui-ci se voyait administrer du charbon et/ou de l'argile et, si aucune amélioration n'était constatée, il recevait des antibiotiques (« septotryl » ou équivalent). Le traitement était identique, quelle que soit la couleur des fèces. Les veaux diarrhéiques n'étaient pas isolés du reste de leur lot. Toutefois, il y avait prolongation du temps passé en niche individuelle au-delà des 15 jours prévus en cas de diarrhée pour les veaux laitiers et la mise en lot au DAL n'était effectuée qu'après rétablissement.

Afin de réduire la prévalence des diarrhées, les mères sont vaccinées avant la mise bas avec du Trivacton (2 doses pour les primipares et une dose de rappel pour les multipares entre 10 et 15 jours avant la date théorique de vêlage).

En ce qui concernait le protocole HealthyCalf, qui imposait un prélèvement de fèces autour de 12 jours, ou avant en cas de diarrhée, une seule personne effectuait les prélèvements pour les Charolais, tandis que pour les veaux Holstein (seule race laitière concernée par le protocole) les prélèvements étaient réalisés par deux agents : l'un tenait le veau pendant que l'autre introduisait un thermomètre pour stimuler la défécation.

- **Mesures générales d'hygiène**

L'ensemble des infrastructures est lavé au karcher 1x par an et désinfecté lorsque les infrastructures le permettent. Un vide sanitaire, avec curage des bétons et des tubulaires, est effectué durant la belle saison (du 1<sup>er</sup> mai à novembre) lorsque les animaux sont au pâturage. De la chaux vive est répandue sur l'aire paillée après le curage. Les niches individuelles sont nettoyées avec de l'eau froide à haute pression et un produit asséchant est répandu au sol. Une désinfection est réalisée quand cela est possible (rarement lorsqu'il y a beaucoup de vêlages en parallèle) pour les niches en plastique, mais pas pour les niches en bois.

Les DAL sont nettoyés toutes les 3 semaines à 1 mois en fonction du nombre de veaux, mais il n'y a pas de désinfection particulière des tétines collectives.

Au niveau des animaux, un lavage de la vulve au savon solide ou au gel est réalisé après chaque intervention lors du vêlage, et les nombrils des veaux sont désinfectés à l'aide d'eau iodée juste après la naissance.

#### Observations et propositions d'amélioration afin de diminuer la propagation du *Cryptosporidium*

Parmi les pratiques qui ont pu être observées dans le travail de routine sur l'unité expérimentale du Pin (implantation laitière) et sur la base de ce qui a pu être rapporté dans les entretiens ou d'après la disposition des structures (implantations laitières et allaitantes), certaines pourraient avoir un caractère propice à augmenter la propagation du *Cryptosporidium*. Ces observations ainsi que des propositions d'amélioration sont regroupées dans le *Tableau 10*.

Observations réalisées sur le site du Pin-au-Haras	Propositions d'amélioration
Au niveau de l'hygiène du matériel	
Nettoyage des bottes au jet d'eau à une fréquence irrégulière et agent-dépendante.	Installation d'un pédiluve désinfectant à l'entrée / sortie des bâtiments
Utilisation de la même cote de travail plusieurs jours de suite.	Lavage journalier de la cote de travail et utilisation d'une blouse stérile en supplément lors de la manipulation des veaux.
Pas d'utilisation de gants durant la manipulation des veaux et lavage des mains uniquement avant le temps de pause du matin et du diner.	Désinfection systématique des mains avant et après manipulation des veaux et utilisation de gants stériles.
Thermomètre essuyé avec un morceau de papier entre deux utilisations.	Désinfection systématique du thermomètre entre deux utilisations
Vaccination de plusieurs veaux avec la même aiguille.	Changement d'aiguille entre chaque veau.
Lorsque la griffe se décroche en cours de traite et tombe au sol, la machine est immédiatement rebranchée avec au mieux un rinçage des embouts	Désinfection systématique des embouts de traite lors de sa chute
Au niveau des infrastructures	
Nettoyage des niches au karcher et lorsque c'est possible utilisation de produits asséchant et désinfectants si le veau présentait une diarrhée	Nettoyage des niches au karcher avec utilisation systématique de produits désinfectants et asséchants que le veau ait ou non présenté des signes de diarrhée.
Déplacement aléatoire entre les bâtiments pour tous les membres du personnels	Limiter les déplacements des personnes d'un bâtiment à l'autre (spécialement pour les bâtiments avec les veaux)

Déplacement post vêlage des veaux laitiers vers la niche individuelle via la nacelle de tracteur (un ou deux en même temps)	Utiliser un bac de transport dédié avec des protections et une désinfection systématique entre deux usages.
Au niveau de la gestion / surveillance des veaux	
Confusion entre les niveaux 1 à 4 de la note de facilité de naissance entre les agents	Etablissement d'une grille écrite, unique et suffisamment détaillée pour ne plus laisser place à l'interprétation individuelle
Signalisation de la prise de charbon/ argile sur une pancarte attachée à la niche individuelle	Installation d'un panneau sur chaque niche individuelle avec les informations suivantes : diarrhée oui/ non ; signe précoce de diarrhée oui/non ; traitement oui/non ;
Pas d'isolement prévu pour les veaux malades	Séparation des veaux malades à une distance suffisante avec utilisation de bâches transparentes protectrices
Au niveau de la gestion des vêlages	
Pas d'agent sur site pour surveiller les vaches susceptibles de vêler durant le temps de midi.	Surveillance des vaches susceptible de vêler durant le temps de midi via le téléphone de fonction possédant un accès aux caméras du site.
Utilisation du velphone durant nuit et le weekend sur les vaches à risque proche de la date théorique de vêlage.	Utilisation systématique du velphone chez toutes les vaches proches de la date théorique de vêlage.

Tableau 10 : observations réalisées sur le site du Pin-au-Haras et propositions d'amélioration.

## Discussion

Cette étude avait pour but de déterminer la présence ou non d'un lien entre la facilité de naissance chez les veaux et le fait d'avoir ou non une diarrhée dans les 60 premiers jours de vie. L'hypothèse principale était qu'une naissance facile procurait un avantage quant à la résistance aux diarrhées du veau et plus particulièrement à l'agent infectieux *Cryptosporidium*. Afin de répondre à cette question, nous nous sommes tout d'abord penchés sur les données historiques des fermes expérimentales pour lesquels nous disposions à la fois de l'information des cas de diarrhées et de la note de facilité de naissance.

Dans notre étude, 40,69% des veaux ont au moins eu un évènement diarrhéique au cours des 60 premiers jours de vie, avec en moyenne 1,4 à 1,5 évènements enregistrés pour les veaux malades. Ce pourcentage est plus élevé que ce qui est communément rapporté dans la littérature. En effet, une étude de 2005 sur les veaux Français des races bouchères mentionnait des pourcentages entre 15 et 20% selon les populations (35), une de 2018 en Charolais faisait état d'une fréquence de 17% avec en moyenne 1,2 évènements (36) et une revue internationale récente de la littérature fait état d'une fréquence de veaux touchés variant entre 5 et 23% (37). Cette différence est peut-être en lien avec la sous-déclaration systématique des évènements de santé par les éleveurs (38)(39) qui fait que des prévalences plus importantes sont généralement trouvées dans les élevages expérimentaux où les relevés sont plus exhaustifs, bien que souvent également imparfait. Il est également possible que ce soit lié au fait que les troupeaux inclus dans cette étude soient de plus grandes tailles que la moyenne nationale, un facteur ayant été montré comme aggravant la prévalence des diarrhées dans la littérature (40).

Le pic de diarrhées autour des 10 jours de vie est lui complètement en accord avec les études de la littérature, et notamment celles de Delafosse et al. (18) et de Yildirim et al. (14), ou encore celle de Silverlâ et al. (21) qui dit que les diarrhées (et plus précisément celles liées au *Cryptosporidium*) apparaissent durant les deux premières semaines de vie. A notre connaissance, personne n'a déjà fait mention d'une différence entre races laitières et allaitantes pour la forme de la courbe après les 15 premiers jours comme cela a été observé ici.

En ce qui concerne la facilité de naissance, les différences de distribution des notes observées entre les races, bien que nous n'ayons pas cherché ici à en tester la significativité, font écho à la littérature qui abonde en résultats rapportant un effet de la race. Par exemple, l'étude de 2013 de Dhakal et al. (24) a mis en évidence que les veaux de race Holstein étaient plus à risque que les veaux de race Jersiaise lors du vêlage, ce qui corrobore nos observations. Il est intéressant de noter également qu'au niveau d'une même race, l'implantation où le vêlage a été réalisé semble également avoir un impact sur la condition de naissance comme nous l'observons entre les deux troupeaux Charolais où 36,13% des veaux sont évalués au niveau 1 sur l'échelle de facilité de naissance à Bourges contre 59,26% au Pin, où il y a en revanche beaucoup moins de note 2 qu'à Bourges. Ces différences sont très probablement révélatrices

de différences de pratiques lors de vêlage entre les deux implantations, ou d'une différence d'interprétation de l'échelle de notation. En effet, il a été évoqué dans les entretiens qu'il n'existait pas de consensus entre les agents affectés à la surveillance des vêlages par rapport à la signification des différents niveaux de l'échelle de naissance et que les habitudes de notation étaient différentes d'un troupeau à l'autre. Il est donc possible que certains des résultats soient biaisés par une différence d'opinions entre les agents de terrain, et plus particulièrement entre les deux premiers niveaux (niveau 1 = pas d'aide ; niveau 2= aide légère), car selon l'appréciation de l'agent présent sur place lors du vêlage, la décision d'attendre ou d'intervenir rapidement peut varier de façon plus ou moins importante, surtout si certains agents sont pressés ou impatients, notamment en milieu de nuit. L'élevage de Charolais de Bourges ayant été fermé il y a plusieurs années maintenant, il n'a pas été possible de pouvoir s'entretenir avec l'ancien responsable de l'élevage afin de comparer plus avant les pratiques de notation.

