



HAL
open science

Entrée au coeur des algorithmes d'un logiciel de gestion de la reproduction : aide à l'analyse et à l'interprétation du calcul du taux de gestation avec Venotis ®

Gabriel Cornuault

► To cite this version:

Gabriel Cornuault. Entrée au coeur des algorithmes d'un logiciel de gestion de la reproduction : aide à l'analyse et à l'interprétation du calcul du taux de gestation avec Venotis ®. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04289524

HAL Id: dumas-04289524

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04289524v1>

Submitted on 16 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ENTREE AU CŒUR DES ALGORITHMES D'UN LOGICIEL DE GESTION DE LA REPRODUCTION : AIDE A L'ANALYSE ET A L'INTERPRETATION DU CALCUL DU TAUX DE GESTATION AVEC VENOTIS®

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

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

par

CORNUAULT Gabriel, Baptiste

Directeur de thèse : M. Laurent-Xavier NOUVEL

JURY

PRESIDENT :

M. Laurent MOLINIER

Professeur à l'Université Paul Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Laurent-Xavier NOUVEL

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Mme Nicole HAGEN

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRE INVITE :

M. Gaëtan MABILLE

Docteur vétérinaire, Directeur technique VENOTIS à DOUARNENEZ

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire

Directeur : Professeur Pierre SANS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*

PROFESSEURS 2^{ème} CLASSE

- Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*
M. **COMBARROS Daniel**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophthalmologie vétérinaire et comparée*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **FUSADE-BOYER**, *Microbiologie et infectiologie*
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales règlementées*
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

INGENIEURS DE RECHERCHE

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*
M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*
M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*
Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*
M. **DELPONT Mattias**, *Clinique Aviaire*
Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*
Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*
Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*
Mme **LAYSSOL-LAMOUR Catherine**, *Imagerie Médicale*
Mme **POUJADE Agnès**, *Anatomie pathologique Vétérinaire*
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*
M. **RAMON PORTUGAL Felipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*
Mme **SAADA Chloé**, *Gestion intégrée de la santé des ruminants*

Remerciements

A mon jury de thèse et son membre invité

A Monsieur le Professeur Laurent Molinier

Professeur de l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

Qui me fait l'honneur de présider ce jury de thèse.

Remerciements sincères.

A Monsieur le Professeur Laurent Xavier Nouvel

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pathologie de la reproduction

Mon directeur de thèse, pour m'avoir proposé et accompagné durant la réalisation de ce travail de thèse. Merci pour sa confiance et sa disponibilité permanente.

A Madame la Professeure Nicole Hagen

Professeure de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse

Pathologie de la reproduction

Qui me fait l'honneur de participer à ce jury de thèse en tant que deuxième assesseur.

Remerciements sincères.

A Monsieur le Docteur Gaëtan Mabilie

Co-gérant chez Vetosoft

Pour avoir accepté cette invitation comme membre invité à ce jury de thèse, et de l'aide reçue par son entreprise dans la réalisation de ce travail.

Remerciements sincères.

Table des matières

Liste des figures	9
Liste des tableaux	10
Liste des abréviations.....	10
I) Introduction : L'élevage de demain, un élevage informatisé associé à une réorganisation du métier de vétérinaire rural.....	11
1) Contexte	11
a) Evolution de l'élevage bovin français.....	11
b) Conséquences sur le métier de vétérinaire rural	12
c) La reproduction en élevage bovin.....	12
i) En élevage bovin laitier	12
ii) En élevage bovin allaitant	14
iii) Acteurs de la filière reproduction en élevage bovin	15
iv) Plus-value apportées par le vétérinaire lors de suivis de reproduction	16
d) La reproduction en élevage bovin aujourd'hui	16
i) Médecine de population.....	16
ii) Elevage de précision.....	17
e) Logiciels de suivi de troupeau	18
i) L'apport des logiciels de suivi de troupeau.....	18
ii) Focus sur les logiciels de suivi de reproduction.....	18
f) Présentation du logiciel d'étude : Venotis ®	19
i) Historique	19
ii) Présentation des modules au sein du logiciel.....	19
g) Présentation du module de reproduction de Venotis ®.....	20
i) Paramètre de fertilité.....	20
ii) Paramètre de fécondité	22
iii) Taux de gestation.....	23
• Définition européenne :	23
• Définition nord-américaine :	23
iv) Paramètres de chaleurs	25
2) Problématiques liés aux logiciels de suivi de reproduction.....	26
a) Informatisation et automatisation des calculs	26
b) Nécessité d'une passerelle entre le vétérinaire et l'informaticien	26
c) Entrée au cœur des algorithmes des logiciels de suivi de reproduction : aide à l'analyse et à l'interprétation.....	26
3) Objectifs	27

II) Matériel et Méthodes.....	28
1) Venotis ® : Aspect pratique de l'utilisation du logiciel.....	28
a) Récupération des données brutes.....	28
b) Comparaison des résultats.....	28
2) Taux de gestation	28
a) Méthodologie	28
i) Méthode de la Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires (SNGTV) ..	29
ii) Méthode du Dossier de Santé Animale et Animal Health Records (DSAHR)	29
b) Méthode de calcul sur la base des données brutes du logiciel	30
i) Calcul de référence.....	30
ii) Calcul sur la base de la méthodologie DSAHR	31
3) Calcul par Venotis ® : présentation d'un algorithme avec l'exemple du taux de gestation	32
a) Généralités.....	32
b) Entrée au cœur de l'algorithme : exemple du taux de gestation	32
4) Elevages utilisés pour l'étude	33
5) Périodes d'étude.....	34
III) Résultats	35
1) Le taux de gestation	35
a) Données obtenues sur la base des données du logiciel	35
i) Résultats donné par Venotis ® et différence avec un calcul obtenue sur la base des données du logiciel	35
ii) Biais mis en avant avec le calcul de référence	39
iii) Problématiques mises en avant.....	40
b) Entrée au cœur de l'algorithme : analyse du code.....	41
i) Méthodologie du calcul	41
ii) Gestion des inséminations	42
iii) Gestion des avortements et du retour à la mise à la reproduction	42
2) Suggestions d'améliorations	43
a) Problématiques liées au taux de gestation	43
i) Gestion des inséminations	43
ii) Gestion de la PAV.....	43
iii) Passage vers la méthodologie DSAHR	43
iv) Transparence des résultats.....	46
b) Suggestions d'améliorations de la partie reproduction.....	46
i) Reproduction des génisses.....	46
ii) Distinction primipare/multipare	46

iii) Distribution	47
iv) Calcul du nombre d'induction de chaleurs.....	47
v) Calcul du taux de soumission	47
vi) Statistiques sur les sorties d'animaux	48
c) Suggestions d'améliorations globales.....	48
IV) Discussion et conclusion	49
Bibliographie	51

Liste des figures

Figure 1 : Evolution du cheptel bovin français depuis 1983	11
Figure 2 : Bilan 2021 de l'activité inséminatrice	13
Figure 3 : Représentation du processus reproductif chez la vache.....	13
Figure 4: La lactation et la gestation chez la vache et métabolisme associé.....	14
Figure 5 : Nombre d'élevages en fonction de leur taille et de leur utilisation de l'insémination (2020)	14
Figure 6 : Causes d'infertilité en élevage bovin.....	16
Figure 7 : L'apport du vétérinaire dans l'élevage de précision.....	17
Figure 8 : Portail de Venotis ®.....	19
Figure 9 : Venotis ® : portail des statistiques de fertilité	20
Figure 10 : Venotis ® : portail des statistiques de fécondité.....	22
Figure 11 : Venotis : portail du taux de gestation lors d'un compte-rendu de visite	24
Figure 12 : Venotis ® : détail des informations données en rapport avec le taux de gestation.....	24
Figure 13 : Venotis ® : statistiques des retours en chaleurs	25
Figure 14 : Dénominations et origine des retours en chaleur	25
Figure 15 : Méthodologie taux de gestation DSAHR : explication de la notion de jours à risque....	29
Figure 16 : Méthode de discrimination pour les vaches éligibles à la reproduction utilisée lors du calcul de référence	31
Figure 17 : Schéma explicatif du cas d'une vache ayant avorté après un diagnostic de gestation positif.....	36
Figure 18 : Venotis ® : répartition des retours sur insémination.....	47

Liste des tableaux

Tableau 1 : Taux de détection calculé par Venotis ® et référence : élevage n°1	35
Tableau 2 : Taux de détection calculé par Venotis ® et référence : élevage n°2	36
Tableau 3 : Taux de détection calculé par Venotis ® et référence : élevage n°3	37
Tableau 4 : Taux de réussite calculé par Venotis ® et référence : élevage n°1	37
Tableau 5 : Taux de réussite calculé par Venotis ® et référence : élevage n°2	38
Tableau 6 : Taux de réussite calculé par Venotis ® et référence : élevage n°3	38
Tableau 7 : Taux de gestation calculé par Venotis ® et référence : élevage n°1	38
Tableau 8 : Taux de gestation calculé par Venotis ® et référence : élevage n°2	39
Tableau 9 : Taux de gestation calculé par Venotis ® et référence : élevage n°3	39
Tableau 10 : Taux de gestation : comparaison méthode SNGTV et DSAHR : élevage 1	44
Tableau 11 : Taux de gestation : comparaison méthode SNGTV et DSAHR : élevage 2	44
Tableau 12 : Taux de gestation : comparaison méthode SNGTV et DSAHR : élevage 3	45

Liste des abréviations

DG=Diagnostic de gestation

DSAHR= Dossier de Santé Animale et Animal Health Records (DSAHR)

IA=Insémination artificielle

IAF=Insémination artificielle fécondante

J=Jours

JPP=Jours post-partum

PA=Période d'attente

PAV=Période d'attente volontaire

SNGTV=Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires

I) Introduction : L'élevage de demain, un élevage informatisé associé à une réorganisation du métier de vétérinaire rural

1) Contexte

a) Evolution de l'élevage bovin français

Durant les dernières décennies, l'élevage bovin français a profondément changé, passant de nombreuses petites exploitations familiales à des élevages moins nombreux mais de taille plus importante en nombre de têtes (Roguet et al., 2017). Cette modification s'est également accompagnée d'un remodelage géographique (Lherm et al., 2017) avec une concentration d'élevages au sein de certains grands bassins, et une tendance à la désertification sur d'autres zones au dépend de productions spécialisées, céréalière par exemple (Roguet et al., 2017).

Nous observons aussi depuis plusieurs décennies une diminution globale du nombre de bovins en France, particulièrement marquée dans les cheptels laitiers. En 10 ans, nous avons assisté à une baisse de 10 % en nombre de têtes (Figure 1).

	1983 ¹	2000	2011	2020	2021
Cheptel	<i>million de têtes</i>				
Total bovins	23,5	20,3	19,1	17,8	17,3
Vaches laitières	7,2	4,2	3,7	3,4	3,3
Vaches allaitantes	2,9	4,3	4,2	4,0	3,9
Exploitations avec cheptel²	<i>millier</i>				
Total bovins	612	282	204	152	147
Vaches laitières	427	128	107	74	71
Vaches allaitantes	224	167	157	122	120
Cheptel moyen par exploitation²	<i>nombre moyen de têtes par exploitation</i>				
Total bovins	38	72	94	117	118
Vaches laitières	17	33	35	46	47
Vaches allaitantes	13	26	27	32	32

1. Année précédant l'instauration des quotas laitiers.

2. Cheptel moyen par exploitation en France métropolitaine.

Figure 1 : Evolution du cheptel bovin français depuis 1983

Agreste, Graph'agri 2022

En revanche, il faut noter l'augmentation du nombre moyen de bovins par exploitation qui s'explique grandement par une modernisation des pratiques d'élevages et une amélioration de la technicité des exploitants. Ces derniers ont en effet plus fréquemment suivi des études supérieures, et bénéficient de l'appui de plus de techniciens qualifiés, de

plus d'outils de précision et d'aide au suivi des animaux à leurs dispositions (Faverdin et al., 2020). Ainsi, ils sont plus à même de gérer un cheptel plus important tout en étant plus performant.

b) Conséquences sur le métier de vétérinaire rural

La baisse du cheptel bovin français, additionné à la part de moins en moins importante de l'emploi agricole (Agreste, bilan annuel de l'emploi agricole résultats 2019, 2021) entraîne alors un déclin de l'agriculture française. Cette baisse de dynamisme a un impact également sur la profession vétérinaire, plus particulièrement le vétérinaire rural. En effet, la part de vétérinaires ayant une activité animaux de rente est décroissante, avec une rentabilité moins évidente qu'en structures canines (Payen Maëla, 2022).

Cependant, la restructuration de l'élevage et son amélioration technique impliquent de nouveaux services à développer, entraînant une exigence plus importante des éleveurs quant à la qualité des services reçus, notamment vis-à-vis de son vétérinaire, contraint ainsi à prendre ces mêmes virages pour assurer conseils et suivis.

Lié aussi bien à l'alimentation, au logement ou à l'hygiène, le suivi de reproduction est une porte d'entrée vers des suivis plus globaux des élevages. Le vétérinaire peut ainsi apporter une plus-value sur une globalité de paramètres par rapport à d'autres intervenants techniques qui ne possèdent pas forcément le bagage scientifique et technique nécessaire pour cela : c'est pourquoi le suivi de reproduction représente une forte demande de la part des éleveurs. L'apport des logiciels d'aide à la gestion de la reproduction a alors assuré une amélioration notable de la performance en reproduction. Il permet aussi de faire la passerelle entre le vétérinaire et l'éleveur renforçant les liens professionnels de ces deux acteurs dans un contexte défavorable.

c) La reproduction en élevage bovin

i) En élevage bovin laitier

La reproduction en élevage bovin laitier repose en grande majorité sur l'insémination artificielle (Figure 2) réalisée par un inséminateur ou par l'éleveur lui-même. La monte naturelle est peu utilisée en élevage laitier classique (IDELE, 2021) à cause de la complexité de sa mise en place, de l'importance de la qualité et de la diversité de la semence pour maintenir une génétique au sein de l'élevage.

