



HAL
open science

Développement d'une application d'enregistrement et de suivi des lésions podales chez les bovins pour le vétérinaire praticien

Estelle Gouache

► To cite this version:

Estelle Gouache. Développement d'une application d'enregistrement et de suivi des lésions podales chez les bovins pour le vétérinaire praticien. Médecine vétérinaire et santé animale. 2023. dumas-04498141

HAL Id: dumas-04498141

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04498141v1>

Submitted on 11 Mar 2024

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.

DEVELOPPEMENT D'UNE APPLICATION D'ENREGISTREMENT ET DE SUIVI DES LESIONS PODALES CHEZ LES BOVINS POUR LE VETERINAIRE PRATICIEN

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

GOUACHE Estelle, Nelly

Directeur de thèse : M. Fabien CORBIERE

JURY

PRESIDENT :

M. Laurent-Xavier NOUVEL

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :

M. Fabien CORBIERE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Mme Chloé SAADA

Ingénieure de recherche à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

**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**, *Zootechnie*
- 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*
M. **FERCHIOU Ahmed**, *Economie de santé des bovins*
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*
M. **FUSADE-BOYER Maxime**, *Microbiologie et infectiologie*
M. **GAIDE Nicolas**, *Anatomie pathologique*
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 Monsieur le Professeur Laurent-Xavier Nouvel,
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie de la reproduction,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,
Hommages respectueux.

A Monsieur le Professeur Fabien Corbières,
Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
Pathologie des ruminants,

Pour toute l'aide apportée dans la réalisation de ce travail,
Pour son encadrement et sa gentillesse,
Remerciements les plus sincères.

A Madame Chloé Saada,
Ingénieur de recherche à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
Gestion intégrée de la santé des ruminants,

Pour les discussions partagées et son aide précieuse,
Remerciements les plus sincères.

Table des matières

Remerciements.....	5
Table des matières.....	7
Introduction.....	10
1. Exemples d'applications existantes	15
1.1. Résumé de l'écosystème technique	15
1.1.1. Les plateformes	15
1.1.2. Les types de développement.....	15
1.2. Présentation des applications	17
1.2.1. Technologies utilisées.....	17
1.2.2. Interface utilisateur	19
1.2.3. Enregistrement des informations liées au pied et à la boiterie	20
1.2.4. Rapport de parage et analyse de données.....	22
1.3. Synthèse	24
2. Développement de l'application.....	26
2.1. Origine du projet	26
2.2. Choix techniques	27
2.3. Le modèle de données	28
2.4. Fonctionnement d'une base de données.....	33
2.5. Aspects biologiques.....	35
2.6. Le style graphique.....	42
2.7. L'ergonomie	43
2.8. Le déploiement.....	43
3. Fonctionnalités de l'application.....	44
3.1. Agenda.....	44
3.2. Création d'un élevage et création d'une visite.....	46
3.3. Visite	48
3.4. Rapport de visite	55
3.5. Fiches élevages et fiches animaux.....	57
3.6. La galerie photo	57
Discussion et perspectives.....	60
Conclusion	66
Glossaire	68
Références bibliographiques	69

Table des illustrations

Figure 1: schéma des zones du pied inspiré du Dairy Hoof Lesion Identification	11
Figure 2 : vue téléphone du module parage de VetIMPRESS.....	18
Figure 3 : vue téléphone du module parage de Venotis.....	18
Figure 4: interface du module parage de Venotis (format tablette)	19
Figure 5: interface du module parage de VetIMPRESS.....	20
Figure 6: schéma du pied du module parage de Venotis	21
Figure 7: table 1 des lésions du module de VetIMPRESS	22
Figure 8 : logique de fonctionnement de l'application.....	29
Figure 9 : modèle de données de l'application en date du 26 octobre 2023	30
Figure 10: exemple d'un modèle de donnée à deux tables.....	33
Figure 11: tables de données de l'exemple 1	33
Figure 12: exemple d'un modèle de donnée à trois tables	34
Figure 13: tables de données de l'exemple 2	34
Figure 14: Schéma du pied de l'application.....	35
Figure 15: grille de score de mobilité à 4 niveaux	41
Figure 16: agenda de l'application vue paysage.....	45
Figure 17: agenda et menu dépliant vue portrait	45
Figure 18: de la création d'élevage au lancement d'une visite.....	47
Figure 19 : écran de création d'un élevage (vue paysage)	47
Figure 20: création d'un animal lors d'une visite	48
Figure 21: présentation du premier et deuxième onglet de la visite (vue portrait).....	49
Figure 22: 3eme onglet de la visite et guide des lésions (vue portrait)	51
Figure 23: sélection d'une nouvelle lésion (vue portrait).....	52
Figure 24: attribution d'un traitement et « absence de lésion » pour le pied	53
Figure 25 : affichage vue portrait	54
Figure 26: génération du rapport de visite.....	55
Figure 27: personnalisation du rapport de visite	56
Figure 28: liste des élevages, animaux et fiche de l'animal.....	57
Figure 29: galerie photo de l'application	58
Figure 30 : outils de filtration de la galerie photo de l'application.....	59

Tableau 1: score de mobilité, échelle à 5 niveaux (Sprecher, Hostetler, Kaneene (1997)).....	12
Tableau 2: système d'enregistrement des lésions de dermatite digitale selon Dofner et al. (1997).....	13
Tableau 3: tableau comparatif des modules de Venotis et VetIMPRESS.....	25
Tableau 4: tableau présentant les intérêts du développement d'une application native.....	27
Tableau 5: table des lésions disponibles dans l'application	36
Tableau 6: table des descriptions des lésions et grades de l'application	38
Tableau 7: tableau des traitements disponibles dans l'application.....	42
Tableau 8 : table des icônes de l'application	46
Tableau 9: tableau comparatif des applications.....	62

Introduction

La boiterie peut être définie comme un trouble de la démarche, l'expression clinique d'une locomotion altérée (O'Callaghan 2002). Chez le bovin, la boiterie a une importance majeure en élevage avec une prévalence moyenne estimée de 5% à 48% selon le pays et le système d'élevage (Clarkson et al. 1996) (Becker et al. 2014a). Les lésions podales sont responsables de 92% des boiteries (Manske, Hultgren, Bergsten 2002).

Les boiteries et les lésions associées ont des impacts négatifs sur le bien-être et la productivité des bovins. Les lésions podales entraînent de l'inconfort, une augmentation du temps de repos, une modification du comportement alimentaire (Whay, Webster, Waterman-Pearson 2005). Les boiteries altèrent aussi la fertilité en entraînant une diminution de l'expression des chaleurs (Sood, Nanda 2006), une augmentation de la durée de l'anœstrus (Hultgren, Manske, Bergsten 2004), une augmentation de l'intervalle vêlage-vêlage (Hernandez, Shearer, Webb 2001). Elles sont aussi à l'origine d'une baisse de la production laitière (Archer, Green, Huxley 2010).

Par conséquent, les impacts économiques sont lourds avec des dépenses économiques directes (coûts vétérinaires, parage, traitements) et indirectes (réduction de la production laitière, altération des performances de reproduction, gain de poids plus faible, réforme précoce et interactions avec d'autres maladies, comme la cétose subclinique, la mammite, ou la métrite (Liang et al. 2017). Dans une récente étude par modélisation, les coûts d'une boiterie ont été estimés à $12,10 \pm 0,36$ € par semaine de boiterie par vache (Robcis et al. 2023).

Les lésions podales peuvent être séparées en deux grandes catégories : les lésions d'origine infectieuse et les lésions d'origine non infectieuse. Les lésions non infectieuses sont celles spécifiques à la boîte cornée. On peut citer les lésions de la sole, les bleimes et les ouvertures de la ligne blanche. Les lésions infectieuses sont les lésions de dermatite digitale, dermatite interdigitale, phlegmon interdigital. Certaines lésions non infectieuses peuvent toutefois se compliquer d'une infection d'origine bactérienne.

La physiopathologie de chacune des lésions explique leur répartition préférentielle sur certaines zones du pied. Pour décrire correctement dans quelle zone se trouve la lésion

observée, un schéma du pied découpé en zones a été construit. La nomenclature des zones du pied admise est celle issue de l’outil « Dairy Hoof Lesion Identification » décrit en figure 1.

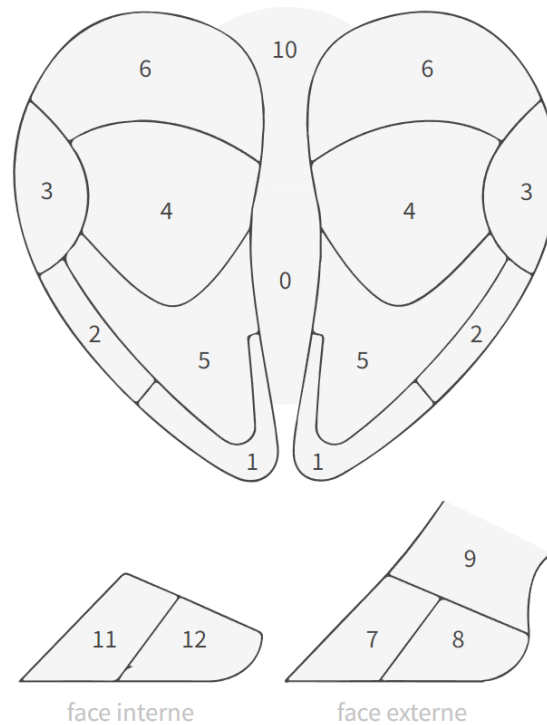


Figure 1: schéma des zones du pied inspiré du Dairy Hoof Lesion Identification

Une identification correcte des lésions de leur stade de gravité et leur localisation sont cruciales dans le suivi du troupeau, l'évaluation et la lutte contre les facteurs de risques.

Les facteurs de risque critiques pour chaque maladie de boiterie infectieuse et non infectieuse ont été bien décrits. La note d'état corporelle (Sadiq et al. 2021), la parité, le nombre de jours en lactation sont des facteurs de risque majeurs liés à l'animal (Oehm et al. 2019). Le logement est également d'une importance majeure, avec la nature du sol, le confort des logettes et la qualité de la litière (Becker et al. 2014b). Enfin les facteurs liés à l'alimentation (composition de la ration, apports en énergie, protéines, oligo-éléments et modalités de distribution) ne doivent pas être négligés.

Selon les éleveurs, un certain nombre de leviers d'actions pour lutter contre les boiteries, comme des actions immédiates telles que le parage curatif, la pose de talonnette, ou l'utilisation d'antibiotiques, existent. Des actions à long terme peuvent également être envisagées comme l'amélioration de la gestion du logement (revêtement de sol, paillage,

aménagement général), le travail sur la détection des vaches boiteuses le plus rapidement possible ou le parage préventif systématique (Sadiq et al. 2019).

L'évaluation, la surveillance et la maîtrise des boiteries ne peuvent pas se passer d'un bon enregistrement des données d'élevage. Un enregistrement souhaitable des données repose sur plusieurs points. Un premier point consiste en l'enregistrement régulier du score de locomotion en utilisant un système reconnaissable et répétable. Le second point repose sur l'enregistrement de l'examen de l'animal boiteux avec les informations relatives à l'identité, la date, le(s) pied(s) et l'onglon(s) affecté(s), la diagnose correcte de la lésion et le traitement réalisé. Un troisième consiste à enregistrer des données même lors de parage d'animaux non boiteux (Huxley et al. 2012).

De nombreuses façons de décrire la locomotion d'une vache existent. Les deux grilles de notation les plus utilisées sont celle décrite par Sprecher et al (1997) qui est une échelle à 5 niveaux (tableau 1) et celle à 4 niveaux décrite par Whay et al (1997). Cette dernière est acceptée comme standard industriel au Royaume Uni.

Tableau 1: score de mobilité, échelle à 5 niveaux (Sprecher, Hostetler, Kaneene 1997)

Score	Description
1	Se tient debout et marche en gardant le dos droit ; la démarche est normale.
2	Se tient debout, le dos plat mais arqué en marchant ; la démarche est normale.
3	Dos courbé lors de la marche et de la station debout ; la démarche est affectée
4	Dos plus courbé lors de la marche et de la station debout ; la démarche est très affectée
5	Inaptitude ou réticence extrême à poser son poids sur un ou plusieurs membres

La reconnaissance des lésions du pied nécessite de l'entraînement. Des atlas lésionnels ont été construits afin d'harmoniser la définition de chacune de ces lésions. On peut citer l'Atlas ICAR Santé des Onglons construit à l'échelle internationale et l'atlas publié par le Comité Technique Nationale sur les Boiteries des Bovins (CNTBB). Ce dernier propose également une échelle de gradation des lésions. La dermatite digitale est peut-être la lésion la plus importante à classer. La grille actuellement utilisée est celle avec 5 niveaux (Tableau 1) avec un score lésionnel noté M1, M2, M3, M4, M4.1 (Döpfer et al. 1997). Les lésions M4.1 sont

importantes à identifier car elles peuvent jouer un rôle dans le déclenchement de l'infection (Huxley et al. 2012).

Tableau 2: système d'enregistrement des lésions de dermatite digitale selon Dofter et al.,(1997)

M1	Taille < 2cm, érosion circonscrite rouge ou grise (kératolyse local d'origine bactérienne)
M2	Lésion aigue granulomateuse à ulcéralive
M3	Croûte cicatricielle
M4	Lésion chronique
M4.1	Lésion chronique avec une composante subaiguë

Une fois les informations correctement collectées au sein d'un élevage, un certain nombre de points ou d'indicateurs peuvent être relevés pour évaluer l'impact de la boiterie. On peut citer l'incidence ou la prévalence des boiteries, les lésions majoritaires, l'index de mobilité (nombre de vaches non boiteuses/nombre d'animaux) ou le score de boiterie (nombre de vaches boiteuses/nombre d'animaux). Il est important de regarder ces résultats sur plusieurs périodes de l'année et pour les différents groupes du troupeau. A l'échelle du score de boiterie ou à l'échelle de la lésion, il est intéressant de pouvoir étudier le nombre d'animaux nouvellement affectés, celui des animaux en cours d'amélioration, affectés chroniques ou guéris.

Ces dernières années, les outils informatiques ont pris une part importante dans l'enregistrement et le traitement des données d'élevage. Ces outils présentent un intérêt en médecine individuelle pour l'enregistrement de l'examen et l'historique de l'animal, ainsi qu'en médecine des populations pour l'uniformisation des saisies et l'analyse des résultats. Ils permettent également de générer rapidement des rapports de visite.

Il existe de nombreux outils sur le marché des logiciels dédiés aux professionnels de la santé en élevage. Parmi les outils proposant un volet boiterie, on peut citer VetIMPRESS, Venotis et Vetappli qui sont les plus développés pour la profession vétérinaire. Ces logiciels diffèrent selon le mode d'enregistrement des données, de contenu, de technologies utilisées et d'ergonomie. Chaque solution présente des avantages et des inconvénients mais aucune ne semble totalement satisfaisante.

A l'initiative d'un vétérinaire praticien nous avons saisi l'opportunité de pouvoir créer une application d'enregistrement et de suivi des lésions podales. Pour cela, nous nous sommes intéressés à différents modules existants afin de développer cette nouvelle application et de proposer grâce à la collaboration entre vétérinaires et architecte logiciel, un outil performant, ergonomique, le plus complet possible.

Dans une première partie nous allons comparer deux modules d'enregistrement des lésions du pied. Dans une seconde partie nous allons exposer les différentes étapes du développement de notre application. Dans une troisième partie, nous allons présenter ses fonctionnalités. Enfin, nous allons discuter des résultats obtenus.

1. Exemples d'applications existantes

De nombreux modules d'enregistrement et de suivi des lésions podales chez les bovins existent. Deux d'entre eux sont décrits dans cette partie du manuscrit pour illustrer les objectifs et fonctionnalités d'une application d'enregistrement et de suivi des lésions podales. Avant de les présenter, nous avons jugé nécessaire de discuter de l'écosystème technique des plateformes de développement afin de comprendre comment chacune de ces applications sont construites.

1.1. Résumé de l'écosystème technique

1.1.1. Les plateformes

Les développeurs de logiciels ont la possibilité de cibler différentes plateformes dont voici les 3 principales familles :

- Plateformes de Bureau

Les applications de bureau sont conçues pour fonctionner sur des ordinateurs personnels, tels que les systèmes d'exploitation Windows, MacOS et Linux.

- Plateformes Mobiles

Les applications mobiles sont conçues pour les smartphones et tablettes, principalement sur les systèmes d'exploitation Android (Google) et iOS (Apple).

- Plateformes Web

Les applications web sont accessibles via un navigateur web (Chrome, Firefox, Edge, Safari ...) et ne nécessitent pas d'installation. Elles sont accessibles à partir de tout appareil disposant d'une connexion Internet.

Le choix de la plateforme dépend du public cible, des objectifs du projet, des ressources disponibles, de la compatibilité matérielle et des exigences spécifiques de l'application.

1.1.2. Les types de développement

Il existe différentes façons de développer un logiciel. Chacune a ses propres avantages et inconvénients. Voici quelques-unes des alternatives possibles :

- Applications Natives

Les applications natives sont spécifiquement conçues pour une plateforme (comme iOS, Android, Windows, MacOS) en utilisant les langages et les outils de développement propres à cette plateforme.

- Applications Web

Les applications web sont accessibles via un navigateur web et ne nécessitent pas d'installation sur l'appareil de l'utilisateur.

Elles sont multiplateformes, ce qui signifie qu'elles fonctionnent sur différents systèmes d'exploitation sans nécessiter de développement spécifique.

Les mises à jour sont généralement plus faciles à déployer, car elles sont centralisées sur un serveur.

En contrepartie, elles nécessitent un serveur ainsi qu'une adresse web spécifique. Cela engendre des frais associés à la maintenance de ce serveur.

Il est techniquement plus complexe de faire un style graphique adaptatif en technologie web que sur une application native.

- Applications Hybrides

Les applications hybrides combinent des éléments d'applications web et natives. Elles sont généralement développées en utilisant des technologies web (HTML, CSS, JavaScript) et sont encapsulées dans un conteneur natif.

Elles offrent une certaine portabilité entre les plateformes tout en ayant accès à certaines fonctionnalités natives.

Le développement peut être plus rapide que pour des applications natives pures.

- Progressive Web Apps (PWA)

Les PWA sont des applications web qui peuvent être installées sur l'écran d'accueil d'un appareil, ce qui leur donne un accès rapide et une apparence semblable à celle des applications natives.

Elles peuvent fonctionner hors ligne, utiliser les notifications de l'appareil et offrir des possibilités d'interactions similaires à celle des applications natives.

En contrepartie, leur rendu est nettement plus lent que les applications natives.

- Applications Cross-Platform

Ces applications sont développées à l'aide de cadres de développement cross-platform tels que React Native (pour JavaScript), Flutter (pour Dart), Xamarin (pour C#), etc.

Elles permettent de créer une seule base de code pour plusieurs plateformes tout en offrant un aspect et des performances proches de celles des applications natives.

Le développement cross-platform peut réduire les coûts et le temps de développement par rapport aux applications natives distinctes pour chaque plateforme.

Cependant, il est presque toujours nécessaire de faire des parties spécifiques à chaque plateforme ce qui complique le code partagé.

1.2. Présentation des applications

Venotis est la plateforme de gestion du Laboratoire MSD Santé Animale. La commercialisation et la maintenance de l'outil sont gérées par la société informatique OPTAVIS. L'outil Venotis permet de récupérer les données d'élevage, grâce au consentement de l'éleveur. Ces données permettent l'utilisation des différents modules de la plateforme dont le module parage.