Néanmoins, il est également possible que d'autres facteurs tels l'alimentation, la gestion générale du troupeau, l'environnement géographique ou encore le fond génétique des animaux contribuent à cette différence. De larges différences de prévalence de vêlages difficiles sont observées de la même manière dans la littérature pour une race donnée quand on passe d'un pays à l'autre (par exemple la Holstein) (41). La répartition entre les notes pour les veaux Charolais du Pin est néanmoins très proche de ce qui est rapporté par Vinet et al. (36) à partir de 75 élevages commerciaux de Charolais Français.

Lors de l'utilisation du modèle de régression logistique, nous avons constaté que parmi l'ensemble des variables testées, seules la note de facilité de naissance, le mois de naissance, le groupe de contemporains et le rang de vêlage de la mère affectaient significativement le fait d'avoir ou non une diarrhée. Compte tenu du caractère multivarié de cette analyse et du recoupement existant entre certaines variables (groupe de contemporains et implantation ou race ou année, ou encore rang de vêlage et âge de la mère dans une moindre mesure), il était attendu que toutes les variables ne soient pas significatives. L'absence de différence selon le sexe du veau, bien qu'ayant pu être testé ici uniquement en race Charolaise, est similaire aux résultats de la littérature à ce sujet (36)(42). Toutefois, le poids de naissance du veau a pu être montré dans le passé comme ayant un effet sur la probabilité d'avoir une diarrhée (les veaux

légers ayant été trouvés plus sensibles aux maladies) en races Charolaise ou Holstein (43)(36), ce qui n'a pas été retrouvé ici.

Concernant l'effet du mois de naissance du veau sur le fait d'avoir ou non une diarrhée, l'effet favorable repéré ici pour le mois de septembre est adéquation avec la littérature qui évoque des fréquences plus faibles pour les mois d'été (44)(45). La fréquence plus basse en automne qu'au printemps que nous identifions est en contradiction avec les résultats de Windeyer et al. (44) mais correspond à ce qui a été trouvé par Medrano-Galarza et al. (45). Il est très probable que ce résultat soit lié à une combinaison entre facteurs d'ambiance (température, humidité...) et management des animaux. En effet, dans les élevages que nous avons étudiés ici, les vêlages se déroulent de manière quasi-continue entre septembre et avril sans vide sanitaire dans les bâtiments. Il est donc possible que la pression pathogénique s'accroisse au fil des mois. Le nettoyage en profondeur des installations est en effet un des piliers dans la lutte contre les agents infectieux et son action favorable sur la limitation des diarrhées a été montrée dans la littérature (46)(45). De plus, une grande partie des naissances a lieu au mois de mars, ce qui contribue à l'augmentation de la pression en mars-avril, les animaux étant plus nombreux et en densité plus importante. Les moments de forte activité de vêlage et/ou des fortes pluies ont d'ailleurs été associés à des pics de contamination dans la littérature (7).

La parité de la mère a également été trouvée comme ayant un effet significatif, les veaux issus de primipares ayant davantage de diarrhée. Ces résultats sont en contradiction avec certaines études de la littérature qui ne trouvent aucun effet de la parité (35)(47). Toutefois, le colostrum des mères multipares est plus riche et en plus grande quantité que chez les primipares et la qualité du colostrum est connue pour avoir un effet positif sur la santé du veau, y compris face aux diarrhées (47)(48). Cela a même été montré dans le cas spécifique du *Cryptosporidium* (49). De plus, l'âge de la mère est parfois inclus dans les modèles, ce qui diminue l'effet de la parité (36).

Enfin, et c'était le sujet principal de notre étude, nous avons constaté un effet significatif de la facilité de vêlage sur le fait d'avoir ou non une diarrhée. Cet effet est rarement testé dans les articles de la littérature et les rares résultats ne sont pas tous similaires : Sivula et al. (50) ne trouvait aucun lien significatif entre le fait de naître avec assistance et le risque de diarrhée quand Larson and Tyler (51) font eux état d'une sensibilité accrue aux pathogènes diarrhéiques dans le cas d'une naissance dystocique. Vinet et al. (36), enfin, trouve dans un modèle

génétique une corrélation environnementale de -0,3 entre la facilité de vêlage et la probabilité de diarrhée dans les 5 premiers jours ou du jours 6 à 20 mais cette corrélation n'est pas significative compte tenu de larges erreurs standard d'estimation. Ce découpage selon l'âge n'a pas été testé dans notre étude mais il est possible que la note de facilité de vêlage ait une influence sur l'âge à la première diarrhée (en cas de diarrhée) comme cela a été observé aussi par Sivula (50), où les résultats montraient que les veaux diarrhéiques de vaches dystociques avaient des diarrhées plus tôt que ceux qui étaient nés sans difficultés. Il est également intéressant de noter que même si toutes les différences d'odd ratio entre les notes prises 2 à 2 ne sont pas significatives en raison des effectifs s'amenuisant pour les notes de facilité les plus hautes, l'estimation du ratio montre un effet progressif de la note. La note 4, qui concerne les césariennes, nécessiterait de notre point de vue une étude plus poussée, en particulier en Belgique compte tenu du très fort taux de naissance par césarienne de la race Blanc Bleu (25). Elle casse le côté graduel de l'échelle de la facilité de naissance et de ce fait pourrait avoir un comportement tout à fait particulier, ce que ne permet pas d'observer notre échantillon ici en raison du trop faible nombre de cas. Les veaux nés par césarienne, tout comme les bébés humains, ne vivent pas la même expérience que ceux nés par voie basse. Il y a possiblement une différence à la fois dans le traumatisme physiques (pressions, hypoxie, épuisement...) et dans la contamination microbienne et ces deux facteurs pourraient être de nature à jouer sur le risque de contracter une diarrhée par la suite.

Toutes ces analyses ont été effectuées par rapport aux diarrhées du veau alors que notre questionnaire de départ, s'il s'intéressait aux diarrhées dans leur ensemble, visait particulièrement le *Cryptosporidium*. Les analyses effectuées à partir des données du projet HealthyCalf ont permis de mettre en avant que le *Cryptosporidium* était le pathogène diarrhéique retrouvé le plus fréquemment chez les veaux et que l'espèce majoritaire était le *C. parvum*, l'espèce transmissible à l'homme. Ces résultats sont en totale adéquation avec la littérature, qu'elle soit Française (18)(52) ou étrangère (14)(21). Cette situation de pathogène majoritaire aurait été favorisée par le développement des vaccins contre les autres pathogènes diarrhéiques majeurs (*Rotavirus*, *Coronavirus*, *E. Coli*) (46). Compte tenu des co-infections par plusieurs pathogènes à la fois comme nous avons pu l'observer chez 15% de nos animaux et de la baisse d'immunité entraînée, il a été observé que même si les vaccins bovins ne protégeaient pas directement contre le *Cryptosporidium*, ils avaient néanmoins un effet

protecteur (53). Il est possible que cette situation soit similaire en santé humaine où des vaccins existent aussi contre certaines entérites virales, notamment au *rotavirus* et un recours plus fréquent à ces vaccins pourraient avoir un effet positif contre les risques zoonotiques.

Les résultats de l'analyse des données météo montrent que les précipitations ne semblent pas avoir une influence sur les diarrhées, ce qui va à l'encontre de l'étude de Zintl et al. (7) qui rapportait les fortes pluies comme un facteur de risque de contamination, ou que Ryan et al. (17) qui signalaient les accumulations d'eau sur la ferme comme un facteur de multiplication du *Cryptosporidium*. Cependant, le fait que les veaux soient continuellement maintenus à l'intérieur des bâtiments durant leurs 60 premiers jours de vie pourrait expliquer l'absence d'effet des accumulations d'eau et que ce soit l'humidité ambiante qui prime sur les contaminations.

Si nos résultats ont permis de mettre en avant qu'il y avait plus de veaux porteurs de *Cryptosporidium* parmi les veaux malades que parmi les veaux sains, l'association n'est toutefois pas parfaite et on retrouve des veaux sains porteurs de *Cryptosporidium* comme des veaux malades sans ce parasite. Il s'agit d'une limite de notre étude qui s'est intéressée aux diarrhées dans leur ensemble, l'information pathogénique n'étant pas disponible pour la plupart de animaux. Si des tests étaient réalisés de manière systématique, cela permettrait d'affiner notre étude. Parmi les deux types de test utilisés ici, nous avons pu constater que le test PCR permettait de détecter beaucoup mieux la présence de *Cryptosporidium*, puisque le seuil de détection était beaucoup plus faible. Néanmoins, cette méthode est beaucoup plus coûteuse et nécessite l'envoi de l'échantillon dans un laboratoire. A l'inverse, le kit Speed V Diar est utilisable directement en ferme et produit un résultat immédiat, ce qui en fait un outil de diagnostic de terrain et une aide possible au management du troupeau. Cette étude a néanmoins montré l'importance cruciale de former les utilisateurs puisque de toute évidence, les résultats des kits sur le troupeau Charolais sont inutilisables, et cela fut également le cas pour l'une des années de l'étude sur les veaux Holstein.

Grâce aux observations réalisées sur place durant le stage, certaines améliorations semblent réalisables et vont dans l'idée de Brook et al. (54) qui défend le fait que l'utilisation de mesures de biosécurité est cruciale pour réduire la propagation des pathogènes fécaux entre animaux et entre fermes et donc d'ainsi diminuer la contamination par agent zoonotique. Il est évident que toutes les propositions faites dans le *Tableau 10* ne sont pas facilement réalisables par

manque de temps, de moyens humains ou financiers. Cependant, certaines d'entre elles ne demandent que peu d'investissements et auraient potentiellement le pouvoir de diminuer l'incidence des diarrhées liées au *Cryptosporidium*.

Parmi celles-ci, on retrouve l'utilisation d'une blouse stérile par-dessus la cote ainsi qu'une paire de gants stérile lors de la manipulation de chaque veau malade. Un lavage régulier des bottes, des mains ainsi que du matériel utilisé est également une des actions qui ne demande pas un investissement financier ou temporel trop important. Une désinfection systématique du matériel est, elle aussi, très importante afin de réduire les contaminations, spécialement le matériel qui est utilisé sur différents veaux comme le thermomètre.

