



HAL
open science

Évaluation clinique et biomécanique d'un protocole de thérapie laser chez le chien souffrant de coxarthrose : étude préliminaire

Audrey Roudier

► **To cite this version:**

Audrey Roudier. Évaluation clinique et biomécanique d'un protocole de thérapie laser chez le chien souffrant de coxarthrose : étude préliminaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04889200

HAL Id: dumas-04889200

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04889200v1>

Submitted on 15 Jan 2025

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.

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2024 - Thèse n° 130

**ÉVALUATION CLINIQUE ET BIOMÉCANIQUE D'UN
PROTOCOLE DE THÉRAPIE LASER CHEZ LE CHIEN
SOUFFRANT DE COXARTHROSE. ÉTUDE
PRÉLIMINAIRE.**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 10 décembre 2024
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

ROUDIER Audrey

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2024 - Thèse n° 130

**ÉVALUATION CLINIQUE ET BIOMÉCANIQUE D'UN
PROTOCOLE DE THÉRAPIE LASER CHEZ LE CHIEN
SOUFFRANT DE COXARTHROSE. ÉTUDE
PRÉLIMINAIRE.**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 10 décembre 2024
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

ROUDIER Audrey

Liste des enseignants

Liste des enseignants du Campus vétérinaire de Lyon (29/08/2024)

Mme	ABITBOL	Marie	Professeur
M.	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Mme	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Mme	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Mme	BECKER	Claire	Professeur
Mme	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Mme	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
M.	BENOIT	Etienne	Professeur
M.	BERNY	Philippe	Professeur
Mme	BLONDEL	Margaux	Maître de conférences
M.	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Mme	BRASSARD	Colline	Maître de conférences (stagiaire)
M.	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
M.	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
M.	BUFF	Samuel	Professeur
M.	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
M.	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
M.	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Mme	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Mme	CANNON	Leah	Maître de conférences (stagiaire)
M.	CHABANNE	Luc	Professeur
Mme	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
M.	CHANOIT	Guillaume	Professeur
M.	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Mme	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Professeur
Mme	DE LIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Mme	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Mme	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
M.	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
M.	GALIA	Wessam	Maître de conférences
M.	GILLET	Benoit	Maître de conférences
Mme	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
M.	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Mme	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Mme	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Mme	JEANNIN	Anne	Inspecteur en santé publique vétérinaire
Mme	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargée d'enseignement contractuelle
M.	JUNOT	Stéphane	Professeur
M.	KODJO	Angeli	Professeur
Mme	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Mme	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Mme	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Mme	LE GRAND	Dominique	Professeur
Mme	LEBLOND	Agnès	Professeur
Mme	LEDoux	Dorothee	Maître de conférences
M.	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Mme	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
M.	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
M.	LEPAGE	Olivier	Professeur
Mme	LOUZIER	Vanessa	Professeur
M.	LURIER	Thibaut	Maître de conférences
M.	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
M.	MARCHAL	Thierry	Professeur
Mme	MOSCA	Marion	Maître de conférences
M.	MOUNIER	Luc	Professeur
Mme	PEROZ	Carole	Maître de conférences
M.	PIN	Didier	Professeur
Mme	PONCE	Frédérique	Professeur
Mme	PORTIER	Karine	Professeur
Mme	POUZOT-NEVORET	Céline	Professeur
Mme	PROUILLAC	Caroline	Professeur
M.	RACHED	Antoine	Maître de conférences
Mme	REMY	Denise	Professeur
Mme	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
M.	ROGER	Thierry	Professeur
M.	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
M.	SCHRAMME	Michael	Professeur
Mme	SERGEANTET	Delphine	Professeur
Mme	STORCK	Fanny	Professeur
M.	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Mme	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
M.	ZENNER	Lionel	Professeur

Remerciements au jury

A Madame la Professeure Elvire SERVIEN

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de Médecine de Lyon

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

A Monsieur le Docteur Serge SAWAYA

De VetAgroSup, Campus Vétérinaire de Lyon

Qui nous a fait l'honneur de nous proposer et d'encadrer ce travail,
Qu'il trouve ici toute l'expression de notre profond respect et de notre gratitude.

A Monsieur Benoît GILLET

De VetAgroSup, Campus Vétérinaire de Lyon

Pour son aide précieuse dans la prise en main des logiciels et l'analyse de données,
Qu'il trouve ici le témoignage de notre grande reconnaissance.

A l'ensemble des propriétaires et des chiens ayant participé à notre étude Un grand merci, pour leur implication, leur gentillesse et leur confiance.

Table des matières

Liste des annexes	11
Liste des figures	13
Liste des tableaux	15
Liste des abréviations	17
Introduction	19
PARTIE 1 : ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE : PHYSIOPATHOLOGIE DE L'ARTHROSE ET PRINCIPES DE LA PHOTOBIO-MODULATION	21
I <u>L'arthrose chez le chien : physiopathologie et mécanismes de la douleur arthrosique</u>	21
1. Généralités sur l'arthrose canine	21
1.1. Épidémiologie de l'arthrose canine	21
1.1.1. Prévalence de l'arthrose canine	21
1.1.2. Facteurs prédisposants à l'arthrose	22
1.2. Étiologies connues de l'arthrose canine	22
1.2.1. L'arthrose primitive ou structurale	22
1.2.2. L'arthrose secondaire ou mécanique	22
2. Physiopathologie de l'arthrose canine et mécanismes de la douleur	23
2.1. Physiopathologie de l'arthrose	23
2.1.1. Présentation d'une articulation saine	23
2.1.2. Théories actuelles sur la genèse de l'arthrose	24
2.1.2.1. La théorie dite « mécaniste »	24
2.1.2.2. La théorie dite « cellulaire »	25
2.1.3. Les mécanismes cellulaires mis en jeu	25
2.1.4. Les modifications engendrées par l'arthrose : une articulation remodelée	27
2.2. La douleur articulaire d'origine arthrosique	29
2.2.1. Définitions	29
2.2.2. Les mécanismes physiopathologiques de la nociception	29
2.2.3. Expression clinique de la douleur	31
3. Les divers traitements de l'arthrose canine	32
3.1. Les traitements médicaux	32
3.2. Les traitements chirurgicaux	32
3.3. Les traitements non médicaux	33
II <u>La thérapie LASER : principes, effets et applications en médecine vétérinaire</u>	34
1. Description et principes physiques du rayonnement LASER	34
1.1. Définition et caractéristique de la lumière LASER	34
1.2. Composition et fonctionnement d'un appareil LASER	35
1.3. Comportement de la lumière LASER dans les tissus biologiques	36
1.3.1. Les phénomènes influençant la progression de la lumière dans les tissus biologiques	36