VetIMPRESS est la plateforme de gestion des données développées par Farmvet Systems Ltd. En 2018, Farmvet Systems Ltd a signé un partenariat avec Vetoquinol qui distribue la plateforme. La plateforme VetIMPRESS centralise de nombreuses sources de données, les met à disposition des vétérinaires et des éleveurs et est capable de gérer des données présentes dans des bases de données externes. Il s'agit d'une solution globale avec l'utilisation de diverses fonctionnalités dont un module parage.

1.2.1. Technologies utilisées

- Venotis

Le module parage de Venotis est accessible via un navigateur, il s'agit d'une application web. Le caractère adaptatif de l'application a ses limites pour les formats d'écrans les plus petits, notamment les téléphones portables (figure 3).

Lorsque le module est ouvert en format téléphone, il faut glisser sur les côtés pour avoir accès à l'intégralité des fonctionnalités de l'interface.

- VetIMPRESS

Le module parage de VetIMPRESS est accessible en téléchargeant l'application MyVetImpress. Compte-tenu du rendu visuel de l'application sur les différentes tailles d'écran (figure 2) et de ses performances, MyVetIMPRESS est probablement une progressive web app. Le module parage ne peut pas être ouvert sur un téléphone portable.

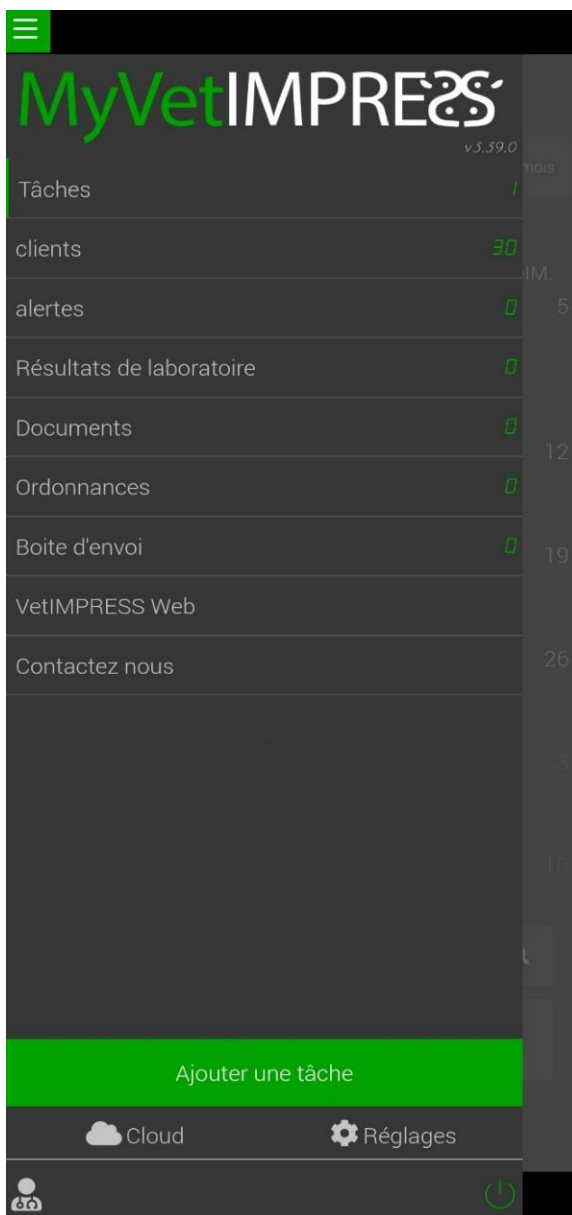


Figure 2: aspect de l'application téléphone de VetIMPRESS



Figure 3 : vue téléphone du module parage de Venotis

1.2.2. Interface utilisateur

Les deux modules ont fait des choix qui leur sont propres en termes d'interface utilisateur.

- Venotis

L'interface utilisateur de module parage de Venotis est assez sommaire (figure 4). L'interface ne permet pas une bonne adaptation sur les écrans de petite taille (téléphone portable).

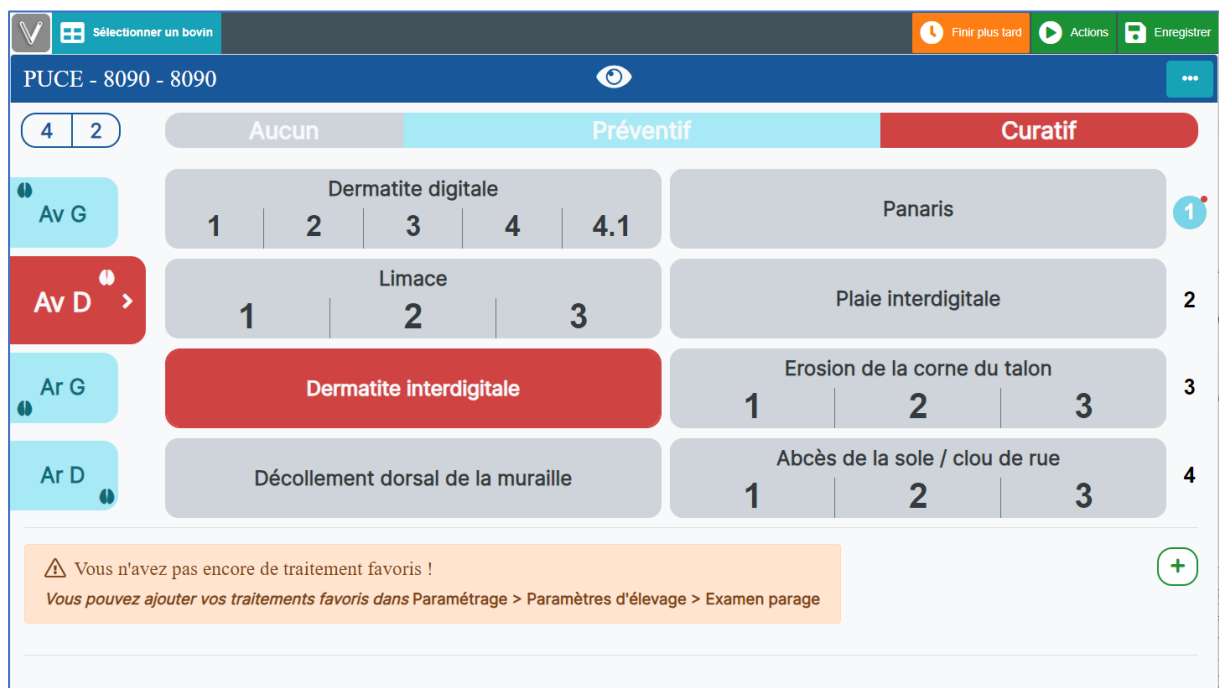


Figure 4: interface du module parage de Venotis (format tablette)

De cette interface, on a accès aux informations suivantes : nom et numéro de travail de l'animal, le parage de 2 ou 4 pieds, le type de parage (« aucun », « préventif », « curatif »), les différents pieds, les lésions. Certaines actions sont disponibles en cliquant sur certains boutons comme l'accès à l'historique de l'animal, la possibilité de revoir l'animal la fois suivante ou l'attribution des traitements. Il est possible de paramétrer une liste de traitements favoris pour chaque lésion. Les lésions du pied sont étendues sur quatre écrans différents.

- VetIMPRESS

L'interface utilisateur de VetIMPRESS (figure 5) est différente de celle de Venotis mais les informations disponibles sont globalement similaires. L'historique de l'animal est

accessible. Il est possible de renseigner s'il s'agit d'un parage préventif ou curatif. Pour le parage préventif, on peut directement renseigner si les quatre pieds ont été parés en cliquant sur « quatre », les membres antérieurs en cliquant sur « avants » ou les deux postérieurs en cliquant sur « dos ». On peut avoir accès à la liste des animaux parés au cours de la visite, indiquer si on veut revoir l'animal et dans combien de semaines, associer un commentaire à un animal et attribuer un score de mobilité. L'interface se structure en une succession de blocs dépliant pour passer du schéma de sélection du pied, aux lésions, aux traitements, aux commentaires, et au score de mobilité. Il est possible d'attribuer un mode « claire » à l'application afin de faciliter la lecture.

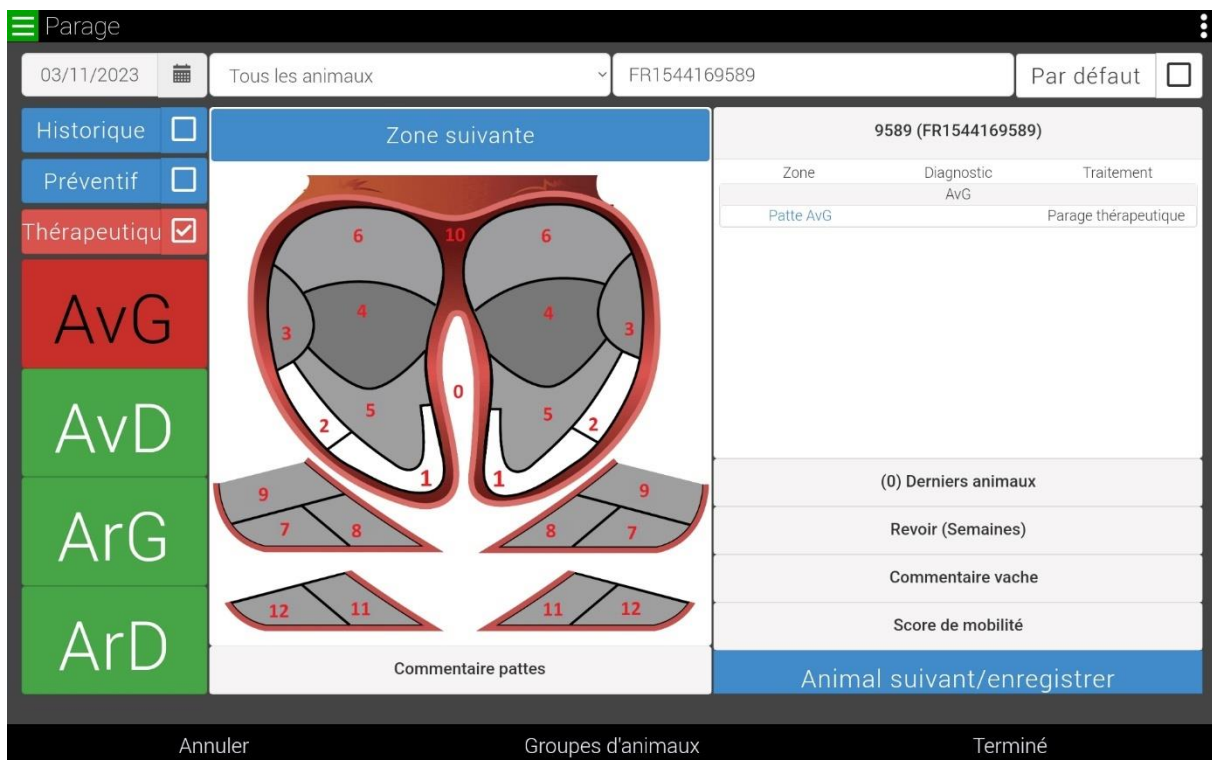


Figure 5: interface du module parage de VetIMPRESS

1.2.3. Enregistrement des informations liées au pied et à la boiterie

- Venotis

Dans le module de Venotis, il n'est pas possible de renseigner le score de mobilité de l'animal. Le pied est assigné en parage préventif par défaut. Une fois une lésion renseignée, le type de parage du pied devient « curatif ». Les lésions disponibles ainsi que les grades associés correspondent aux lésions et grades de l'Atlas CTNBB. Le schéma d'enregistrement lésionnel

est le suivant : pied puis lésion (+/- grade) puis +/- zone. Il n'est pas possible d'avoir accès à un schéma du pied pour sélectionner une zone ou plusieurs zones pour la lésion de dermatite digitale (Figure 6). Pour les lésions de dermatite interdigitale, plaie interdigitale et limace, aucune information de zone n'est sélectionnable. Pour toutes les autres lésions, seul un indicateur de l'onglon sur lequel la lésion est observée (« externe, interne, les deux ») est disponible.

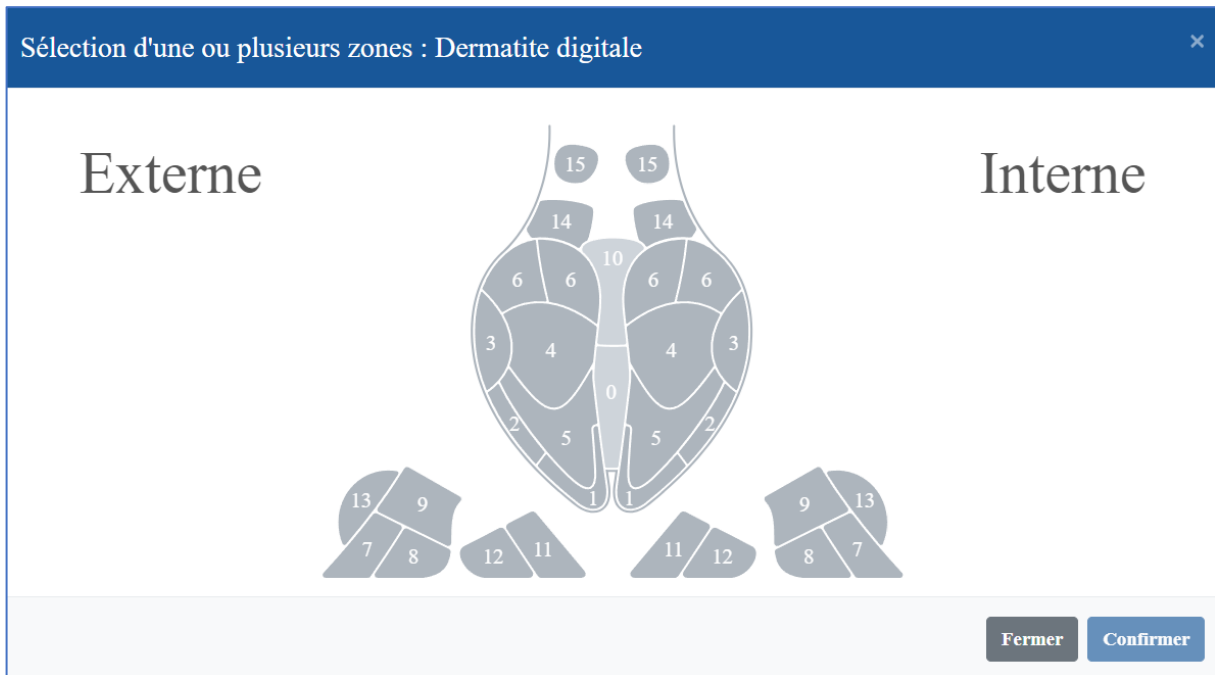


Figure 6: schéma du pied du module parage de Venotis

- VetIMPRESS

Il est possible de renseigner le score de mobilité dans le module de VetIMPRESS. Le score proposé est la grille à 5 niveaux.

Dans le module de VetIMPRESS, la logique d'interaction commence par le choix d'une zone sur le pied (figure 5). Le schéma du pied ne représente pas les onglons. Après avoir renseigné une zone, on peut choisir une lésion pour cette zone. La liste des lésions est accessible sur deux blocs dépliant différents (Figure 7). Les lésions disponibles ne correspondent à aucune liste officielle de lésions. Une fois la lésion sélectionnée, il est possible de choisir un score pour cette lésion. Dans VetIMPRESS, le score est le même pour toutes les lésions et correspond à une échelle de 1 à 4.

Figure 7: table 1 des lésions du module de VetIMPRESS

1.2.4. Rapport de parage et analyse de données

- Venotis

Venotis propose un rapport de visite à envoyer en format PDF à l'éleveur. Ce rapport présente :

- Un tableau récapitulatif des lésions avec le nombre de bovins et le nombre de pieds concernés pour chaque lésion.
- Un tableau récapitulatif global de tout ce qui a été fait pour chaque animal. Des informations relatives au stade de lactation sont aussi rapportées.
- La liste des bovins à voir pour la prochaine visite
- Les animaux qui étaient prévus mais non vus
- La synthèse des actes avec le nombre de pieds parés, le type de parage, le nombre de pansements et talonnettes.
- Le nombre de bovins par pieds parés
- La synthèse des traitements
- Un tableau récapitulatif des traitements par animal

- Un graphique présentant le pourcentage de pieds parés par mois et par type de parage (curatif et préventif).
- Un histogramme représentant le pourcentage de vaches en lactation par type de lésions par mois
- Un histogramme représentant le pourcentage de vaches en lactation par type de lésions par an.
- Un histogramme représentant le pourcentage de vaches en lactation ayant des lésions de la corne ou de la peau ou autre par an.
- Un graphique représentant le pourcentage de vaches en lactation ayant chaque lésion par jour post-partum.
- Un graphique représentant le pourcentage de vaches en lactation ayant chaque lésion en fonction du rang de lactation.

Le rapport présente beaucoup d'éléments avec la proposition de tableaux qui peuvent être redondants. La proposition de graphiques est un avantage visuel.

- VetIMPRESS

VetIMPRESS propose également un rapport de parage en format PDF à envoyer à l'éleveur. Celui-ci propose :

- Des indicateurs du nombre d'animaux parés, du nombre de pieds enregistrés, du nombre de pieds en parage préventif et curatif.
- Un tableau représentant le total du nombre de pieds en fonction du type de traitement
- Un tableau représentant le nombre de pieds en fonction du score lésionnel et de chaque lésion.
- Deux tableaux récapitulatifs généraux représentant le score lésionnel pour chaque lésion et chaque vache mais de forme différente.
- La liste des vaches ayant un pansement à retirer dans les 48h
- La liste des vaches notées à revoir avec le délai précisé

Le rapport de VetIMPRESS est plus court que celui proposé par Venotis mais certains tableaux sont illisibles pour le lecteur.

1.3. Synthèse

Les modules parage de Venotis et de VetIMPRESS présentent des disparités en termes de technologies utilisées. L'application web de Venotis est accessible depuis tout appareil connecté et permet son utilisation sur téléphone, tablette et ordinateur. Peu séduisante, l'application présente également des limites d'adaptabilité et de lisibilité sur les écrans de petite taille. L'application de VetIMPRESS est sûrement une ProgressiveWebApp ce qui a l'avantage d'être accessible sans passer par un serveur. Cependant le module parage de l'application n'est disponible qu'en format tablette. Contrairement à Venotis, il est possible de choisir un thème clair ou sombre sur l'application de VetIMPRESS. Venotis et VetIMPRESS possèdent tous deux une connexion serveur avec l'accès à des services externes tel que les registres d'élevage.

Le but des deux applications est de pouvoir enregistrer les lésions du pied chez le bovin mais chacune a choisi une logique de sélection propre. Venotis propose le choix d'un pied puis d'une lésion et son grade, puis d'une zone qui est plus ou moins précise suivant la lésion sélectionnée. Le degré de précision est élevé pour la dermatite digitale mais imprécis pour toutes les autres lésions pour lesquelles seule la possibilité de renseigner l'onglon affecté est la lésion est possible. Pour VetIMPRESS, la sélection commence par le choix de la zone du pied puis la lésion et son grade. Les lésions et leurs stades de gravité ne sont pas identiques dans les deux applications. Tandis que Venotis a choisi de reprendre les lésions dans l'atlas CTNBB, VetIMPRESS donne une liste de lésions dont certaines sont « non officielles ». Pour Venotis, le score de gravité pour chaque lésion est adapté à chaque lésion en se basant sur l'atlas CTNBB, tandis que pour VetIMPRESS, ce score est de 1 à 4 pour l'ensemble des lésions y compris pour la dermatite digitale. Seul VetIMPRESS donne la possibilité de renseigner le score de mobilité dans le module parage avec une grille à 5 niveaux.