	IAT race pure	IAT croisement lait	IAT croisement viande	IAT totales
Femelles laitières	3 912 821	353 167	1 484 121	5 750 109
Génisses	1 148 658	78 517	108 673	1 335 848
Vaches	2 764 163	274 650	1 375 448	4 414 261
Femelles allaitantes	626 973	13 492	96 687	737 152
Génisses	230 566	3 899	24 294	258 759
Vaches	396 407	9 593	72 393	478 393
IAT totales	4 539 794	366 659	1 580 808	6 487 261

Figure 2 : Bilan 2021 de l'activité inséminatrice

IDELE, 2022

La production laitière des vaches est assurée par le vêlage. L'objectif est alors d'avoir des bovins avec une production optimale lors de l'ensemble de la lactation, jusqu'au tarissement pour préparer le vêlage suivant. Le temps non gravide doit donc être le plus court possible. L'éleveur détermine le moment pour mettre une vache à la reproduction sur plusieurs critères afin de maximiser les chances de réussite de l'insémination : état corporel suffisant et reprise de l'activité ovarienne.

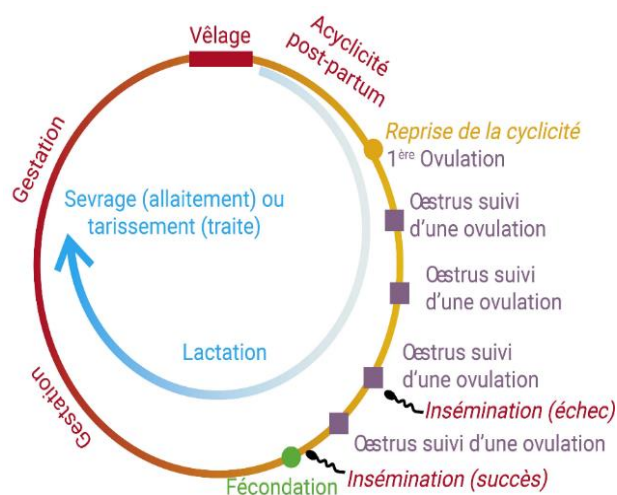


Figure 3 : Représentation du processus reproductif chez la vache

D'après Bédère, 2016

La reproduction en élevage laitier est d'autant plus importante qu'elle est difficile à maîtriser. En effet, les vaches sont pour la plupart encore au pic de lactation lorsqu'il est idéal de les remettre à la reproduction pour minimiser les périodes improductives (Figure 4).

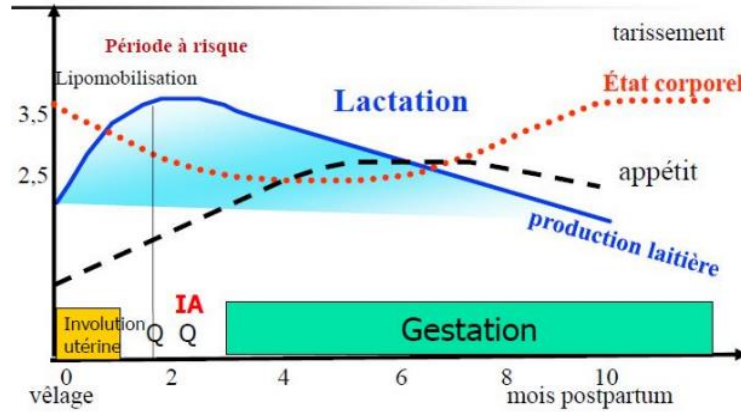


Figure 4: La lactation et la gestation chez la vache et métabolisme associé

Hagen, 2019

La fertilité et la fécondité sont alors dégradées, et les performances du cheptel peuvent alors se voir diminuer. (Dubois et al., 2006). Ainsi un trouble de la reproduction a un impact direct sur la rentabilité du troupeau et l'organisation de l'élevage.

ii) En élevage bovin allaitant

Contrairement aux pratiques observées en élevage laitier, la saillie naturelle reste encore majoritaire en élevage allaitant, même si l'insémination prend une place de plus en plus importante dans les systèmes d'élevages (Figure 5).

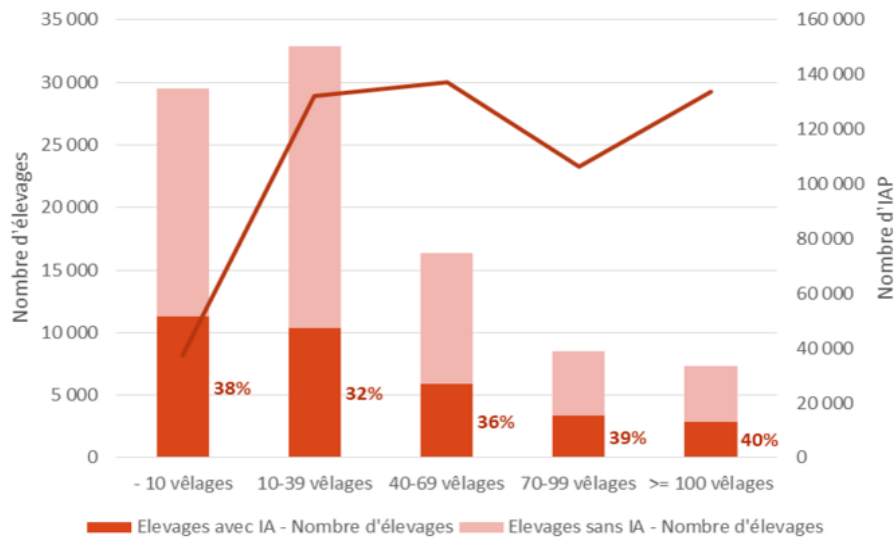


Figure 5 : Nombre d'élevages en fonction de leur taille et de leur utilisation de l'insémination (2020)

IDELE 2021

Le vêlage conditionne la santé de l'élevage bovin allaitant puisqu'il va permettre, grâce au veau né, de maintenir la production au sein de l'élevage. En effet, le critère le plus important pour évaluer la bonne santé d'un élevage allaitant correspond au nombre de

veaux sevrés par an. La reproduction a donc ici aussi une importance majeure dans la conduite du troupeau.

La production laitière d'une vache allaitante est bien moins importante que celle d'une vache laitière et monopolise moins les ressources énergétiques de la vache. En moyenne, une vache allaitante produit 6 à 8L de lait par jour, la production de ces vaches est plus de 4 fois inférieure à celle d'une vache laitière, la mise à la reproduction est alors facilitée (Sepchat et al., 2017). Cependant, le principal problème rencontré pour la reproduction en élevage allaitant concerne la reprise de l'activité ovarienne, inhibée par la tétée du veau.

iii) Acteurs de la filière reproduction en élevage bovin

Les inséminateurs représentent la part la plus importante des acteurs de la reproduction en élevage, ils ont des compétences en reproduction et en génétique (Chastant-Maillard et al., 2009). Ils interviennent fréquemment en élevage, surtout laitier puisque les vêlages, donc les périodes de reproduction, sont généralement répartis tout au long de l'année, ils possèdent ainsi une proximité immédiate avec les éleveurs. Depuis ces dernières années, ces entreprises d'inséminateurs se sont mises à développer le suivi de reproduction, en pratiquant des suivis post-partum, des contrôles de cyclicité et des constats de gestation, à moindre coût, au dépend des entreprises vétérinaires.

L'autre acteur principal de la reproduction au sens large dans un troupeau est le vétérinaire. En parallèle de son activité de soins aux animaux malades, il apporte des services comparables à ceux proposés par l'inséminateur au sein de l'élevage (suivi post-partum, contrôle de cyclicité ovarienne, diagnostic de gestation...). Cependant, même si cela peut arriver dans certaines régions, il est rare que le vétérinaire pratique les inséminations.

Contrairement aux entreprises d'insémination, le vétérinaire est le seul à pouvoir délivrer et à prescrire les médicaments dont l'éleveur a besoin (hormones, antibiotiques...). La coordination entre ces deux corps de métier reste donc fondamentale pour l'élevage afin de proposer le service le plus adapté aux demandes. D'un point de vue légal, le vétérinaire est le seul à réaliser des diagnostics de gestation, alors que les inséminateurs réalisent des constats de gestation. Cette distinction permet de réserver l'emploi de la dénomination de diagnostic aux vétérinaires et de ne pas placer les inséminateurs dans une situation d'exercice illégal de la médecine. Toutefois, d'un point de vue pratique, il n'y a pas de différence.

iv) Plus-value apportées par le vétérinaire lors de suivis de reproduction

Outre sa capacité à prescrire et délivrer des solutions thérapeutiques (hormones et autres médicaments), le vétérinaire présente un bagage scientifique et théorique plus complet et global que les techniciens inséminateurs. Si ces derniers ont généralement une expérience pratique supérieure, le vétérinaire peut apporter une analyse plus globale des résultats de l'élevage et des éventuels problèmes rencontrés, en associant les facteurs alimentaires, infectieux, de conduite ou de bâtiment (Figure 6), là où le technicien conseillera surtout de manière centrée sur le paramètre concerné (Hanzen et al., 2013).

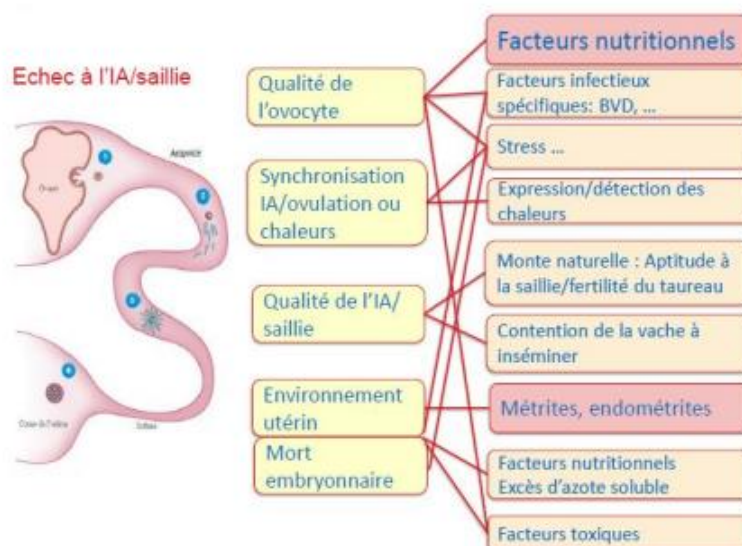


Figure 6 : Causes d'infertilité en élevage bovin

Hagen, 2019

Le vétérinaire est également le seul à pouvoir réaliser le suivi sanitaire au sein de l'élevage. La recherche d'agents infectieux, lors d'avortements notamment, repose essentiellement sur lui. Son rôle reste primordial dans la gestion de la reproduction d'un élevage d'autant plus que certains agents pathogènes fréquemment rencontrés en élevage comme la fièvre Q ont un potentiel zoonotique.

d) La reproduction en élevage bovin aujourd'hui

i) Médecine de population

La médecine de population, ou médecine de troupeau, s'intéresse à la gestion d'ensemble de l'élevage via des indicateurs multiples et variés. Le vétérinaire se penchera alors sur les animaux et les potentiels signes cliniques observés, sur les données de l'élevage, ainsi qu'à la conduite du troupeau.

Pour cela il existe deux types d'approches :

- L'approche curative, pour résoudre une problématique majeure, impliquant généralement des pertes de performances, et donc économiques, importantes.
- La deuxième approche est préventive, via des visites régulières de suivi au sein de l'élevage afin d'optimiser la gestion de celui-ci et ainsi de maîtriser les déviations le plus précocement possible. Le suivi de reproduction en est un exemple particulièrement parlant.

ii) Elevage de précision

L'élevage de précision est une technique récente qui permet d'améliorer la productivité et le bien-être des animaux en utilisant les technologies de pointe pour surveiller leur santé et leur comportement de manière plus précise. (Chastant-Maillard, Saint-Dizier, 2016). L'utilisation coordonnée de capteurs et des informations liées aide l'éleveur à moderniser et optimiser les pratiques agricoles traditionnelles (Veissier et al., 2019). L'élevage bovin laitier, en particulier, bénéficie grandement de cette technique qui aide les éleveurs à identifier les problèmes de santé et de comportement des animaux plus rapidement, à prendre des décisions plus éclairées, notamment dans le domaine de la reproduction. L'élevage de précision concerne principalement les plus grands troupeaux puisque d'après les chiffres de l'IDELE (Institut De L'Elevage), environ 2/3 des élevages de plus de 50 vaches laitières utilisaient au moins 1 objet connecté en 2015.