1.3.2.	Les effets du rayonnement au sein des tissus	37
1.3.3.	Les principaux dangers du rayonnement LASER	38
2.	Les effets biologiques du LASER et ses applications en médecine vétérinaire	39
2.1.	La thérapie par photobiomodulation	39
2.1.1.	Définition.....	39
2.1.2.	Les cibles thérapeutiques de la photobiomodulation	39
2.2.	Aperçu global des mécanismes biologiques de la photobiomodulation.....	40
2.2.1.	La principale cible cellulaire : le cytochrome C oxydase.....	40
2.2.2.	Les réactions primaires à l'origine des modifications biologiques	41
2.3.	Les conséquences métaboliques de la thérapie par photobiomodulation	41
2.4.	Les effets de la thérapie LASER au niveau tissulaire et organique	42
2.4.1.	Action antimicrobienne	42
2.4.2.	Action cicatrisante et régénératrice	42
2.4.3.	Action anti-inflammatoire.....	43
2.4.4.	Action analgésique	43
2.5.	Les indications et contre-indications d'utilisation de la thérapie LASER.....	43
2.5.1.	Les domaines d'application en médecine vétérinaire	43
2.5.2.	Les contre-indications de la thérapie LASER.....	44
3.	La thérapie LASER dans la gestion de l'arthrose et de la douleur	44
3.1.	La photobiomodulation au niveau cellulaire et moléculaire : mécanismes d'action	44
3.1.1.	Réduction de la production de cyclo-oxygénase 2.....	44
3.1.2.	Modulation des marqueurs de l'inflammation.....	44
3.1.3.	Diminution des neutrophiles et leucocytes dans le liquide synovial.....	45
3.1.4.	Action par stimulation de la prolifération fibroblastique et de la synthèse de collagène	45
3.2.	La thérapie LASER et son action sur la douleur en cas d'arthrose	45
3.2.1.	Action au niveau de la transduction du message.....	45
3.2.2.	Action au niveau de la transmission	45
3.2.3.	Action au niveau de la modulation	46
3.3.	Prise en charge d'un patient arthrosique par la photobiomodulation.....	48
3.3.1.	Études sur la prise en charge de patients arthrosiques par la photobiomodulation	48
3.3.2.	Protocole de traitement et suivi du patient	49
PARTIE 2 : ÉLABORATION DU PROTOCOLE D'ÉTUDE		51
I	<u>Processus de recrutement des cas</u>	51
II	<u>Protocole général de l'étude</u>	51
III	<u>Protocole de traitement de l'étude</u>	53
1.	Appareil laser utilisé au cours de l'étude et paramétrages.....	53
2.	Application du traitement LASER.....	55

IV <u>Méthodes d'évaluation utilisées au cours du protocole</u>	57
1. L'évaluation clinique par examen orthopédique	57
2. Mesures goniométriques.....	58
3. Évaluation biomécanique de la marche au moyen du système GAITRite®.....	60
4. Questionnaire d'évaluation par les propriétaires	63
5. Méthodologie de l'analyse de données.....	64
PARTIE 3 : RÉSULTATS ET DISCUSSION	65
I <u>Épidémiologie des cas</u>	65
1. Description des cas inclus dans l'étude	65
2. Exclusion et perte de cas	66
II <u>Résultats de l'analyse des données</u>	67
1. Scores cliniques	67
2. Goniométrie.....	69
3. Analyse de la marche.....	71
3.1. Aperçu global du résultat de l'analyse des données	71
3.2. Description des résultats concernant le score biomécanique	72
4. Évaluation par le propriétaire	73
PARTIE 4 : DISCUSSION ET PERSPECTIVES	75
I Discussion concernant le déroulement de l'étude.....	75
II Discussion concernant les résultats	76
1. Examen orthopédique	76
2. Goniométrie.....	76
3. Evaluation par le propriétaire	76
4. Analyse biomécanique de la marche	77
III Conclusion et perspectives.....	78
Conclusion	81
Bibliographie	83
Annexes	93

Liste des annexes

<u>Annexe 1</u> : Feuille d'évaluation orthopédique et de mesures goniométriques	93
<u>Annexe 2</u> : Version originale Helsinki Chronic Pain Index	95
<u>Annexe 3</u> : Feuille d'évaluation par le propriétaire	97
<u>Annexe 4</u> : Résultats individuels concernant les scores cliniques (évaluations orthopédiques)	99
<u>Annexe 5</u> : Résultats individuels des mesures goniométriques	101
<u>Annexe 6</u> : Résultats individuels paramètre Pmax.....	103
<u>Annexe 7</u> : Résultats individuels paramètre indice de force.....	105
<u>Annexe 8</u> : Résultats individuels score GLS	107
<u>Annexe 9</u> : Abaque utilisé pour l'obtention du score biomécanique	109
<u>Annexe 10</u> : Résultats individuels évaluation par le propriétaire	110
<u>Annexe 11</u> : Résultats individuels du chien Jazzie.....	114
<u>Annexe 12</u> : Résultats individuels du chien LUNA	116

Liste des figures

<u>Figure 1</u> : Schéma d'une articulation diarthroïdale	23
<u>Figure 2</u> : Schéma récapitulatif de la physiopathologie de l'arthrose	26
<u>Figure 3</u> : Images macroscopiques des différents stades d'arthrose articulaire sur un genou	28
<u>Figure 4</u> : Acteurs et voie de la nociception	31
<u>Figure 5</u> : Les éléments constitutifs d'un appareil LASER	35
<u>Figure 6</u> : Les différentes interactions de la lumière avec les tissus	37
<u>Figure 7</u> : Les différents effets du rayonnement LASER dans les tissus	38
<u>Figure 8</u> : Schéma récapitulatif sur l'organisation et le fonctionnement de la chaîne respiratoire mitochondriale	40
<u>Figure 9</u> : Schéma bilan des effets du rayonnement LASER sur le message nociceptif	47
<u>Figure 10</u> : Frise chronologique récapitulative du protocole d'étude	53
<u>Figure 11</u> : Photographie de l'appareil laser CTX-15	53
<u>Figure 12</u> : Photographies de l'interface de calcul « protocole parfait »	54
<u>Figure 13</u> : Zone de traitement au niveau lombaire.....	56
<u>Figure 14</u> : Zones de traitement en face médiale et latérale	56
<u>Figure 15</u> : Photographie d'un des patients avec les lunettes de protection.....	57
<u>Figure 16</u> : Photographie du goniomètre utilisé au cours de l'étude	59
<u>Figure 17</u> : Repères anatomiques de référence pour l'obtention des mesures goniométriques	60
<u>Figure 18</u> : Photographie du tapis de pression GAITRite®	61
<u>Figure 19</u> : Evolution du paramètre Score Fonctionnel Orthopédique ou DFO avec les données issues de sept chiens.....	68
<u>Figure 20</u> : Evolution du paramètre Score Fonctionnel Orthopédique ou DFO des chiens SAM et NAÏKA.....	69
<u>Figure 21</u> : Evolution du score biomécanique moyen obtenu à partir des données de sept chiens	72
<u>Figure 22</u> : Evolution du score global moyen obtenu à partir des données de sept chiens. ..	74