Une autre possibilité d'action serait l'utilisation systématique du « velphone » pour tous les vêlages afin de diminuer les temps d'intervention lorsque cela est nécessaire. Néanmoins, à la suite des discussions avec les membres du personnel, il semblerait que le « velphone » installé durant 1 ou plusieurs jours, par sa nature de « corps étranger » pourrait également être une source d'infection pouvant amener à une augmentation du risque de contamination par un pathogène. Cette information reste néanmoins à prouver par une étude ultérieure.

Afin de diminuer les contaminations humaines par le *C. parvum*, une meilleure sensibilisation du public cible est nécessaire. Grâce à cette étude, il a été possible de mettre en évidence les périodes qui sont plus à « risque » de contamination pour l'humain, de ce fait, il serait envisageable d'organiser des campagnes d'information lors de ces périodes auprès des infrastructures environnantes, et plus spécialement celles abritant le public dit « à risque » comme les crèches, écoles maternelles et primaires, les centres d'amusement à proximité, les hôpitaux et cliniques de soin spécialisé dans la clientèle à risque ainsi que de poster des avis dans les chemins circulant aux alentours des fermes et élevages afin d'informer et avertir les personnes y circulant. Il pourrait également être pertinent de doser les niveaux de *Cryptosporidium* dans les eaux usées arrivant aux stations d'épuration afin d'avoir une idée de la contamination de la zone géographique.

En conclusion, cette étude a permis de mettre en avant un certain nombre de facteurs influençant la prévalence des diarrhées chez le jeune veau, de répertorier les différents agents pathogènes et leur présence relative et d'explorer les pratiques d'élevage afin de pouvoir proposer des pistes permettant, dans une optique One Health, de réduire les contaminations

au *Cryptosporidium* aussi bien chez le bovin que chez l'humain. Si des études supplémentaires sont nécessaires, notamment pour mieux évaluer l'impact des césariennes, nous avons pu montrer que la facilité de naissance avait un impact positif sur le risque d'avoir ou non une diarrhée. Ce résultat est particulièrement intéressant compte tenu du fait que la facilité de naissance est un caractère disponible en sélection dans les schémas génétiques de la plupart des races européennes. L'amélioration génétique de la facilité de naissance constituerait ainsi un levier permettant de contribuer à la réduction des diarrhées du jeune veau et par extension chez l'humain, en association avec le renforcement des mesures d'hygiène et de détection. L'ensemble de ces améliorations permettraient aux bovins, comme aux humains de bénéficier non seulement d'une qualité de vie supérieure, de réduire l'étendue des pertes animales et humaines inutiles et pouvant être évitées, mais également de réduire l'impact financier actuellement conséquent des diarrhées dans les élevages. Enfin, il est important de noter qu'une réduction des contaminations au *Cryptosporidium* chez les veaux et des diarrhées de manière plus générale aurait un deuxième effet positif sur la santé humaine, en plus de la réduction du risque zoonotique. En effet, la plupart des diarrhées sévères des veaux sont, encore de nos jours, traitées par des antibiotiques, en raison de l'absence de traitement direct contre le parasite et pour limiter le risque de co-infection. Une réduction des diarrhées chez les veaux permettrait donc une diminution de l'utilisation des antibiotiques en élevage et donc une diminution du risque d'antibiorésistance.

## Bibliographie

1. Rahman, M. T., Sobur, M. A., Islam, M. S., Levy, S., Hossain, M. J., Zowalaty, M. E. E., Rahman, A. M. M. T., & Ashour, H. M. (2020). Zoonotic diseases: Etiology, impact, and control. *Microorganisms*, 8(9), 1–34. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091405>
2. Slingenbergh, J., Gilbert, M., de Balogh, K., & Wint, W. (2004). Ecological sources of zoonotic diseases. In *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz* (Vol. 23, Issue 2).
3. Organisation Mondiale de la santé (Europe). Promotion de la santé - Charte d'Ottawa. 1986. 6 p
4. Organisation mondiale de la santé. L'OMS intensifie son action pour améliorer la sécurité sanitaire des aliments et protéger les populations contre les maladies [Internet]. [cité le 23 avril 2022]. Disponible sur <https://www.who.int/fr/news/item/07-06-2021-who-steps-up-action-to-improve-food-safety-and-protect-people-from-disease>
5. CNRTL. Zoonose. [Internet]. France ; 2012. [cité le 13 février 2022]. Disponible sur : <https://www.cnrtl.fr/definition/zoonose>
6. Organisation mondiale de la santé. Zoonoses. [Internet]. [cité le 26 mars 2022]. Disponible sur : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>
7. Zintl, A., Proctor, A. F., Read, C., Dewaal, T., Shanaghy, N., Fanning, S., & Mulcahy, G. (2009). The prevalence of *Cryptosporidium* species and subtypes in human faecal samples in Ireland. *Epidemiology and Infection*, 137(2), 270–277. <https://doi.org/10.1017/S0950268808000769>
8. Grace, D.; Mutua, F.; Ochungo, P.; Kruska, R.; Jones, K. ; Brierley, L.; Lapar, L.; Said, M.; Herrero, M.; Phuc, P.M. ; et al. Mapping of poverty and likely zoonoses hotspots. In Zoonoses Project 4. Report to the UK Department for International Development; International Livestock Research Institute: Nairobi, Kenya, 2012.
9. Thompson, A., & Kutz, S. (2019). Introduction to the Special Issue on 'Emerging Zoonoses and Wildlife.' In *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*

(Vol. 9, p. 322). Australian Society for Parasitology.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2019.07.002>

10. Sciensano. One Health. [Internet]. [cité le 06 février 2022]. Disponible sur : <https://www.sciensano.be/fr/sujets-sante/one-health#qu-est-ce-que-one-health->
11. INRAE. One Health, une seule santé. [Internet]. [cité le 06 février 2022]. Disponible sur : <https://www.inrae.fr/alimentation-sante-globale/one-health-seule-sante>
12. Segura, R., Prim, N., Montemayor, M., Valls, M. E., & Muñoz, C. (2015). Predominant virulent IbA10G2 subtype of *Cryptosporidium* hominis in human isolates in barcelona: A five-year study. PLoS ONE, 10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121753>
13. Sayed, F. G., Hamza, A. I., Galal, L. A., Sayed, D. M., & Gaber, M. (2016). Virulence of geographically different *Cryptosporidium* parvum isolates in experimental animal model. Annals of Parasitology, 62(3), 221–232. <https://doi.org/10.17420/ap6203.56>
14. Yildirim, A., Adanir, R., Inci, A., Yukari, B. A., Duzlu, O., Onder, Z., Ciloglu, A., & Simsek, E. (2020). Prevalence and genotyping of bovine *Cryptosporidium* species in the Mediterranean and Central Anatolia Region of Turkey. Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases, 69. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2020.101425>
15. Bouzid, M., Hunter, P. R., Chalmers, R. M., & Tyler, K. M. (2013). *Cryptosporidium* pathogenicity and virulence. Clinical Microbiology Reviews, 26(1), 115–134. <https://doi.org/10.1128/CMR.00076-12>
16. Pierre Chevalier et les membres du Groupe scientifique sur l'eau de l'Institut national de santé publique du Québec. *Cryptosporidium*. [Internet]. Québec (CA) : INSPQ Centre d'expertise et de référence en santé publique. [mis à jour mai 2003 ; cité le 09 novembre 2021]. Disponible sur : <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/cryptosporidium>
17. Ryan, U., Papparini, A., Monis, P., & Hijjawi, N. (2016). It's official – *Cryptosporidium* is a gregarine: What are the implications for the water industry? In Water Research (Vol. 105, pp. 305–313). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.09.013>
18. Delafosse, A., Chartier, C., Dupuy, M. C., Dumoulin, M., Pors, I., & Paraud, C. (2015). *Cryptosporidium* parvum infection and associated risk factors in dairy calves in western

- France. Preventive Veterinary Medicine, 118(4), 406–412.  
<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.01.005>
19. Ministère de la santé, ministère des soins de longue durée, Ontario. Maladies : Cryptosporidiose. [Internet]. [Mis à jour le 08 août 2018 ; cité le 22 février 2022]. Disponible sur : <https://www.health.gov.on.ca/fr/public/publications/disease/cryptosporidiosis.aspx>
20. S.Jacquinet, D. Van Cauteren, S. Klamer, J. Rebolledo. Synthèse des données 2017-2018 : Épidémiologie des maladies infectieuses liées aux aliments et à l'eau. Sciensano ; Report NO. : D/2020/14 440/34. Disponible en ligne sur : [https://www.sciensano.be/sites/default/files/synthese\\_des\\_pathogenes\\_lies\\_a\\_leau\\_et\\_aux\\_aliments\\_donnees\\_2017\\_et\\_2018\\_1.pdf](https://www.sciensano.be/sites/default/files/synthese_des_pathogenes_lies_a_leau_et_aux_aliments_donnees_2017_et_2018_1.pdf)
21. Silverlås, C., Bosaeus-Reineck, H., Näslund, K., & Björkman, C. (2013). Is there a need for improved *Cryptosporidium* diagnostics in Swedish calves? International Journal for Parasitology, 43(2), 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2012.10.009>
22. Meijering, A. (1984). DYSTOCIA AND STILLBIRTH IN CATTLE-A REVIEW OF CAUSES, RELATIONS AND IMPLICATIONS. In Livestock Production Science (Vol. 11).
23. Mee, J. F. (2008). Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review. Veterinary Journal, 176(1), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.032>
24. Dhakal, K., Maltecca, C., Cassady, J. P., Baloché, G., Williams, C. M., & Washburn, S. P. (2013). Calf birth weight, gestation length, calving ease, and neonatal calf mortality in Holstein, Jersey, and crossbred cows in a pasture system. Journal of Dairy Science, 96(1), 690–698. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5817>
25. M-H. Buron, J-M. Bouquinoux, J-M. Marsin. Blanc-Bleu Belge Blonde d'Aquitaine Charolaise Limousine les quatre races viandeuses les plus répandues en Wallonie. CER Groupe Département Agri- Développement. [Internet]. Belgique (BE) : SPW. [Cité le 14 février 2022]. Disponible sur : <https://agriculture.wallonie.be/documents/20182/21897/Blanc-Bleu-Limousine-Blonde-Aquitaine.pdf/9039ebb5-0dcf-464e-af3c-a2abdbfc62f0>