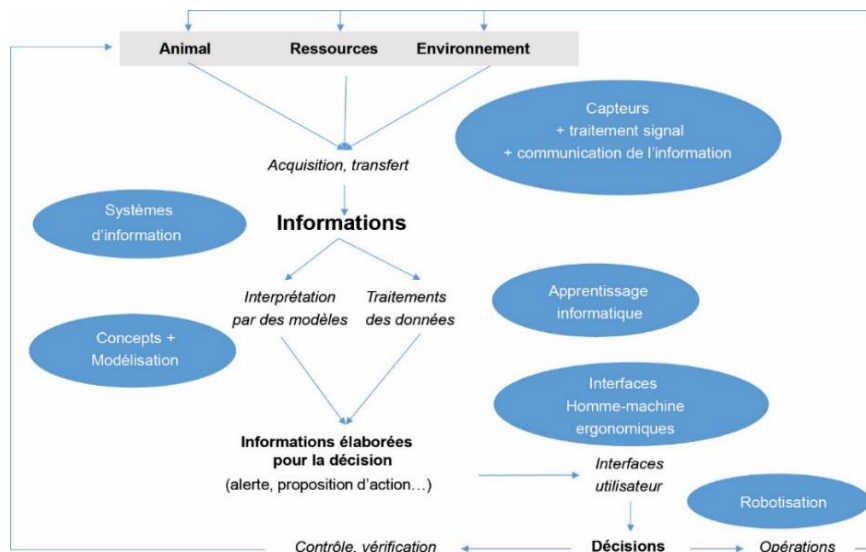


Figure 7 : L'apport du vétérinaire dans l'élevage de précision

En termes de reproduction, l'apport de ces nouvelles technologies est un atout majeur pour la détection des chaleurs : dosage de LH (hormone lutéinisante) dans le lait au robot de traite (Corbion-mouret, 2018), mesure de l'activité de la vache par géolocalisation (Meunier et al., 2018) ou accéléromètre (Casey-Tritt, Wildowski, 2018) ou plus simplement avec l'utilisation de caméra.

e) Logiciels de suivi de troupeau

i) L'apport des logiciels de suivi de troupeau

L'élevage de précision combiné avec le développement des logiciels de suivis de troupeau ont alors contribué à une amélioration importante de la technicité des exploitations françaises dans un but d'optimisation des pratiques d'élevages : une performance augmentée dans le respect du bien-être animal. Ils apportent une meilleure fiabilité, une rapidité d'action accrue et un accompagnement adapté des éleveurs pour le suivi du cheptel, facilitant les prises de décisions et la mise en place de stratégies plus efficaces.

Nous retrouvons des logiciels de suivi de troupeau favorisant les déclarations de mouvements des animaux et des aides à la gestion du troupeau, avec la possibilité de lier toutes ces données. Ces supports informatiques sont également utilisés par les métiers au service de l'élevage (contrôle laitier, inséminateurs, nutritionnistes...), facilitant ainsi l'accompagnement de celui-ci. Il existe aussi des logiciels plus spécialisés à destination des entreprises vétérinaires, centrés sur la facilité de récupération et d'analyse des données ainsi que pour la prescription et la délivrance des médicaments en visite.

ii) Focus sur les logiciels de suivi de reproduction

Les logiciels de suivis de reproduction sont maintenant au centre de la relation éleveur-vétérinaire en termes d'accompagnement et de suivi de la reproduction. Ces programmes informatiques fournissent des éléments plus précis et efficaces sur le cycle reproductif des vaches, améliorant considérablement la gestion de l'élevage.

En outre, ces logiciels permettent de centraliser les données de reproduction, facilitant ainsi la gestion globale de celle-ci. En ressortant les principales données chiffrées liées, ils permettent aussi de détecter rapidement d'éventuels troubles de la reproduction. Ils sont alors un acteur majeur de l'avancée technique des élevages ces dernières années (Faverdin et al., 2020).

f) Présentation du logiciel d'étude : Venotis ®

i) Historique

Venotis ® est un logiciel de suivi de troupeau développé par MSD santé animale ®. Récemment Venotis ® a intégré MilkUp ®, logiciel initialement produit par VetoSoft ® et centré notamment sur la reproduction en élevage, dont un des arguments de vente était la possibilité de rentrer au sein des algorithmes de calculs pour les vétérinaires. MilkUp ® a apporté une partie plus fournie sur la reproduction, la qualité du lait, l'alimentation, le parage et la gestion technico-économique. Les modules actes, protocoles de soins, analyse clientèle et bilan sanitaire d'élevage étaient déjà présents tels quels sur Venotis ® avant la fusion.



Figure 8 : Portail de Venotis ®

Capture d'écran du portail d'entrée vers les différents modules du logiciel

ii) Présentation des modules au sein du logiciel

Venotis ® facilite donc le suivi global de l'élevage pour le vétérinaire, en fournissant un accès complet à la fiche de tous les bovins présents ou ayant été présents sur l'exploitation.

- Module qualité du lait :

Le portail sur la qualité du lait donne des informations précises sur la santé de la mamelle hors et pendant la lactation. Parmi les paramètres utilisés, nous avons les informations sur les contrôles cellulaires individuels et de tank, la proportion de vaches saines et infectées ou encore le taux de guérison et d'infection au tarissement.

Il contient les données de taux protéiques et butyreux, germes et urée, et permet alors d'avoir accès aux vaches à problèmes (acétonémie, déficit énergétique, déficit protéique...) en un clic.

- Module alimentation :

Lorsque les données sont importées, le logiciel offre des analyses de rations et de suivi de dynamique alimentaire du troupeau, en lien notamment avec les analyses de contrôles laitiers.

- Module parage :

Grâce à ce module, un enregistrement des lésions podales observées lors du parage est possible et nous pouvons avoir accès directement aux différents traitements mis en place sur les bovins en réponse à celles-ci. Il ne permet cependant pas de faire le lien entre ces pathologies et d'éventuels problèmes d'alimentation ou de reproduction, ceci reste à la charge du vétérinaire praticien.

- Autres portails disponibles sur Venotis ® :

Venotis ® apporte aussi une analyse de la gestion des élevages de la clientèle (variation des effectifs...), des données sur l'aspect technico-économique, des protocoles de soins et de prévention, ainsi que des bilans sanitaires d'élevage.

g) Présentation du module de reproduction de Venotis ®

i) Paramètre de fertilité

La fertilité correspond à la capacité de la vache à se reproduire.

	Efficacité globale	Fécondité	Fertilité	Retours	Contrôle laitier	
Fertilité			22/05/2020	22/05/2021	22/05/2022	22/05/2023
Taux de réussite en IA1			46.55%	46.24%	57.45%	37.86%
Taux de réussite en IA2			61.29%	48%	45%	51.56%
% IA3+			20.69%	27.96%	23.4%	30.1%
Rang moyen de IAF (Indice coïtal apparent)			1.97	2.26	1.87	2.24

Figure 9 : Venotis ® : portail des statistiques de fertilité

Capture d'écran du logiciel

- Taux de réussite en première insémination :

Le taux de réussite en première insémination correspond au pourcentage d'animaux dont la première insémination a été fécondante. Son calcul est détaillé ci-dessous :

$$\text{Taux de réussite en 1ère IA} = \frac{\text{Nombre de vaches gravides avec 1 IA}}{\text{Nombre total de vaches inséminées}}$$

Le nombre de vaches inséminées correspond au nombre d'animaux ayant reçu au moins 2 inséminations ainsi que ceux ayant reçu une seule insémination dont nous connaissons le statut (insémination fécondante ou non fécondante).

L'objectif à atteindre est de 50% minimum. En pratique les taux espérés sont plus élevés pour les génisses (supérieur à 50%) et plus bas pour les vaches (environ 40%). Son utilisation est très courante puisqu'il renseigne de façon dynamique et précise la fertilité au sein de l'élevage.

- Taux de réussite en deuxième insémination :

Le taux de réussite en deuxième insémination suit la même logique que le taux de réussite en IA1. La définition et le calcul se réalisent de la même façon, mais avec les deuxièmes inséminations. Les objectifs sont similaires, mais il est moins utilisé en pratique.

- Vaches nécessitant au moins 3 inséminations :

Le pourcentage de vaches nécessitant au moins 3 inséminations pour être fécondées est très utilisé pour donner un aperçu de la fertilité du troupeau.

$$\% \text{ vaches nécessitant au moins 3 IA} = \frac{\text{Nombre de vaches avec au moins 3 IA}}{\text{Nombre de vaches gravides} + \text{Nombre de vaches avec au moins 3 IA}}$$

Le nombre de vaches avec au moins 3 IA correspond aux animaux avec 3 inséminations ou plus mais aussi avec 2IA non fécondantes puisqu'il faudra alors au moins une troisième insémination pour une gestation. Les vaches avec moins de 3 inséminations et qui ne sont pas confirmées gravides ne rentrent pas en compte dans le calcul. L'objectif à atteindre est d'obtenir moins de 20% de vaches avec 3IA ou plus.

- Rang moyen de l'insémination fécondante (indice coïtal apparent) :

Cela correspond au nombre d'IA dont le statut est connu par rapport au nombre d'IA fécondantes, avec un objectif à atteindre inférieur à 2.

ii) Paramètre de fécondité

La fécondité représente la capacité de la vache à avoir un veau dans les délais requis.

	Efficacité globale	Fécondité	Fertilité	Retours	Contrôle laitier
Fécondité	22/05/2020	22/05/2021	22/05/2022	22/05/2023	
IV-IA1	84.48	74.84	78.15	81.26	
Moyenne IV-IAF	121.4	119.75	109.19	132.62	
% d'IAF au delà 120 jours	37.93%	32.26%	28.72%	44.66%	
intervalle vêlage-vêlage	137	295	113	148	

Figure 10 : Venotis ® : portail des statistiques de fécondité

Capture d'écran du logiciel

- Intervalle vêlage-première insémination :

Ce paramètre donne le nombre de jours entre le vêlage et la première insémination. Il dépend de la capacité de la vache à revenir en chaleur après la mise-bas, mais aussi de la conduite d'élevage (détection des chaleurs, période d'attente). Ces informations sont plus accessibles que celles requises pour l'intervalle vêlage-première chaleur. L'objectif à atteindre est généralement de 80j en moyenne, mais cela doit être adapté aux choix et objectifs de l'éleveur.

- Moyenne intervalle vêlage-insémination fécondante :

Ce paramètre est considéré comme un bon critère de fécondité en pratique. L'objectif généralement désiré est autour des 100j, ce qui correspond à un intervalle vêlage-vêlage aux alentours de 380j.

- %Intervalle vêlage-insémination fécondante > 120j :

Ici, ce paramètre donne un aperçu de la conduite d'élevage, en lien avec la période d'attente volontaire, la saisonnalité des vêlages, mais aussi de la détection des chaleurs et de la santé de la reproduction dans l'élevage. Il apporte ainsi des précisions d'intervalle concernant la moyenne d'IV-IAF. En général, l'objectif à atteindre est d'avoir un % IAF >120j inférieur à 20%, toujours dans le but de réduire l'intervalle vêlage-vêlage.

- Intervalle vêlage-vêlage

Il est le paramètre le plus significatif pour déterminer la bonne santé d'un élevage en termes de reproduction, puisqu'il est global. Néanmoins, il ne donne qu'une indication tardive d'une potentielle dégradation de la reproduction. L'objectif habituellement retenu est de 365j. En pratique, avec l'augmentation de la production laitière tout au long de la

lactation, les intervalles vêlage-vêlage sont plus longs et cet objectif est difficile à réaliser. D'après les données Reproscope de 2018-2019 (www.reproscope.fr), la moyenne observée pour la région Occitanie en élevage Prim'Holstein, est de 435j.

Dans le logiciel, ce paramètre est présenté dans la page de compte-rendu de visite, au même titre que le taux de gestation.

iii) Taux de gestation

- Définition européenne :

Le taux de gestation, dans sa définition la plus utilisée en Europe, est défini comme la proportion de vaches gravides par rapport au nombre de vaches mises à la reproduction sur une période d'une lactation complète ou d'un an. Il correspond donc au taux de mise bas et représente un paramètre de fertilité à long terme. Il ne prend pas en compte les animaux dont le statut physiologique est inconnu. Pour cette description du taux de gestation, l'objectif à atteindre en élevage est de 85%. (DesCoteaux, Vaillancourt, 2012). Ce paramètre ici n'apporte que peu d'informations par rapport à d'autres facteurs vus auparavant et ne permet qu'une description sur l'année précédente de la santé de la reproduction.

- Définition nord-américaine :

Le taux de gestation dans sa définition nord-américaine est défini comme la proportion de vaches gravides par rapport aux vaches à mettre à la reproduction et non gravides sur une période donnée (généralement 21 ou 30j). L'objectif à atteindre pour une telle durée est alors de 25%-35% (DesCoteaux, Vaillancourt, 2012).

Il peut alors être défini comme le produit du taux d'insémination, ou taux de détection (nombre de vaches inséminées par rapport au nombre de vaches mises à la reproduction sur une période donnée), et du succès à l'insémination, ou taux de réussite (nombre de vaches devenues gravides par rapport au nombre de vaches inséminées).

Pour apporter de la précision à ces définitions, le terme « vaches éligibles à la reproduction » correspond aux vaches dont la mise à la reproduction est souhaitée, c'est à dire les vaches non gravides ayant dépassé, avant la fin de la période d'analyse, la période d'attente volontaire (intervalle entre le vêlage et le moment souhaité de la première insémination) déterminée par l'éleveur.