Liste des tableaux

<u>Tableau I</u> : Récapitulatif des différents réglages et modalités de traitement des différentes études analysées	49
<u>Tableau II</u> : Tableau récapitulatif de la densité énergétique en J/cm^2 par catégorie de poids du chien.	55
<u>Tableau III</u> : Tableau récapitulatif de la puissance en Watt par catégorie de poids du chien.	55
<u>Tableau IV</u> : Tableau récapitulatif des valeurs de flexion et d'extension considérées physiologiques.....	59
<u>Tableau V</u> : Tableau récapitulatif des valeurs de référence des différents paramètres spatio-temporels du tapis GAITRITE®.	63
<u>Tableau VI</u> : Tableau récapitulatif des données épidémiologiques des chiens inclus au sein de l'étude	66
<u>Tableau VII</u> : Tableau récapitulatif des cas sortis de l'étude	66
<u>Tableau VIII</u> : Tableau récapitulatif des moyennes obtenues sur les scores cliniques et résultats du test ANOVA	67
<u>Tableau IX</u> : Tableau récapitulatif des moyennes obtenues et des résultats de l'analyse ANOVA sur les valeurs d'extension, flexion et amplitude articulaire coxo-fémorale gauche et droit	70
<u>Tableau X</u> : Tableau récapitulatif des scores biomécaniques obtenus par chaque chien.....	72
<u>Tableau XI</u> : Tableau récapitulatif du score global obtenu par chacun des chiens	73

Liste des abréviations

TENS : *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (Neurostimulation électrique transcutanée)

LASER : *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (Amplification de lumière par émission stimulée de radiation)

IL1- β : Interleukine 1- β

TNF- α : *Tumor Necrosis Factor α* (Facteur de nécrose tumorale α)

COX-2 : Cyclooxygénase 2

ATP : Adénosine Triphosphate

AINS : Anti-inflammatoires non stéroïdiens

ANOVA : *Analysis of variance* (Analyse de la variance)

INTRODUCTION

La douleur chronique et le handicap fonctionnel liés à l'arthrose constituent des préoccupations majeures des propriétaires de chiens et des vétérinaires. Cette affection inflammatoire chronique, évoluant progressivement vers la destruction et la dégénérescence articulaire affecte de nos jours environ un chien sur quatre (BLAND, 2015). Son incidence a fortement augmenté ces deux dernières décennies avec l'accroissement notable de l'espérance de vie des chiens. Toutefois, elle ne se limite pas à la consultation du chien âgé, mais est également diagnostiquée chez le jeune adulte, du fait de l'incidence croissante des affections héréditaires (dysplasies, effets de « mode » pour certaines races), des affections métaboliques (surpoids et obésité), et du développement des activités sportives canines (contraintes répétées sur les structures articulaires, suites de traumatismes).

Les lésions une fois installées sont considérées comme irréversibles et, à l'heure actuelle, aucun traitement curatif efficace n'est connu (BLAND, 2015). De ce fait, la prise en charge de l'arthrose se base sur un traitement symptomatique visant à améliorer la qualité de vie de l'animal en le soulageant, au moyen d'anti-inflammatoires non-stéroïdiens, ou parfois des corticoïdes, souvent associés à des antalgiques. Toutefois ces traitements s'accompagnent souvent d'effets indésirables plus ou moins importants (ulcère, vomissement, anorexie, douleurs abdominales pour les anti-inflammatoires, prise de poids, diabète, insomnie, immunodéficience, pathologies cardiaques pour les corticostéroïdes) et sont souvent peu tolérés par les chiens (BLAND, 2015). Ces effets secondaires lourds poussent de plus en plus les propriétaires et les cliniciens à se tourner vers des thérapeutiques complémentaires.

L'intérêt de la prise en charge du patient souffrant d'arthrose au moyen des différentes techniques de la physiothérapie (courants antalgiques TENS, Ultrasons, Ondes de chocs Extracorporelles etc.) a fait l'objet de nombreuses études chez l'homme et plus récemment chez l'animal. Les deux dernières décennies ont vu le développement de la thérapie LASER en physiothérapie vétérinaire. Cette technique utilise les propriétés de la lumière (photons stimulés et accélérés) émise à des longueurs d'ondes et à des fréquences spécifiques. Des études chez l'animal de laboratoire ont montré des actions bénéfiques sur la douleur par augmentation des neuromédiateurs (sérotonine, endorphines), régulation de l'inflammation (augmentation de la libération de l'oxyde nitrique), favorisant la vasodilatation et une activation de la respiration cellulaire par stimulation de la chaîne respiratoire mitochondriale (PRYOR ET MILLIS, 2015). Les LASERS dits « thérapeutiques » actuels permettent de délivrer plus de puissance et de diminuer les temps d'application. Malgré tout, les études permettant une analyse objective et qualitative de leurs effets chez le chien, notamment sur l'arthrose, restent encore rares (BARALE et al., 2020 ; LOONEY et al., 2018).

Notre étude a pour objectif d'évaluer l'effet d'un protocole de thérapie laser sur des chiens souffrant d'arthrose coxo-fémorale par le biais de différentes méthodes d'évaluations et de suivis à savoir l'analyse de la locomotion via le système

GAITRITE®, des mesures d'amplitude articulaire via un goniomètre et de scores cliniques attribués par un praticien expérimenté et par le propriétaire.

Après une première partie de synthèse bibliographique concernant la physiopathologie et les conséquences de l'arthrose ainsi que sur le principe de fonctionnement d'un appareil LASER et ses nombreuses applications possibles, nous détaillerons dans une seconde partie la mise en place de notre protocole d'étude et les différentes méthodes d'évaluation utilisées avant d'aborder dans notre troisième et dernière partie, les résultats obtenus et les conclusions que nous en avons pu en tirer.

PARTIE 1

ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE :

PHYSIOPATHOLOGIE DE L'ARTHOSE

ET PRINCIPES DE LA

PHOTOBIO-MODULATION

I. L'arthrose chez le chien : physiopathologie et mécanismes de la douleur arthrosique

L'arthrose est une pathologie bien connue aussi bien en médecine humaine que vétérinaire. La prévalence de cette pathologie chez les animaux de compagnie est en évolution croissante depuis de nombreuses années en lien avec des animaux atteignant un âge plus avancé du fait de leur mode de vie, de leur alimentation et de leur médicalisation. L'objectif de cette partie est d'apporter une vue d'ensemble sur cette pathologie : ses causes, sa mise en place et ses conséquences afin de comprendre son impact sur le confort et le mode de vie de nos animaux.

1. Généralités sur l'arthrose canine

1.1 Épidémiologie de l'arthrose canine

1.1.1 *Prévalence de l'arthrose canine*

On peut retrouver quelques données dans la littérature permettant de donner une idée de la prévalence et de l'importance de cette pathologie en pratique vétérinaire (MAITRE *et al.*, 2007). Tout d'abord, il a été noté que les affections articulaires représentent 50% des affections orthopédiques rencontrées en clinique vétérinaire d'après une étude de JOHNSON *et al.*, en 1994. Parmi ces affections, l'arthrose est la pathologie la plus fréquente.

Une étude menée aux Etats-Unis par Pfizer (PFIZER ANIMAL HEALTH, 1996) auprès de 200 vétérinaires praticiens, dans le cadre du développement d'un médicament à base de carprofène a révélé que l'arthrose affectait un chien adulte sur cinq. Environ 10 à 12 millions de chien montrent des signes d'arthrose et en moyenne un vétérinaire praticien recevait 45 chiens souffrant d'arthrose par an dont 21 % sont des cas sévères et 31 % des cas modérés.