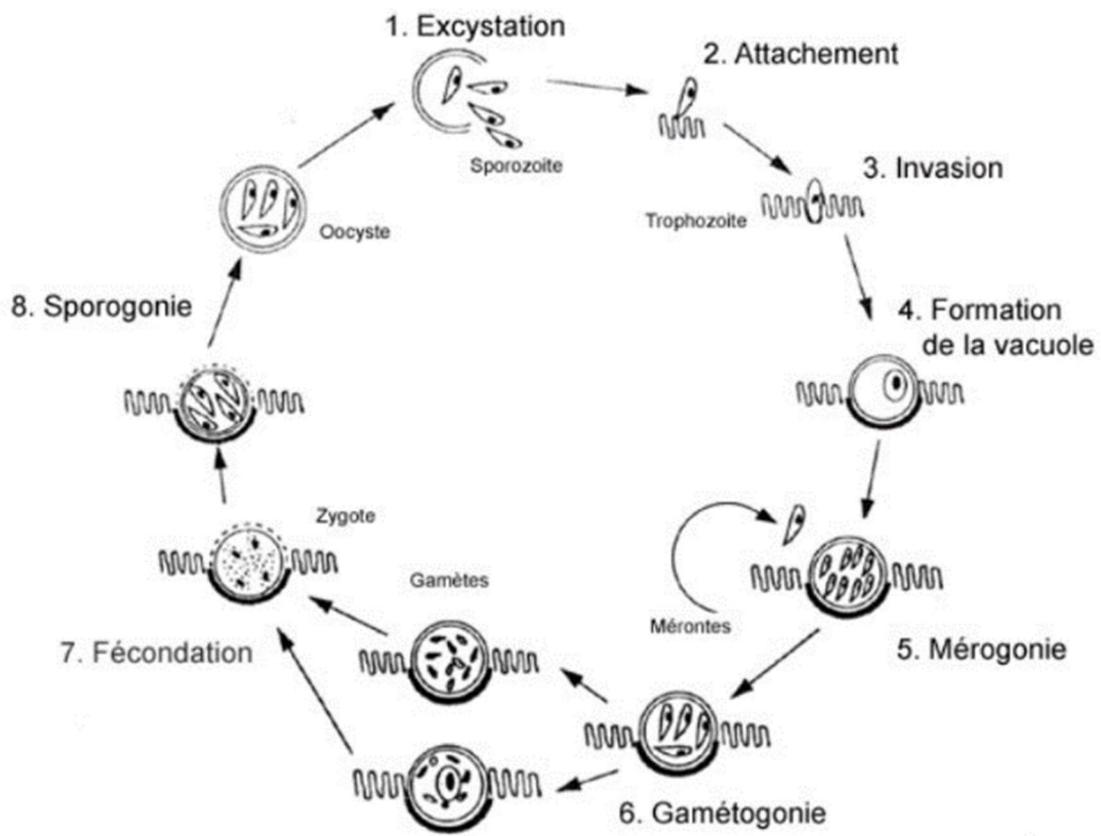
26. Lombard, J. E., Garry, F. B., Tomlinson, S. M., & Garber, L. P. (2007). Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1751–1760. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-295>
27. Eaglen, S. A. E., Coffey, M. P., Woolliams, J. A., Mrode, R., & Wall, E. (2011). Phenotypic effects of calving ease on the subsequent fertility and milk production of dam and calf in UK Holstein-Friesian heifers. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5413–5423. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4040>
28. Barrier, A. C., Haskell, M. J., Birch, S., Bagnall, A., Bell, D. J., Dickinson, J., Macrae, A. I., & Dwyer, C. M. (2013). The impact of dystocia on dairy calf health, welfare, performance and survival. *Veterinary Journal*, 195(1), 86–90. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.07.031>
29. Trotz-Williams, L. A., Wayne Martin, S., Leslie, K. E., Duffield, T., Nydam, D. v., & Peregrine, A. S. (2007). Calf-level risk factors for neonatal diarrhea and shedding of *Cryptosporidium parvum* in Ontario dairy calves. *Preventive Veterinary Medicine*, 82(1–2), 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.05>
30. Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Adams, A. E., Koprak, C. A., & Santin, M. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part III. Factors associated with *Cryptosporidium* and *Giardia* in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 101 (10), 9199–9213. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14060>
31. Lopez, J. W., Allen, S. D., Mitchell, J., & Quinn, M. (1988). *Rotavirus* and *Cryptosporidium* Shedding in Dairy Calf Feces and Its Relationship to Colostrum Immune Transfer. *Journal of Dairy Science*, 71(5), 1288–1294. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79685-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79685-X)
32. Fayer, R., C. Andrews, B. L. P. Ungar, and B. Blagburn. “Efficacy of Hyperimmune Bovine Colostrum for Prophylaxis of Cryptosporidiosis in Neonatal Calves.” *The Journal of Parasitology* 75, no. 3 (1989): 393–97. <https://doi.org/10.2307/3282595>.
33. Petersen, C., J. Gut, P. S. Doyle, J. H. Crabb, R. G. Nelson, and J.H. Leech. 1992. Characterization of a > 900,000-M(r) *Cryptosporidium parvum* sporozoite glycoprotein recognized by protective hyperimmune bovine colostrum immunoglobulin. *Infect. Immun.* 60:5132–5138

34. INRAE. Unité expérimentale P3R. [internet]. France (FR). [Cité le 24 mars 2022].  
Disponible sur : <https://doi.org/10.15454/1.5483259352597417E12>
35. Lorino, T., J.-J. Daudin, S. Robin, and M. Sanaa. 2005. Factors associated with time to neonatal diarrhoea in French beef calves. *Preventive Veterinary Medicine* 68:91–102. doi:10.1016/j.prevetmed.2004.11.013.
36. Vinet, A., H. Leclerc, F. Marquis, and F. Phocas. 2018. Genetic analysis of calf health in Charolais beef cattle. *J Anim Sci* 96:1246–1258. doi:10.1093/jas/sky043.
37. Wilson, D.J., G. Habing, C.B. Winder, and D.L. Renaud. 2023. A scoping review of neonatal calf diarrhea case definitions. *Preventive Veterinary Medicine* 211:105818. doi:10.1016/j.prevetmed.2022
38. Koeck, A., F. Miglior, D.F. Kelton, and F.S. Schenkel. 2012. Health recording in Canadian Holsteins: data and genetic parameters. *J. Dairy Sci.* 95:4099–4108. doi:10.3168/jds.2011-5127.
39. Donnelly, M.R., A.R. Hazel, L.B. Hansen, and B.J. Heins. 2023. Health Treatment Cost of Holsteins in Eight High-Performance Herds. *Animals (Basel)* 13:2061. doi:10.3390/ani13132061.
40. Calderón-Amor, J., and C. Gallo. 2020. Dairy Calf Welfare and Factors Associated with Diarrhea and Respiratory Disease among Chilean Dairy Farms. *Animals (Basel)* 10:1115. doi:10.3390/ani10071115
41. Mee, J.F. 2008. Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review. *The Veterinary Journal* 176:93–101. doi:10.1016/j.tvjl.2007.12.032.
42. Nowroozinia, F., S. Kargar, A. Akhlaghi, F. Raouf Fard, M. Bahadori-Moghaddam, M. Kanani, and M.J. Zamiri. 2022. Feeding fennel (*Foeniculum vulgare*) seed as a potential appetite stimulant for Holstein dairy calves: Effects on growth performance and health. *Journal of Dairy Science* 105:654–664. doi:10.3168/jds.2021-20221
43. McCorquodale, C.E., A. Sewalem, F. Miglior, D. Kelton, A. Robinson, A. Koeck, and K.E. Leslie. 2013. Short communication: analysis of health and survival in a population of Ontario Holstein heifer calves. *J Dairy Sci* 96:1880–1885. doi:10.3168/jds.2012-5735.
44. Windeyer, M.C., K.E. Leslie, S.M. Godden, D.C. Hodgins, K.D. Lissemore, and S.J. LeBlanc. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Preventive Veterinary Medicine* 113:231–240. doi:10.1016/j.prevetmed.2013.10.019.
45. Medrano-Galarza, C., S.J. LeBlanc, A. Jones-Bitton, T.J. DeVries, J. Rushen, A. Marie de Passillé, M.I. Endres, and D.B. Haley. 2018. Associations between management practices and within-pen prevalence of calf diarrhea and respiratory disease on dairy farms using automated milk feeders. *Journal of Dairy Science* 101:2293–2308. doi:10.3168/jds.2017-13733.
46. de Graaf, D.C., E. Vanopdenbosch, L.M. Ortega-Mora, H. Abbassi, and J.E. Peeters. 1999. A review of the importance of cryptosporidiosis in farm animals. *Int J Parasitol* 29:1269–1287. doi:10.1016/S0020-7519(99)00076-4.