Ainsi, avec une période donnée plus courte (généralement la durée d'un cycle œstral), cette définition permet de donner des informations à plus court terme, donc plus récentes, et ainsi d'être plus réactif pour la santé de la reproduction dans l'élevage. Il est le meilleur indice pour suivre les interventions de reproduction au sein du troupeau. En effet, le taux d'insémination renseigne sur la capacité à détecter les chaleurs donc les vaches à inséminer tout en respectant la période d'attente volontaire, c'est un indice de gestion. Le succès à l'insémination nous informe sur la fertilité des animaux. Les résultats présentés dans Venotis® suivent cette définition et se présentent sous cette forme (Figure 11) :

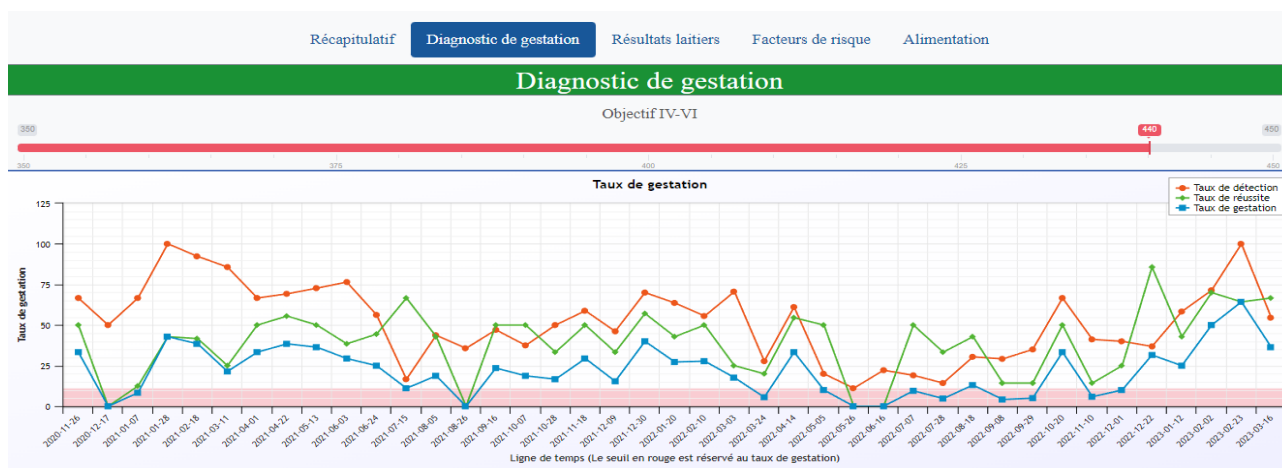


Figure 11 : Venotis : portail du taux de gestation lors d'un compte-rendu de visite

Capture d'écran du logiciel

La barre rouge située au-dessus du graphique du taux de gestation correspond à l'intervalle vêlage-vêlage. En passant son curseur de souris sur les différents taux présentés, nous accédons au détail des résultats, comme indiqué avec la Figure 12 :

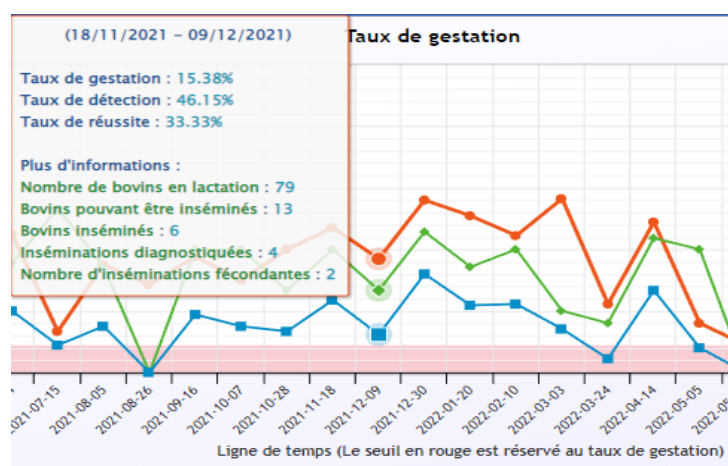


Figure 12 : Venotis® : détail des informations données en rapport avec le taux de gestation

Capture d'écran du logiciel

iv) Paramètres de chaleurs

Venotis ® offre aussi accès au délai entre deux inséminations, donc par extrapolation, le retour en chaleur, ainsi qu'à leur répartition (Figure 13) : avant 18j, entre 19 et 24j, soit un retour en chaleur physiologique, entre 25 et 35j, entre 36 et 48j, et enfin > 48j.

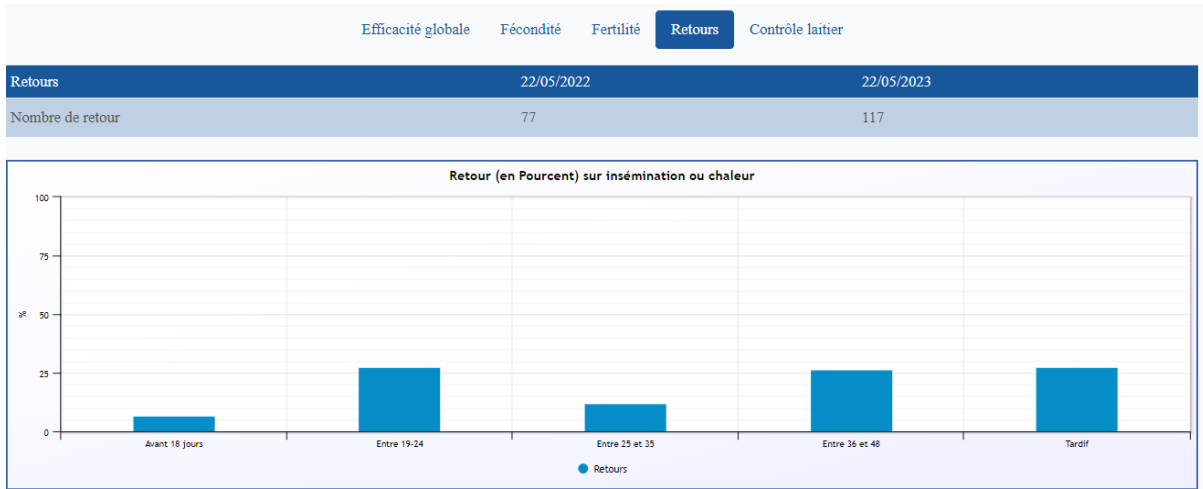


Figure 13 : Venotis ® : statistiques des retours en chaleurs

Capture d'écran du logiciel

Les conclusions diagnostiques en fonction du moment du retour en chaleur après la dernière insémination sont alors présentées en Figure 14. En cela, il correspond à un paramètre important en visite de reproduction afin de définir notamment la bonne détection des chaleurs.

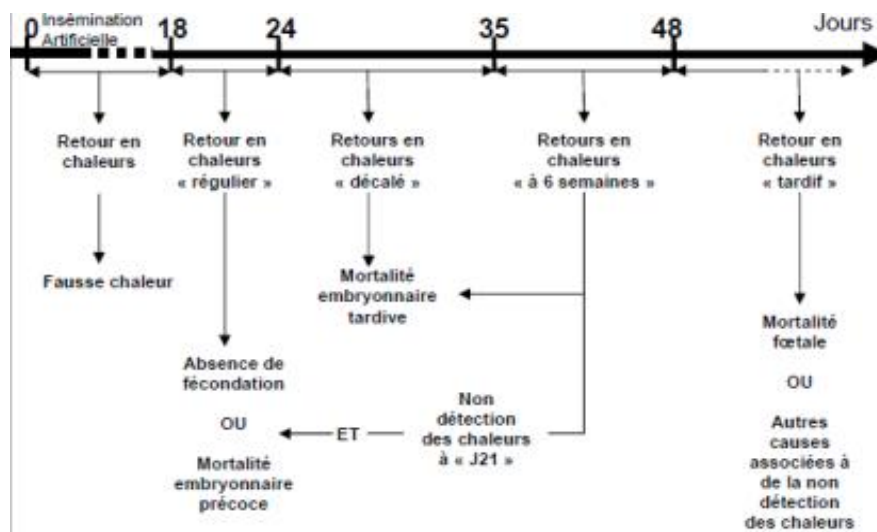


Figure 14 : Dénominations et origine des retours en chaleur

Berthelot, Cours, ENVT

2) Problématiques liés aux logiciels de suivi de reproduction

a) Informatisation et automatisation des calculs

L'apport de l'automatisation est un grand pas en avant pour le développement des suivis de troupeau, notamment en reproduction. Cependant le vétérinaire et l'éleveur peuvent être rapidement confrontés à des biais et à un manque d'information. Les lignes de code sont parfois confrontées à des particularités du vivant pour lesquelles elles ne sont pas préparées. Dans cette optique, il reste des zones de flou dans ces algorithmes par rapport à la réalité : la possibilité d'avoir une interventions humaine reste nécessaire pour faire la passerelle entre virtuel et réel.

b) Nécessité d'une passerelle entre le vétérinaire et l'informaticien

Pour remonter d'éventuels problèmes rencontrés en pratique, le vétérinaire est le principal allié de l'informaticien pour améliorer les lignes de code de l'algorithme. Cependant il est parfois compliqué de se comprendre entre ces deux protagonistes qui n'utilisent pas le même bagage scientifique. L'apport d'un tiers ayant un regard dans chaque domaine permet alors une facilité de compréhension non négligeable.

De plus, ces logiciels sont en constante évolution du fait des avancées progressives dans le domaine. Les entretiens réguliers entre vétérinaire et programmeur font évoluer cette aide logiciel indispensable en la perfectionnant. En effet, cet intermédiaire permet en outre la vérification des paramètres calculés une fois l'algorithme finit, toujours dans l'éventualité où il existe des zones de flous ou des problématiques non décelées au départ du projet. Ces remontées d'information permettent alors à ces logiciels de rester actifs et d'évoluer.

c) Entrée au cœur des algorithmes des logiciels de suivi de reproduction : aide à l'analyse et à l'interprétation

Dans ce cadre, le rôle d'intermédiaire permet de mieux appréhender les différents problèmes retrouvés en pratique dans l'utilisation du logiciel. La compréhension et l'analyse des algorithmes facilitent la compréhension de la méthodologie utilisée pour les différents calculs de paramètres. Il faut également noter que l'entrée au cœur des algorithmes reste rare puisque le code est confidentiel et la propriété intellectuelle en limite ainsi l'accès. Contrairement au rôle d'intermédiaire vétérinaire/programmeur, ce travail est alors beaucoup plus rare en pratique.

D'autre part, il est aussi possible de réfléchir à des méthodologies afin de faciliter la création ou la modification de codes. C'est pourquoi MilkUp ® lors de sa création avait inclus la possibilité de créer ses propres schémas de règles pour participer à la création et à la compréhension des différentes données. Cette possibilité a été par la suite abandonnée par manque d'utilisation en pratique de la part des vétérinaires. Les raisons principales évoquées étant le manque de temps et de maîtrise informatique nécessaire.

3) Objectifs

A la demande conjointe des utilisateurs et des créateurs, nous avons réalisé une analyse plus fine des problématiques évoquées au sein du logiciel. Ce travail permettra d'une part de réduire l'importance des biais de calcul observés en aidant à la compréhension des méthodologies des calculs et d'autre part, d'améliorer le portail reproduction de Venotis ®, via des suggestions d'ajouts de paramètres ou des simplifications d'utilisation.

Un des paramètres nécessitant le plus d'intérêt de la part des vétérinaires concerne le taux de gestation. En effet, il est un des facteurs les plus pertinents pour évaluer la reproduction au sein de l'élevage et son utilisation au sein de Venotis ® reste relativement récente et nécessite alors encore des modifications.

Le travail réalisé porte dans un premier temps sur la comparaison des résultats obtenus par le logiciel et par un résultat obtenu manuellement, en mettant en relief les problématiques soulevées par cette analyse. Ce travail est complété par l'entrée au cœur de l'algorithme du taux de gestation, afin d'étudier plus précisément les problématiques soulevées. Deuxièmement, ces résultats nous conduisent à proposer des suggestions de modifications dans la méthodologie de calcul, ainsi que dans son utilisation au sein du logiciel. Enfin, nous nous intéresserons à des propositions d'améliorations plus globales de Venotis ®.

II) Matériel et Méthodes

1) Venotis ® : Aspect pratique de l'utilisation du logiciel

a) Récupération des données brutes

Il est possible d'exporter des données de Venotis ® présentées en format tableur Excel avec le module accessible pour l'ENVV. Parmi ces informations, nous retrouvons les données d'inséminations, de vêlages, les contrôles laitiers individuels, la liste des examens médicaux et des prescriptions réalisées ainsi qu'une synthèse de ces informations pour chaque animal. Cette synthèse permet alors d'avoir accès à toutes les informations nécessaires pour chaque lactation au sein de la même ligne. Dans ce type de document, les génisses et les vaches sont alors séparées.

Il a été possible grâce à la collaboration avec Venotis ® d'obtenir également le détail des résultats obtenus sur le logiciel. En effet, nous avons pu récupérer pour chaque période d'étude le détail des vaches ayant un impact sur la statistique d'intérêt.

Avant d'extraire ces données, il faut définir la période d'étude, qui par défaut correspond aux 365j précédant la manipulation. Les choix de la période et de la durée de celle-ci sont libres sur le logiciel.

b) Comparaison des résultats

Afin de comparer les résultats obtenus selon les modalités décrites dans les parties suivantes, nous avons utilisé le logiciel Excel. Les mises en évidence des résultats et des éventuelles différences observées sont réalisées grâce à des tableaux comparatifs.

2) Taux de gestation

a) Méthodologie

Deux principales méthodologies de calcul du taux de gestation selon sa définition nord-américaine (cf. I.1.d.iii) sont utilisées :

i) Méthode de la Société Nationale des Groupements Techniques
Vétérinaires (SNGTV)

La méthodologie décrite par la SNGTV est la plus simple de compréhension et de visualisation (Ennuyer, 2014). Le taux de gestation est exprimé par le nombre de vaches confirmées gestantes, divisé par le nombre de vaches disponibles pour insémination sur une période de 21 jours. Ainsi, nous sommes dans le cadre stricte de la définition américaine du taux de gestation (cf. I.1.f.ii).

ii) Méthode du Dossier de Santé Animale et Animal Health Records
(DSAHR)

Cette méthode est la plus précise pour définir le taux de gestation et est donnée par le DSAHR, propriété de l'association des médecins vétérinaires du Québec. Ils définissent le taux de gestation mathématiquement comme le nombre de saillies et inséminations fécondantes (SAILF) divisé par le nombre théorique de cycles de 21 jours (ou 30 jours) que l'on retrouve durant la période de calcul (Tison, Vaillancourt, DSAHR, 2017). Le taux de saillie, ou taux de détection, et le taux de succès aux saillies, ou taux de réussite, peuvent alors être décrits de la même manière. Nous avons alors accès à une valeur plus précise du taux de gestation, calculé au prorata de la présence effective dans le cycle de chaque individu (Figure 15). Cette méthode reste néanmoins moins facile de compréhension que la méthodologie décrite par la SNGTV qui correspond à une méthode simplifiée.