1.1.2 Facteurs prédisposants à l'arthrose

Il existe plusieurs facteurs prédisposants à l'arthrose que l'on peut répartir en deux catégories : les facteurs physiologiques et les facteurs pathologiques.

Concernant les facteurs physiologiques (BELLOCQ, 2007 ; MELE, 2007), ils sont nombreux et regroupent :

- L'âge : 50% des cas d'arthrose sont observés chez des chiens de plus de huit ans, expliqué par la sénescence du tissu cartilagineux.
- La race : 45% des chiens affectés sont de grandes races dont 50% appartiennent à des races géantes.
- Le sexe : un certain nombre de processus à l'origine d'arthrose présente un sexe ratio particulier (par exemple la fragmentation du processus coronoïde médial touche trois fois plus les mâles que les femelles).
- Les facteurs génétiques : on sait dorénavant que certaines races comme le Labrador Retriever ou le Berger Allemand sont prédisposés génétiquement à cette pathologie.

A ces facteurs physiologiques, s'ajoutent des facteurs pathologiques tels que la surcharge pondérale, les troubles ostéoarticulaires (dysplasie coxo-fémorale par exemple), les anomalies de conformation ... (BOIRE, 2012).

1.2 Étiologies connues de l'arthrose canine

A ce jour, deux étiologies différentes existent pour expliquer l'apparition de l'arthrose. En effet, cette affection peut être d'origine primitive ou secondaire (BARET et BENAÏM, 2008 ; BELLOCQ, 2007 ; BOIRE, 2012).

1.2.1 L'arthrose primitive ou structurale

Elle est assez rare, avec un âge moyen d'apparition dépendant de la race. Plus généralement, on parle d'arthrose primitive lorsqu'aucune cause n'est décelable. Elle est due à un dysfonctionnement métabolique primaire des chondrocytes.

On peut notamment citer l'arthrite auto-immune ou des facteurs métaboliques et génétiques comme origine de ce type d'arthrose. On sait également qu'il existe un déterminisme génétique chez les chiens de grandes races.

1.2.2 L'arthrose secondaire ou mécanique

C'est le type d'arthrose que l'on rencontre le plus fréquemment, consécutif à une instabilité articulaire à la suite d'un trouble musculo-squelettique congénital ou acquis (rupture des ligaments croisés, dysplasie, luxation de rotules, fractures articulaires ...).

2. Physiopathologie de l'arthrose canine et mécanismes de la douleur

2.1 Physiopathologie de l'arthrose

2.1.1 *Présentation d'une articulation saine*

Pour comprendre la physiopathologie de l'arthrose, il faut d'abord rappeler la structure d'une articulation saine. Nous nous placerons dans le cas d'une articulation diarthroïdale comme représentée sur la figure 1.

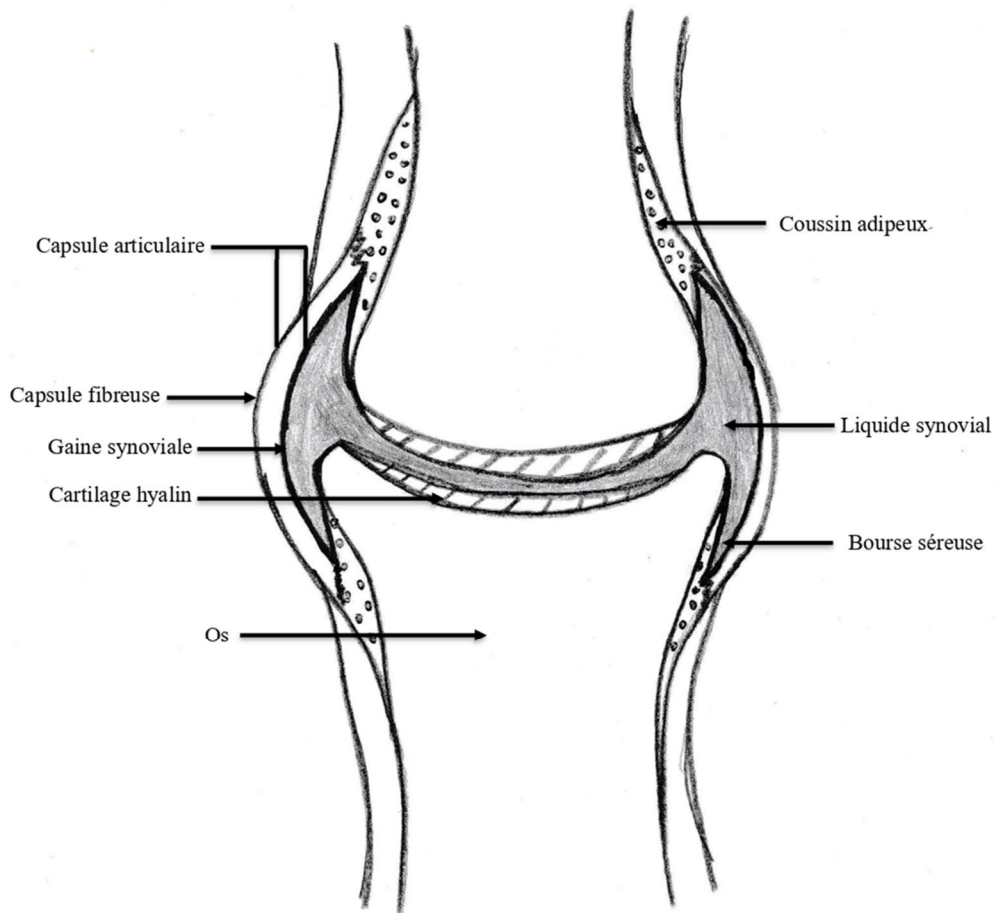


Figure 1 : Schéma d'une articulation diarthroïdale. [Inspiré de : <https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/pass-anatomie-organisation-des-appareils-et-des-systemes.>]

Cette articulation comporte diverses structures (BELLOCQ, 2007 ; BOIRE, 2012 ; FAYOLLE, 2007 ; JOHNSTON, 1997) :

- ❖ Une capsule articulaire assurant la jonction entre les épiphyses des deux os.
- ❖ Une membrane synoviale permettant, avec la synovie, la lubrification de l'articulation pour diminuer les frictions et frottements entre les surfaces articulaires. Le liquide synovial est un ultrafiltrat du plasma sanguin, le flux de ce liquide assure l'approvisionnement en nutriments des chondrocytes et l'évacuation des déchets.
- ❖ Un cartilage articulaire permettant le glissement des surfaces articulaires et l'amortissement des contraintes mécaniques grâce à sa capacité de rétention d'eau. C'est un tissu non vascularisé et non innervé dont la nutrition est assurée par le liquide synovial. Ses constituants, les chondrocytes, synthétisent les composants de la matrice extracellulaire, à savoir des fibres de collagènes. Celle-ci est organisée en un maillage continu et les fibres de collagène qui la composent baignent dans la substance fondamentale (composée à 75% de protéoglycanes), essentielle à la survie du cartilage, car elle permet la diffusion de l'oxygène et des molécules dissoutes.
- ❖ Un os sous-chondral : il s'agit d'un tissu vascularisé qui va participer à la nutrition des chondrocytes. Il va également jouer le rôle d'amortisseur et permettre la répartition des forces s'appliquant sur l'articulation.