47. Araujo, G., C. Yunta, M. Terré, A. Mereu, I. Ipharraguerre, and A. Bach. 2015. Intestinal permeability and incidence of diarrhea in newborn calves. *Journal of Dairy Science* 98:7309–7317. doi:10.3168/jds.2015-9666.
48. Martin, P., A. Vinet, C. Denis, C. Grohs, L. Chanteloup, D. Dozias, D. Maupetit, J. Sapa, G. Renand, and F. Blanc. 2021. Determination of immunoglobulin concentrations and genetic parameters for colostrum and calf serum in Charolais animals. *J Dairy Sci* 104:3240–3249. doi:10.3168/jds.2020-19423.
49. Arsenopoulos, K., A. Theodoridis, and E. Papadopoulos. 2017. Effect of colostrum quantity and quality on neonatal calf diarrhoea due to *Cryptosporidium* spp. infection. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases* 53:50–55. doi:10.1016/j.cimid.2017.07.005.
50. Sivula, N.J., T.R. Ames, and W.E. Marsh. 1996. Management practices and risk factors for morbidity and mortality in Minnesota dairy heifer calves. *Preventive Veterinary Medicine* 27:173–182. doi:10.1016/0167-5877(95)01001-7..105818.
51. Larson, R.L., and J.W. Tyler. 2005. Reducing Calf Losses in Beef Herds. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 21:569–584. doi:10.1016/j.cvfa.2005.02.009.
52. Naciri, M., M. Paul Lefay, R. Mancassola, P. Poirier, and R. Chermette. 1999. Role of *Cryptosporidium parvum* as a pathogen in neonatal diarrhoea complex in suckling and dairy calves in France. *Vet Parasitol* 85:245–257. doi:10.1016/S0304-4017(99)00111-9.
53. Costa D. (n.d.). *Cryptosporidiose chez les jeunes veaux en France : aspects scientifiques et pratiques du risque sanitaire Cryptosporidiosis in young calves in France: scientific and practical aspects* (Issue 1).
54. Brook, E. J., Anthony Hart, C., French, N. P., & Christley, R. M. (2009). Molecular epidemiology of *Cryptosporidium* subtypes in cattle in England. *Veterinary Journal*, 179(3), 378–382. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.10.023>
55. WARD, H., CEVALLOS, A.M. - *Cryptosporidium*: molecular basis of host -parasite interaction.- *Advances in Parasitology*, 1998, 40, 151-85.)

## Annexes

### Annexe 1 : Cycle biologique de *Cryptosporidium parvum* d'après Ward et Cevallos (55)



## **Annexe 2 : Questionnaire responsable troupeau laitier (Holstein, Normande, Jersiaise)**

- 1) Quelle est la durée du temps passé en niche individuelle ? Varie-t-elle suivant la race et/ou le sexe ?
- 2) Quelle(s) est (sont) la (les) mesure(s) mise(s) en place au niveau des veaux et de la mise bas ? (Désinfection des locaux, du matériel, des bottes, ... ?
- 3) Concernant le « Protocol Healthy calf » Comment avez-vous fait les prélèvements ?
- 4) Un écartement était-il prévu en cas de veau ou de mère malade ? Si oui, comment et combien de temps ?
- 5) Quels soins, vaccins sont donnés ? Est-ce toujours les mêmes ?
- 6) Quel est l'impact au niveau de la protection du vaccin sur les autres maladies comme la cryptosporidiose ?
- 7) Qui gèrent les veaux ?
- 8) Comment sont gérées les naissances ?
- 9) Est-ce toujours la même équipe qui est responsable des veaux ?
- 10) Quel est le monde opératoire mis en place pour le vêlage ?
- 11) Qui va saisir les données (échelle de facilité de naissance) ? Si c'est fait par différentes personnes, comment s'assurer que l'échelle est remplie de la même façon chez tout le monde ? Y-a-t-il un ou des critères particuliers pour l'échelle ? Ceux-ci sont-ils subjectifs ou objectifs ?
- 12) Quelles sont les autres variables relevées à ce moment-là ? Sont-elles toutes fiables ? (Certaines mesures ne varient pas ou presque pas)
- 13) Est-ce la même équipe qui gère le troupeau laitier / allaitant ? Des mesures d'hygiène lors des changements d'un troupeau à l'autre étaient-elles mises en place ?
- 14) Sur la durée des relevés de la période 2011 à 2021, il y a eu plusieurs protocoles expérimentaux mis en place, y avait-il une variabilité dans la gestion des vaches et des veaux lors du vêlage ?
- 15) Quelle(s) est (sont) la ou les période(s) de naissance(s) ?
- 16) Afin d'avertir de la naissance, le « velphone » était-il utilisé ? Si oui, chez qui et à partir de quand ?
- 17) L'insémination était réalisée à quel âge ? Était-il toujours le même ? Si variation, en quelle année ?

### **Annexe 3 : Questionnaire responsable troupeau allaitant (Charolaise)**

- 1) Quelle est la durée du temps passé en écartement du troupeau avant le vêlage et après celui-ci ?
- 2) Quelle(s) est (sont) la (les) mesure(s) mise(s) en place au niveau des veaux et de la mise bas ? (Désinfection des locaux, du matériel, des bottes, ... ?
- 3) Concernant le « Protocol Healthy calf » Comment avez-vous fait les prélèvements ?
- 4) Un écartement était-il prévu en cas de veau ou de mère malade ? Si oui, comment et combien de temps ?
- 5) Quels soins, vaccins sont donnés ? Est-ce toujours les mêmes ?
- 6) Quel est l'impact au niveau de la protection du vaccin sur les autres maladies comme la cryptosporidiose ?
- 7) Qui gèrent les veaux ?
- 8) Comment sont gérées les naissances ?
- 9) Est-ce toujours la même équipe qui est responsable des veaux ?
- 10) Quel est le monde opératoire mis en place pour le vêlage ?
- 11) Qui va saisir les données (échelle de facilité de naissance) ? Si c'est fait par différentes personnes, comment s'assurer que l'échelle est remplie de la même façon chez tout le monde ? Y-a-t-il un ou des critères particuliers pour l'échelle ? Ceux-ci sont-ils subjectifs ou objectifs ?
- 12) Quelles sont les autres variables relevées à ce moment-là ? Sont-elles toutes fiables ? (Certaines mesures ne varient pas ou presque pas)
- 13) Est-ce la même équipe qui gère le troupeau laitier / allaitant ? Des mesures d'hygiène lors des changements d'un troupeau à l'autre étaient-elles mises en place ?
- 14) Sur la durée des relevés de la période 2011 à 2021, il y a eu plusieurs protocoles expérimentaux mis en place, y-avait-il une variabilité dans la gestion des vaches et des veaux lors du vêlage ?
- 15) Quelle(s) est (sont) la ou les période(s) de naissance(s) ?
- 16) Afin d'avertir de la naissance, le « velfone » était-il utilisé ? Si oui, chez qui et à partir de quand ?
- 17) L'insémination était réalisée à quel âge ? Était-il toujours le même ? Si variation, en quelle année ?

#### Annexe 4 : Distribution des variables testées

##### a) Poids des veaux à la naissance en fonction de la race

Race	Moyenne	Ecart-type	Min	Max	n
<i>Jersiaise</i>	22	3.2	16	29	67
<i>Charolais (mâles)</i>	50	6.8	26	76	1121
<i>Charolais (femelles)</i>	46	6.3	27	64	1083
<i>Normande</i>	42	6.3	20	63	501
<i>Holstein</i>	40	5.1	21	57	742

##### b) Effectif par race en fonction des années

Race	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total par race
<i>Jersiaise</i>	0	0	0	0	0	0	0	4	12	27	24	67
<i>Charolaise</i>	301	256	333	367	321	192	167	110	84	73	0	2204
<i>Normande</i>	34	53	44	40	67	48	50	53	54	25	33	501
<i>Holstein</i>	43	48	82	61	38	89	65	68	84	83	81	742
<i>Total par année</i>	378	357	459	468	426	329	282	235	234	208	138	3514

##### c) Classe d'âge de la mère à la mise bas (en mois)

Classage	Fréquence	Pourcentage
18-24	398	11.33
25-29	535	15.22
30-39	743	21.14
40-49	686	19.52
50-59	497	14.14
60+	655	18.64

d) Mois de naissance de veau :

Mois	Fréquence	Pourcentage
1	413	11.75
2	467	13.29
3	710	20.20
4	398	11.33
9	225	6.40
10	232	6.60
11	538	15.31
12	531	15.11

e) Rang de mise-bas de la mère (1= premier vêlage ; 2= deuxième vêlage ou +)

Rang	Fréquence	Pourcentage
1	1353	38.50
2	2161	61.50

## Annexe 5 : Demande d'avis au Comité d'Etique



### **Demande d'avis au Comité d'Ethique dans le cadre des mémoires des étudiants du Master en Sciences de la Santé publique**

*(Version finale acceptée par le Comité d'Ethique en date du 06 octobre 2016)*

Ce formulaire de demande d'avis doit être complété et envoyé par courriel à [mssp@uliege.be](mailto:mssp@uliege.be).  
Si l'avis d'un Comité d'Ethique a déjà été obtenu concernant le projet de recherche, merci de joindre l'avis reçu au présent formulaire.

1. Etudiant-e (prénom, nom, adresse courriel) : Cédric Riffart (Cedric.riffart@student.uliege.be)
2. Finalité spécialisée : Promotion de la santé
3. Année académique : 2022-2023
4. Titre du mémoire : « Etude du rôle de pratique zootechniques dans la prévention du risque zoonotique de santé publique : cas de la cryptosporidiose en élevage bovin »
5. Nom du Service ou nom du Département dont dépend la réalisation du mémoire :  
Sciences de la santé publique
6. Nom du/de la Professeur-e responsable du Service énoncé ci-dessus ou nom du/de la Président-e de Département : Anne-Françoise Donneau
7. Promoteur-trice-s (titre, prénom, nom, fonction, adresse courriel, institution) :
  - a. Professeur associé Agrégé Nicolas Antoine-Moussiaux, [nantoine@uliege.be](mailto:nantoine@uliege.be), Faculté de Médecine vétérinaire et Faculté de Médecine Université de Liège.
  - b. Docteur Pauline Martin chargée de recherche, [pauline.martin@inrae.fr](mailto:pauline.martin@inrae.fr); Unité de Génétique Animale et Biologie Intégrative, INRAE,

## 8. Résumé de l'étude

### a. Objectifs

Déterminer dans quelle mesure la facilité de naissance chez le veau a un impact sur sa résistance aux diarrhées néonatales et plus particulièrement à l'agent infectieux *Cryptosporidium*.