Les deux applications permettent la génération d'un rapport à l'éleveur avec un choix de contenu propre à chaque module. Le rapport de Venotis propose une analyse plus poussée.

Globalement l'ergonomie et le style graphique de ces deux modules pourraient être optimisés. Chaque solution propose une logique propre et présente des avantages et inconvénients en termes d'enregistrement des lésions podales et d'information sur la boiterie. On peut synthétiser ces informations dans le tableau suivant :

Tableau 3: tableau comparatif des modules de Venotis et VetIMPRESS

	VetIMPRESS	Venotis
Style graphique	+/-	-
Ergonomie	-	-
Connexion serveur	+	+
Connexion services externes	+	+
Logique d'interaction	Zone / lésion / grade	Lésion/ grade / + ou - zone
Score de mobilité	Grille à 5 niveaux	-
Parage curatif/ préventif	+	+
Lésions disponibles	??	CTNBB
Grade lésionnel	Grille à 4 niveaux	CTNBB
Rapport à l'éleveur	+	+
Analyse de données	+/-	+

2. Développement de l'application

Le développement de notre application s'est fait de manière séquentielle avec des choix en termes de technologie utilisée, de construction du modèle de données, de recherche des informations liées à la santé du pied du bovin, de choix du contenu, d'ergonomie. Ce développement a fait l'objet de plusieurs phases de test et de déploiement auprès d'utilisateurs expérimentés.

2.1. Origine du projet

Les premières réflexions sur la création de l'application ont émergé en mars 2023 à la suite d'une demande du Dr. Nicolas Herman, vétérinaire à Riom-es-Montagnes. Il souhaitait une nouvelle application d'enregistrement des lésions podales et d'analyse des données. Le cahier des charges était le suivant :

- Outil performant
- Outil ergonomique
- Renseigner le score de mobilité
- Enregistrer les lésions au plus juste
- Rajout des ergots sur le schéma du pied
- Rajouter « absence de lésion » dans la liste des lésions
- Lésions et grades cohérents avec les consensus d'expert (Atlas ICAR et CTNBB)
- Faciliter le suivi des animaux
- Génération d'un rapport pour l'éleveur
- Analyse des données d'élevage (importance +++)
- Rapidité dans la réponse aux suggestions

Pierre Bony, architecte logiciel et moi-même avons décidé de relever le défi. Le travail a été réalisé en collaboration avec les docteurs vétérinaires Nicolas Herman, Florent Perrot, Geroges Hanna et toutes les personnes qui ont par la suite accepté de tester l'application.

2.2. Choix techniques

- Choix de la plateforme

La construction d'une application sur plateforme mobile a été choisi dans un premier temps.

- Choix du type de développement

Le développement d'une application native a été décidé car il présente des avantages par rapport aux applications web ou hybrides :

Tableau 4: tableau présentant les intérêts du développement d'une application native

Optimisation des performances	Les applications natives sont conçues pour une plateforme particulière (comme iOS ou Android), ce qui signifie qu'elles peuvent exploiter pleinement les fonctionnalités matérielles et logicielles de cette plateforme. Être plus réactive et rapide que les applications web ou hybrides.
Accès aux fonctionnalités périphériques	Les applications natives ont un accès complet aux fonctionnalités du périphérique, telles que l'appareil photo, le GPS...
Interface utilisateur native	Les applications natives peuvent offrir une expérience utilisateur parfaitement adaptée à la plateforme. Elles peuvent utiliser les composants et les éléments de l'interface utilisateur permettant une adaptation aux différentes tailles d'écrans, choix de thèmes (sombre/clair) et orientations.
Performances hors ligne	Certaines applications natives peuvent fonctionner partiellement ou entièrement hors ligne, ce qui est essentiel pour les utilisateurs dans des environnements à connectivité limitée. Les applications web, elles, nécessitent généralement une connexion constante à Internet.
Intégration avec le système d'exploitation Android	Les applications natives peuvent tirer parti des fonctionnalités intégrées du système d'exploitation, telles que les services de partage, l'intégration des messageries, des e-mails, etc.

Distribution sur les app stores	Les applications natives peuvent être facilement distribuées via les app stores (Google Play Store), ce qui permet aux utilisateurs de les trouver, de les installer et de les mettre à jour facilement.
---------------------------------	--

- Langage de programmation

L'application est développée dans le langage de programmation Kotlin. Kotlin est un langage de programmation polyvalent, moderne (2011) et statiquement typé développé par JetBrains. Il est conçu pour être entièrement compatible avec Java. Kotlin est apprécié pour sa concision, sa sécurité, la réduction de la probabilité d'erreurs courantes (non-nullabilité). Il est couramment utilisé pour le développement d'applications Android, mais peut l'être également pour le développement de logiciels sur diverses plateformes.

L' environnement de développement (Framework) utilisé est le tout nouvel environnement de Google, JetpackCompose (2021) permettant d' appliquer des principes de développement reconnus.

- Le code source

Le code source de l'application est hébergé sur le service en ligne de l'entreprise GitHub (possédé par Microsoft). La visibilité du code est réservée aux contributeurs validés par les concepteurs de l'application.

2.3. Le modèle de données

- Définitions

Pour comprendre la construction d'un modèle de données il faut comprendre la notion de modèle de données et d'identifiant. Ces notions sont définies ci-dessous.

Modèle de données : un modèle de données est une représentation abstraite et structurée de l'organisation des données au sein d'une base de données. Il définit la manière dont les données sont structurées, stockées, interconnectées et utilisées dans un système informatique. Un modèle de base joue un rôle essentiel dans la conception, le développement et la gestion de la complexité des données.

Identifiant ou « ID » : dans le contexte d'un modèle de données, l'identifiant ou "ID", est un concept qui permet de distinguer de manière unique chaque entité au sein de la base de données. L'ID est généralement un nombre ou une chaîne de caractères unique. Les identifiants sont utilisés pour établir des liens et des relations entre différentes tables de la base de données.

- Construction du modèle

L'enjeu était de créer dès le départ un modèle simple, logique, réduisant au maximum les redondances. Pour cela il a fallu commencer par identifier les différents éléments à intégrer. La réflexion s'est portée sur la logique de fonctionnement d'un élevage, d'une visite en élevage, de l'examen de l'animal et de son pied à un instant t. La figure 8 schématise les premières réflexions sur la logique de l'application.

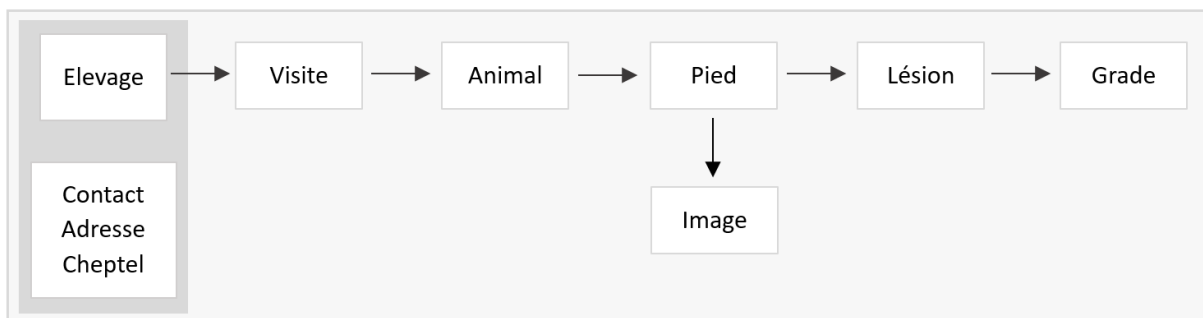


Figure 8 : logique de fonctionnement de l'application

Une fois la logique définie, il a fallu construire le modèle de données en définissant les liens entre les différents éléments ainsi que les informations à renseigner pour chacun.

Le modèle doit être le plus pertinent possible avant le début du développement car toute modification ultérieure de la base de données aura des coûts en termes de performance.

Quelques modifications mineures ont été nécessaires au cours du développement de l'application pour arriver au modèle de données (en date du 26 octobre 2023) de l'application (figure 9).



Figure 9 : modèle de données de l'application en date du 26 octobre 2023

- Présentation du modèle de données de l'application

Le modèle de données se compose de 12 tables de données (élevages, contacts, animaux, adresses, visites, animaux temporalisés, pied, photo du pied, traitement, lésion, paramètres, rapports) organisées jusqu'à 5 niveaux de profondeur.

L'origine du modèle de données est l'Elevage.

La table « Elevage » est définie par 4 champs (ou colonnes de la table) : un identifiant qui lui est propre (ID), un nom, un numéro EDE, une couleur. La table « Elevages » est connectée aux tables Visites, Adresses, Animaux, et Contacts par une relation 1 ← 0...n (contact / animal / adresse/ visite). Cela signifie que pour chaque élevage , il existe de 0 à n contacts/animaux/adresses/visites mais que chaque contact/animal/adresse/visite n'est rattaché qu'à un seul élevage.

La table « Contacts » est définie par 7 champs : un identifiant propre au contact, l'identifiant de l'élevage auquel il est rattaché, prénom, nom, numéro de téléphone, adresse électronique, commentaire libre (par exemple « salarié »).

La table « Animaux » est définie par 10 champs : un identifiant propre à l'animal, l'identifiant de l'élevage, un code pays, un numéro à 6 chiffres, un numéro de travail à 4 chiffres, un sexe, un type racial, une date de naissance, un nom, une information sur la provenance (création de l'animal à la main depuis l'application ou issu des passerelles de registre d'élevage).

La table « Adresses » est définie par 9 champs : un identifiant propre à l'adresse, l'identifiant de l'élevage, la latitude, la longitude, la rue , la ville, le code postal, un commentaire, un nom.

La table « Visites » est définie par 8 champs : un identifiant propre à la visite, l'identifiant de l'élevage, l'identifiant de l'adresse à laquelle peut être rattaché la visite, le type de visite (ex : parage), l'heure de début, l'heure de fin, la date, un commentaire libre (ex : emmener la commande de l'éleveur au passage »). La table « Visites » est connectée à la table « Adresses » par une relation 0..1 ← 0..n c'est-à-dire qu'il peut y avoir entre 0 et n visites pour une adresse donnée mais que chaque visite ne peut être affiliée qu'à 0 ou 1 adresse.

La notion d'animal temporalisé représente l'animal à l'instant t d'une visite. Cette notion a été introduite pour gérer la notion d'historique d'un animal. La table « Animaux temporalisés » est définie par 5 champs : l'identifiant de l'animal temporalisé, l'identifiant de l'animal auquel il se réfère, l'identifiant de la visite auquel il se réfère, le score de mobilité, un commentaire. La table « Visites » et la table « Animaux » sont connectées à la table « Animaux temporalisés » par une relation 1 ← 0...n c'est-à-dire qu'il peut y avoir de 0 à n animaux temporalisés au cours d'une visite ou pour un animal mais qu'un animal temporalisé ne fait référence qu'à un seul animal lors d'une seule visite.

La table « Pieds » est définie par 4 champs : l'identifiant du pied, l'identifiant de l'animal temporalisé auquel il se réfère, le type de pied (ArG / ArD / AvG / AvD), et l'absence de lésion. La table « Animaux temporalisés » est lié à la table « Pieds » par une relation 1 ← 0...n où n est égal à 4 ici. Autrement dit, il existe entre 0 et 4 pieds (soit 0 à 4 lignes de la table « Pieds ») pour un animal temporalisé mais que chaque pied n'est rattaché qu'à un seul animal.

La table « Photos » est définie par 3 champs : l'identifiant de la photo, l'identifiant du pied auquel elle se réfère, l'URI de la photo (*Identifiant uniforme de ressource* soit le « chemin » permettant de requêter la photo). La table « Animal temporalisé » et la table « Pieds » sont connectés par une relation 1 ← 0...n

La table « Traitements » est définie par 3 champs : l'identifiant du traitement, l'identifiant du pied auquel il se réfère, le type de traitement. La table « Animal temporalisé » et la table « Traitements » sont connectés par une relation 1 ← 0...n

La table « Lésions » est définie par 5 champs : l'identifiant de la lésion, l'identifiant du pied auquel elle se réfère, le type de lésion, le score de gravité, la zone du pied. La table « Animal temporalisé » et la table « Lésions » sont connectés par une relation 1 ← 0...n

Les tables « Paramètres » et « Modèles de rapport » sont définies par 3 champs qui ne seront pas développés dans ce manuscrit. Elles sont indépendantes des autres tables.

2.4. Fonctionnement d'une base de données

Il faut imaginer que l'ensemble des données est organisé dans des tables composées de lignes et de colonnes (ou champs) et qu'il faut des clés pour lier les différentes tables.

Pour cela il faut définir deux types de clés, les clés primaires et les clés étrangères (foreign key en anglais). Ces clés se matérialisent par une colonne dans la table. La clé primaire est la clé propre à une table et une clé étrangère fait référence à la clé primaire d'une autre table. Ce sont les identifiants qui vont être l'objet de ces clés.

Exemple 1 : Cas d'un modèle composé de deux tables

On définit une table « Elevages » et une table « Animaux ».

Le modèle de données est le suivant : la table « Elevages » est la table « parent » et la table « Animaux » est la table « enfant ». Les deux tables sont liées par une relation 1 ← 0..n

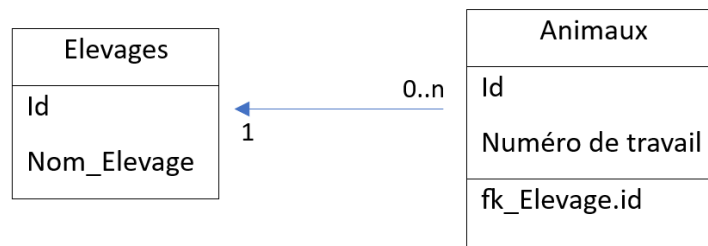


Figure 10: exemple d'un modèle de donnée à deux tables

La clé primaire est la colonne « id » de la table « Elevages ». Dans la table « Animaux », la clé étrangère qui fait référence à la clé primaire « id » de la table « Elevages » est la colonne « fk_Elevage.id ».

Si on rentre les données suivantes dans nos tables :

	Nom_Elevage	Id		Numéro travail	Id	Fk_Elevage.id
Elevage	GAEC TEST 1	1	Animal	0001	10	1
Elevage	GAEC TEST 2	2	Animal	0002	11	1
Elevage	GAEC TEST 3	3	Animal	0003	12	2

Figure 11: tables de données de l'exemple 1

Exemple 2 : Cas d'un modèle composé de trois tables

On définit les tables « Elevages », « Animaux » et « Pied »

Voici le modèle de base :

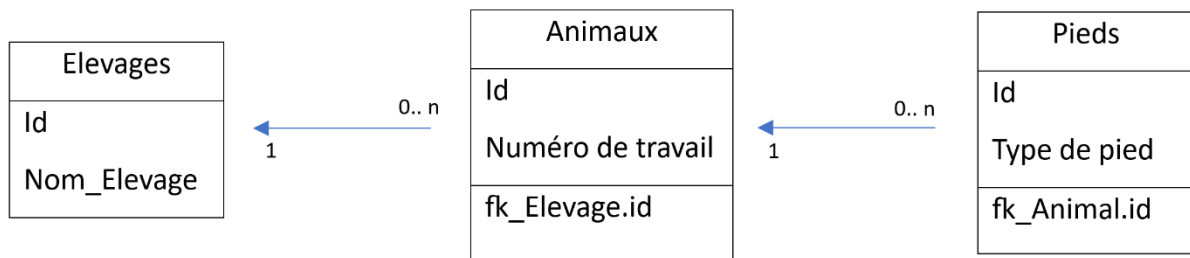


Figure 12: exemple d'un modèle de donnée à trois tables

La clé primaire de la table « Elevages » est la colonne « id » de la table « Elevages ». Dans la table « Animaux », la clé étrangère qui fait référence à la clé primaire « id » de la table « Elevages » est la colonne « fk_Elevage.id ». La clé primaire de la table « Animaux » est la colonne « id » de la table « Animaux ». Dans la table « Pieds », la clé étrangère qui fait référence à la clé primaire « id » de la table « Animaux » est la colonne « fk_Animaux.id ».

On rentre les données suivantes dans les tables :

	Nom_Elevage	Id
Elevage	GAEC TEST 1	1
Elevage	GAEC TEST 2	2
Elevage	GAEC TEST 3	3

	Numéro travail	Id	Fk_Elevage.id
Animal	0001	10	1
Animal	0002	11	1
Animal	0003	12	2

	Type de pied	Id	Fk_Animal.id
Pied	ArG	20	10
Pied	ArD	21	10
Pied	AvG	22	10
Pied	AvD	23	10
Pied	ArG	24	11
Pied	ArD	25	11

Figure 13: tables de données de l'exemple 2

Un modèle profond permet d'éviter la redondance de données et d'effectuer des requêtes précises. En contrepartie, ces requêtes sont susceptibles de prendre plus de temps pour « joindre » les tables.

2.5. Aspects biologiques

- Le pied

Pour construire le contenu de l'application, il a fallu se renseigner sur les normes et consensus propres à la santé du pied. Il était important de choisir une base standardisée pour une meilleure harmonisation dans l'identification des lésions du pied. Le pied de l'application s'inspire de celui de l'outil « Dairy Hoof Lesion Identification » qui est celui admis par l'ensemble de la communauté.

A partir de cette base, les onglons ont été rajoutés à la suite de l'observation de cas de dermatite digitale sur cette zone du pied. Le pied et les chiffres ont été dessinés en format SVG sur la plateforme svgpathEditor.

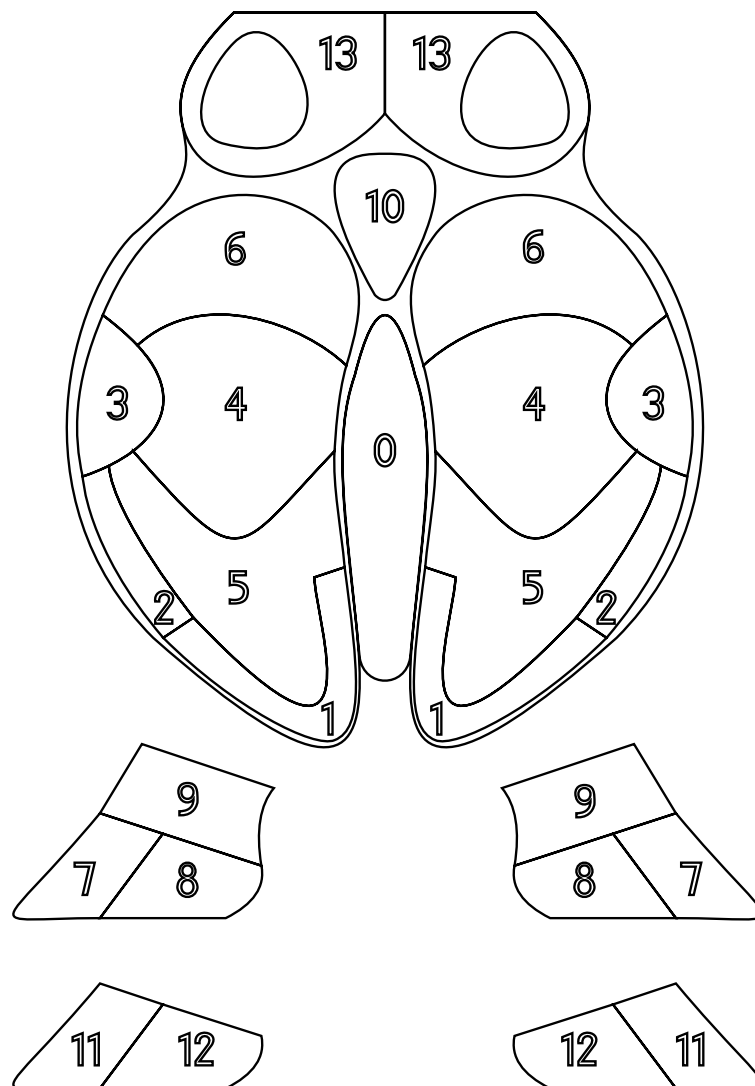


Figure 14: Schéma du pied de l'application

- Les lésions et leur stade de gravité

Dans un souci d'harmonisation, les lésions du pied disponibles dans l'application ainsi que leur stade de gravité ont été choisis à partir de celles de l'atlas ICAR et de l'atlas des lésions podales des bovins, publié par le Comité technique national des boiteries des bovins. La liste des lésions proposées dans l'application, les zones du pied pour chacune, et leurs stades de gravité sont présentés ci-dessous.