2.1.2 Théories actuelles sur la genèse de l'arthrose

Il existe actuellement deux théories expliquant la genèse de l'arthrose. Ces théories sont complémentaires et ne peuvent être dissociées l'une de l'autre (BOIRE, 2012 ; FAYOLLE, 2007).

2.1.2.1 La théorie dite « mécaniste »

Cette théorie est la plus fréquente, il s'agit de contraintes mécaniques anormalement élevées en intensité et en fréquence et/ou une anomalie de répartition des forces sur un cartilage sain qui seraient la cause. S'ensuit une rupture de la trame collagénique, une hyperhydratation des protéoglycanes et un défaut de leur maintien entraînant des fuites hors de la matrice extracellulaire d'où une diminution de l'élasticité et des capacités d'amortissement du cartilage aggravant encore plus les lésions de la trame collagénique. Un cercle vicieux s'installe.

Toutefois, cette théorie seule ne permet pas d'expliquer la genèse de l'arthrose dans des cas où l'articulation ne subit pas des contraintes excessives. C'est pourquoi, il n'est pas possible de dissocier les deux théories.

2.1.2.2 La théorie dite « cellulaire »

Dans cette autre théorie, le mécanisme à l'origine de l'arthrose provient de contraintes normales qui s'exercent sur un cartilage altéré à la suite d'un dysfonctionnement métabolique avec une prédominance du catabolisme et la libération d'enzymes dégradant la structure du cartilage articulaire.

2.1.3 Les mécanismes cellulaires mis en jeu

Deux phases semblent se succéder au cours du processus de mise en place de l'arthrose :

- Phase I : les chondrocytes vont retrouver leur capacité de division en augmentant leur métabolisme de base pour réparer ou limiter les lésions. Ce processus est à l'origine de cellules ayant une hyperactivité métabolique à l'origine d'un collagène anormale n'ayant pas les mêmes propriétés biomécaniques qu'un collagène sain (BOIRE, 2012).
- Phase II : il s'agit d'une phase d'épuisement et de dégénérescence des chondrocytes avec une diminution de la synthèse des protéoglycanes et une fragilisation de la trame collagénique. Il n'y a plus de compensation des contraintes mécaniques. En conséquence le cartilage se détériore sous l'effet de ces contraintes. En parallèle, des phénomènes enzymatiques délétères s'amplifient à la suite de la modification du métabolisme chondrocytaire à l'origine d'une synovite qui engendre elle-même la libération de facteurs chimiques délétères. Ces facteurs chimiques vont être libérés en réponse à la stimulation des cellules par des cytokines cataboliques IL1, IL2 et TNF. On est donc dans un processus auto-aggravant (BELLOCQ, 2007 ; BOIRE, 2012 ; FAYOLLE, 2007).

Un schéma récapitulatif des mécanismes physiopathologiques mis en jeu au cours du processus d'arthrose est répertorié ci-après en figure 2.

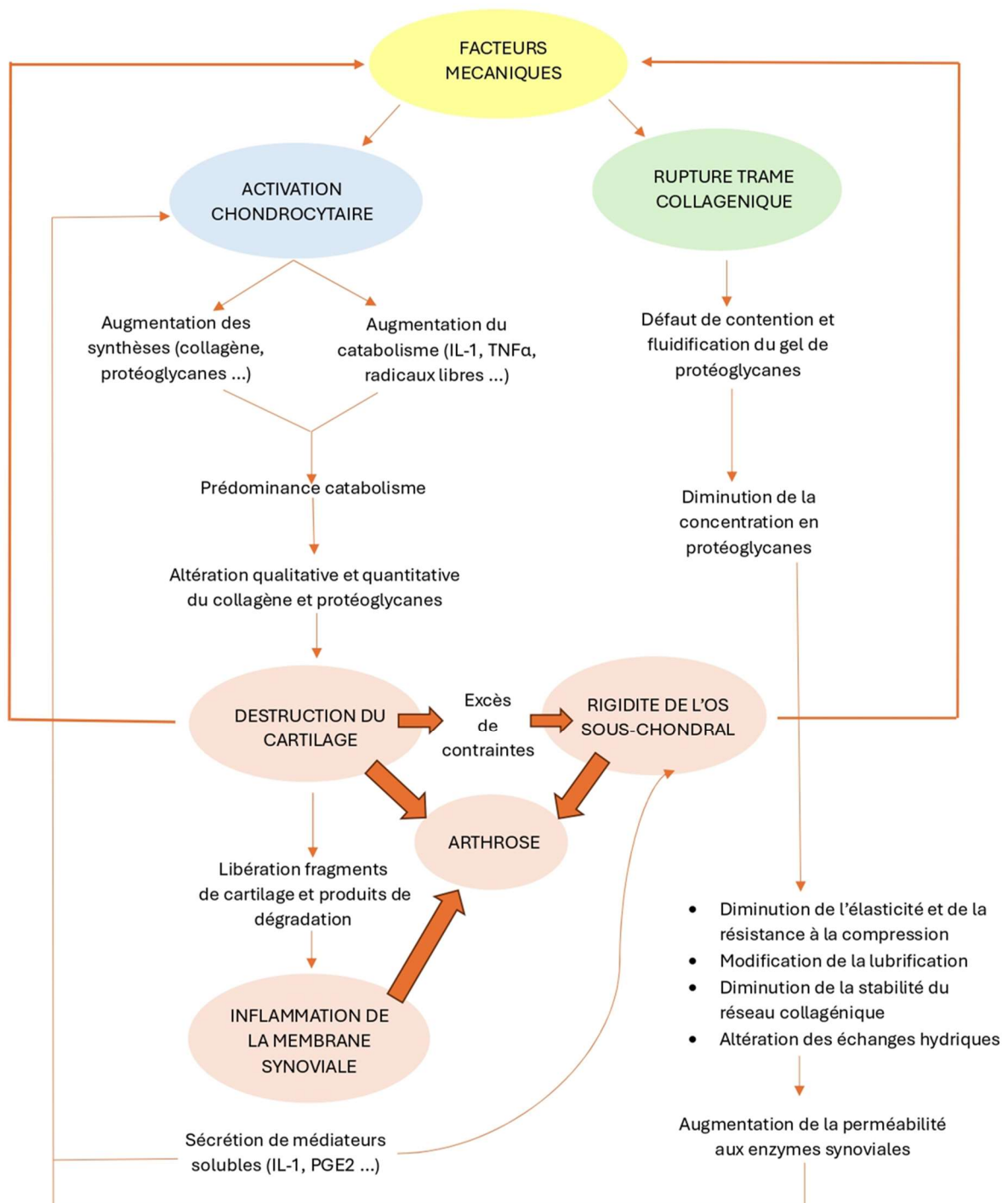


Figure 2 : Schéma récapitulatif de la physiopathologie de l'arthrose. [D'après FAYOLLE, 2007 ; BOIRE, 2012].