Déterminer la prévalence de la présence de diarrhées dans les différents élevages de veaux durant les 8 premières semaines de vie (sauf pour les veaux mâles laitiers ou croisés qui sont vendus 15 jours après la naissance).

Comparer les résultats obtenus entre les différents types d'élevage sur base de l'échelle de facilité de naissance et la présence ou non de diarrhée chez le veau. Et évaluer les différents impacts qui peuvent être observés quant au risque de propagation du parasite *Cryptosporidium* chez l'Homme.

Sur la base des résultats obtenus, proposer des pratiques permettant de réduire la pression dans l'environnement pour limiter la probabilité de contamination chez l'Homme.

### b. Protocole de recherche (design, sujets, instruments, etc.) +-500 mots

L'étude consiste en une analyse statistique de données récoltées en routine et dans le cadre de différents projets sur plusieurs troupeaux expérimentaux de l'INRAE (Institut National français de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement). Les données prises en compte s'étalent sur la période de 2011 à 2021 dans les élevages suivants :

- Le domaine expérimental du Pin-au-Haras (région Normandie) possédant un troupeau laitier composé d'animaux de races Holstein, Normande et Jersiaise, et ayant eu jusqu'en 2020 un troupeau allaitant de race Charolaise.
- Le domaine expérimental de Bourges-la-Sapinière (région Centre), aujourd'hui limité à des activités sur les petits ruminants mais ayant eu jusqu'en 2018 un troupeau allaitant de race Charolaise.

L'ensemble des activités se déroulant sur les troupeaux expérimentaux INRAE suivent la réglementation en vigueur (en France) concernant la détention et l'expérimentation sur les animaux d'élevage. Ceci comprend notamment la formation du personnel, des habilitations à l'expérimentation y compris pour les scientifiques (habilitation à la conception d'expérimentations) et l'obtention d'une autorisation délivrée par un comité d'éthique pour chaque expérimentation spécifique.

L'ensemble du travail de fin d'études portera sur des données « historiques », c'est-à-dire des données déjà existantes, récoltées dans le cadre d'études précédentes. Aucun nouveau prélèvement ne sera réalisé dans le cadre de ce travail.

Les différents types de données qui seront analysées consistent en :

- L'ensemble des variables décrivant les naissances des veaux (date, lieu, sexe, race, poids, âge de la mère, facilité de naissance, vigueur du veau...)
- Les données d'événements de santé récoltées en routine et en particulier les diarrhées néonatales, majoritairement liées au *Cryptosporidium*, et les traitements associés.

- 
- Les données de suivi des veaux et en particulier la survie des animaux et d'éventuelles chutes ou stagnations de poids
  - Les différences de conduite d'élevage entre les troupeaux
  - Des données de colostrum pour les animaux chez qui elles existent
  - Des tests d'identification de pathogènes intestinaux (tests speed V Diar 5 et PCR) réalisés à partir de fèces des veaux dans le cadre du projet HealthyCalf (financement APIS-GENE et validé par un comité d'éthique)

Le travail en lui-même consistera dans une analyse statistique de ces données (modèles linéaires généralisés, corrélations...)

9. Afin de justifier si l'avis du Comité d'Éthique est requis ou non, merci de répondre par oui ou par non aux questions suivantes :

1. L'étude est-elle destinée à être publiée ? Oui
2. L'étude est-elle interventionnelle chez des patients (va-t-on tester l'effet d'une modification de prise en charge ou de traitement dans le futur) ? Non
3. L'étude comporte-t-elle une enquête sur des aspects délicats de la vie privée, quelles que soient les personnes interviewées (sexualité, maladie mentale, maladies génétiques, etc...) ? Non
4. L'étude comporte-t-elle des interviews de mineurs qui sont potentiellement perturbantes ? Non
5. Y a-t-il enquête sur la qualité de vie ou la compliance au traitement de patients traités pour une pathologie spécifique ? Non
6. Y a-t-il enquête auprès de patients fragiles (malades ayant des troubles cognitifs, malades en phase terminale, patients déficients mentaux,...) ? Non
7. S'agit-il uniquement de questionnaires adressés à des professionnels de santé sur leur pratique professionnelle, sans caractère délicat (exemples de caractère délicat : antécédents de burn-out, conflits professionnels graves, assuétudes, etc...) ? Non
8. S'agit-il exclusivement d'une enquête sur l'organisation matérielle des soins (organisation d'hôpitaux ou de maisons de repos, trajets de soins, gestion de stocks, gestion des flux de patients, comptabilisation de journées d'hospitalisation, coût des soins,...) ? Non
9. S'agit-il d'enquêtes auprès de personnes non sélectionnées (enquêtes de rue, etc.) sur des habitudes sportives, alimentaires sans caractère intrusif ? Non

10. S'agit-il d'une validation de questionnaire (où l'objet de l'étude est le questionnaire) ?

Non

Si les réponses aux questions 1 à 6 comportent au minimum un « oui », il apparaît probablement que votre étude devra être soumise pour avis au Comité d'Éthique.

Si les réponses aux questions 7 à 10 comportent au minimum un « oui », il apparaît probablement que votre étude ne devra pas être soumise pour avis au Comité d'Éthique.

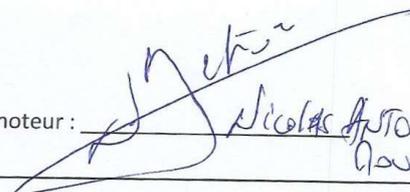
En fonction de l'analyse du présent document, le Collège des Enseignants du Master en Sciences de la Santé publique vous informera de la nécessité ou non de déposer le protocole complet de l'étude à un Comité d'Ethique, soit le Comité d'Ethique du lieu où la recherche est effectuée soit, à défaut, le Comité d'Ethique Hospitalo-facultaire de Liège.

Le promoteur·trice sollicite l'avis du Comité d'Ethique car :

- cette étude rentre dans le cadre de la loi relative aux expérimentations sur la personne humaine.
- cette étude est susceptible de rentrer dans le cadre de la loi relative aux expérimentations sur la personne humaine car elle concerne des patients. Le Promoteur attend dès lors l'avis du CE sur l'applicabilité ou non de la loi.
- cette étude ne rentre pas dans le cadre de la loi relative aux expérimentations sur la personne humaine, mais un avis du CE est nécessaire en vue d'une publication
- Cette étude ne rentre pas dans le cadre de la loi relative aux expérimentations sur la personne humaine et ne prévoit pas de faire l'objet d'une publication

Date : 05/04/23

Nom et signature du promoteur :

  
Nicolas Antoine -  
Promoteur

## Annexe 6 : Réponse du Comité d’Ethique

### Comité d’Ethique Hospitalo-Facultaire Universitaire de Liège (707)



Sart Tilman, le 07/02/2023

Madame le Prof. A-F. DONNEAU  
Monsieur le Cédric RIFFLART  
Département des Sciences de la Santé Publique  
CHU B23

Concerne: Remarques et questions après examen du dossier :  
EudraCT ou Nr belge: ;  
Notre réf.: 2023-16

Titre du dossier: *"Etude du rôle de pratiques zootechniques dans la prévention du risque zoonotique de santé publique : cas de la cryptosporidiose en élevage bovin."*  
Protocole: VI

Cher Collègue,

Le Comité d’Ethique a examiné votre demande d’avis.

Veillez trouver, ci-dessous, les remarques et questions formulées après avoir examiné les différents éléments de votre dossier.

Je vous prie d’agréer, Cher Collègue, l’expression de mes sentiments les meilleurs.

Prof. V. SEUTIN  
Président du Comité d’Ethique

Copie au promoteur : Prof. N. ANTOINE-MOUSSIAUX, Prof. P. MARTIN

---

C.H.U. de LIEGE – Site du Sart Tilman – Avenue de l’Hôpital, 1 – 4000 LIEGE  
Président : Professeur V. SEUTIN  
Vice-Président : Professeur J. DEMONTY  
Secrétaire exécutif : Docteur G. DAENEN  
Secrétariat administratif : 04/323.21.58 – Coordination scientifique: 04/323.22.65  
Mail : [ethique@chuliege.be](mailto:ethique@chuliege.be)  
Infos disponibles sur: <http://www.chuliege.be/orggen.html#ceh>

---

**Comité d'Ethique Hospitalo-Facultaire Universitaire de Liège (707)**



**REMARQUES ET QUESTIONS APRES EXAMEN DU DOSSIER**

**Nr EudraCT ou Nr belge: ; Notre réf: 2023-16 ; Promoteur: Pr.N.A-MOUSSIAUX/Pr..MART**

Titre du dossier: *"Etude du rôle de pratiques zootechniques dans la prévention du risque zoonotique de santé publique : cas de la cryptosporidiose en élevage bovin."*  
Protocole: *VI*

Le Comité d'Ethique n'est pas compétent pour donner un avis sur votre étude.

Nous vous suggérons de vous adresser au Prof. Pierre DRION ([pvd里昂@uliege.be](mailto:pvd里昂@uliege.be)), Secrétaire de la Commission d'Ethique de l'utilisation des animaux, votre étude étant plus de son ressort.