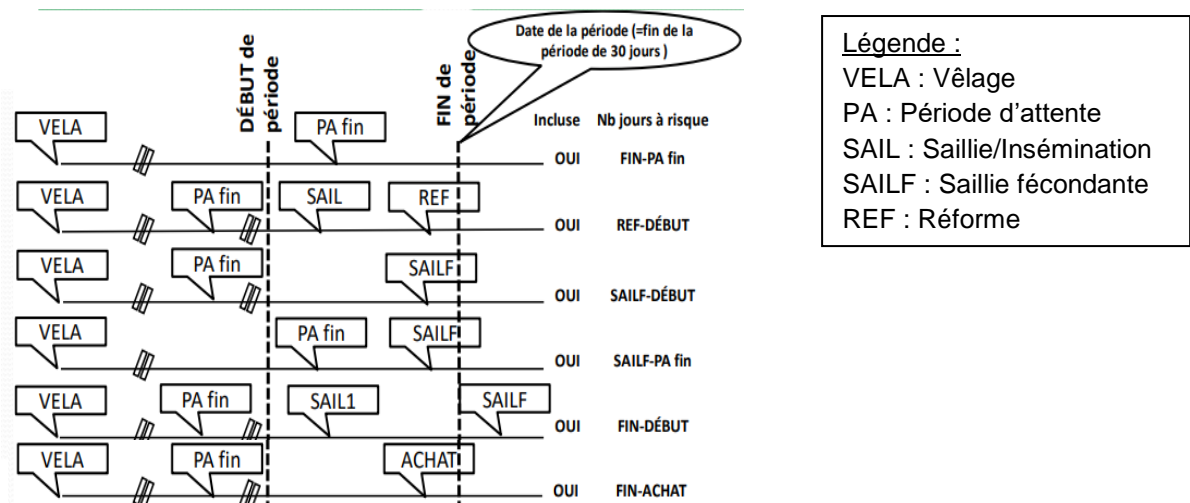


Figure 15 : Méthodologie taux de gestation DSAHR : explication de la notion de jours à risque

Tison, Vaillancourt, 2017

b) Méthode de calcul sur la base des données brutes du logiciel

Dans le but de décrire les différences observées, les différents paramètres étudiés ont été calculés avec les données disponibles.

i) Calcul de référence

Ce type de calcul correspond à un calcul du taux de gestation basée sur la définition de la SNGTV, il sera nommé par la suite calcul de référence. Nous calculons alors le taux de détection et le taux de réussite séparément pour ensuite en déduire le taux de gestation.

Les vaches éligibles à la reproduction sur une période sont donc :

- Les vaches ayant reçu au moins une insémination durant cette période.
- Les vaches non gravides ayant un JPP supérieur à la PAV, et dans ce cas, ces vaches ne doivent pas être planifiées pour le départ de l'exploitation (réforme, vente) avant le début de la période si elles ne sont pas inséminées. Dans le cas où cette décision serait prise durant la période d'étude, la vache est alors tout de même éligible, afin de pouvoir comparer ce calcul avec celui donné par le logiciel (cf. II.3.b). La vache doit être présente sur l'exploitation au moment de la période d'étude.

Cependant, pour être sûr du statut de la vache au moment de l'étude, il faut utiliser une période d'étude suffisamment éloignée pour s'assurer du résultat de l'insémination. Ceci permet également de détecter d'éventuels avortements et des mauvaises détections de chaleurs. Il faut également s'intéresser aux vaches sorties de l'exploitation après la période. En effet, elles peuvent être incluses dans les différents calculs mais ne figurent pas dans les données brutes que l'on obtient grâce au logiciel. Pour cela, nous nous aiderons des détails du résultat obtenu par le logiciel.

Nous nous intéressons aussi aux vaches ayant reçu une insémination pour calculer le taux de détection défini comme la division entre le nombre de vaches inséminées sur le nombre de vaches qui aurait dû recevoir une insémination durant la période.

Pour le taux de succès, nous prenons alors les inséminations réalisées sur des vaches ainsi qu'au résultat de celles-ci, la division de ces 2 paramètres nous donnera alors le résultat du taux de succès. Le produit du taux de détection et du taux de succès donne alors le taux de gestation.

Les données présentées lors de l'export permettent une analyse facilitée. En effet, après triage des bovins, il suffit de discriminer selon les modalités citées précédemment les vaches et nous avons alors accès au nombre de bovins entrant dans chaque catégorie.

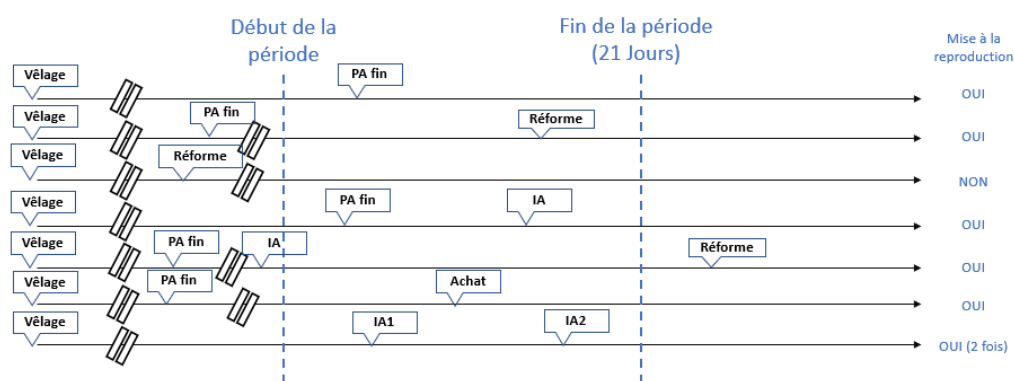


Figure 16 : Méthode de discrimination pour les vaches éligibles à la reproduction utilisée lors du calcul de référence

ii) Calcul sur la base de la méthodologie DSAHR

Afin d'étudier plus en détail les différences de résultats entre les deux méthodologies citées auparavant, nous allons nous intéresser au calcul du taux de gestation en se basant sur la méthode du DSAHR. Pour ce faire, nous utilisons les mêmes critères d'inclusions et d'exclusions que ceux utilisés pour le calcul de référence (cf. II.2.b.i). C'est dans le principe du calcul que la différence va se faire. En effet, d'après le DSAHR, le calcul du taux de gestation se calcule avec la formule suivante (Tison, Vaillancourt, 2017) :

$$\text{Taux de gestation} = \frac{\text{Nombre d'inséminations fécondante pour les animaux mis à la reproduction pendant la période d'analyse}}{\text{Nombre de cycle à risque} + (0,5 \times \text{Nombre d'inséminations fécondantes})}$$

Le nombre de cycle à risque correspond alors au nombre de jours de présence des animaux mis à la reproduction sur la période divisé par 21 (la durée théorique d'un cycle œstral de la vache) selon la méthode de calcul décrit précédemment (cf. II.2.a.ii). L'ajout d'une addition par $(0,5 \times \text{Nombre d'inséminations fécondantes})$ au dénominateur permet de réduire le biais dû à un nombre de jours de présence des animaux ayant reçus une insémination fécondante durant la période en ajoutant alors $\frac{1}{2}$ cycle par vache gravide depuis la période d'étude. Par exemple, une vache ayant été inséminée avec succès le premier jour de la période d'étude aurait compté pour $\frac{1}{21}$ de cycle dans le calcul sans cet ajout, provoquant alors de potentiels calculs aberrants.

3) Calcul par Venotis ® : présentation d'un algorithme avec l'exemple du taux de gestation

a) Généralités

Les algorithmes de Venotis ® sont codés au format PHP. Au lancement de MilkUp ®, intégré depuis à Venotis ®, un des arguments de vente concernait la possibilité de rentrer au sein du code des paramètres du logiciel, avec ce qui est appelé des schémas de règles. Les schémas de règles correspondaient au fonctionnement global et simplifié de l'algorithme. Cette particularité du logiciel permettait d'une part de comprendre les méthodes de calcul pour l'utilisateur, principalement le vétérinaire, et d'autre part il offrait la possibilité de créer ses propres algorithmes et de les utiliser par la suite. Par défaut d'exploitation de cette fonctionnalité, elle a été progressivement abandonnée.

Actuellement, les algorithmes ne sont plus accessibles, mais dans le cadre de cette étude, avec l'accord de Venotis ®, il a été possible d'obtenir l'algorithme utilisé pour le calcul du taux de gestation afin d'étudier plus en profondeur ce paramètre.

b) Entrée au cœur de l'algorithme : exemple du taux de gestation

MilkUp ®, puis Venotis ®, s'est fortement inspiré de la définition retenue par la SNGTV pour l'élaboration de son calcul de taux de gestation. Nous allons maintenant entrer plus en profondeur dans cet algorithme et détailler les étapes importantes du calcul.

Tout d'abord, il faut encadrer la partie principale : c'est-à-dire définir le nombre de cycles maximum étudié (42 ici), avec 2 visites de reproduction réalisées au minimum. Ensuite il y a une phase d'initialisation des données, avec création de compteurs de tous les indicateurs qui seront utiles par la suite.

Nous passons alors à la partie de récupération des individus qui nous intéressent : les vaches présentes dans l'exploitation et qui ne sont pas sur la liste des réformes au début de la période (les génisses sont exclues du calcul en vérifiant que l'animal a déjà eu au moins un vêlage). De cette manière les animaux réformés, morts ou vendus au moment de la période d'étude sont éliminés d'emblée. Ainsi tous les animaux comptés alors déterminent le nombre de vaches présentes sur la période.

Les inséminations ayant eu lieu sur la période sont récupérées et nous obtenons alors le nombre d'inséminations pendant les 21 jours. De ce comptage, les inséminations ayant eu lieu avant un premier vêlage (donc sur les génisses) sont retirées. Le résultat des inséminations définit le nombre d'inséminations fécondantes. Il faut noter qu'une

insémination n'ayant pas eu de DG reste en stand-by et ne rentre pas dans le calcul. Si une insémination en précède une nouvelle, alors elle est considérée comme non fécondante.

Le code s'intéresse ensuite au nombre de vaches mises à la reproduction, soient les vaches éligibles à une insémination. Pour ce faire, toutes les vaches ayant un JPP à la fin de la période supérieure à la PAV (définie à 60 jours par défaut) sont comptabilisées, les vaches non mises à la reproduction ayant été éliminées auparavant puisque destinées à la réforme.

Avec ces informations, les taux de détection, de réussite et de gestation sont obtenus. La valeur maximale est bloquée à 100%. Le reste de l'algorithme concerne principalement l'affichage des données et du graphique.

Ainsi le fonctionnement optimal de l'algorithme est lié à un nombre d'informations et de données suffisantes qui doivent être présentes sur le logiciel. Outre les informations sur les inséminations et le diagnostic de gestation associé, les données sur les éventuelles sorties des animaux, et donc une sortie de la mise à la reproduction, doivent être considérées.

Venotis ® a pris le parti pris de ne rendre confirmée une insémination fécondante seulement en cas de DG positif (et si elle est suivie d'un vêlage). En effet, la grande majorité des suivis de reproduction est accompagnée de diagnostic de gestation, et donc pour simplifier cet algorithme, seuls ces cas sont considérés. Il faut également noter que l'algorithme est programmé pour afficher les informations jusqu'à la visite N-1. En effet, les informations obtenues sur la visite précédente ne sont pas pertinentes puisque le diagnostic de gestation se réalise à minima 28j post-insémination. En affichant le taux de gestation de la dernière visite, nous aurions alors un taux anormalement bas puisque nous aurions des informations seulement sur les inséminations non fécondantes, le reste étant encore en attente.

4) Elevages utilisés pour l'étude

Pour la réalisation de nos études, nous nous sommes basés sur les données de 3 élevages bovins. Les 3 élevages ont une production laitière conventionnelle et sont localisés dans le sud-ouest avec une majorité de vaches Prim Holstein. Tous ces élevages pratiquent eux-mêmes les inséminations et la détection des chaleurs se fait par observation. Dans ce manuscrit, ces élevages seront nommés par un numéro.

L'élevage n°1 est aux alentours de 170 vaches à la traite, réalisée 2 fois par jour. La période d'attente utilisée dans le logiciel est de 120 jours

L'élevage n°2 présente entre 60 et 70 vaches en lactation tout au long de l'année, avec une traite 2 fois par jour. Les inséminations sont réalisées par l'éleveur, avec rattrapage possible par un taureau, mais seulement sur les génisses. L'élevage possède aussi des vaches de race Jersiaise et Brune. La période d'attente volontaire est de 90 jours.

L'élevage n°3 possède un robot de traite pour environ 60 vaches en lactation. L'objectif du premier vêlage est ici déterminé à 36 mois et la période d'attente est de 70 jours.