2.1.4 Les modifications engendrées par l'arthrose : une articulation remodelée

À la suite de l'installation de l'arthrose au sein d'une articulation, les modifications structurales sont nombreuses (FAYOLLE, 2007).

Tout d'abord, ce sont des lésions cartilagineuses qui vont se mettre en place et pour lesquelles quatre stades ont été définis et illustrés sur la figure 3 (COOK *et al.*, 2010).

- ❖ Stade 1 : lésions initiales avec un ramollissement du cartilage (correspond à la phase d'œdème en lien avec l'hyperhydratation tissulaire).
- ❖ Stade 2 : fibrillation et apparition des fissures cartilagineuses superficielles. A ce stade, les fibres de collagène superficielles sont partiellement découvertes.
- ❖ Stade 3 : les fissures suivent l'orientation des fibres du réseau de collagène et plongent en profondeur. Le cartilage devient hétérogène avec de possibles détachements de fragments.
- ❖ Stade 4 : ulcération, mise à nu et abrasion de l'os sous-chondral.

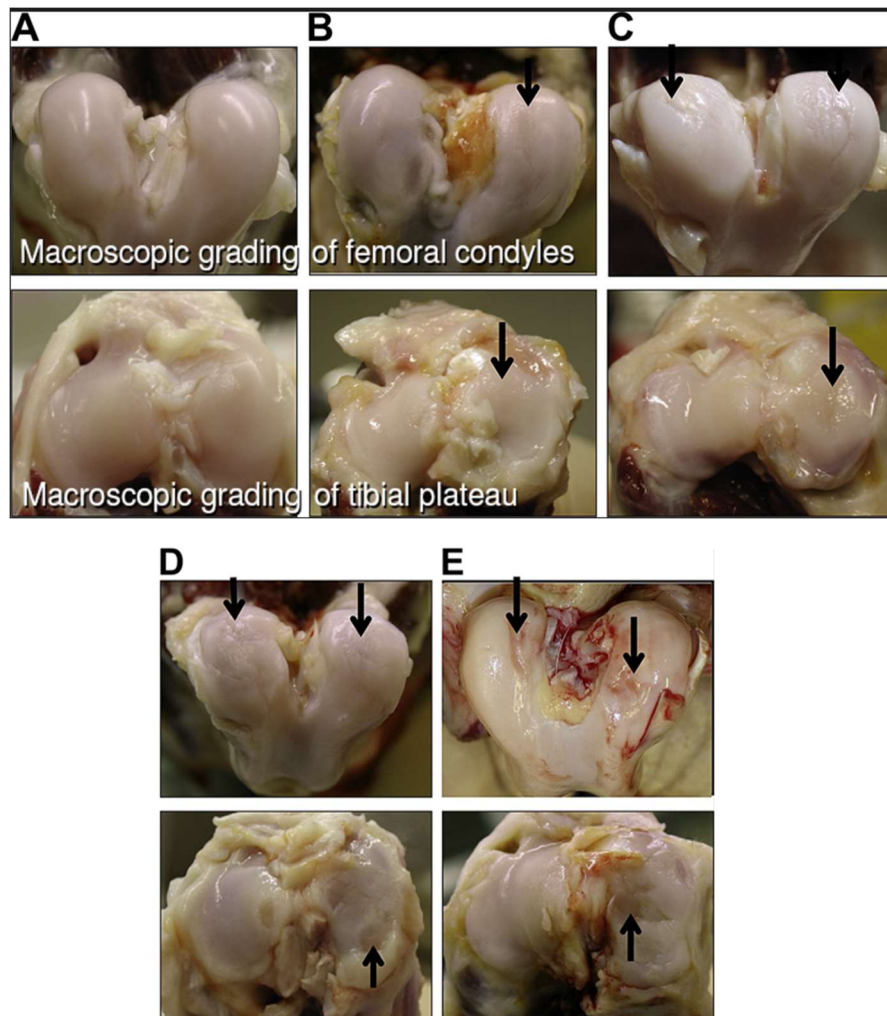


Figure 3 : Images macroscopiques des différents stades d'arthrose articulaire sur un genou. [D'après COOK et al., 2010].

A – Articulation normale B – Stade fibrillation C – Stade fissuration
 D – Stade éburnation E – Stade éburnation sévère

A ces lésions cartilagineuses, s'associent des lésions osseuses. En effet, les ostéoclastes de l'os sous-chondral ont des récepteurs IL1- β et TNF- α dont la liaison avec la cytokine correspondante induit leur activation et leur déminéralisation. Le cartilage articulaire n'étant plus fonctionnel, l'os sous-chondral s'épaissit et se densifie en réponse à un excès de contraintes. C'est ce qu'on appelle des remaniements épiphysaires. En parallèle, des néoformations ostéocartilagineuses appelées ostéophytes peuvent apparaître mais elles ne sont pas spécifiques de l'arthrose, elles reflètent une activité anormale des articulations ou des tissus adjacents (BELLOCQ, 2007 ; BOIRE, 2012 ; FAYOLLE, 2007).

On a également une réaction inflammatoire à la suite de la récupération de débris cartilagineux et de médiateurs pro-inflammatoires par le liquide synovial. Ceci entraîne une perte de fonction notamment une diminution de la résorption, une augmentation

de la pression intra-articulaire et une diminution de la synthèse d'acide hyaluronique. La synovie est moins visqueuse d'où une perte de lubrification des surfaces articulaires et de la nutrition des chondrocytes (BOIRE, 2012).

2.2 La douleur articulaire d'origine arthrosique

2.2.1 *Définitions*

La douleur est un processus physiopathologique complexe. En ce qui la concerne, il n'existe pas vraiment de relation entre le stimulus à l'origine et la sensation perçue. Ceci peut s'expliquer par le fait que le phénomène de douleur résulte d'une part de facteurs objectifs (stimuli) mais également de facteurs subjectifs affectifs, émotionnels ou motivationnels (POUZOT, 2003).

Une définition donnée par l'Association Internationale pour l'Étude de la Douleur est « une sensation désagréable et une expérience émotionnelle en réponse à une atteinte tissulaire réelle ou potentielle, ou décrite en ces termes » (MERSKEY *et al.*, 1994).

Il ne faut donc pas confondre douleur et nociception qui sont deux notions différentes, mais liées. La douleur inclut une notion subjective comme décrit juste avant. La nociception, quant à elle, peut se décrire comme étant une « Réaction des récepteurs sensitifs provoquée par des stimulus qui menacent l'intégrité de l'organisme » (définition tirée du Le Robert) et n'inclut pas cette part de subjectivité. Ainsi, pour discuter des mécanismes physiopathologiques, nous utiliserons plutôt le terme de nociception.

2.2.2 *Les mécanismes physiopathologiques de la nociception*

La nociception est due à des nocicepteurs que l'on retrouve à de nombreux endroits du corps (peau, muscles, pulpe dentaire, ligaments ...). Au niveau articulaire, la nociception se réalise par le biais de deux récepteurs (LAMONT *et al.*, 2000 ; POUZOT, 2003 ; TOUZOT-JOURDE, 2011).