Tableau 5: table des lésions disponibles dans l'application

Lésion	Abréviation	Zones du pied	Grades
Onglons asymétriques	OA	Toutes sauf 0, 9, 10,13	1
Concavité de la muraille dorsale	CC	7,8 11,12	3
Rotation de l'onglon	ROT	Toutes sauf 0, 9, 10,13	3
Dermatite digitale	DD	Toutes	M0 - M1 - M2 -M3 - M4 - M4.1
Dermatite interdigitale	DI	0, 10	1
Plaie interdigitale	PI	0, 10	1
Dédoublement de la sole	DS	4,5	1
Erosion de la corne du talon	ET	6	3
Seime longitudinale interne	SLI	11, 12	3 + N (Nécrose)
Seime longitudinale externe	SLE	7,8	3 + N (Nécrose)
Seime cerclée	SC	7, 8, 11, 12	3
Limace	Li	0, 10	3
Panaris	PA	0, 9, 10, 13	1

Onglons en ciseaux	OC	1, 2, 5, 7, 11	1
Bleime diffuse	BD	4, 5, 6	3
Bleime circonscrite	BC	4	3
Bleime en ligne blanche	BLB	1, 2, 3	3
Enflure	EC	0, 6, 9, 10, 13	1
Ulcère de la sole	US	4	3 + N (Nécrose)
Ulcère du bulbe	UB	6	1
Nécrose en pince	NP	1, 2, 5, 7, 11	3
Sole fine	SF	4, 5	1
Ouverture de la ligne blanche	OLB	1, 2, 3	3 + N (Nécrose)
Abcès de la sole	ABS	1, 2, 3, 4, 5, 6	3
Décollement dorsal de la muraille	DDM	7, 9	3

Des interprétations personnelles ont été nécessaires pour l'attribution des zones du pied pour certaines lésions comme : onglons asymétriques, onglons en ciseaux, rotation de l'onglon, enflure de la couronne et/du talon, décollement dorsal de la muraille. A la demande du Dr Nicolas Herman, le stade MO a été rajouté pour le suivi de la dermatite digitale afin d'avoir un moyen de notifier si une lésion de dermatite digitale est considérée comme « guérie ».

- Aspects pédagogiques

Plusieurs choix ont été faits dans l'application dans le but d'identifier les lésions au plus juste. Un outil de sélection guidée a été incrémenté. Après la sélection d'une zone du pied, seules les lésions possibles (détaillées dans le tableau ci-dessus) sont sélectionnables.

Par ailleurs un petit guide de description des lésions, de leur grade ainsi que des photos pour chaque grade est disponible dans l'application. L'objectif était de pouvoir aider à l'identification des lésions en décrivant succinctement les lésions et leur grade à partir des définitions de l'atlas ICAR et de l'atlas des lésions podales des bovins, publié par le Comité technique national des boiteries des bovins. Les photos présentes dans l'application ont été prises lors de session de parage dans la clientèle de la Clinique vétérinaire des Mazets de Riom es Montagnes et la Clinique vétérinaire de la Haute Auvergne à Saint Flour.

Le tableau des descriptions présentes dans le guide de l'application est présenté ci-dessous :

Tableau 6: table des descriptions des lésions et grades de l'application

Lésion	Description	Grade	Description
Onglons asymétriques	Différence de taille entre l'onglon interne et externe qui ne peut pas être équilibrée par le parage.	1	
Concavité de la muraille dorsale	Déformation concave de la muraille dorsale.	1	Léger
		2	Modéré
		3	Sévère
Rotation de l'onglon	Rotation interne de l'onglon par rapport à l'axe du membre.	1	Léger
		2	Modéré
		3	Sévère
Dermatite digitale	Infection de la peau avec une érosion ou ulcération souvent douloureuse. Une lésion hyperkératosique ou proliférative est observable pour les stades chroniques.	M 0	Absence de lésion
		M 1	Lésion circonscrite < 2 cm
		M 2	Lésion ulcérateuse rouge vif douloureuse > 2cm
		M 3	Lésion non douloureuse, en voie de guérison. Une croûte peut être présente.
		M 4	Lésion chronique, circonscrite, non douloureuse, peau épaissie
		M 4.1	Lésion chronique M4 avec une M1 dessus
Dermatite interdigitale	Toute érosion superficielle de la peau interdigitale qui n'est pas de la dermatite digitale.	1	
Plaie interdigitale	Plaie cutanée interdigitale	1	

Dédoubllement de la sole	Division de la corne de la sole en plusieurs couches.	1	
Erosion de la corne du talon	Erosion de la corne du talon formant un sillon en forme de V.	1	V superficiel non profond
		2	V marqué peu profond
		3	V très marqué profond
Seime longitudinale interne	Fissure verticale de la muraille interne.	1	Atteinte de la corne seule
		2	Atteinte de la couronne
		3	Atteinte de la couronne avec chéloïde (pododerme sortant de la seime)
		N	Nécrose
Seime longitudinale externe	Fissure verticale de la muraille externe.	1	Atteinte de la corne seule
		2	Atteinte de la couronne
		3	Atteinte de la couronne avec chéloïde (pododerme sortant de la seime)
		N	Nécrose
Seime cerclée	Fissure horizontale de la muraille.	1	Atteinte de la corne seule
		2	Intermédiaire
		3	Atteinte du pododerme
Limace	Excroissance interdigitale de tissus fibreux.	1	Petite
		2	Moyenne
		3	Grande

Panaris	Enflure symétrique du pied, chaude et douloureuse, d'apparition brutale associée à une boiterie.	1	
Enflure	Enflure unie ou bilatérale des tissus entourant l'onglon, de la couronne et/ou talon, de causes diverses.	1	
Ulcère de la sole	Trou dans la corne en zone typique de la sole (4) rendant visible le pododerme ou du tissu nécrosé.	1	Diamètre < 0,5 cm
		2	Diamètre > 0,5 cm, pododerme non percé
		3	Diamètre > 0,5 cm, pododerme percé avec complication infectieuse profonde (arthrite)
		N	Nécrose
Ulcère du bulbe	Trou dans la corne du bulbe rendant visible le pododerme.	1	
Nécrose en pince	Nécrose de la corne de la pince et du pododerme s'insinuant en profondeur dans l'onglon.	1	Fissure de taille petite, atteinte légère du pododerme.
		2	Profond, atteinte du pododerme mais pas la 3ème phalange
		3	Très profond, atteinte du pododerme et de la 3ème phalange
Sole fine	Sole trop fine avec sensation d'enfoncement à la pression.	1	
Ouverture de la ligne blanche	Fissure de la ligne blanche restant visible après parage fonctionnel.	1	Peu étendue, peu profonde
		2	Profonde sans atteinte du pododerme
		3	Profonde avec fistule et atteinte du pododerme
		N	Lésion nécrosée
Abscess de la sole	Cavité nécrotique, d'extension variée, entre le pododerme et la sole, remplis de pus.	1	Extension légère
		2	Extension modérée
		3	Extension sévère, atteinte de la totalité de la sole

Décollement dorsal de la muraille	Lésion nécrotique débutant de la couronne et s'infiltrant vers la pince, le plus souvent sous l'arrête dorsale de la muraille.	1	Atteinte de la muraille, mise à nue du pododerme sans profondeur
		2	Infiltration jusqu'à la moitié de la muraille
		3	Infiltration jusqu'au bout de la muraille

- Le score de mobilité

Le score de mobilité choisi est celui d'une échelle à quatre niveaux pour essayer de limiter la confusion de classe de l'échelle à 5 niveaux.

DairyCo Mobility Score





Category of score	Score	Description of cow behaviour	Suggested action
Good mobility 	0	Walks with even weight bearing and rhythm on all four feet, with a flat back. Long, fluid strides possible.	<ul style="list-style-type: none"> • No action needed. • Routine (preventative) foot trimming when/if required. • Record mobility at next scoring session.
Imperfect mobility 	1	Steps uneven (rhythm or weight bearing) or strides shortened; affected limb or limbs not immediately identifiable.	<ul style="list-style-type: none"> • Could benefit from routine (preventative) foot trimming when/if required. • Further observation recommended.
Impaired mobility 	2	Uneven weight bearing on a limb that is immediately identifiable and/or obviously shortened strides (usually with an arch to the centre of the back).	<ul style="list-style-type: none"> • Lamé and likely to benefit from treatment. • Foot should be lifted to establish the cause of lameness before treatment. • Should be attended to as soon as practically possible.
Severely impaired mobility 	3	Unable to walk as fast as a brisk human pace (cannot keep up with the healthy herd) and signs of score 2.	<ul style="list-style-type: none"> • Very lame. • Cow will benefit from treatment. • Cow requires urgent attention, nursing and further professional advice. • Cow should not be made to walk far and kept on a straw yard or at grass. • In the most severe cases, culling may be the only possible solution.

Figure 15: grille de score de mobilité à 4 niveaux

- Traitements

Dans notre application, un traitement peut être renseigné pour chaque pied. Parmi l'arsenal thérapeutique disponible, six types de traitements ont été choisis pour leur utilisation dans l'application. Le choix de la simplicité et de la généralité s'explique par la grande diversité des types de traitements. Il existe une grande variabilité de talonnettes, de façons de réaliser les pansements, de produits utilisés (pâte à base d'acide salicylique, poudre à base d'acide salicylique, de goudron de Norvège), de spécialités médicamenteuses... Intégrer une grande partie des traitements possibles aurait nui à la clarté et à l'ergonomie de l'application.

Tableau 7: tableau des traitements disponibles dans l'application

Pansement	Talonnette	Antibiotique local
Antibiotique général	AINS	Antiseptique

2.6. Le style graphique

Le style graphique est un élément clé du développement et mérite une attention particulière dès le début du processus de conception. La première impression est importante et le graphisme est la première chose que les utilisateurs voient lors de l'utilisation de l'application. De plus, il permet aux utilisateurs d'interagir de manière intuitive avec l'application et de leur donner envie de l'utiliser. Dans un marché saturé, un style graphique le plus soigné possible peut constituer un avantage concurrentiel. Un bon graphisme est évolutif et peut s'adapter à de nouvelles fonctionnalités, plateformes et tailles d'écran.

Il a fallu de nombreuses maquettes avant d'arriver au rendu actuel de l'application. La construction de chaque écran demande plusieurs heures de réflexion. Il a fallu réfléchir à l'apparence visuelle de l'application, la disposition des éléments, les couleurs, les polices, les icônes. Il a fallu réfléchir à tout cela en format portrait et paysage ainsi qu'en mode clair et sombre pour améliorer les interactions sur téléphone et tablette.

2.7. L'ergonomie

L'ergonomie est une des parties les plus importantes de l'application et est essentielle dans la construction de l'application. L'ergonomie se concentre sur l'efficacité, la facilité d'utilisation et l'adaptation de l'application aux besoins des utilisateurs. La conception de l'ergonomie nécessite beaucoup de temps et de réflexion. Dans ce contexte, l'échange avec les testeurs est essentiel.

2.8. Le déploiement

Le déploiement de l'application passe par un canal de tests internes où seules les personnes désignées comme testeurs peuvent télécharger l'application sur le Google Play Store. Cette dernière est mise à jour régulièrement au fur et à mesure de son évolution et ce déploiement, via la plateforme de téléchargement d'applications, permet de faciliter les mises à jour pour les testeurs.

L'application est testée sur le terrain par les vétérinaires et pareurs de la Clinique Vétérinaires des Mazets à Riom es Montagnes, de la Clinique vétérinaire de la Haute Auvergne à Saint Flour et de la clinique vétérinaire du Haut Béarn d'Oloron Sainte Marie.

Les retours sous forme de tickets de déclaration de bug ou suggestions d'amélioration sont réalisés via la plateforme GitHub.

3. Fonctionnalités de l'application

La version présentée dans ce manuscrit est la version beta 34 en date du 10 Novembre 2023.

L'application a été créée pour qu'elle se suffise à elle-même d'un point de vue organisation et gestion des visites. C'est pourquoi un agenda et un système de requête du GPS du téléphone permet de se rendre sur l'élevage directement ou appeler l'un des contacts de l'élevage. Un mode clair ou foncé est paramétrable. Seule la version « claire » sera présentée dans ce manuscrit. L'application est disponible en format portrait (plus adapté au téléphone) et en format paysage (plus adapté à une tablette). Le format s'adapte automatiquement avec la taille de l'écran de l'appareil utilisé mais il est possible de le changer dans les paramètres. Les différentes fonctionnalités de l'application sont présentées ci-dessous.

3.1. Agenda

Au démarrage, l'application s'ouvre sur l'agenda, à la date du jour. Depuis l'agenda, on peut avoir un rapport visuel des visites prévues pour la journée ou bien en créer de nouvelles. Un indicateur visuel sous la forme de points de la couleur de l'élevage concerné est présent sous le numéro du jour dans le calendrier. La liste des visites du jour sélectionnées est disponible (figure 16). Il est possible de voir les visites sur un pas de temps de 5 mois en arrière et deux ans en avant par rapport à la date du jour. La possibilité de revenir sur la date du jour est facilitée en cliquant que le bouton dédié.

Les visuels en format portrait et paysage sont légèrement différents. Par soucis d'affichage, la liste des visites prévues peut se présenter sous différents états pour le format portrait. Cette liste peut être réduite ou étendue à tout l'écran (figure 17) . Les préférences d'affichage sont paramétrables.

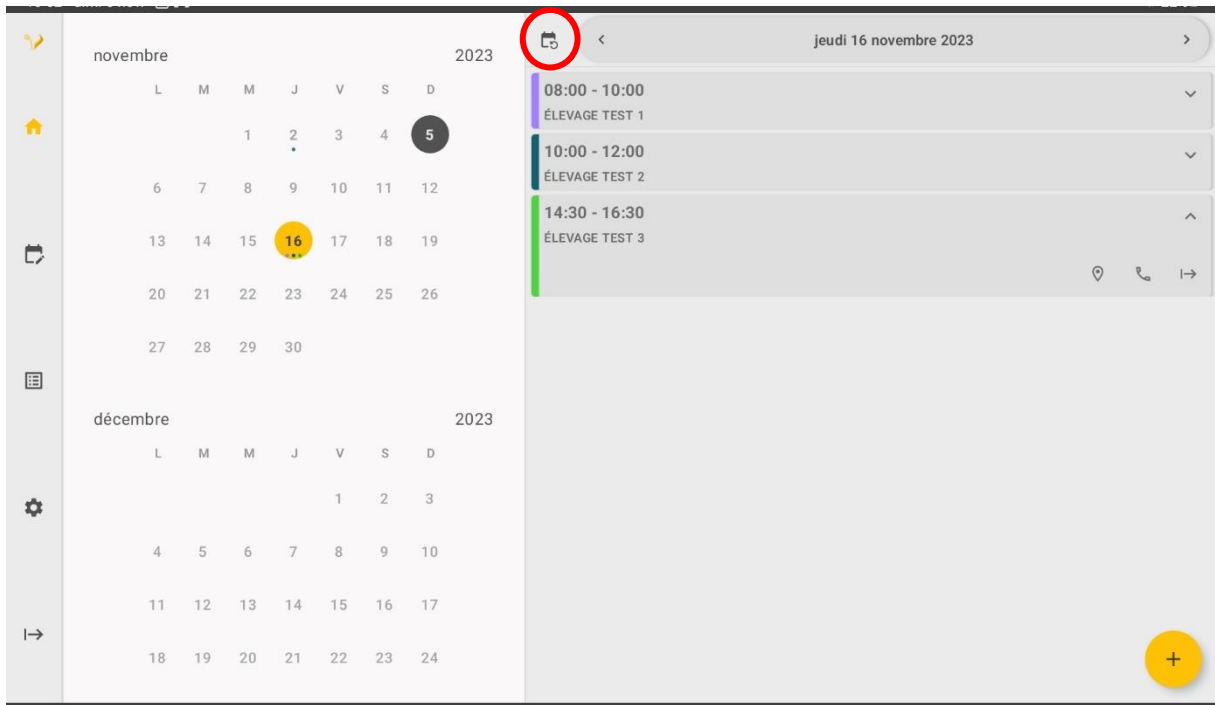


Figure 16: agenda de l'application vue paysage.
Le bouton entouré en rouge permet de revenir à la date d'aujourd'hui (le 5 novembre sur l'image).