Prof. V. SEUTIN  
Président du Comité d'Ethique  
07/02/2023

## Annexe 7 : Réponse Comité d’Ethique pour les animaux



**DOCUMENT A CONSERVER  
PAR LE SERVICE**

### Commission d’Ethique Animale

Dossier n° : 23-2547 Date de réception: 10022023  
Catégorie et évaluation rétrospective  
Pas une expérience au sens légal du terme  
Date de l’avis: réunion -27022023  
Avis : **pas une expérience au sens légal du terme**  
Rappel : (AR 20052013)  
-toute personne impliquée doit être certifiée légalement AVANT d’intervenir  
-les animaux doivent être contrôlés 7/7  
**ACTIONS À MENER PAR LE CHERCHEUR :**  
-RÉPONDRE AU COURRIER SI NÉCESSAIRE  
-La Commission envoie LE NTS ANONYME au SPW (et à l’Europe)  
-ENVOYER SPONTANÉMENT À LA COMMISSION L’EVALUATION RETROSPECTIVE OBLIGATOIRE  
A L’ECHANGE FIXEE : aucun rappel ne sera envoyé et cette formalité est légale (AR  
20052013)

Liège, le 28022023  
Mr C Riffart  
Cc/ Pr AF Donneau  
Pr NA Moussiaux  
Dr P Martin\_INRA  
**Lettre 1**

Cher Monsieur Riffart,

Votre dossier que la Commission a enregistré sous l’intitulé « Santé Publique\_cryptosporidium chez le veaux » a été examiné en date du 27022023 par la Commission et a reçu le numéro 2547.

Ce protocole expérimental se réalise sur des données françaises.  
La Commission vous rappelle qu’elle n’est compétente que sur le territoire belge (pour les laboratoires officiellement affiliés à l’ULiège).  
Néanmoins, désireuse de vous répondre, elle a examiné le contenu du document.  
La Commission a classé ce dossier comme n’étant « pas une expérience au sens légal du terme » (analyse de méta données).

->En cas de nécessité pour une publication scientifique, elle confirmera être informée de vos travaux.  
->Aucune analyse rétrospective ne sera à fournir.  
-> Aucun NTS ne sera considéré pour encodage à l’Europe.  
->les animaux incriminés ne devront pas être comptabilisés dans les statistiques de fin d’année

Nous vous prions de croire, Cher Monsieur Riffart, en l’expression de nos sentiments les meilleurs et vous souhaitons plein succès dans vos recherches.

Pour le Pr. J Balthazart, Président,  
Pr P. Drion, Secrétaire

## Annexe 8 : Convention de stage

### CONVENTION DE STAGE (TFE)

**Entre :** **L'Université de Liège**

Département et axe du promoteur : Département des Sciences de la Santé publique

Ayant son siège social : place du 20-Août, 7 à 4000 LIEGE - Belgique

Représentée par  Mme  M. **Afr. Donneau**

Grade académique : Professeur

(ci-après dénommé(e) "le superviseur académique")

Ci-après dénommée "l'Université";

Mme  M. **Riffart Cédric**

Domicilié(e) à 12 rue Mozart 4100 Bonnelles

Inscrit(e) à l'Université en 2022-2023

Ci-après dénommé(e) "l'étudiant stagiaire";

**Et :** **(Entreprise) INRAE (Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement), centre Bretagne Normandie**

Ayant son siège social à Domaine de la Motte au Vicomte, BP 35327 35653 LE RHEU cedex

Représentée par  Mme  M. **Helene LUCAS**

Titre : **Présidente du centre**

Tél.: 02 23 48 70 70

Mail: Helene.lucas@inrae.fr

Ci-après dénommée "l'Organisme d'accueil"

- *Unité le PIS*

Dans le cadre de ses études, l'étudiant stagiaire réalise un travail de fin d'études, qui aura pour objet "Etude du rôle des pratiques zootechniques dans la prévention du risque zoonotique de santé publique : cas de la cryptosporidiose en élevage bovin"

Dans ce cadre, l'étudiant stagiaire souhaite effectuer un stage au sein de l'Organisme d'accueil.

Il est convenu ce qui suit pour régler les rapports entre l'Organisme d'accueil et l'Université concernant les étudiants stagiaires dans le cadre de la formation professionnelle.

### **Article 1 - Objet**

Ce stage a pour objet essentiel d'assurer l'application pratique de l'enseignement donné dans la formation de l'étudiant stagiaire dans le cadre de ses études de Master en sciences de la santé publique, à finalité spécialisée en promotion de la santé

Il débutera le 20 février 2023 pour se terminer le 24 février 2023, à concurrence de 5 jours. Cette durée pourra être revue de commun accord entre parties.

Mention  à conserver ou  à supprimer : il est d'ores et déjà convenu entre les parties que l'étudiant stagiaire bénéficiera de \_\_\_\_\_ jours d'absence autorisée par mois de stage, moyennant l'information et l'accord préalables de l'Organisme d'accueil selon les modalités à déterminer entre les parties.

### **Article 2 - Obligations de l'Organisme d'accueil et de l'Université**

L'Université et l'Organisme d'accueil ont convenu d'associer leurs efforts et de coordonner leur action en vue de contribuer au développement de stages de formation pratique dans le cadre d'activité professionnelle.

En particulier, l'Organisme d'accueil :

- prendra en considération les besoins de formation de l'étudiant stagiaire dans le choix des travaux auxquels il sera astreint et apportera son concours à l'Université en assurant la prise en charge des stages d'étudiants par des spécialistes compétents;
- s'efforcera de mettre à disposition de l'étudiant stagiaire tous les moyens nécessaires à la réalisation de son stage, dès signature de la présente convention;
- n'imposera en aucun cas à l'étudiant stagiaire des tâches étrangères à sa formation.

L'Organisme d'accueil informera l'Université, dans les plus brefs délais, de tout problème pouvant apparaître au cours du stage et de nature à influencer son déroulement.

Sauf indication contraire, tous les coûts ayant trait directement ou indirectement à la réalisation du stage, tels que les coûts de déplacements effectués dans ce cadre et préalablement autorisés par le maître de stage de l'Organisme d'accueil, de recherche bibliographique, de matériel, d'analyse, seront pris en charge par l'Organisme d'accueil.

Dans la mesure de ses possibilités et tout en restant compatible avec le statut d'étudiant, l'Organisme d'accueil pourra prévoir l'octroi d'une gratification, notamment sous la forme d'un prix, destinée à encourager et récompenser l'étudiant stagiaire dont le travail aura été particulièrement apprécié.

Toutes autres modalités pratiques éventuelles seront convenues entre le maître de stage de l'Organisme d'accueil et le superviseur académique, à charge pour ces derniers de veiller à ce que l'étudiant stagiaire s'y conforme.

### **Article 3 – Statut et obligations de l'étudiant stagiaire**

L'étudiant stagiaire, pendant la durée de son stage au sein de l'Organisme d'accueil, conserve le statut d'étudiant de l'Université et demeure sous sa responsabilité. A ce titre, les tâches effectuées au cours du stage sont suivies par le superviseur académique de l'Université, dans les conditions qu'il aura déterminées, avec l'Organisme d'accueil.

Cette situation entraîne les conséquences suivantes :

- L'étudiant stagiaire ne sera pas rémunéré et de ce fait, ne sera pas assujéti à la législation de la sécurité sociale; aucune cotisation ne peut donc être mise à charge de l'Université. Néanmoins, dans la mesure de ses possibilités et tout en restant compatible avec le statut d'étudiant, l'Organisme d'accueil pourra prévoir l'octroi d'une gratification, notamment sous la forme d'un prix, destinée à encourager et récompenser l'étudiant stagiaire dont le travail aura été particulièrement apprécié.
- L'étudiant stagiaire bénéficiera, en cas d'accident survenu au cours du trajet pour se rendre sur le lieu du stage ou pour en revenir, des mêmes garanties que s'il s'agissait d'un accident survenu au cours du trajet domicile-Université, aller et retour, dans les limites et conditions des contrats souscrits par l'Université.  
Pour tout accident qui surviendrait sur le lieu de stage, la couverture accidents du travail de l'Université est étendue à l'étudiant stagiaire, conformément aux dispositions de l'arrêté royal du 13 juin 2007.
- La responsabilité civile de l'étudiant stagiaire est couverte dans les limites et conditions du contrat d'assurance à charge de l'Université.

Durant son stage, l'étudiant stagiaire est soumis au règlement de l'Organisme d'accueil, notamment en ce qui concerne les horaires, le respect des conditions d'hygiène et de sécurité ainsi que les visites médicales. En cas de manquement à ces règles, l'Université et l'Organisme d'accueil se réservent le droit d'interrompre le stage. Le superviseur académique de l'Université en informera alors immédiatement le Président du Conseil des études en Sciences de la santé publique

### **Article 4 – Confidentialité (cocher l'option applicable)**

#### **Option 1 : Engagement de confidentialité unilatéral de l'étudiant stagiaire**

L'étudiant stagiaire s'engage à accomplir de son mieux les tâches faisant l'objet du stage, dans le respect de la déontologie en vigueur au sein de l'Organisme d'accueil, notamment en ce qui concerne l'obligation du secret professionnel.

A cet égard, l'étudiant stagiaire sera tenu aussi bien pendant la durée de son stage qu'après celui-ci, d'observer la confidentialité à l'égard des tiers pour tout ce qui concerne son activité pendant son stage et d'une façon plus générale pour tout ce dont il aurait eu connaissance directe ou indirecte à l'occasion de son stage, ainsi que le contenu des documents qu'il aura rédigé lui-même, y compris les rapports de stage sans préjudice de l'article 6 ci-après.

Les dispositions qui précèdent ne pourront cependant en aucun cas porter préjudice à la bonne rédaction, au droit d'impression et de défense du mémoire de fin d'études.

Les parties se mettront néanmoins d'accord, s'il échet, sur les mesures de protection des informations à prendre dans la rédaction du mémoire de fin d'études.

L'Université s'engage, à la demande écrite de l'Organisme d'accueil, à ne pas diffuser, ni même rendre accessible le mémoire de fin d'études.

OU

Option 2 : Engagement de confidentialité multilatéral

L'étudiant stagiaire, l'Organisme d'accueil et l'Université s'engagent, pour la durée de la présente convention et une période de 5 ans après son expiration, à garder confidentielles et à ne pas divulguer à des tiers, sans accord formel et préalable des autres parties, toutes les informations de nature confidentielle qu'elles ont obtenues dans le cadre du stage de l'étudiant stagiaire.