5) Périodes d'étude

Pour chaque élevage, nous avons utilisé 3 périodes d'études de 21 jours. Ces périodes correspondent à des dates suffisamment éloignées pour disposer des informations nécessaires sur les bovins et l'ensemble des inséminations réalisées durant la période. Les périodes utilisées sont alors à minima antérieures de 6 mois à la date d'obtention des résultats. Nous avons également récupéré les informations nécessaires jusqu'à 1 an et demi avant la période pour étudier tous les bovins susceptibles d'être inclus dans le calcul des paramètres étudiés.

III) Résultats

1) Le taux de gestation

a) Données obtenues sur la base des données du logiciel

i) Résultats donné par Venotis ® et différence avec un calcul obtenue sur la base des données du logiciel

Pour étudier les éventuelles différences et biais des algorithmes par rapport à la réalité, nous allons d'abord nous intéresser aux résultats des calculs. Pour ce faire, nous utilisons les 3 élevages décrits précédemment (cf. II.4).

- Taux de détection :

Premièrement nous allons nous intéresser au taux de détection. Les valeurs référence sont les valeurs du taux de détection calculées par nos soins avec les données brutes sorties du logiciel (cf. II.2.b). Pour l'élevage 1 (Tableau 1), nous obtenons ici les différences les plus importantes. En cause, un taux donné par le logiciel souvent supérieur à 100% dû à une sous-représentation du nombre de vaches éligibles à la reproduction. Sur les périodes 1 et 2 (cf. II.5) par exemple, il y avait plus de vaches inséminées que de vaches pouvant être inséminées. Ce résultat aberrant est dû à la présence de vaches inséminées avant la fin de la PAV qui ne sont pas comptabilisées parmi celles pouvant être inséminées, mais comptabilisées parmi les bovins inséminés. Cette observation explique en grande partie les différences de résultats. Ceci entraîne aussi une surévaluation du taux de détection, et par conséquent du taux de gestation, par sous-évaluation du nombre de vaches mises à la reproduction.

Tableau 1 : Taux de détection calculé par Venotis ® et référence : élevage n°1

Elevage 1	Taux de détection		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=120j			
Valeur Venotis ®	100,00%	100,00%	72,00%
Valeur calculée (référence)	67,57%	61,11%	58,06%
Différence	32,43%	38,89%	13,94%

Dans le cas de l'élevage 2 et 3 (Tableaux 2 et 3) les résultats calculés par Venotis ou par nos soins sont moins divergents, du fait d'une application plus rigoureuse de la PAV par les éleveurs.

Les différences observées concernent encore une fois en majorité des vaches inséminées avant la fin de la PAV, comme pour l'élevage 2 à la période 3 (Tableau 2). Les effectifs sur ces élevages sont plus faibles (cf. II.4), les différences observées sont alors plus importantes pour une différence d'effectif similaire.

Tableau 2 : Taux de détection calculé par Venotis ® et référence : élevage n°2

Elevage 2	Taux de détection		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=90j			
Valeur Venotis ®	36,84%	40,00%	70,59%
Valeur calculée (référence)	35,00%	42,86%	57,14%
Différence	1,84%	-2,86%	13,45%

Il a été aussi noté que la gestion des sorties des animaux pouvait avoir une influence non négligeable sur le résultat. En effet, si la gestion des sorties paraît bien gérée dans l'élevage 1, il reste des doutes parfois sur les dates d'arrêt de mise à la reproduction pour les bovins des deux autres élevages. Pour la réalisation des calculs, il a été décidé de se fier aux évènements inscrits sur le logiciel.

Pour l'élevage 3 (Tableau 3), les différences sont assez faibles et explicables en partie par la gestion de la PAV. Cet élevage soulève également un autre problème illustré par un cas pratique (Figure 17) :

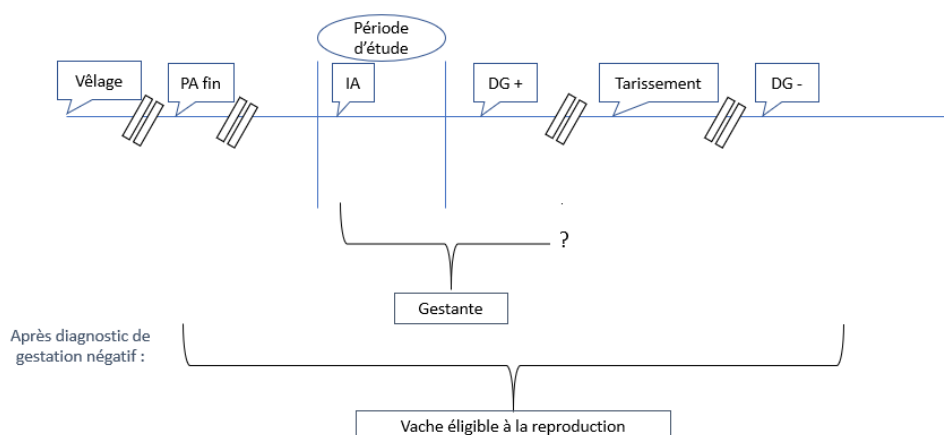


Figure 17 : Schéma explicatif du cas d'une vache ayant avorté après un diagnostic de gestation positif

Cette vache qui a eu un DG positif après la période d'étude est considérée gravide sur notre période d'étude selon notre calcul de référence. Cependant, après son tarissement, la survenue d'une interruption de gestation est constatée par un DG négatif. L'analyse des résultats ayant été faite après ce dernier DG, l'insémination réalisée antérieurement est alors considérée comme non fécondante, et la vache est alors comptée comme mise à la reproduction sur notre période d'étude et sur toutes celles qui s'en suivent.

Tableau 3 : Taux de détection calculé par Venotis ® et référence : élevage n°3

Elevage 3	Taux de détection		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=70j			
Valeur Venotis ®	47,50%	41,38%	32,00%
Valeur calculée (référence)	48,72%	40,00%	33,33%
Différence	-1,22%	1,38%	-1,33%

- Taux de réussite :

D'une manière générale, le taux de réussite est assez similaire entre Venotis ® et les valeurs que nous avons calculées et les différences observées sont facilement explicables. En effet, lorsqu'il y a 2 inséminations pour un même animal sur une période, le logiciel ne comptabilise qu'une seule insémination. La valeur du nombre de bovins inséminés est alors correcte, mais le nombre d'inséminations réalisées est inexact. Ceci explique alors la légère majoration de Venotis ® observée sur les taux de réussite et a également un impact sur le taux de détection vu plus haut, bien que négligeable dans les différences décrites et observées.

Tableau 4 : Taux de réussite calculé par Venotis ® et référence : élevage n°1

Elevage 1	Taux de réussite		
	Période 1	Période 2	Période 3
Valeur Venotis ®	29,17%	56,52%	55,56%
Valeur calculée (référence)	28,00%	54,17%	55,56%
Différence	1,17%	2,35%	0,00%

Tableau 5 : Taux de réussite calculé par Venotis ® et référence : élevage n°2

Elevage 2	Taux de réussite		
	Période 1	Période 2	Période 3
Valeur Venotis ®	85,71%	25%	25,00%
Valeur calculée (référence)	85,71%	22,22%	25,00%
Différence	0,00%	3%	0,00%

Tableau 6 : Taux de réussite calculé par Venotis ® et référence : élevage n°3

Elevage 3	Taux de réussite		
	Période 1	Période 2	Période 3
Valeur Venotis ®	47,37%	50%	37,50%
Valeur calculée (référence)	47,37%	50,00%	37,50%
Différence	0,00%	0%	0,00%

- Taux de gestation :

La multiplication des taux cités précédemment donne alors le taux de gestation. Les différences obtenues sont alors proportionnelles à celles observées pour le taux de détection et le taux de réussite.

Tableau 7 : Taux de gestation calculé par Venotis ® et référence : élevage n°1

Elevage 1	Taux de gestation		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=120j			
Valeur Venotis ®	29,17%	56,52%	40,00%
Valeur calculée (référence)	18,92%	33,10%	32,26%
Différence	10,25%	23,42%	7,75%

Tableau 8 : Taux de gestation calculé par Venotis ® et référence : élevage n°2

Elevage 2	Taux de gestation		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=90j			
Valeur Venotis ®	31,58%	10,00%	17,65%
Valeur calculée (référence)	30,00%	9,52%	14,29%
Différence	1,58%	0,48%	3,36%

Tableau 9 : Taux de gestation calculé par Venotis ® et référence : élevage n°3

Elevage 3	Taux de gestation		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=70j			
Valeur Venotis ®	22,50%	20,69%	12,00%
Valeur calculée (référence)	23,08%	20,00%	12,50%
Différence	-0,58%	0,69%	-0,50%

ii) Biais mis en avant avec le calcul de référence

Le calcul à la main du taux de gestation révèle plusieurs biais de calcul à prendre en compte.

- Période d'attente volontaire :

Tout d'abord, en revenant à la définition même du taux de gestation, un des biais possible concerne la période d'attente volontaire. Elle peut varier en fonction des élevages et de la conduite de ceux-ci. Il faut donc en tenir compte dans le calcul, ce qui fait que chaque calcul de taux de gestation doit se faire différemment pour chaque élevage. La détermination de cette période dans le logiciel doit donc être réaliste afin de donner un taux le plus cohérent possible en lien avec la réalité de l'élevage.

- Gestion des inséminations :

Une autre question concerne la gestion des bovins inséminés plusieurs fois sur une période donnée. Ceci peut se rencontrer dans des conditions physiologiques, en cas de cycles courts de moins de 21j, mais également lors de mauvaise détection de chaleurs ou lors de situation pathologique. Ces défauts doivent donc être pris en compte de façon correcte dans le calcul puisqu'ils sont un signe de la bonne santé ou non de la reproduction au sein de l'exploitation. Il faut tout de même noter que, lors d'inséminations rapprochée

(<4j), la méthodologie du DSAHR préconise de ne compter qu'une insémination. En effet, ce type de pratique peut se rencontrer en élevage, bien que plutôt rare en France à l'heure actuelle.

- Gestion des réformes :

Ensuite, un autre biais concerne la gestion des réformes et des sorties d'élevage. Comme indiqué dans les différentes méthodologies, une vache doit être prise en compte dans les calculs si elle est destinée à la reproduction et si elle est présente dans l'élevage. La date de décision de sortie de l'animal explique alors en partie les différences obtenues, puisque l'information de cette date n'est pas rentrée de manière aussi assidue dans tous les élevages.

- Gestion des avortements :

Le cas observé dans l'élevage 3 (III.1.a.i) montre aussi le problème de la gestion des avortements. A posteriori, la déclaration d'un avortement rend l'insémination non fécondante et donc la vache est considérée comme mise à la reproduction sur des périodes où elle était déclarée gravide. Ceci montre le biais observé, surtout lors d'avortement non constaté, où il sera d'autant plus difficile de définir la date de l'évènement.

iii) Problématiques mises en avant

Tous les biais mis en avant ci-dessus font apparaître des problématiques pour la gestion du code de l'algorithme. En effet, la gestion au cas par cas, comme cela est possible lors d'un calcul standard avec les données brutes, doit être optimisée dans le code. Il faut donc faire des concessions et faire au plus juste dans la méthodologie de calculs sur ces cas particuliers.

- Période d'attente volontaire :

La période d'attente volontaire doit ainsi pouvoir varier en fonction des élevages, et les éventuelles vaches inséminées avant la fin de cette période doivent aussi être prises en compte lors des différents calculs. Alors à partir de ce moment, elles deviennent éligibles à la reproduction pour la suite.

- Gestion des inséminations :

En ce qui concerne les problèmes de cycles indiqués précédemment (cf. III.1.a.ii), il faut que toutes les inséminations soient comptabilisées comme telles, et donc éviter de s'intéresser seulement au nombre de bovins inséminés, pour les raisons évoquées précédemment.

- Gestion des réformes :

La problématique de la gestion des réformes concerne principalement la bonne saisie des informations. Les exemples fournis par les 3 élevages d'études montrent que la date de décision de réforme peut influencer sur les résultats obtenus. Cette date doit donc être renseignée par l'éleveur au sein du logiciel dès la décision de sortie ultérieure du bovin de l'exploitation prise. Tout comme pour la problématique liée à la PAV, ces informations relèvent de la rigueur de l'éleveur dans son utilisation du logiciel.

- Gestion des avortements :

La reproduction en élevage bovin dépend de plusieurs facteurs. La bonne santé de celle-ci dépend notamment des avortements et c'est en cela qu'ils doivent alors influencer sur le résultat des différents paramètres de reproduction. Actuellement, un avortement qui survient jusqu'à 241j après fécondation rend une insémination non fécondante, ce qui a un impact notamment sur le résultat du taux de gestation. Cependant, l'insémination est considérée comme réussie en cas de DG positif, malgré un avortement ultérieur, entraînant des problèmes dans la gestion du code puisque celui-ci considérerait alors que la vache débute une nouvelle lactation.

Ce dernier exemple illustre bien que l'algorithme et les résultats qui en découlent ne peuvent être le reflet parfait et exact de la situation de l'élevage. Il faut trouver des compromis pour être au plus près de la réalité. C'est en cela que l'analyse du fonctionnement des logiciels de suivi de reproduction s'avère importante.

b) Entrée au cœur de l'algorithme : analyse du code

Nous allons maintenant nous intéresser à l'analyse de l'algorithme utilisé par Venotis® (cf. II.3.b) en soulignant les principales problématiques soulevées.

i) Méthodologie du calcul

L'algorithme actuel ne considère pas le temps d'éligibilité dans la période : deux individus comptent de la même façon dans le calcul sans distinction, que leur durée d'éligibilité dans la période considérée soit d'1 ou 21 jours. C'est le défaut principal de la méthode de calcul du taux de gestation actuellement utilisée dans Venotis®. Ceci constitue un biais important puisqu'une vache éligible deux jours dans un cycle, par exemple, a beaucoup moins de chance d'être inséminée au cours de ce cycle qu'une vache éligible sur la totalité du cycle.