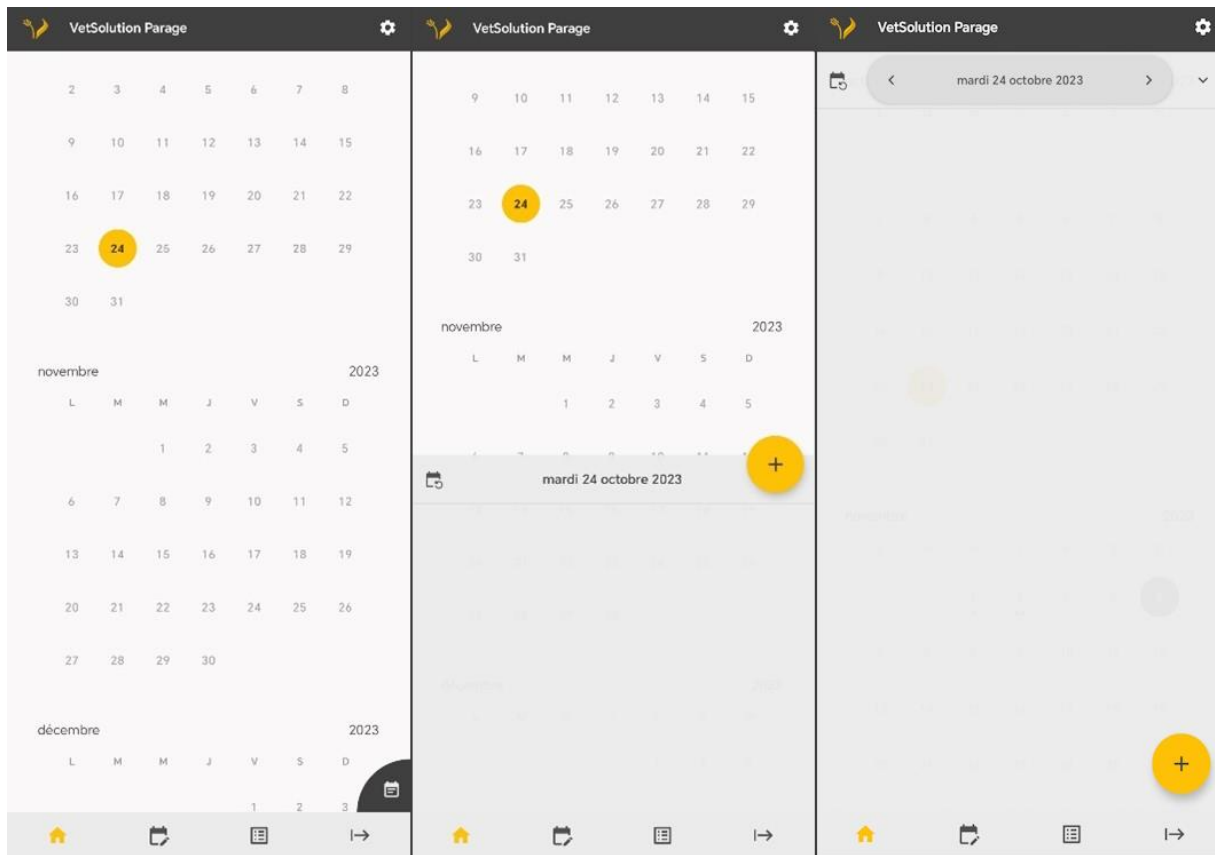







Figure 17: agenda et menu dépliant vue portrait

Depuis l'agenda on peut avoir accès aux différentes fonctionnalités de l'application en cliquant sur les différentes icônes (tableau 8) :

Tableau 8: table des icônes de l'application

Icone	Nom	Fonction
	Paramètres	Informations sur l'utilisateur Réglage format portrait et paysage Réglage couleur sombre /claire Langue Français / Anglais
	Page d'accueil	Calendrier Liste des visites créées pour chaque jour Raccourci vers création d'une visite
	Création visite	Création d'un élevage Création d'une visite Galerie photo
	Donnée élevages	Liste des élevages Liste des animaux Historique de l'animal Photos
	Visite	Lancement d'une visite Revenir sur la visite en cours

3.2. Création d'un élevage et création d'une visite

La création d'un élevage est la première chose à créer lors de la première utilisation de l'application. Pour créer un élevage, on peut renseigner son nom, son numéro EDE, une adresse et un contact avec son numéro de téléphone (figure 18a). Il est ensuite possible de créer une visite dans l'écran création de visite. Un indicateur visuel permet de se rendre compte si des visites sont déjà prévues pour l'horaire choisi mais cela n'empêche pas la création de la visite (figure 18b).

Une fois la visite enregistrée, il est possible de lancer le GPS pour se rendre au lieu indiqué, téléphoner au contact ou bien lancer la visite (figure 18c).

Le rendu visuel de l'écran création de l'élevage est légèrement différent pour la vue paysage avec la possibilité de voir les contacts et les adresses sur le même écran (figure 19).

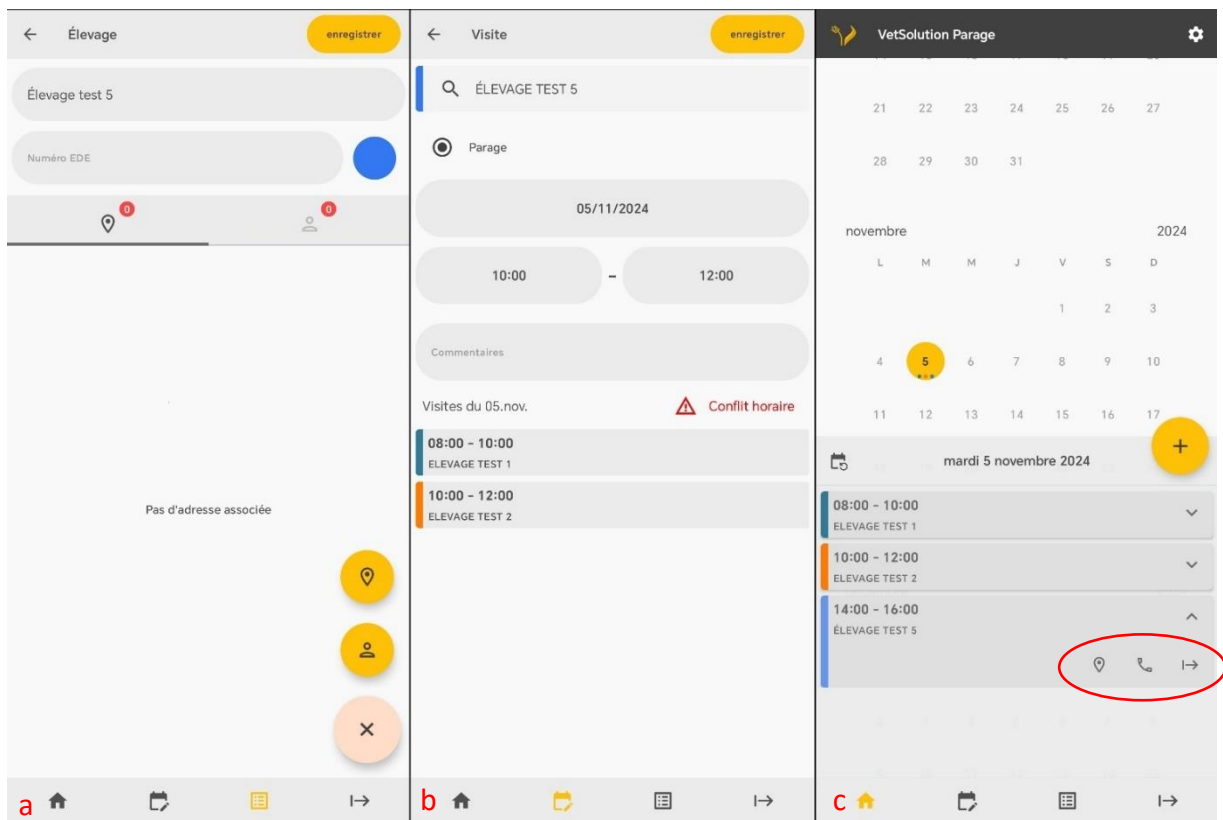


Figure 18: de la création d'élevage au lancement d'une visite

La zone entouré en rouge correspond aux icones d'activation du GPS, appel, et lancement de visite

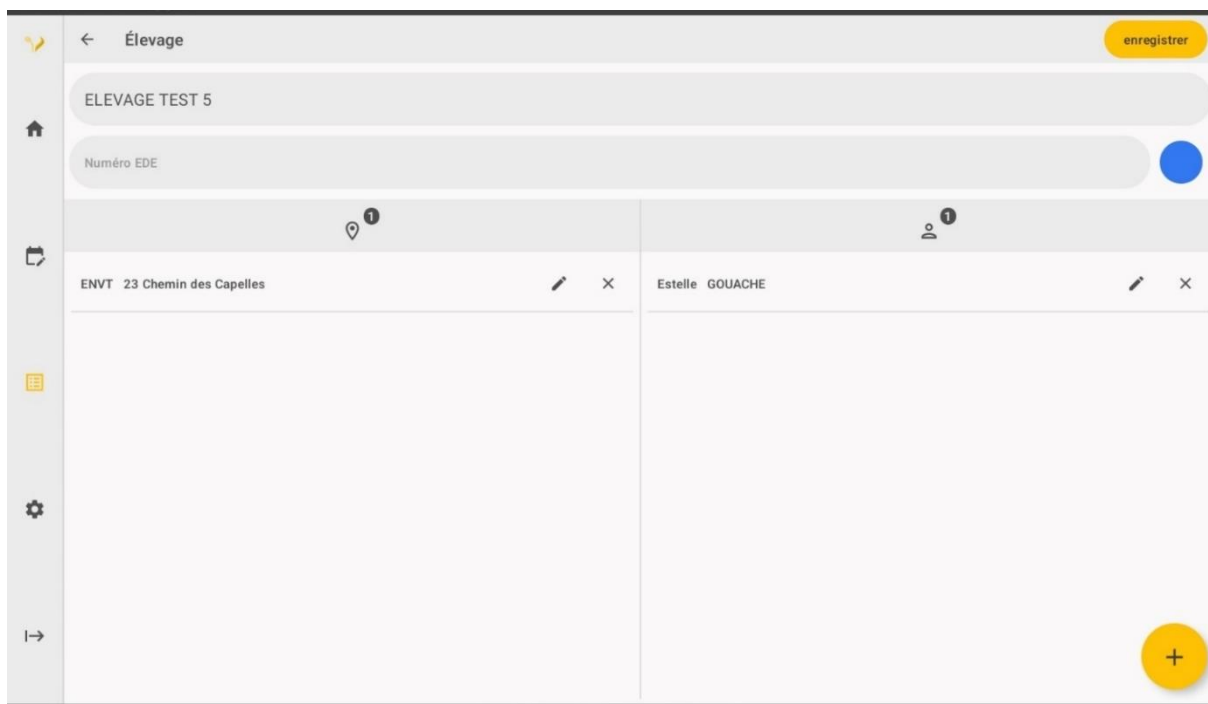


Figure 19 : écran de création d'un élevage (vue paysage)

3.3. Visite

La création d'un animal peut se faire directement depuis l'écran de visite. Le minimum requis pour le créer est son numéro de travail (figure 20).

Un petit tutoriel pour aider à la création d'un animal est activé lors de la création d'un premier animal pour un élevage. Ce tutoriel disparaît une fois ce premier animal créé. Un animal peut être créé depuis cet écran soit en écrivant son numéro de travail, soit en écrivant son numéro travail et son nom, soit en écrivant son numéro d'identification complet +/- son nom. La fiche de l'animal est alors directement créée dans la liste des animaux de la fiche de l'élevage (figure 26).

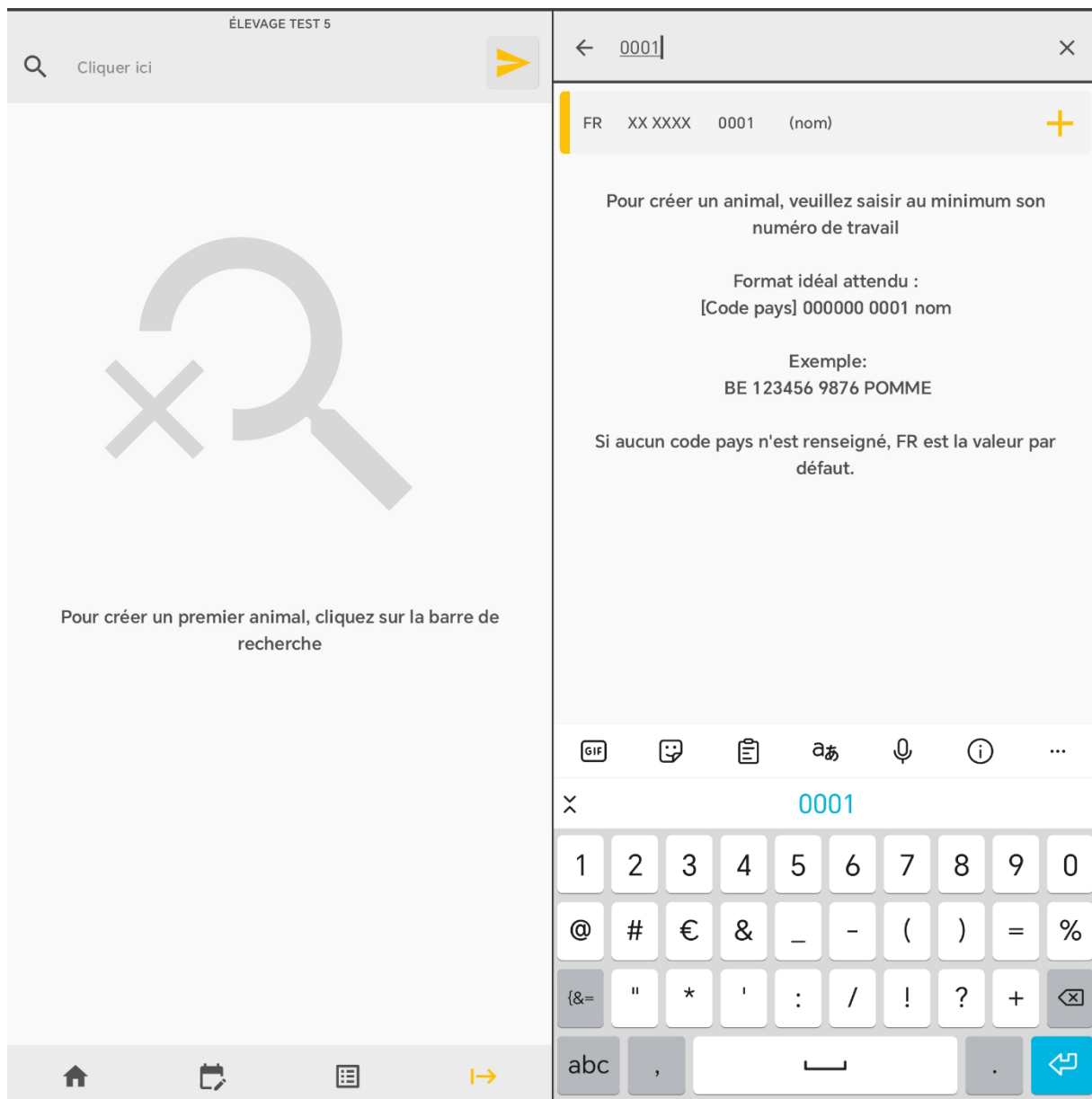


Figure 20: création d'un animal lors d'une visite

La sélection de l'animal nous révèle l'interface utilisateur du module de suivi des lésions du pied. L'imbrication des éléments (historique, score de mobilité, schéma du pied, lésion, traitement) est différente entre le mode portrait et le mode paysage. Le score de mobilité, le schéma de sélection de la localisation des lésions, la liste des lésions et les traitements sont sur un seul et même écran pour le format paysage (figure 25) tandis que la visite se divise en 4 onglets pour le format portrait (général, pied, lésions, traitements) (figure 21a).

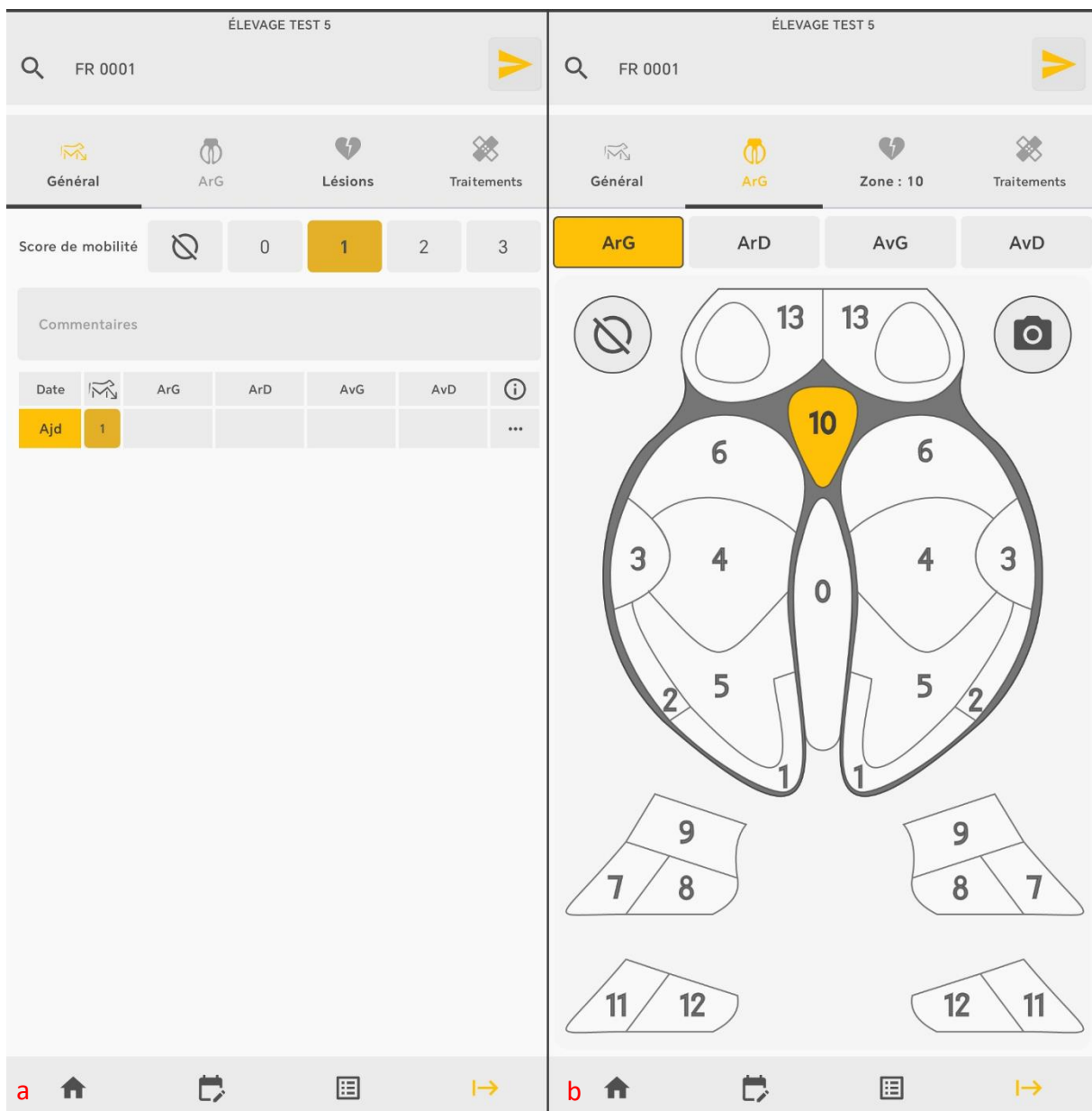


Figure 21: présentation du premier et deuxième onglet de la visite (vue portrait)

En format portrait, le premier onglet permet de renseigner le score de mobilité (grille 0 à 4) et d'avoir accès à l'historique de l'animal. Le second onglet permet de choisir le pied et donne le schéma de sélection du pied. Une fois une zone sélectionnée, on bascule directement sur le troisième onglet et la liste des lésions possibles sur la zone concernée, le grade et l'accès au guide des lésions. Enfin, la liste des traitements se trouve sur le quatrième onglet.

Le premier onglet montre directement le score de mobilité et l'historique de l'animal. Le tableau d'historique est composé de 7 colonnes avec la date, le score de mobilité, les quatre pieds et des informations supplémentaires. Le bouton dans la colonne « informations » permet d'accéder aux photographies par pied prises lors de la visite en cours ou des visites antérieures ainsi que les commentaires associés. La première ligne du tableau correspond à la date du jour de visite et son contenu évolue en fonction des informations renseignées ce jour.

Le second onglet (figure 21b) se découpe en deux niveaux avec en première ligne le choix du pied (arrière gauche, arrière droit, avant gauche, avant droit) et en seconde ligne le bouton renseignant « l'absence de lésion », le schéma et les zones de sélection du pied ainsi que le bouton permettant de prendre en photo le pied. La figure 21b montre la sélection du pied arrière gauche avec une lésion en zone 10. Une fois la zone 10 sélectionnée, on bascule directement sur l'onglet 3 qui liste toutes les lésions possibles pour la zone 10 (figure 22a).