- Le récepteur III qui est un mécano-récepteur à seuil élevé, sensible à la pression et à l'étirement et dont la transmission de l'influx nociceptif se fait via des fines fibres myéliniques A δ . Ces récepteurs se retrouvent essentiellement à la surface des ligaments et réagissent à de forts stimuli mécaniques. La stimulation de ce type de récepteur entraîne une douleur vive, rapide et localisée.
- Le récepteur IV formé par les terminaisons nerveuses libres de fibres amyéliniques C présentes dans toutes les structures articulaires sauf dans le cartilage, ce sont des récepteurs polymodaux qui sont actifs seulement en conditions pathologiques d'inflammation et qui répondent à des stimuli mécaniques, chimiques et thermiques. La stimulation de ce type de récepteur entraîne une douleur sourde et lancinante.

Le message nerveux nociceptif est ensuite remonté vers les centres intégrateurs par le biais de la substance blanche comme illustré sur la figure 4 ci-après. Le fonctionnement de ces deux récepteurs permet de comprendre l'évolution de la douleur éprouvée par l'animal. En effet, au début du processus, la douleur arthrosique va être intermittente avec des poussées aiguës entre des périodes asymptomatiques en lien avec la stimulation des récepteurs de type III puis avec l'évolution et la présence d'une sub-inflammation, apparaît alors une douleur constante d'intensité croissante en bruit de fond, causée par la stimulation des récepteurs de type IV, sur lequel va se rajouter des phases de douleur exacerbée.

En parallèle, dans ces conditions pathologiques d'inflammation on voit émerger le développement de zones hyperalgésiques (c'est-à-dire avec une sensibilité exacerbée à un stimulus nociceptif) et/ou allodymiques (c'est-à-dire une réaction de douleur à un stimulus non nociceptif) car localement le processus inflammatoire fait abaisser le seuil de sensibilité des nocicepteurs. En conséquence, une récurrence de l'influx nociceptif ascendant est présent ce qui entraîne une amplification de son intensité à l'origine d'une sensibilisation centrale de la corne dorsale de la moelle épinière avec accroissement de la réponse des neurones nociceptifs médullaires. En réponse, le message envoyé en direction des centres supra-spinaux est amplifié entraînant également leur sensibilisation (notamment au niveau du thalamus) avec une diminution de l'activité des contrôles inhibiteurs. En parallèle de ces douleurs articulaires vont également s'ajouter des douleurs musculaires par sollicitation compensatoire et anormale de certains muscles. L'ensemble des éléments décrit dans cette partie ont été résumés sur la figure 4.

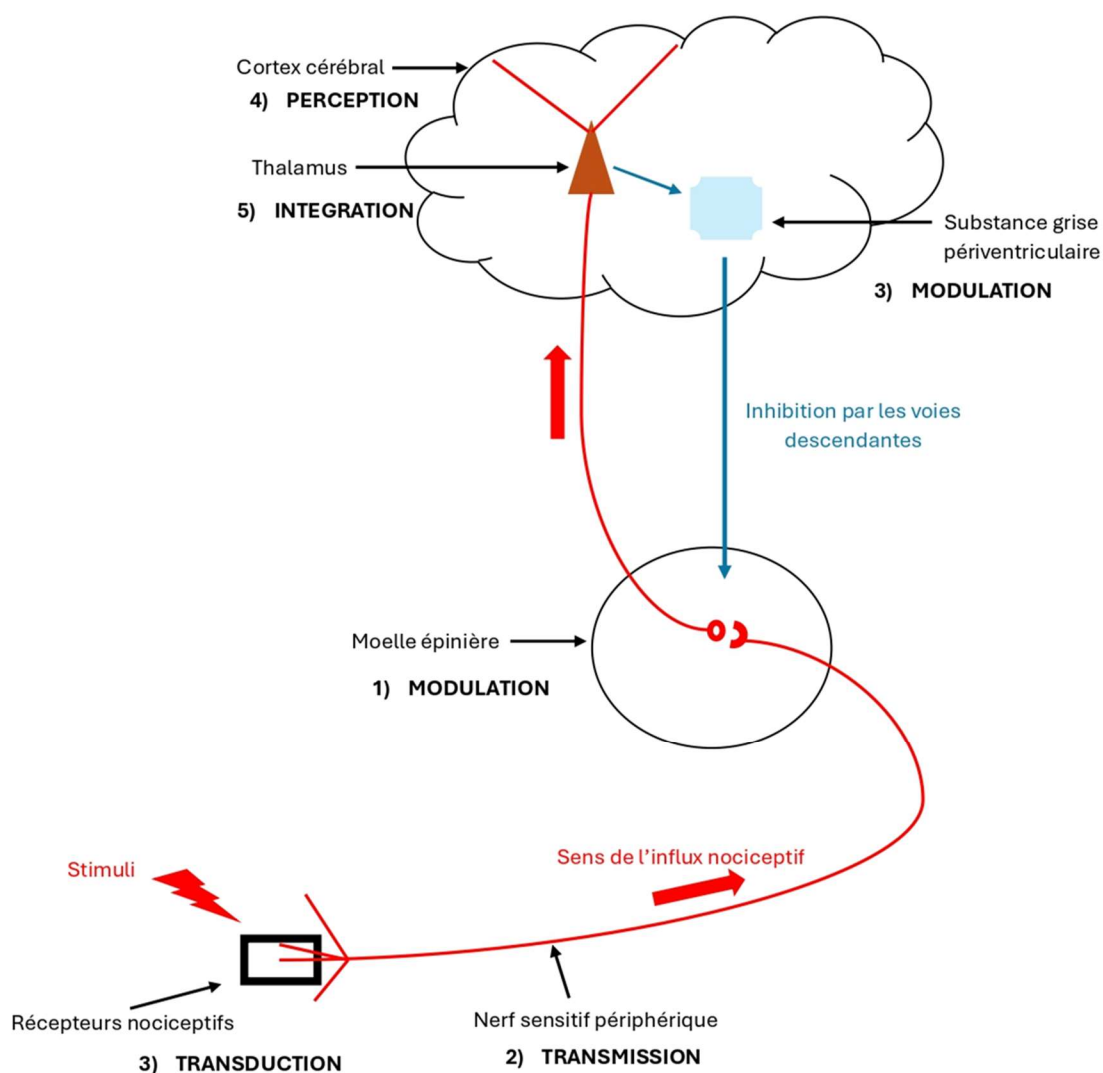


Figure 4 : Acteurs et voie de la nociception. [D'après TOUZOT-JOURDE, 2011].

2.2.3 Expression clinique de la douleur

Les symptômes sont divers et variés et peuvent être répartis en différentes catégories (BARET et BENAÏM, 2008 ; FAYOLLE, 2007 ; MAITRE et al., 2007).

Tout d'abord, les signes fonctionnels. Ils sont variables en fonction de la localisation, essentiellement d'origine algique puis dans un second temps mécanique avec la limitation du jeu articulaire par le remodelage de l'articulation. Le plus souvent, le propriétaire remarque une boiterie intermittente, un changement de comportement et une diminution de l'activité du chien. Différents stades existent :

- Stade I : une douleur « à froid » exacerbée par l'humidité, le froid ou la sollicitation excessive. Elle se manifeste par une raideur et un refus progressif d'effectuer certains mouvements.
- Stade II : épisodes aigus plus spectaculaires (cris, suppression d'appui).