Ce biais pourrait être diminué en utilisant un calcul basé sur la méthode du DSAHR qui représente chaque individu au prorata de sa présence au cours du cycle. Nous avons alors un taux de gestation plus précis, mais une telle méthode est plus complexe à informatiser. L'objectif initial était de recourir à ce type de méthodologie pour le taux de gestation dans Venotis ®, mais sa mise en place trop complexe n'a pas permis sa réalisation.

ii) Gestion des inséminations

Nous avons également remarqué lors du calcul de référence précédemment que la gestion des multiples inséminations lors d'une même période pouvait être à l'origine de variation. Nous retrouvons cette même problématique en analysant le code ici. Aucune allusion à ces cas particuliers n'est évoquée dans l'algorithme. En pratique, lors de deux inséminations sur une même période, le code est fait pour qu'il ne ressorte qu'une seule insémination, l'autre étant considérée comme ignorée. Cet aspect est à prendre en compte pour la véracité de l'étude des cycles, mais également sur la réalité du taux de gestation et des autres paramètres de reproduction.

Le calcul réalisé pour l'élevage 1 (cf. III.1.a.i) montre aussi une non comptabilisation dans la catégorie « bovins pouvant être mis à la reproduction » des vaches inséminées avant la fin de la PAV. En effet, dans l'analyse de l'algorithme, cette particularité n'est pas mise en évidence. Ce genre de cas relève surtout d'une mauvaise utilisation de la valeur de la PAV en pratique. La valeur renseignée est soit non respectée par l'éleveur, soit incorrecte.

iii) Gestion des avortements et du retour à la mise à la reproduction

L'analyse de l'algorithme soulève également la question de la considération des avortements dans les paramètres de reproduction au sens large. Dans l'état actuel, lors d'une interruption de gestation constatée avant 241j de gestation, le code induit une modification du statut de l'insémination en la considérant comme non fécondante une fois l'avortement saisi. Ceci est dû à la nécessité de ne pas compter un avortement comme un vêlage et donc, comme le début d'une nouvelle lactation, ce qui aurait alors des impacts sur d'autres données du logiciel, comme le rang de lactation du module qui s'intéresse à la qualité du lait. Cependant, il est évident qu'un avortement ne peut pas être considéré comme une simple insémination non fécondante. En effet, celui-ci aura alors un impact important sur des paramètres comme le taux de gestation puisque les vaches ayant avortées seront détectées comme "bovins pouvant être inséminées" à postériori sur des périodes où elle était potentiellement gravide.

2) Suggestions d'améliorations

a) Problématiques liées au taux de gestation

i) Gestion des inséminations

Dans l'état actuel du logiciel, la base du calcul du taux de gestation est le nombre de bovins inséminés. Comme décrit précédemment, ce postulat peut se révéler à l'origine de biais pour différentes situations. Une solution simple à adopter serait de baser le calcul non plus sur les vaches mais sur le nombre d'inséminations réalisées sur les vaches. Ainsi, le problème de vaches inséminées 2 fois sur la période ne provoquerait plus une surévaluation du taux de gestation. En revanche, pour rester cohérent, il faut également modifier le code pour que chaque vache inséminée compte également comme vache mise à la reproduction. Cette autre condition permet aussi de compter les vaches inséminées avant la fin de la PAV, ce qui n'est pas le cas actuellement (comme observé ici dans l'exemple de l'élevage n°1). De manière générale, tout comptage d'insémination sur une vache doit figurer aussi comme « vache éligible à la reproduction » pour ne pas fausser le taux de détection.

ii) Gestion de la PAV

Outre le fait de compter les vaches inséminées avant la mise à la reproduction, d'autres améliorations peuvent être apportées à la partie PAV. Il serait possible de faire apparaître de façon plus évidente ce paramètre et éventuellement le faire varier pour évaluer la gestion au sein de l'élevage du retour en chaleurs post-partum, en complément de l'intervalle vêlage-première IA. Toutefois, en raison de son importance centrale au sein du code de Venotis ®, et pas seulement en tant que paramètre influant sur le taux de gestation, il s'avèrerait compliqué de faire apparaître ce curseur de valeur de PAV.

iii) Passage vers la méthodologie DSAHR

La méthodologie DSAHR permet une meilleure représentativité du taux de gestation que la méthodologie retenue par la SNGTV et Venotis ® grâce à sa gestion au prorata du nombre de cycle effectifs des animaux qui nous intéressent.

Nous allons maintenant voir en pratique les différences de résultats obtenus entre les deux types de méthodologies de calcul (tableaux 10, 11, 12). Nous allons alors utiliser les mêmes élevages et les mêmes périodes d'études que lors de la comparaison entre le calcul de référence et le calcul de Venotis ®.

Pour l'élevage 1 (Tableau 10), la comparaison des résultats est faussée par la proportion importante de vaches mises à la reproduction avant la fin de la PAV. Lorsque cette première insémination est fécondante, ceci signifie qu'en théorie la vache n'est éligible à la reproduction seulement 1 jour. Dans ce cas l'ajout dans le calcul de la méthode du DSAHR au dénominateur de ($\frac{1}{2}$ X nombre d'inséminations fécondantes) permet toutefois de limiter ce biais. La différence plus marquée lors de la période 2 correspond d'une part à de nombreuses inséminations fécondantes lors de la première IA avant la fin de la PAV, et d'autre part à une vague importante de réforme sur la période. Cet exemple est intéressant puisqu'il montre l'importance que peut avoir ce décompte au prorata dans cette méthodologie.

Tableau 10 : Taux de gestation : comparaison méthode SNGTV et DSAHR : élevage 1

Elevage 1	Taux de gestation		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=120j			
Valeur calculée (référence SNGTV)	18,92%	33,10%	32,26%
Valeur calculée (DSAHR)	21,29%	47,27%	34,94%
Différence	-2,37%	-14,17%	-2,68%

Concernant l'élevage 2 (Tableau 11), nous nous retrouvons toujours avec des animaux mis à la reproduction avant la fin de la PAV, ce qui fausse alors les résultats obtenus.

Tableau 11 : Taux de gestation : comparaison méthode SNGTV et DSAHR : élevage 2

Elevage 2	Taux de gestation		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=90j			
Valeur calculée (référence SNGTV)	30,00%	9,52%	14,29%
Valeur calculée (DSAHR)	34,71%	9,72%	16,87%
Différence	-4,71%	-0,20%	-2,58%

L'élevage 3 (Tableau 12) est le plus probant pour comparer les deux méthodes, puisque la PAV est mieux définie et respectée. Ainsi sont mises en évidence les situations pour lesquelles le calcul au prorata a une importance. Outre les réformes, comme indiqué dans l'exemple du premier élevage, la principale différence avec le calcul de référence se situe pour les inséminations fécondantes. A partir du moment où une insémination est réussie, la vache n'est plus éligible à la reproduction ce qui se traduit alors par une augmentation du taux de gestation. C'est aussi en cela que l'ajout de (0,5 X nombre d'inséminations fécondantes) dans le calcul vient limiter ces différences.

Tableau 12 : Taux de gestation : comparaison méthode SNGTV et DSAHR : élevage 3

Elevage 3	Taux de gestation		
	Période 1	Période 2	Période 3
PAV=70j			
Valeur calculée (référence SNGTV) (PAV=70j)	23,08%	20,00%	12,50%
Valeur calculée (DSAHR)	26,05%	21,32%	12,69%
Différence	-2,97%	-1,32%	-0,19%

D'une manière globale, nous avons une sous-évaluation du taux de gestation par la méthodologie SNGTV en comparaison avec la méthodologie DSAHR. Dans cette optique, il serait alors possible de créer un nouvel algorithme basé cette fois-ci sur le nombre de cycles effectifs plutôt que de se baser sur le nombre de vaches. Plutôt que de créer un compteur avec le nombre de vaches inséminables, nous pouvons alors prendre ces animaux et regarder leur nombre de jours éligibles dans la période. En additionnant alors toutes ces valeurs et en la divisant par le nombre de jours théoriques dans un cycle (21) nous obtenons le nombre de cycles à risque. Ensuite, le reste du calcul ne pose pas de problème particulier en comparaison au code actuel.

Néanmoins, un des problèmes rencontrés avec cette nouvelle méthodologie concerne la visualisation des résultats. Actuellement, nous avons accès aussi au nombre de bovins éligibles à la reproduction sur le module du taux de gestation. Ceci peut se révéler intéressant pour comprendre d'éventuels soucis de reproduction. Avec cette méthodologie au prorata du nombre de cycles à risques, cette information peut se révéler moins compréhensible, des résultats avec des décimales pouvant apparaître moins parlant et plus flou pour les utilisateurs.

iv) Transparence des résultats

Une des difficultés rencontrées lors des calculs des différents cas effectués concernait l'identification des bovins nécessaires pour calculer les différents taux. Une des possibilités serait alors de faire apparaître tous les bovins intervenant dans chaque catégorie du calcul. Cela permettrait une meilleure visualisation pour l'éleveur principalement, dans un but d'améliorer sa connaissance sur le sujet. De plus, cela permettrait de croiser ces informations avec les autres modules du logiciel et faire un lien avec d'éventuels problèmes métaboliques.

Cette transparence passe aussi par une meilleure accessibilité à ces données. L'équipe de Venotis® travaille déjà à améliorer celle-ci : actuellement disponible depuis les bilans de visite, le graphique du taux de gestation devrait être accessible également via la page « statistiques » des différents modules.

b) Suggestions d'améliorations de la partie reproduction

D'autres améliorations peuvent-être apportées à la partie reproduction du logiciel de manière plus globale.

i) Reproduction des génisses

La possibilité d'avoir des informations sur la reproduction des génisses pourrait être une plus-value intéressante. Ce travail est déjà en cours et permettra alors de s'intéresser également à la reproduction des génisses, de façon plus dynamique et plus active qu'avec la valeur de l'âge au premier vêlage.

ii) Distinction primipare/multipare

Dans la même optique que la reproduction des génisses, il serait possible de séparer les vaches primipares et multipares pour évaluer un éventuel impact du rang de lactation sur la reproduction, comme cela est déjà fait dans les autres modules de Venotis®. De même que pour la reproduction des génisses, cette modification est actuellement à l'étude.

iii) Distribution

Il pourrait s'avérer intéressant d'avoir accès à la répartition et à la distribution au sein de l'élevage pour différents paramètres comme l'intervalle vêlage-première IA, l'intervalle vêlage-IA fécondante ou encore l'âge au premier vêlage. Pour cela, Venotis ® pourrait s'inspirer de ce qui est déjà réalisé dans la partie sur les retours en chaleur (figure 18).

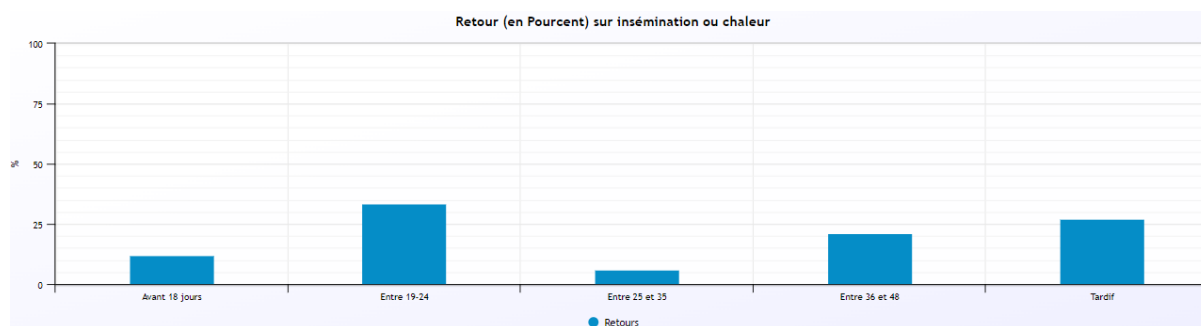


Figure 18 : Venotis ® : répartition des retours sur insémination

Capture d'écran du logiciel

iv) Calcul du nombre d'induction de chaleurs

Ce paramètre permettrait en partie d'évaluer la proportion de vaches n'étant pas vues en chaleurs. Celui-ci est en parti lié à la détection des chaleurs par l'éleveur, à l'expression des chaleurs par la vache, mais également à la gestion de la reproduction en élevage. Dans le cas d'un élevage où la synchronisation des chaleurs est fréquente, cela aurait donc un intérêt moindre.