Un grade lésionnel est attribuable après la sélection d'une lésion. Ce score de gravité (ou score lésionnel pour la dermatite digitale) dépend de la lésion (comme expliqué en partie 2.5). Pour la dermatite digitale, le score disponible est la grille M0 - M1 - M2 - M3 - M4 - M4.1. Le bouton qui se trouve à côté de la grille de score permet d'accéder au guide des lésions donnant une définition et des indications pour aider à identifier les lésions (figure 22b). Après avoir attribué le grade d'une lésion, il est possible de retourner sur l'onglet 2 afin de renseigner une nouvelle lésion (figure 23) ou bien ouvrir l'onglet 4 et attribuer un traitement pour le pied (figure 24a)

ÉLEVAGE TEST 5

FR 0001

Général ArG **Zone : 10** Traitements

<p>Dermatite digitale (DD) *</p>	<p>Dermatite interdigitale (DI)</p>
<p>Limace (LI)</p>	<p>Panaris (PA)</p>
<p>Plaie interdigitale (PI)</p>	<p>Enflure (EC)</p>

0 1 **2** 3 4 4.1 ⓘ


a 🏠 📅 📋 🏠

Recherche: Dermate digitale

Infection de la peau avec une érosion ou ulcération souvent douloureuse. Une lésion hyperkératosique ou proliférative est observable pour les stades chroniques.

0 1 2 3 4 4.1

Lésion ulcérate rouge vif douloureuse > 2cm



b 🏠 📅 📋 🏠

Figure 22: 3eme onglet de la visite et guide des lésions (vue portrait)

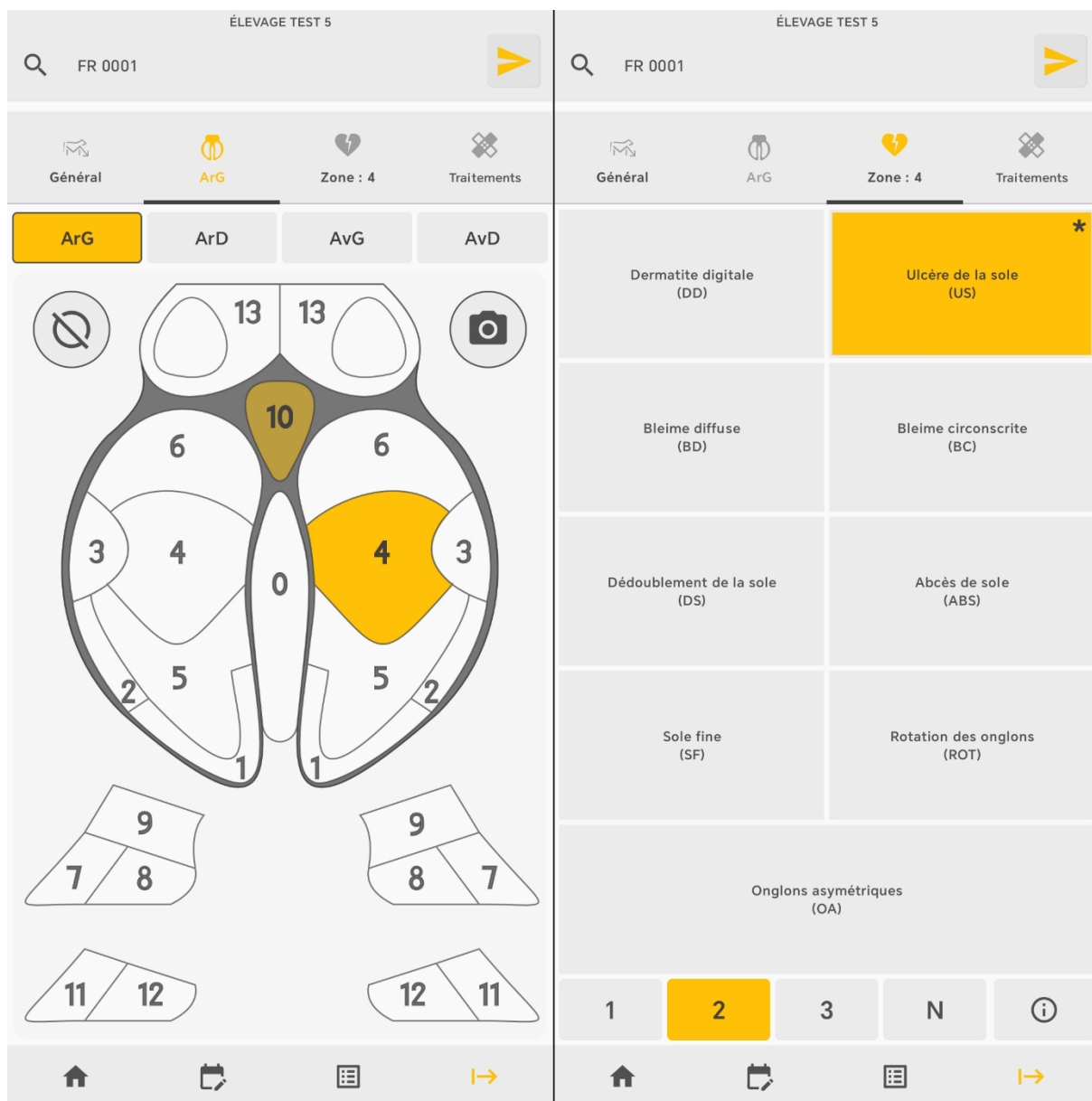


Figure 23: sélection d'une nouvelle lésion (vue portrait)

La figure 23 présente l'attribution d'une nouvelle lésion sur l'arrière gauche, en zone 4. Cette lésion est un ulcère de la sole de grade 2.

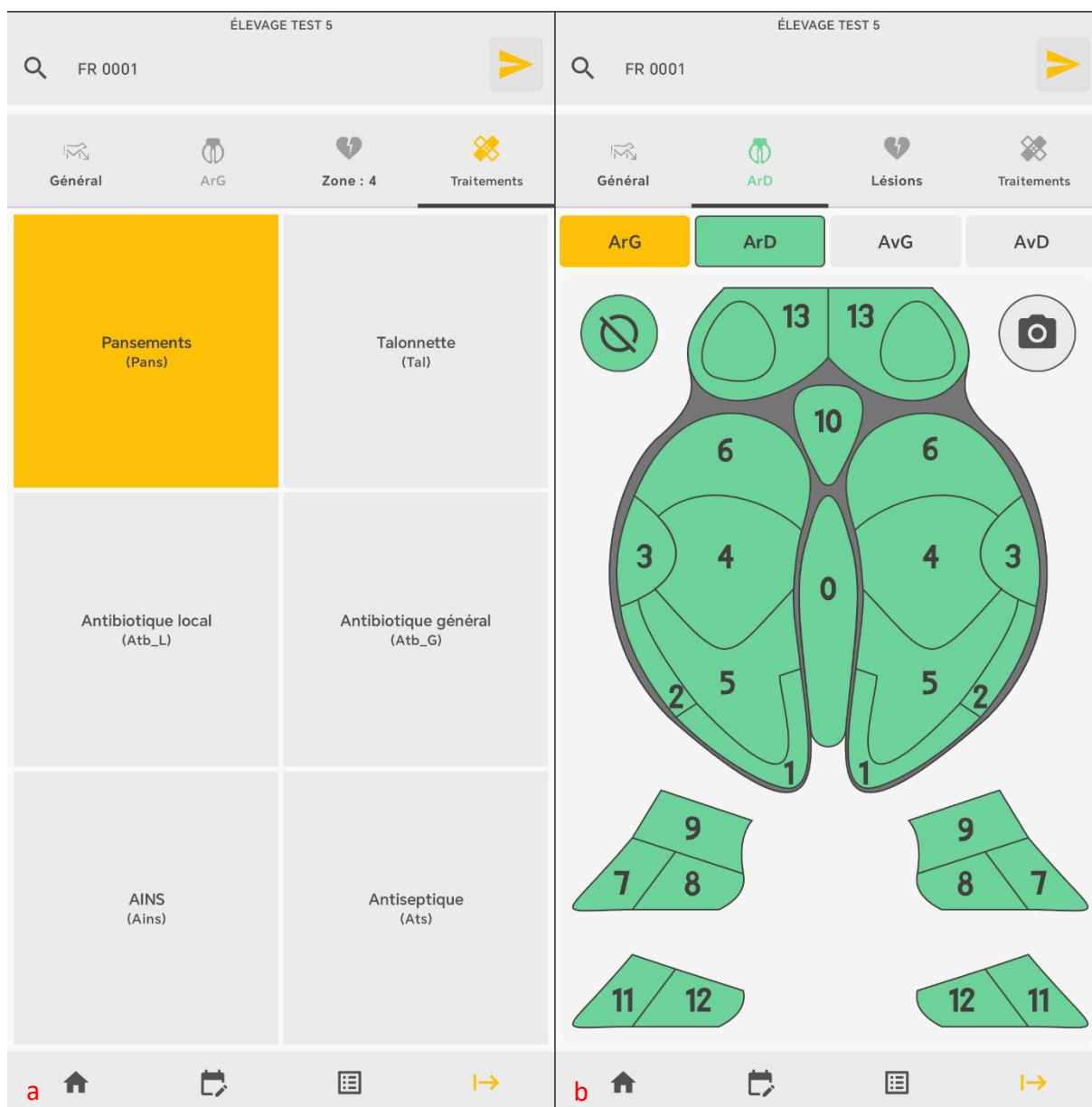


Figure 24: attribution d'un traitement et « absence de lésion » pour le pied

Le quatrième onglet permet de renseigner le ou les traitements réalisés sur le pied. La figure 24a illustre l'attribution d'un pansement comme traitement pour le pied arrière gauche. Une fois l'examen d'un pied terminé on peut revenir sur l'onglet 2 afin de passer à l'examen du pied suivant. La figure 24b montre le cas où il n'y a pas de lésion pour le pied arrière droit. Le pied est alors colorié de couleur verte. Ce statut disparaît si on recliqe sur le bouton « absence de lésion » ou si on réattribue une lésion à une zone du pied arrière droit.

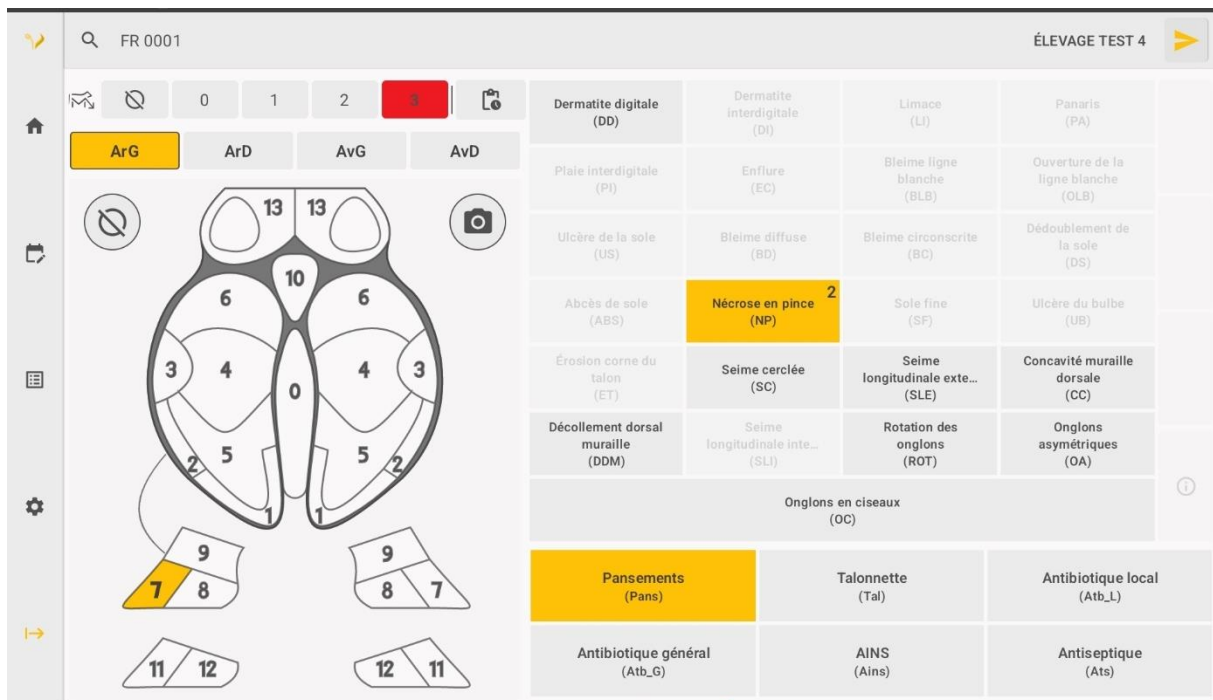


Figure 25 : affichage vue portrait

Le format paysage (figure 25) a été réfléchi dans le but de cliquer un minimum de fois sur l'écran pour réaliser la visite. Sa taille permet d'afficher davantage d'éléments. Ces éléments sont organisés de la même façon que pour le format portrait. Tout d'abord on peut créer ou sélectionner un animal via la barre de recherche au haut de l'écran. Puis on renseigne le score de mobilité. On peut consulter l'historique de l'animal en cliquant sur le bouton à droite du score de mobilité. Ensuite on choisit le pied et la zone du pied. Pour le format paysage, l'ensemble des lésions est affiché mais seules les lésions possibles pour la zone sélectionnée sont cliquables. Le score de gravité s'affiche sur la droite du bloc des lésions. L'examen du pied de la vache se clôture par l'attribution d'un traitement en bas à droite de l'écran.

Une fois la visite terminée, on peut accéder à l'outil de génération du rapport de visite en cliquant sur le bouton en haut à droite de l'écran. Un message s'affiche alors pour basculer sur le module de personnalisation du rapport (figure 26a).

3.4. Rapport de visite

Le module de personnalisation du rapport présente une prévisualisation du rapport qu'il sera possible d'enregistrer en format PDF. Le rapport se compose de différents blocs dont l'entité légale du pareur, le titre du rapport (comprenant le motif de la visite, la date et l'élevage), un tableau récapitulatif général, les traitements réalisés, le nombre de lésions et un tableau de synthèse (figure 26b).

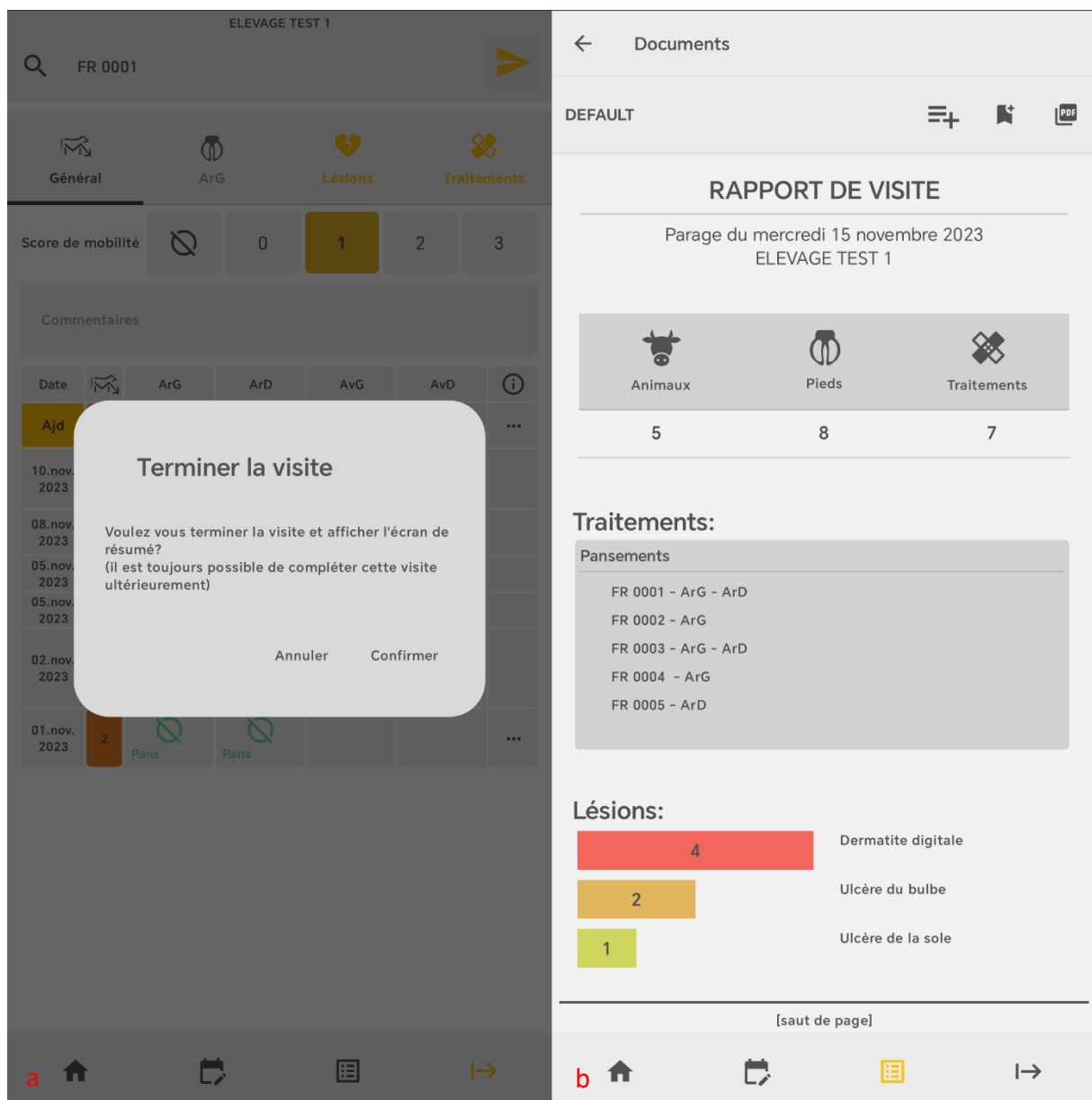


Figure 26: génération du rapport de visite

Le rapport de visite est totalement modulable suivant les souhaits de l'utilisateur. Il est possible de retirer, d'ajouter un module et/ ou de changer leur ordre dans le rapport. La figure 27 présente la personnalisation du rapport. Le bloc « lésions » est sélectionné. Ce bloc peut être déplacé soit vers le haut soit vers le bas dans la page ou être supprimé en cliquant sur l'icône corbeille. Une fois supprimé, on peut le réajouter en cliquant sur le bouton entouré en rouge.