Ne sont toutefois pas confidentielles, les informations :

- qui sont ou deviennent généralement disponibles pour le public lors de leur publication ou ultérieurement, autrement que par une faute ou une négligence de la partie qui les reçoit;
- qui sont obtenues de manière licite d'un tiers non soumis à une obligation de confidentialité;
- qui sont connues préalablement à leur transmission par la partie qui les reçoit du fait de ses propres recherches, à charge pour cette dernière d'en apporter la preuve;
- qui sont propres aux parties et rendues publiques par les parties elles-mêmes.

L'Organisme d'accueil et l'Université s'engagent à faire respecter cet engagement de confidentialité par tous les membres de leur personnel ainsi que par les sous-traitants et autres tiers (notamment les filiales et autres entreprises liées). Cette obligation de confidentialité ne pourra cependant porter préjudice au droit d'impression et de défense publique du travail de fin d'études conformément au règlement en vigueur au sein de l'Université, de même qu'à la possibilité pour l'étudiant stagiaire de faire état du travail de fin d'études à titre de référence ou sous forme d'abrégé, selon les modalités ci-après :

Les éventuelles parties du travail de fin d'études reprenant des informations confidentielles reprendront l'annotation "**Confidential**". Le jury chargé de lire le travail de fin d'études et d'assister à la défense orale sera composé, outre du superviseur académique de l'Université et éventuellement du maître de stage de l'Organisme d'accueil, de plusieurs autres membres,

choisis par le Bureau du Conseil des études en ... ou le Collège doctoral en accord avec le Conseil de la Faculté ....

La rédaction du travail de fin d'études sera contrôlée par le superviseur académique de l'Université et, le cas échéant, par le maître de stage de l'Organisme d'accueil.

Préalablement à la défense orale du travail de fin d'études, l'étudiant stagiaire adressera une copie des éventuelles parties du travail de fin d'études concernant les travaux effectués au sein de l'Organisme d'accueil au maître de stage de l'Organisme d'accueil. Les pages concernant ces travaux seront numérotées et comprendront l'annotation "Confidential".

Une copie du travail de fin d'études sera transmise aux autres membres du jury, qui auront, le cas échéant, préalablement signé un accord de secret dont copie sera adressée à l'Organisme d'accueil.

Le cas échéant, l'Université et l'Organisme d'accueil détermineront de commun accord les mesures complémentaires de protection du caractère confidentiel des informations devant être prises lors de la défense orale du travail de fin d'études, dans le respect des législations et réglementations universitaires en vigueur.

Les parties du travail de fin d'études reprenant les éventuelles informations confidentielles ne pourront faire l'objet de communications et/ou de publications d'ordre scientifique qu'après l'accord écrit de l'Organisme d'accueil, qui ne pourra s'y opposer qu'en justifiant d'un intérêt réel à l'absence de publication et ce, pendant un délai maximum de six (6) mois. Cet accord sera réputé acquis si, dans les 30 jours qui suivent la demande de publication et/ou de communication par l'Université, l'Organisme d'accueil n'a pas fait connaître sa position.

**Article 5 - Propriété intellectuelle** (cocher l'option applicable)

*Option 1 : Propriété des résultats à l'Organisme d'accueil*

Les résultats qui seraient obtenus par l'étudiant stagiaire à l'occasion de la réalisation de son stage au sein de l'Organisme d'accueil seront propriété de l'Organisme d'accueil qui disposera du droit exclusif de les exploiter. Sans préjudice des dispositions de l'article 4, l'Université conservera cependant le droit de les utiliser à des fins scientifiques ou pédagogiques, et conservera en toute hypothèse la propriété exclusive des connaissances antérieurement acquises dans le domaine concerné.

Sans préjudice de ce qui précède, l'Université conservera la propriété des méthodes et du know-how développés par le superviseur académique de l'Université et/ou l'étudiant stagiaire à l'occasion de la présente convention.

Le relevé des connaissances antérieures de chaque partie dans le domaine concerné fait l'objet d'une Annexe B à la présente :

Oui  Non

L'Organisme d'accueil s'engage, en cas d'obtention de résultats générés en tout ou en partie à l'occasion de la réalisation du stage de l'étudiant stagiaire, à reconnaître la contribution de l'Université dans leur obtention.

Mention  à conserver ou  à supprimer : en cas d'exploitation industrielle et/ou de commercialisation de tels résultats, l'Université pourra recevoir un pourcentage de royalties calculé sur le montant net des ventes desdits résultats ou des produits les incluant, à déterminer ultérieurement de commun accord entre l'Organisme d'accueil et l'Université. Cette dernière affectera ces sommes conformément à ses réglementations internes en vigueur.

Dans le cas où les travaux permettraient la mise au point d'inventions susceptibles d'être brevetées, les brevets seront pris par l'Organisme d'accueil à son nom en accord avec l'Université, et ils mentionneront le nom des inventeurs universitaires.

Option 2 : Propriété des résultats à l'Université

Les résultats qui seraient obtenus par l'étudiant stagiaire à l'occasion de la réalisation de son stage seront propriété de l'Université qui disposera du droit exclusif de les exploiter.

Option 3 : Copropriété des résultats entre l'Organisme d'accueil et l'Université

Les résultats qui seraient obtenus par l'étudiant stagiaire à l'occasion de la réalisation de son stage seront co-propriété de l'Organisme d'accueil et de l'Université qui disposeront du droit de les exploiter.

Sans préjudice de ce qui précède, l'Université conservera la propriété des méthodes et du know-how développés par le superviseur académique de l'Université et/ou l'étudiant stagiaire à l'occasion de la présente convention.

Le relevé des connaissances antérieures de chaque partie dans le domaine concerné fait l'objet d'une Annexe B à la présente :

Oui  Non

L'Organisme d'accueil s'engage, en cas d'obtention de résultats générés en tout ou en partie à l'occasion de la réalisation du stage de l'étudiant stagiaire, à reconnaître la contribution de l'Université dans leur obtention.

Mention  à conserver ou  à supprimer : en cas d'exploitation industrielle et/ou de commercialisation de tels résultats, l'Université pourra recevoir un pourcentage de royalties calculé sur le montant net des ventes desdits résultats ou des produits les incluant, à déterminer ultérieurement de commun accord entre l'Organisme d'accueil et l'Université. Cette dernière affectera ces sommes conformément à ses réglementations internes en vigueur.

Dans le cas où les travaux permettraient la mise au point d'inventions susceptibles d'être brevetées, les brevets seront pris par l'Organisme d'accueil à son nom en accord avec l'Université, et ils mentionneront le nom des inventeurs universitaires.

### **Article 6 - Responsabilité**

L'Université ne donne aucune garantie d'aucune sorte et décline toute responsabilité en ce qui concerne l'utilisation et l'exploitation, par l'Organisme d'accueil ou par des tiers, du travail de fin d'études, et plus généralement des résultats obtenus par l'étudiant stagiaire dans le cadre de la réalisation de son stage.

### **Article 7 - Assurances**

Pour tout accident qui surviendrait sur le lieu de stage, la couverture accidents du travail de l'Université est étendue à l'étudiant stagiaire, conformément aux dispositions de l'arrêté royal du 13 juin 2007.

L'étudiant stagiaire bénéficiera, en cas d'accident survenu au cours du trajet pour se rendre sur le lieu du stage ou pour en revenir, des mêmes garanties que s'il s'agissait d'un accident survenu au cours du trajet domicile-Université, aller et retour, dans les limites et conditions des contrats souscrits par l'Université.

La responsabilité civile de l'étudiant stagiaire est couverte dans les limites et conditions du contrat d'assurance à charge de l'Université.

La responsabilité encourue par le maître de stage dans l'exercice de ses activités vis-à-vis de tiers n'entre pas dans le cadre de la couverture responsabilité civile souscrite par l'Université.

L'Organisme d'accueil déclare, en ce qui le concerne, être assuré en matière de responsabilité civile, selon les dispositions réglementaires en usage.

Lorsque l'Organisme d'accueil met un véhicule à la disposition de l'étudiant stagiaire, il lui incombe de vérifier préalablement que la police d'assurance du véhicule couvre son utilisation par ledit étudiant stagiaire. En tout état de cause, l'Université décline toute responsabilité en cas de dommage qui pourrait être occasionné à ce véhicule.

### **Article 8 – Rapport**

Le stage couvert par la présente convention donne lieu à la rédaction d'un rapport que l'étudiant stagiaire doit remettre au superviseur académique de l'Université après l'avoir communiqué au maître de stage de l'Organisme d'accueil.

Dans le cas où les travaux effectués par l'étudiant stagiaire l'exigeront, l'Université, en accord avec l'Organisme d'accueil, prendra toutes dispositions telles que prévues dans l'article 4 pour en protéger le caractère confidentiel.

### Article 9 – Durée

Sans préjudice des dispositions de confidentialité visées à l'article 4, la présente convention prend cours le 01/01/2023 et vient à échéance à la date de l'évaluation finale du stage.

Les parties s'informeront mutuellement, dans les plus brefs délais, de tout problème pouvant apparaître au cours du stage et de nature à influencer son déroulement afin de leur permettre de prendre les mesures utiles.

En cas de difficulté persistante ne pouvant être résolue, l'Université et l'Organisme d'accueil peuvent mettre fin anticipativement au stage moyennant notification écrite.

### Article 10

La présente convention est régie pour tous ses aspects par le droit belge.  
Les parties s'efforceront de résoudre à l'amiable tous les différends qui surgiraient entre elles à propos de son exécution.

En cas de désaccord persistant, le litige sera soumis aux tribunaux de Liège.

Fait à Liège, le 29 octobre 2022

En trois (3) exemplaires originaux, chaque partie reconnaissant avoir reçu le sien.

Fait à  
Le 17 décembre  
2022

Lu et approuvé

signature de l'étudiant  
stagiaire

Fait à Liège  
Le 15 décembre 2022

Lu et approuvé

signature du superviseur  
académique

Fait à  
Le 09 JAN. 2023

Lu et approuvé

La Directrice des Services d'Appui  
du Centre INRAE Bretagne-Normandie

signature du responsable de  
l'Organisme d'accueil