Le calcul du nombre d'induction de chaleurs reste simple : il suffit de compter le nombre de protocoles d'induction de chaleurs réalisés, et le diviser par le nombre total d'inséminations, sur la catégorie d'animaux concernés (génisses, primipares et multipares). Nous pourrions ajouter à cela un paramètre d'efficacité, en déterminant le % d'inséminations fécondantes après protocole.

v) Calcul du taux de soumission

Le taux de soumission correspond au pourcentage de vaches ayant reçu une première IA à $JPP = PAV + 20j$. Ce paramètre de fécondité permet ainsi de voir d'une part le respect de la PAV de la part de l'éleveur, et en parallèle d'observer également le bon retour en chaleur, et donc à la reproduction, après mise-bas. Il vient alors compléter d'autres indicateurs tel que l'intervalle vêlage-IA1. L'objectif à atteindre est alors d'au moins 65% (Ennuyer Marc, 2014)

vi) Statistiques sur les sorties d'animaux

Une donnée importante, notamment pour l'analyse croisée des autres paramètres, concerne la gestion des réformes. Comme indiqué lors de l'analyse du taux de gestation, les réformes ont un rôle crucial dans les résultats de reproduction puisqu'elles peuvent faire varier les différents paramètres et ainsi biaiser l'appréciation de certains résultats. L'apport de la distribution des sorties d'animaux (réforme, vente, équarrissage) en fonction du temps en complément de statistiques tel que le taux de gestation faciliterait alors l'interprétation de celles-ci. La représentation de cette distribution pourrait se présenter sur le même graphique, pour mettre en relief certains résultats. Cette statistique rentre également dans une optique de meilleure compréhension des résultats et donc de transparence de ceux-ci.

c) Suggestions d'améliorations globales

Le travail effectué a permis de s'intéresser à un logiciel de suivi de reproduction, et plus globalement à un logiciel de suivi d'élevage. La reproduction peut être la clef d'entrée pour des suivis plus complets, incluant alimentation, bâtiment ou sanitaire. Le lien entre ces différents facteurs est certain et déjà bien visible entre la partie qualité du lait, alimentation et reproduction sur Venotis®. Dans une optique d'amélioration du confort de l'éleveur et du vétérinaire, le développement de ce type d'outil est primordial, notamment en facilitant les connexions entre ces différents modules.

IV) Discussion et conclusion

Les logiciels de suivi de reproduction, et plus généralement de suivi de troupeau, ainsi que leur développement sont le témoin de l'amélioration des performances et de la modernisation en élevage. D'une part, ils simplifient l'analyse des données, mais surtout de plus en plus, ils permettent de gagner en précision dans une optique de gain de technicité croissante en termes de performance. Cette étude donne un aperçu de la perpétuelle évolution des logiciels de suivi et de la complexité cachée des résultats qu'ils fournissent. Les différences observées entre l'intelligence humaine et l'algorithme ne sont pas toutes solvables et ne sont pas exclusivement des erreurs de codes. De nombreux biais sont aussi observés lors du calcul avec les données brutes. En soit, ces logiciels restent et demeurent une technologie de pointe fiable et précise.

Les suggestions d'améliorations présentées ne concernent qu'un modèle d'un logiciel donné. Mais nous l'avons vu, la pluralité de logiciels et d'applications pratiques de ceux-ci impliquent alors une pluralité d'améliorations et de travail à fournir dans le but de toujours proposer le service le plus adapté aux demandes des utilisateurs. L'utilisation récente du taux de gestation démontre également la genèse de nouvelles et plus nombreuses données, impliquant de nouveaux algorithmes afin de les analyser.

Le retour d'expérience entre vétérinaire praticien et l'informaticien responsable du module reste indispensable pour développer ce genre d'outil. La rencontre entre ces deux mondes implique alors des différences de points de vue pouvant être à la base de biais de calcul. Bien que certains calculs semblent n'avoir qu'une méthodologie, la multitude de résultats obtenus entre les valeurs références et les différents logiciels en est un témoin indéniable. (Bousquet, 2020). Nous avons pu l'observer dans ce travail avec les différences notées pour une même statistique entre deux méthodologies et le taux de gestation donné par Venotis®.

L'importance de plus en plus centrale des logiciels de suivi de troupeau est le témoin du virage que prend actuellement le métier de vétérinaire rural. D'un vétérinaire auparavant urgentiste, nous sommes en train d'être le témoin du passage vers le vétérinaire conseiller et technique. Il est peu probable que l'aspect de pompier en urgence disparaisse, mais il est certain que les éleveurs sont de plus en plus à la recherche de conseil et de suivi de troupeau. Dans une dynamique de décroissance d'élevage et d'un maillage vétérinaire de plus en plus important, la pérennisation du vétérinaire rural passe alors par le développement de ce genre de services.

Dans ce contexte, le métier d'éleveur prend lui aussi un tournant et est amené continuellement à évoluer. De par son relationnel avec le vétérinaire comme nous l'avons vu, mais également dans son rôle au sein de l'élevage. Cette robotisation de l'élevage entraîne une simplification du quotidien de l'éleveur, (Assie et al., 2018) alors que la profession est confrontée à une perte importante du nombre d'actifs. L'innovation technologique se met au service de l'éleveur dans la gestion du troupeau et amène ainsi à une augmentation de la taille moyenne des troupeaux par UTA (unité de travail annuel) et pose alors la question du type d'agriculture vers laquelle nous tendons. Certes, l'éleveur est maintenant aiguillé pour la performance de son élevage, mais il reste un outil que la technologie ne pourra pas remplacer : les yeux.

La connaissance du troupeau et l'observation de celui-ci restent indispensables à une bonne conduite d'élevage, et dans ce contexte, la question du bien-être animal se pose. Nous pouvons nous demander si à terme les prises de décision ne se feraient pas plus sur les données que sur le ressenti d'un Homme vis-à-vis de ces bêtes. Ces outils doivent être une aide pour les éleveurs, et non pas l'inverse. De plus, ces animaux sont alors moins manipulés et donc moins habitués à l'homme, et nous tendrons alors progressivement à la disparition du lien animal/éleveur. Heureusement, ces hypothèses pessimistes semblent ne pas être d'actualité sur le moyen terme tant les éleveurs militent auprès du grand public pour garantir l'authenticité de leur travail et de cette relation. Enfin, l'innovation technologique pourrait aussi être un catalyseur au développement d'une agriculture encore plus respectueuse de l'Animal, de l'Homme et de l'Environnement. En surveillant plus précisément les conditions de vie des animaux, il est possible d'adapter leur environnement pour réduire le stress, améliorer le confort et favoriser des pratiques plus durables.

Bibliographie

ARCANGIOLI, Marie-Anne, MOUNIER, Luc, ALVES DE OLIVEIRA, Laurent, OTZ, Pauline et NOORDHUIZEN, Jos P. T. M., 2009. Approche méthodologique de la visite d'élevage. *Point Vétérinaire*. 2009. Vol. 40, pp. 9.

ASSIE, Sébastien, RELUN, Anne et GUATTEO, Raphaël, 2018. Médecine et élevage de précision : surveillance et détection précoce individualisée en élevage. *Innovations Agronomiques*, INRA, 2018, 66, pp.43-51.

BEDERE, Nicolas, 2016. *Aptitude des vaches laitières à se reproduire en systèmes pâturants contrastés: Quelle vache pour quel système?*. [en ligne]. These de doctorat. Rennes, Agrocampus Ouest. [Consulté le 29 mai 2023]. Disponible à l'adresse: <https://www.theses.fr/2016NSARB286>

BOUSQUET, Alexandre, 2020. *Analyse comparée des logiciels d'aide à la prise de décision en médecine de population*. Thèse pour obtenir le titre de Docteur vétérinaire. Toulouse, Université Paul Sabatier

CHASTANT-MAILLARD, Sylvie, CHAPRENTIER, Lucile, DEGUILLAUME, BURET, Yves et GIPOULOU, Christian, 2009. Le suivi de reproduction en élevage bovin : pratiques actuelles en France. *SNGTV*. Juillet-Août 2009, N°50, pp.109-115.

CHASTANT-MAILLARD, Sylvie et SAINT-DIZIER, Marie, 2016. *Elevage de précision*. Paris : *France agricole. Univers agricole*. ISBN 978-2-85557-460-8.

CORBRION-MOURET, Loïse, 2018. *Influence du moment de l'insémination artificielle sur le taux de réussite chez la vache laitière*. [en ligne]. [Consulté le 30 mai 2023]. Disponible à l'adresse: <https://oatao.univ-toulouse.fr/21311/>

DESCOTEAUX, Luc et VAILLANCOURT, Denis, 2012, *Vade-mecum de gestion de la reproduction des bovins*, *Santé Animale - Medcom*. ISBN 979-2-35403-093-3

DUBOIS, P., FRERET, S., CHARBONNIER, G., HUMBLLOT, P., PONSART, C., 2006, *Influence des paramètres laitiers sur la régularité de cyclicité post-partum (...)* - 3R -

Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, [en ligne] [Consulté le 12 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <http://www.journees3r.fr/spip.php?article1529>

ENNUYER, Marc, 2014. Bilan et suivi des performances de reproduction. Critères, interprétation et analyses. GTV de Bretagne

FARADJI, D., DOMINIQUE, S., 2022 L'activité IPE continue de progresser en 2021. *Institut de l'Élevage*. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/lactivite-ipe-continue-de-progresser-en-2021>

FAVERDIN, Philippe, ALLAIN, Clément, GUATTEO, Raphaël, HOSTIOU, Nathalie et VEISSIER, Isabelle, 2020. Élevage de précision : De nouvelles informations utiles pour la décision ? *INRAE Productions Animales*. 2020. Vol. 33, n° 4, pp. 223-234. doi : [10.20870/productions-animales.2020.33.4.4585](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.4.4585)

HANZEN, Christian, RAO, Anne-Sophie et THERON, Léonard, 2013. Gestion de la reproduction dans les troupeaux bovins laitier. In : *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*. Ecole Inter-états des Sciences et Médecine Vétérinaires de Dakar, Dakar, Sénégal. 2013.

KIERS, Alexis, 2005. *Analyse des résultats de reproduction d'élevages bovins laitiers suivis avec le logiciel Vetoexpert*. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2005.

LHERM, Michel, AGABRIEL, Jacques et DEVUN, Jean, 2017. *État des lieux et évolutions de la production bovine allaitante en France et dans trois pays européens*. *INRAE Productions animales* 30 (2) :93-106. doi : <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2017.30.2.2236>.

PAYEN, Maëla, 2022. *Profitabilité de l'activité vétérinaire : analyse du chiffre d'affaire et du temps de travail*. Médecine vétérinaire et santé animale. Thèse pour obtenir le titre de Docteur vétérinaire. Toulouse Université Paul Sabatier

REPROSCOPE – Campagne 2018-19, 6 années de recul, 2020. *Institut de l'Élevage*. [En ligne]. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/reproscope-campagne-2018-19-6-annees-de- recul>

ROGUET, Christine, NEUMEISTER, Delphine, MAGDELAINE, Pascale et DOCKES, Anne-Charlotte, 2017. Les débats de société sur l'élevage au sein de l'Union européenne : thèmes, arguments et modes d'action des parties prenantes, conséquences sur les modes d'élevage. 49^{ème} Journées de la Recherche Porcine : 307-312 Disponible à l'adresse : <https://www.journees-recherche-porcine.com/texte/2017/ecosocio/ES7.pdf>

SEPCHAT, Bernard, D'HOUR, Pascal et AGABRIEL, Jacques, 2017. Production laitière des vaches allaitantes : caractérisation et étude des principaux facteurs de variation. *INRAE Productions Animales*. 5 juillet 2017. Vol. 30, n° 2, pp. 139-152. doi : [hal-01608119](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01608119)

TISON, Nicolas et VAILLANCOURT, Gino, 2017. Initiation au nouveau DSA Laitier-vétérinaire, DSAHR

VEISSIER, Isabelle, KLING-EVEILLARD, Florence, MIALON, Marie-Madeline, SILBERBERG, Mathieu, DE BOYER DES ROCHES, Alice, TERLOUW, Claudia, LEDOUX, Dorothée, MEUNIER, Bruno, HOSTIOU, Nathalie, 2019. Élevage de précision et bien-être en élevage : la révolution numérique de l'agriculture permettra-t-elle de prendre en compte les besoins des animaux et des éleveurs ? In : Numéro spécial. De grands défis et des solutions pour l'élevage. Baumont R. (Éd). INRA Prod. Anim., 32, 281-290. doi : <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2478>

Gabriel Cornuault

Entrée au cœur des algorithmes d'un logiciel de gestion de la reproduction : aide à l'analyse et à l'interprétation du calcul du taux de gestation avec Venotis ®.

Résumé : Le changement des pratiques opéré depuis plusieurs années en élevages bovins s'est accompagné d'un développement technique et technologiques. Un des exemples le plus parlant concerne la reproduction dont la gestion est facilitée par la progression des logiciels d'aide. Ce travail de thèse s'est attaché à analyser le fonctionnement du taux de gestation, indicateur chiffré dont l'utilisation est récente. Les résultats obtenus montrent une différence notable entre le logiciel d'étude (Venotis ®) et le calcul de référence. Il a été noté certains biais de fonctionnement de calculs des algorithmes, expliqués par des cas particuliers non anticipés, ainsi que par la frontière existante entre la définition théorique d'un paramètre et son utilisation formatée au sein d'un algorithme. Ce travail permet de proposer plusieurs améliorations de méthodologie pour le calcul du taux de gestation, mais aussi pour d'autres statistiques de reproduction, afin d'uniformiser les résultats et gagner en précision.

Mots-clés : Reproduction, bovin, médecine collective, suivi de troupeau, taux de gestation, algorithme, logiciel, méthodologie

Entering the heart of the algorithms of a reproduction management software: help in analyzing and interpreting the calculation of the pregnancy rate with Venotis ®.

Summary: Changes in cattle breeding practices over the past few years have been accompanied by technical and technological developments. One of the most obvious examples concerns reproduction, the management of which has been facilitated by the development of assistive software. This thesis focused on analyzing the functioning of the pregnancy rate, a quantitative indicator that has only recently come into use. The results obtained show a significant difference between the study software (Venotis ®) and the reference calculation. Some biases were noted in the way the algorithms worked, explained by particular cases that had not been anticipated, as well as by the existing boundary between the theoretical definition of a parameter and its formatted use within an algorithm. This work allows us to propose several methodological improvements for calculating pregnancy rate, but also for other reproduction statistics, in order to standardize results and improve accuracy.

Keywords: Reproduction, cattle, collective medicine, herd monitoring, pregnancy rate, algorithm, software, methodology