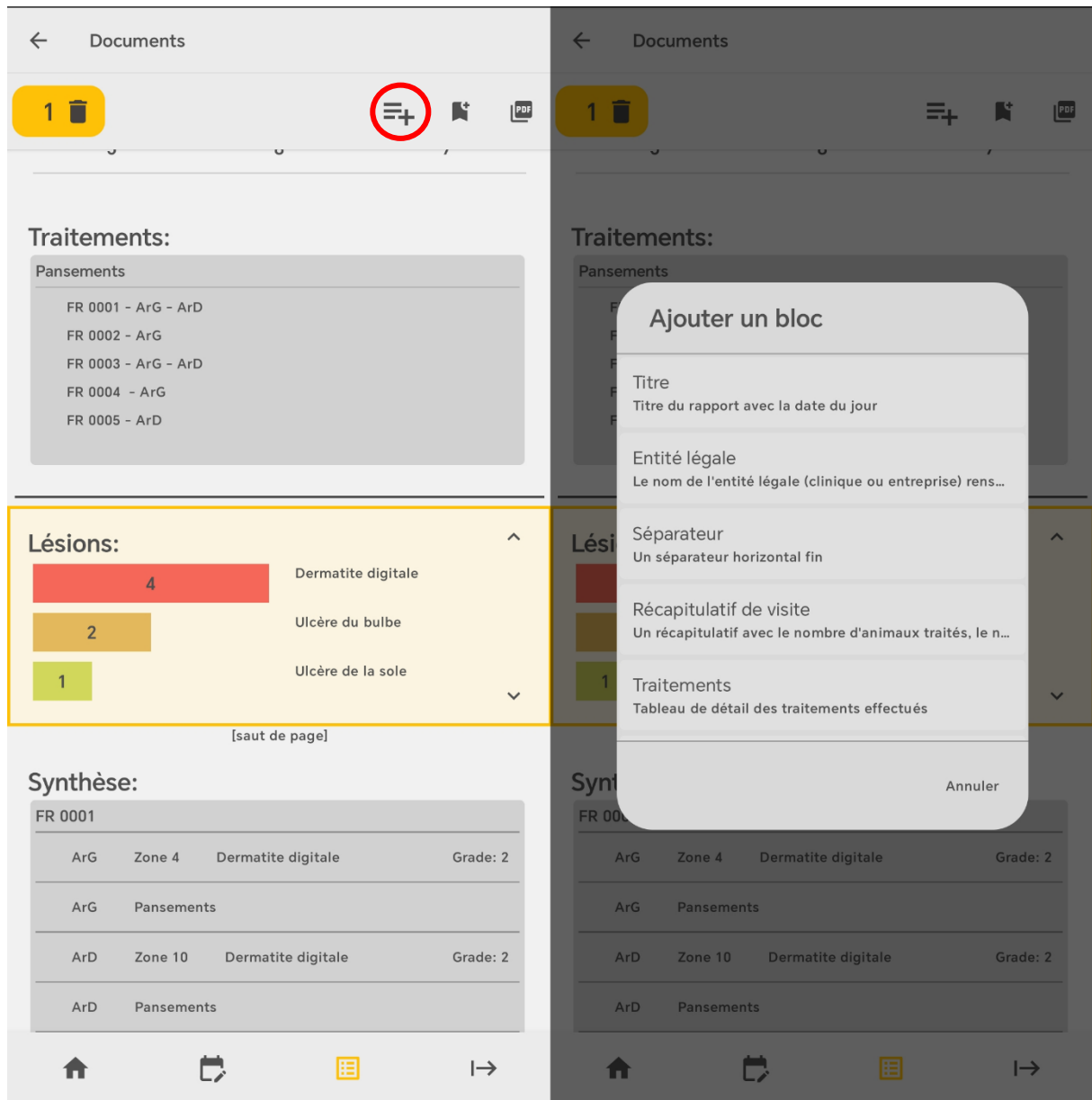


Figure 27: personnalisation du rapport de visite
Le bouton entouré en rouge permet de rajouter le bloc souhaité dans le rapport.

Une fois ces éléments définis, le rapport peut être enregistré sur le téléphone ou la tablette de l'utilisateur et/ou envoyé directement à l'adresse électronique du contact de l'élevage choisi.

3.5. Fiches élevages et fiches animaux

Une liste des élevages enregistrés est accessible (figure 28a). Depuis cette liste, il est possible de revoir les différentes visites réalisées pour chaque élevage, accéder à la liste des animaux des élevages (figure 28b), modifier les informations renseignées de l'élevage, appeler les contacts ou bien supprimer l'élevage.

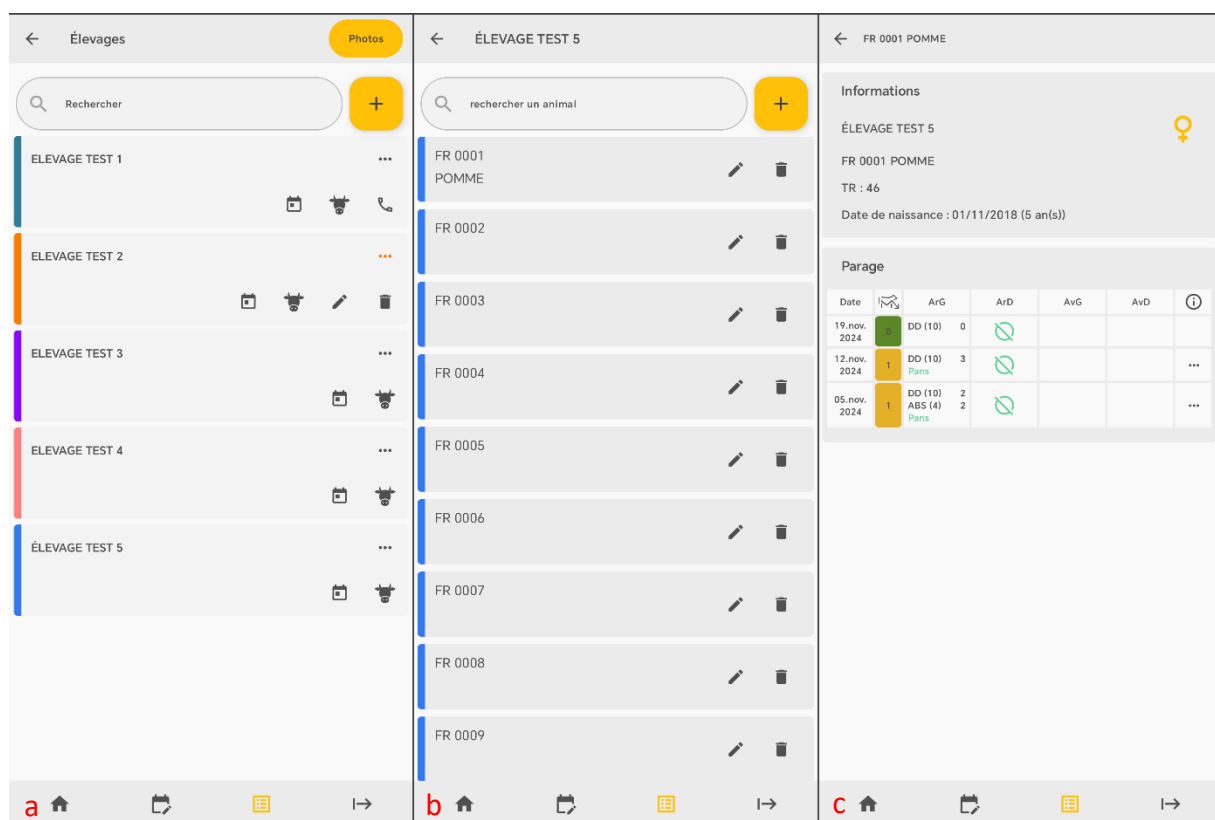


Figure 28: liste des élevages, animaux et fiche de l'animal

La liste des animaux permet d'accéder aux informations de l'animal ainsi qu'à l'historique des lésions podales, le score de mobilité et les photos de l'animal (figure 28c).

3.6. La galerie photo

L'ensemble des photos prises via l'application sont enregistrées en local dans l'application et dans un dossier externe à l'application, au sein du téléphone ou de la tablette

de l'utilisateur. Les photos dans l'application sont accessibles depuis l'écran de la liste des élevages (figure 28).

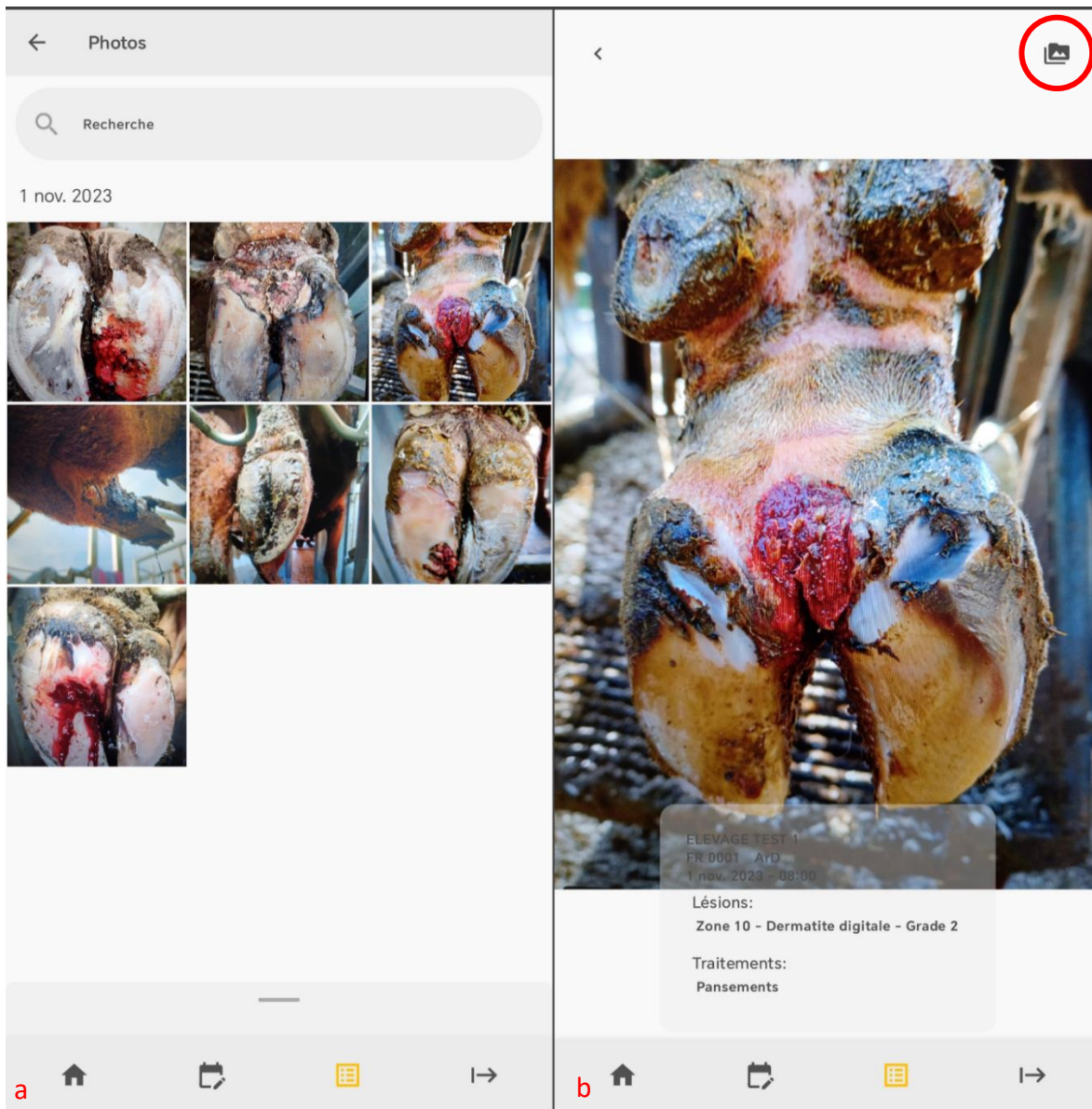


Figure 29: galerie photo de l'application

Le bouton entouré en rouge permet d'ouvrir la photo dans la galerie téléphone de l'utilisateur

La galerie photo présente les photos regroupées par jour de prise de vue (figure 29a). Une barre de recherche est accessible en haut de l'écran et un onglet dépliant en bas de l'écran. Il est possible de cliquer sur chacune des photos pour les voir en grand format (figure 29b).

L'écran de visualisation des photographies en grand format indique des informations liées à la photographie tel que le nom de l'élevage, le numéro de la vache, le jour de la visite, l'heure, les lésions renseignées sur le pied avec la zone, la lésion, le grade et les traitements

réalisés. Un bouton en haut à droite de l'écran permet d'accéder à la photographie dans la galerie de l'appareil utilisé.

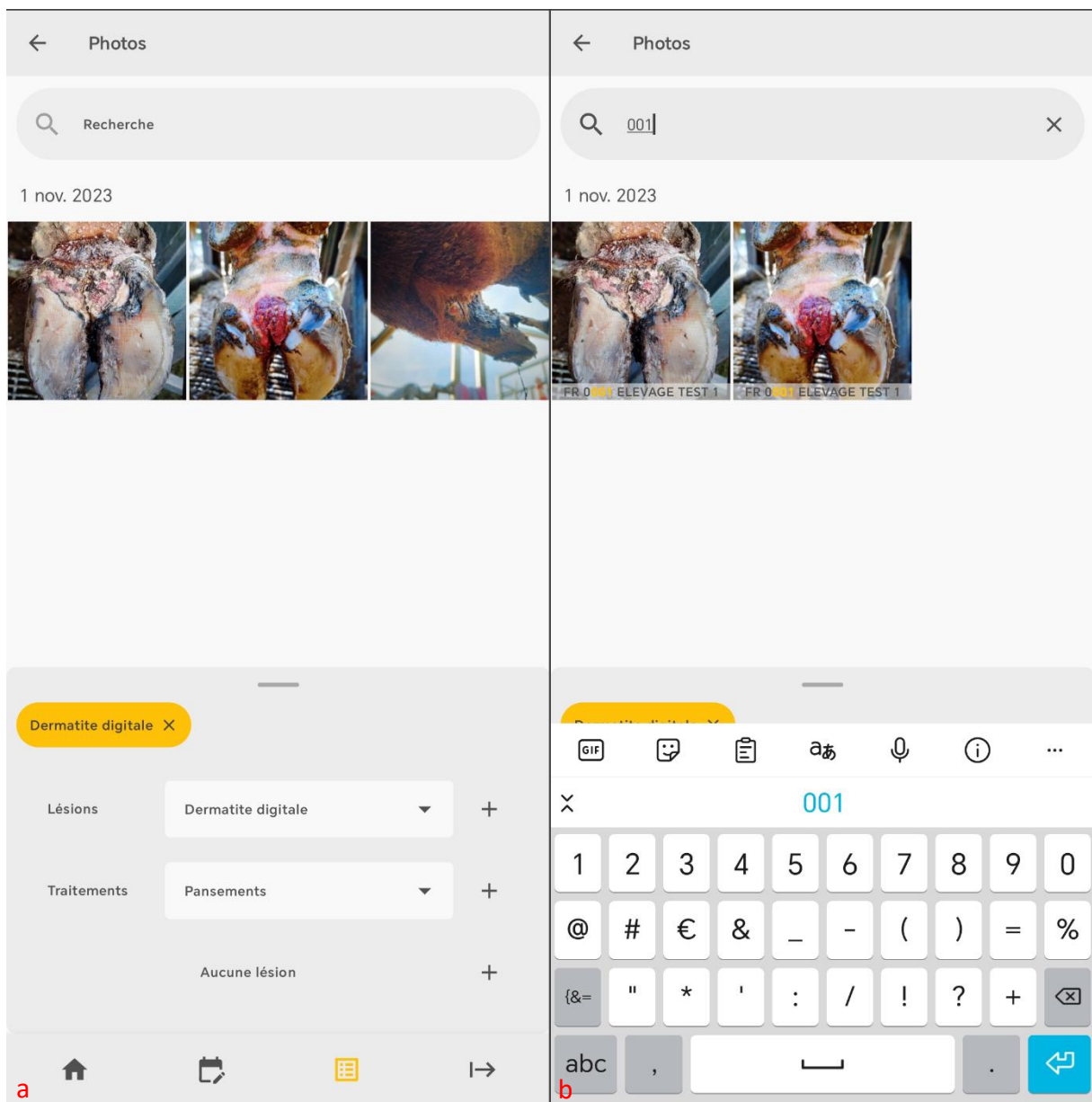


Figure 30 : outils de filtration de la galerie photo de l'application

L'outil de filtration des photographies est accessible en relevant l'onglet dépliant de la galerie photo. Les photographies peuvent être filtrées par lésion et traitement (figure 30a). Il est également possible de rechercher via la barre de recherche les photographies d'un animal en particulier ou bien celles d'un élevage (figure 30b).

Discussion et perspectives

- Réponse aux objectifs

L'application construite remplit sa mission primaire d'enregistrement des lésions podales dans le contexte du parage des bovins. Tout a été mis en œuvre pour essayer de proposer un outil le plus pratique, performant et ergonomique possible. Pour cela, nous avons utilisé les dernières technologies, un framework sécurisé et nous avons poussé la réflexion afin d'avoir une application utilisable en format téléphone et tablette. L'application répond à l'objectif de pouvoir renseigner l'examen locomoteur de la vache par l'intégration d'un score de mobilité à quatre niveaux. Les ergots ont également été rajoutés dans le schéma du pied.

L'application répond également à l'objectif de pouvoir enregistrer les lésions au plus juste en choisissant la nomination de lésions et grades cohérents avec les consensus d'expert ICAR et CTNBB (comité technique national de boiterie des bovins) ainsi que de proposer une sélection guidée de lésions possibles pour chaque zone sélectionnée. Le système de guide à la sélection, toujours accessible, a été créé afin d'aider dans le choix d'attribution de chaque lésion et grade, et limiter le risque d'erreur. Cependant des interprétations personnelles ont été nécessaires pour construire ces outils. Le suivi des animaux est facilité par l'intégration de l'historique complet de l'animal au sein de sa fiche pendant chaque visite. Cette volonté de suivi le plus complet a motivé l'ajout de la possibilité de prendre des photos afin d'avoir un suivi photo par pied par animal. Les photos sont, par ailleurs, accessibles dans le répertoire de l'utilisateur et rangées dans un dossier spécifique afin de rester accessibles même en dehors de l'application. De plus, il est possible d'accéder à la galerie photo de l'application, de filtrer les photos par lésion par traitement et d'accéder à une recherche dynamique filtrée par animal et par élevage.

L'absence de lésion a également été rajoutée comme possibilité. Cette notion a été l'occasion de réfléchir à la pertinence de l'utilisation de la notion de type de parage tel que « parage curatif et préventif » qui à mon sens est une notion contextuelle ou d'intention. Elle n'a pas de rapport avec l'état lésionnel du pied ce qui complique par ailleurs la saisie. L'attribution de la notion « curative » ou « préventive » doit être la synthèse du score de mobilité et des lésions objectivées lors du parage. Par conséquent, dans l'application le pied peut avoir deux états, un état « absence de lésion » et un état « présence de lésions ».

L'application répond également à la volonté de pouvoir envoyer un rapport à l'éleveur. A ce stade de développement de l'application ce rapport reste relativement simple. Un module de personnalisation du rapport permet d'enregistrer plusieurs modèles de rapport. La possibilité de pouvoir analyser des données d'élevage représente la limite majeure de l'application. Celle-ci est d'une importance capitale dans la compréhension des facteurs de risque lésionnel. En plus des paramètres clés de l'étude des boiteries et des lésions podales, un des objectifs était de pouvoir rechercher une éventuelle relation entre le taux cellulaire des vaches avec leur score de boiterie. Cette possibilité est toujours en construction et fait partie des difficultés rencontrées.

Nous essayons d'être à l'écoute des remarques et réflexions de nos interlocuteurs et avons essayé de traiter et réfléchir à chaque demande ou suggestions le plus rapidement possible.

- Comparaison aux autres modules

Chacun des trois modules a fait des choix différents en termes de technologie, de contenu et de logique de sélection des lésions. L'avantage de l'application construite par rapport à VENOTIS et VETIMPRESS est son style graphique et son ergonomie. Elle est parfaitement utilisable quel que soit le format d'écran que ce soit sur tablette ou téléphone. Par ailleurs le choix des technologies utilisées rend l'application nettement plus performante que celle de Venotis et VetIMPRESS mais un des inconvénients reste sa limite d'accessibilité. Venotis et VetIMPRESS sont accessibles dans l'environnement Apple tandis que la nôtre n'est développée que pour Android.

Concernant l'enregistrement des lésions podales des bovins, l'application correspond à un mélange des deux modules VetIMPRESS et Venotis. Le score de mobilité est un des premiers éléments à renseigner (le choix de l'échelle à quatre niveaux se différencie de celle à 5 niveaux proposée par VetIMPRESS). La logique d'interaction de l'application correspond à celle proposée par VetIMPRESS avec le choix du pied, de la zone du pied sur le schéma de sélection, de la lésion puis du traitement. A cette logique s'est rajoutée la fonctionnalité de sélection guidée qui propose les lésions possibles pour chaque zone. De plus, la liste des lésions disponibles et le grade des lésions de l'application est similaire à celle de VENOTIS en se basant sur les lésions de l'atlas CTNBB. Cette liste a l'avantage d'être sourcée mais est très stricte et présente l'inconvénient de devoir bien connaître les lésions et leur grade pour les attribuer

correctement. Dans ce contexte l'insertion d'un guide lésionnel, inspiré des Atlas CTNBB et ICAR est un avantage pour choisir au mieux les lésions lors de doute voire pour apprendre à les reconnaître. A notre connaissance cette fonctionnalité est inédite dans l'environnement des applications d'enregistrement des lésions podales chez les bovins.

Une des différences avec les applications existantes est la suppression de la notion de parage curatif et parage préventif. Cette notion contextuelle a été remplacée par la notion d'absence de lésion / ou présence de lésions qui semble plus pertinente.

Contrairement aux autres modules, l'application n'est pas, dans sa version actuelle, reliée à un serveur ni à des services externes tels que les registres d'élevage. Cela est un inconvénient majeur pour permettre l'analyse de données à l'échelle du troupeau. Cependant l'application peut être totalement autonome et utilisable en local sur son téléphone.

On peut résumer les différences de chacune des applications dans le tableau suivant :

Tableau 9: tableau comparatif des applications

	VetIMPRESS	Venotis	Application
Performance	-	-	++
Design	+/-	-	++
Ergonomie	-	-	++
Connexion serveur	+	+	-
Connexion services externes	+	+	-
Logique d'interaction	Zone / lésion / grade	Lésion/ grade / + ou - zone	Zone / lésion / grade
Score de mobilité	Grille à 5 niveaux	-	Grille à 4 niveaux
Parage curatif/ préventif	+	+	-
Lésions disponibles	??	CTNBB	CTNBB
Grade lésionnel	Grille à 4 niveaux	CTNBB	CTNBB
Suivi photographique	-	-	+
Pédagogie	-	-	+
Rapport à l'éleveur	+	+	+
Analyse de données	+/-	+	-

Les différents modules n'ont pas été construits dans le même contexte. Les modules d'enregistrement des lésions podales de VetIMPRESS et Venotis font partie de logiciels offrant des services beaucoup plus étendus. La construction de chaque application demande des investissements financiers très conséquents en termes de développement et de maintenance. Il est donc compréhensible que le module parage, qui apparaît comme une pièce rapportée pour « compléter » un logiciel après la création des modules de reproduction et de qualité du lait, ne soit pas optimisé. Chaque entreprise semble chercher à proposer la formule la plus complète possible pour gagner des parts de marché. Notre application ne demande aucun coût de développement ni de maintenance par des services extérieurs. Il s'agit d'un avantage conséquent pour l'avenir de l'application.

- Difficultés rencontrées

Les difficultés rencontrées sont multiples. L'application a demandé beaucoup plus de temps que prévu à construire. Il a fallu le temps de la prise en main des technologies utilisées tel que l'utilisation du nouvel environnement de développement JetPackCompose de Google. La construction du style graphique et de l'ergonomie a demandé énormément de temps de travail et de réflexion. De nombreuses maquettes visuelles ont été construites avant d'aboutir au résultat actuel. L'harmonisation en termes de logique d'interaction et la cohérence visuelle des différents écrans à la fois pour le format portrait et le format téléphone n'a pas été une tâche évidente à construire.

De plus il a été parfois difficile de concilier les demandes des utilisateurs qui peuvent être incompatibles avec la logique de l'application. On peut citer par exemple la demande de pouvoir sélectionner plusieurs zones du pied pour leur assigner la même lésion. La sélection multiple n'est pas compatible avec la sélection guidée de l'application. Quand on considère une demande, il faut toujours se demander si cette requête est pertinente, si elle est compatible avec le modèle de données et si le nombre de « clic » pour réaliser la tâche est réellement rentable.

Il n'a pas toujours été facile de concilier les différentes normes et sources d'informations telles que l'Atlas ICAR et l'Atlas CTNBB différents sur certaines lésions décrites. Ainsi l'ulcère de la pince est décrit dans l'Atlas ICAR alors que l'ulcère de la pince est confondu avec la nécrose en pince dans l'Atlas CTNBB. De même, il a fallu prendre parti vis à vis de certaines demandes

utilisateurs pour la nomination des lésions qui s'éloignaient de la nomination stricte des lésions de l'Atlas. Il n'a pas été évident d'attribuer les zones pour certaines lésions car ni l'Atlas ICAR ni l'Atlas CTNBB ne mentionnent de zones strictes pour chaque type de lésions.

L'accessibilité aux services externes est une difficulté qui avait été sous-estimée. La structure pour dialoguer avec EDEL n'est pas simple. L'interlocuteur principale est la FIEA. Celui-ci nous redirige avec tous les opérateurs de base spécifique de chaque service par département. Il faut dialoguer avec les interlocuteurs de chaque service pour espérer avoir accès aux services sectorisés par département et par type de données. Enfin l'accès par département est payant. Avoir accès aux services extérieurs nécessite donc du temps et des investissements financiers conséquents.

Enfin, la génération de rapport PDF a été d'une difficulté largement sous-estimée avec le dessin au pixel près, extrêmement laborieux et chronophage.

- Perspectives

La construction de l'application a été une expérience exigeante en termes d'investissement mais extrêmement enrichissante. Elle nous a permis de construire un produit en collaboration avec de nombreuses personnes et de s'enrichir des discussions et réflexions de chacun.

Les objectifs, à court terme, sont de publier l'application, de terminer la brique serveur permettant de centraliser les données et de développer la partie site web. En parallèle, l'accessibilité aux services externes tels que les registres d'élevage sont en cours de négociation. Une fois le serveur et l'accès aux services externes obtenus, des analyses de données plus poussées que celles actuellement permises pourront être proposées. L'utilisation de machine Learning comme aide à l'identification des lésions du pied est également en cours développement. Les tests déjà commencés montrent que la tâche est d'une grande difficulté même en utilisant des techniques de transfert d'apprentissage (transfert Learning). Notre limite réside essentiellement dans le nombre de données en notre possession et la grande variabilité des photographies.

L'idée à moyen terme serait de créer une multitude de petites applications basées sur le même socle technique mais pour des domaines différents tel que l'alimentation, la parasitologie, l'autopsie, la bactériologie lait, l'examen clinique... Maintenant que la base technique est créée et que la charte graphique est choisie il sera beaucoup plus rapide de

construire chaque application. Notre désir serait que toutes ces applications soient construites en collaboration avec les écoles vétérinaires et ses spécialistes de chaque domaine. Il s'agirait de saisir une opportunité de pouvoir créer et offrir des outils les plus pertinents possibles, utilisables dans le cadre de l'enseignement, de la recherche et la pratique vétérinaire quotidienne.

L'objectif final est de construire un écosystème d'applications unifiées, autonomes dont le téléchargement dans le contexte d'une utilisation hors ligne serait gratuit. Ces applications pourront s'interfacier entre elles et agréger leurs données via un site web pour lequel l'accès à un compte client sera payant compte tenu des frais obligatoires liés à l'accessibilité des services. L'idée globale est de proposer des services gratuits mais rendre payant l'interconnexion des modules.

Il serait aussi intéressant de construire des modules multi-espèces en commençant par extrapoler le module de suivi des lésions podales actuel, aux petits ruminants pour lesquelles il n'existe pas d'outils d'enregistrement des lésions.

Conclusion

L'application développée a répondu en grande partie aux objectifs fixés au départ. Elle se différencie de modules existants par son ergonomie, sa pédagogie et la possibilité de pouvoir réaliser un suivi photo de l'animal. En pratique une bonne identification des lésions et l'attribution du grade lésionnel adéquat reste un exercice difficile malgré l'aide apportée.

Une limite actuelle reste l'analyse des données qui ne sera possible qu'une fois la brique serveur construite et l'obtention des passerelles avec les services extérieurs. Une extraction des données en format CSV pourrait être utilisés dans un premier temps afin de mettre en relation les données du pied et celles du contrôle laitier. Malgré cela, la version actuelle est pleinement opérationnelle pour la saisie des lésions podales et fait l'objet de plusieurs tests convaincants par des vétérinaires praticiens.

La construction de l'application a été une expérience exigeante en termes d'investissement mais extrêmement enrichissante. Son développement a été l'occasion de réaliser un travail pluridisciplinaire et collaboratif riche en réflexions et discussion avec différents interlocuteurs.

Notre application n'est que la première brique d'un projet beaucoup plus large. Le but étant de proposer des applications avec un aspect pédagogique utilisable hors ligne et pouvant se synchroniser au serveur au moyen d'une connexion à un compte utilisateur payant.

De nombreuses perspectives s'ouvrent à nous telles que l'utilisation de la saisie vocale pour l'aide à la génération de rapport ou alors l'usage de l'intelligence artificielle.

Glossaire

Framework : Un framework informatique est un ensemble de bibliothèques, d'outils, de conventions et de bonnes pratiques préétablies qui fournissent une structure de base pour le développement de logiciels.

Identifiant ou « ID » : dans le contexte d'un modèle de données, l'identifiant ou "ID", est un concept qui permet de distinguer de manière unique chaque entité au sein de la base de données. L'ID est généralement un nombre ou une chaîne de caractères unique. Les identifiants sont utilisés pour établir des liens et des relations entre différentes tables de la base de données.

Modèle de données : un modèle de données est une représentation abstraite et structurée de l'organisation des données au sein d'une base de données. Il définit la manière dont les données sont structurées, stockées, interconnectées et utilisées dans un système informatique. Un modèle de base joue un rôle essentiel dans la conception, le développement et la gestion de la complexité des données.

Non-nullabilité : La non-nullabilité fait référence à une caractéristique de certains langages de programmation, qui vise à éviter les erreurs liées à la manipulation de la mémoire de travail. Les erreurs de valeurs nulles peuvent provoquer des plantages et sont la source la plus fréquente de bugs. La non-nullabilité vise à rendre le code plus sûr en distinguant clairement les valeurs qui peuvent être nulles de celles qui ne le peuvent pas.

Statiquement typé : Un langage de programmation statiquement typé est un langage de programmation dans lequel les types des variables sont fixes et vérifiés avant l'exécution du programme. Dans un langage statiquement typé toute incompatibilité de types est détectée avant que le programme ne soit exécuté et lève une erreur.

Le transfert d'apprentissage, ou "transfer learning" en anglais, est une technique d'apprentissage qui permet d'utiliser des modèles pré-entraînés sur de grandes quantités de données pour une tâche connexe pour s'en servir comme base pour l'apprentissage d'une nouvelle tâche. Ce système nécessite beaucoup moins de données pour l'apprentissage.

Références bibliographiques

ARCHER, S.C., GREEN, M.J. et HUXLEY, J.N., 2010. Association between milk yield and serial locomotion score assessments in UK dairy cows. *Journal of Dairy Science*. septembre 2010. Vol. 93, n° 9, pp. 4045-4053. DOI 10.3168/jds.2010-3062.

BECKER, J., STEINER, A., KOHLER, S., KOLLER-BÄHLER, A., WÜTHRICH, M. et REIST, M., 2014a. Lameness and foot lesions in Swiss dairy cows: I. Prevalence. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*. 1 février 2014. Vol. 156, n° 2, pp. 71-78. DOI 10.1024/0036-7281/a000553.

BECKER, J., STEINER, A., KOHLER, S., KOLLER-BÄHLER, A., WÜTHRICH, M. et REIST, M., 2014b. Lameness and foot lesions in Swiss dairy cows: II. Risk factors. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*. 1 février 2014. Vol. 156, n° 2, pp. 79-89. DOI 10.1024/0036-7281/a000554.

CLARKSON, M. J., DOWNHAM, D. Y., FAULL, W. B., HUGHES, J. W., MANSON, F. J., MERRITT, J. B., MURRAY, R. D., RUSSELL, W. B., SUTHERST, J. E. et WARD, W. R., 1996. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Veterinary Record*. juin 1996. Vol. 138, n° 23, pp. 563-567. DOI 10.1136/vr.138.23.563.

DÖPFER, D., TER HUURNE, A. A. H. M., CORNELISSE, J. L., VAN ASTEN, A. J. A. M., KOOPMANS, A., MEIJER, F. A., SCHUKKEN, Y. H., SZAKÁLL, I., KLEE, W. et BOSMA, R. B., 1997. Histological and bacteriological evaluation of digital dermatitis in cattle, with special reference to spirochaetes and *Campylobacter faecalis*. *Veterinary Record*. juin 1997. Vol. 140, n° 24, pp. 620-623. DOI 10.1136/vr.140.24.620.

HERNANDEZ, Jorge, SHEARER, Jan K. et WEBB, Daniel W., 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 15 mai 2001. Vol. 218, n° 10, pp. 1611-1614. DOI 10.2460/javma.2001.218.1611.

HULTGREN, Jan, MANSKE, Thomas et BERGSTEN, Christer, 2004. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*. avril 2004. Vol. 62, n° 4, pp. 233-251. DOI 10.1016/j.prevetmed.2004.01.002.

HUXLEY, Jon, ARCHER, Simon, BELL, Nicholas, BURNELL, Mark, GREEN, Laura, POTTERTON, S. et READER, Jon, 2012. Control of lameness. *Dairy Herd Health*. 30 novembre 2012. pp. 169-204.

LIANG, D., ARNOLD, L.M., STOWE, C.J., HARMON, R.J. et BEWLEY, J.M., 2017. Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model. *Journal of Dairy Science*. février 2017. Vol. 100, n° 2, pp. 1472-1486. DOI 10.3168/jds.2016-11565.

MANSKE, Thomas, HULTGREN, Jan et BERGSTEN, Christer, 2002. Prevalence and interrelationships of hoof lesions and lameness in Swedish dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine*. juillet 2002. Vol. 54, n° 3, pp. 247-263. DOI 10.1016/S0167-5877(02)00018-1.

O'CALLAGHAN, Karen, 2002. Lameness and associated pain in cattle - challenging traditional perceptions. *In Practice*. avril 2002. Vol. 24, n° 4, pp. 212-219. DOI 10.1136/inpract.24.4.212.

OEHM, Andreas W., KNUBBEN-SCHWEIZER, Gabriela, RIEGER, Anna, STOLL, Alexander et HARTNACK, Sonja, 2019. A systematic review and meta-analyses of risk factors associated with lameness in dairy cows. *BMC Veterinary Research*. décembre 2019. Vol. 15, n° 1, pp. 346. DOI 10.1186/s12917-019-2095-2.

ROBCIS, Rodolphe, FERCHIOU, Ahmed, BERRADA, Mehdi, NDIAYE, Youba, HERMAN, Nicolas, LHERMIE, Guillaume et RABOISSON, Didier, 2023. Cost of lameness in dairy herds: An integrated bioeconomic modeling approach. *Journal of Dairy Science*. avril 2023. Vol. 106, n° 4, pp. 2519-2534. DOI 10.3168/jds.2022-22446.

SADIQ, M.B., RAMANOON, S.Z., SHAIK MOSSADEQ, W.M., MANSOR, R. et SYED-HUSSAIN, S.S., 2021. A modified functional hoof trimming technique reduces the risk of lameness and hoof lesion prevalence in housed dairy cattle. *Preventive Veterinary Medicine*. octobre 2021. Vol. 195, pp. 105463. DOI 10.1016/j.prevetmed.2021.105463.

SADIQ, Mohammed Babatunde, RAMANOON, Siti, SHAIK MOSSADEQ, Wan, MANSOR, Rozaihan et SYED HUSSAIN, Sharifah, 2019. Dairy Farmers' Perceptions of and Actions in Relation to Lameness Management. *Animals*. 23 mai 2019. Vol. 9, n° 5, pp. 270. DOI 10.3390/ani9050270.

SOOD, Pankaj et NANDA, A.S., 2006. Effect of lameness on estrous behavior in crossbred cows. *Theriogenology*. septembre 2006. Vol. 66, n° 5, pp. 1375-1380. DOI 10.1016/j.theriogenology.2006.04.031.

SPRECHER, D.J., HOSTETLER, D.E. et KANEENE, J.B., 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*. avril 1997. Vol. 47, n° 6, pp. 1179-1187. DOI 10.1016/S0093-691X(97)00098-8.

WHAY, H. R., WEBSTER, A. J. F. et WATERMAN-PEARSON, A. E., 2005. Role of ketoprofen in the modulation of hyperalgesia associated with lameness in dairy cattle. *Veterinary Record*. décembre 2005. Vol. 157, n° 23, pp. 729-733. DOI 10.1136/vr.157.23.729.

NOM : Gouache

PRENOM : Estelle

TITRE : Développement d'une application d'enregistrement et de suivi des lésions podales chez les bovins pour le vétérinaire praticien

RESUME : Les boiteries chez les bovins sont une préoccupation majeure en élevage, à l'origine d'une dégradation du bien-être animal et de la productivité. La très grande majorité des boiteries sont liées à des affections du pied. L'investigation des facteurs de risque, pierre angulaire de la prévention et la maîtrise des boiteries d'origine podales, est grandement facilitée et améliorée par l'enregistrement standardisé d'informations relatives aux lésions podales objectivées lors du parage. Plusieurs applications informatiques existent sur le marché pour l'enregistrement des lésions podales mais aucune ne semble répondre parfaitement aux besoins des utilisateurs. Une nouvelle application a été développée dans le but de proposer une solution la plus ergonomique et complète possible. L'application réalisée répond aux critères d'enregistrement et de suivi des lésions podales en proposant un aspect pédagogique et la possibilité de prendre des photographies. Dans la version actuellement disponible de notre application l'analyse des données reste cependant limitée mais pourra être améliorée dès lors que la brique serveur sera construite et que des passerelles avec les services extérieurs comme les registres d'élevage pourront être établies. La version actuelle est toutefois pleinement opérationnelle pour la saisie des lésions podales et fait l'objet de plusieurs tests convaincants par des vétérinaires praticiens.

MOTS CLES : bovin, boiterie, lésions podales, données, logiciel informatique, enregistrement

TITLE: Development of a software for recording and monitoring foot lesions in cattle for veterinary practitioners

SUMMARY: Cattle lameness is a major concern in livestock farming, leading to a deterioration in animal welfare and productivity. Most lameness is due to foot disorders. The investigation of risk factors, the cornerstone of prevention and control of foot-related lameness, is greatly facilitated and improved by standardized recording of information related to foot lesions detected during trimming. There are several computer applications on the market for recording foot lesions, but none of them seem to meet users' needs perfectly. A new application has been developed to provide the most user-friendly and all-encompassing solution available. The resulting application meets the criteria for recording and monitoring foot lesions, offering an educational aspect and the ability to take photographs. In the version of our application currently available, data analysis remains limited, but could be improved once the server brick has been built and links with external services such as breeding registers can be established. The current version, however, is fully operational for recording foot lesions, and has and has undergone several convincing tests by veterinary practitioners.

KEYWORDS: bovine, lameness, foot lesions, data, software, recording