- Stade III : ankylose accompagnée d'une réduction de la douleur.

Ensuite, il est possible de remarquer des signes locaux notamment une inflammation modérée avec une articulation plus chaude, une dilatation des culs-de-sac synoviaux, une déformation des profils articulaires, une crépitation lors de la mobilisation de l'articulation et des signes de douleur, une amyotrophie est possible.

3. Les divers traitements de l'arthrose canine

3.1 Les traitements médicaux

Diverses et variées sont les molécules mises sur le marché depuis plusieurs années et testées par le biais d'études sur leur bénéfice par rapport à la gestion de la douleur d'origine arthrosique (BARET et BENAÏM, 2008 ; GOGNY, 2007 ; TOUZOT-JOURDE, 2011). Parmi ces molécules, les plus fréquentes sont :

- Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS) : ils permettent de limiter l'inflammation et la dégénérescence du cartilage ainsi que de gérer la douleur, ils ont une action essentiellement périphérique mais également centrale pour certaines substances. Leur action anti cyclo-oxygénase inhibe la sécrétion de prostaglandines et prévient la sensibilisation des nocicepteurs périphériques mais ils présentent de nombreux effets indésirables non négligeables (action érosive sur le tube digestif, hypoperfusion rénale ...).
- Les anticonvulsivants : la gabapentine diminue l'excitabilité des fibres nerveuses via la modulation des canaux calciques mais présente souvent une forte sédation en effet indésirable.
- Les chondroprotecteurs : ils augmenteraient la synthèse de macromolécules comme les protéoglycanes par les chondrocytes ainsi que l'acide hyaluronique par les synoviocytes. Ils inhiberaient des collagénases et des médiateurs de l'inflammation, préviendraient la formation de fibrine et de thrombi (AUTEFAGE, 2007).

3.2 Les traitements chirurgicaux

Lorsque les traitements médicaux et hygiéniques (détaillés ci-après) ne suffisent pas à apporter un confort de vie suffisant à l'animal, il existe diverses options chirurgicales pouvant être proposées notamment la stabilisation d'une articulation instable par arthrodèse, triple ostéotomie du bassin, prothèse de hanches chez les grands chiens (VIGUIER et al., 2007b).

3.3 Les traitements non médicaux

En parallèle des traitements médicaux, il est nécessaire d'apporter des mesures hygiéniques (CACHON et GENEVOIS, 2007).

- Le contrôle de la surcharge pondérale car même s'il ne s'agit pas d'une cause primaire, le surpoids et l'obésité sont des facteurs prédisposants et aggravants du point de vue des contraintes qui vont être appliquées sur l'articulation.
- Un plan d'exercice contrôlé : une activité physique régulière et adaptée, non violente (maintien ou perte de poids, prévention contre la perte d'amplitude articulaire, maintien et/ou renforcement de la musculature).
- Adaptations environnementales : prévenir au maximum l'utilisation des escaliers et les surfaces glissantes.
- Une alimentation enrichie en acide gras poly-insaturés : ils diminueraient la synthèse d'interleukine 1 et COX-2 ainsi que l'activité des collagénases.

A côté de ces mesures hygiéniques, le recours aux thérapeutiques complémentaires est de plus en plus fréquent en lien avec les apports bénéfiques pour l'animal. Ainsi, la physiothérapie peut permettre d'améliorer l'amplitude articulaire, aider l'animal à se remuscler et gérer les épisodes douloureux grâce à des séances de rééducation spécifiques. En effet, par le biais de séances d'électrostimulation, il est possible de remuscler de manière efficace et rapide un animal arthrosique. La douleur et les contractures musculaires peuvent être diminuées grâce aux ondes de choc, la stimulation par ultrasons, l'acupuncture ou encore la thérapie laser (CACHON et GENEVOIS, 2007).

Ainsi, comme nous avons pu le décrire, l'arthrose est donc une pathologie multifactorielle complexe, fréquente chez les animaux âgés, ayant de lourds impacts sur le confort et la qualité de vie des animaux qui en sont atteints. De nombreuses études ont été menées afin de mettre en place de nouvelles thérapeutiques pour gérer au mieux cette pathologie mais avec certains nombres d'effets indésirables non négligeables. Depuis quelques années, des thérapeutiques non médicamenteuses comme la thérapie LASER font l'objet d'études afin de déterminer leurs bienfaits dans la gestion de la douleur d'origine arthrosique.

II. La thérapie LASER : principes, effets et applications en médecine vétérinaire

Nous discuterons ici de la thérapie LASER afin d'en expliquer les principes, le fonctionnement ainsi que ses divers effets pouvant être utilisés en médecine vétérinaire notamment en ce qui concerne l'arthrose.

1. Description et principes physiques du rayonnement LASER

1.1 Définition et caractéristiques de la lumière LASER

Le terme LASER est un anagramme pour *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, à savoir une émission de lumière par un processus d'amplification optique basé sur la stimulation d'émission de radiation électromagnétique. Aujourd'hui, utilisé dans le langage courant pour faire référence aux appareils utilisant cette technologie, ce mot à l'origine définissait tout simplement le phénomène à l'œuvre. Bien que cette lumière LASER soit différente de celle d'une autre source lumineuse (le soleil par exemple), elle présente les mêmes propriétés, celles d'une onde électromagnétique capable de se propager dans l'espace (HODE et TUNÉR, 2014).

En grande majorité, le rayonnement LASER utilisé dans les appareils thérapeutiques se situe entre 600 et 1 300 nm c'est-à-dire des rayonnements dans le visible (rouge jusqu'au proche de l'infrarouge).

Comme il a été décrit plus tôt, la lumière LASER possède les propriétés d'une onde électromagnétique. Elle correspond au déplacement de corpuscules appelés photons se déplaçant à la vitesse de la lumière, chacun ayant sa propre énergie photonique d'après les travaux de Einstein et Max Planck. Toutefois, c'est une lumière émise de manière stimulée et amplifiée à l'origine de trois propriétés qui permettent aux rayons de pénétrer et d'avoir une action dans les tissus biologiques (POITTE, 2013 ; KARU et VO-DINH, 2014 ; SMITH, 2017) :

- C'est une lumière monochromatique : les photons émis sont issus d'une gamme de longueurs d'ondes restreintes. Cela permet d'ajuster le traitement en fonction des molécules visées, de la dose et de la profondeur des tissus cibles car il existe une absorption des longueurs d'onde propre à chaque molécule.
- C'est une lumière non divergente, le faisceau lumineux issu résulte des allers-retours entre les surfaces réfléchissantes de la cavité résonante qui compose l'appareil. Seuls les photons dont la trajectoire est perpendiculaire aux miroirs sont émis. Cela permet d'éviter toute déperdition d'énergie et éviter de soumettre les zones non concernées à des radiations.
- C'est une lumière cohérente spatialement et temporellement c'est-à-dire que toutes les caractéristiques du faisceau lumineux sont identiques entre deux points distincts, mais également en un même point mais en deux instants

distincts. Cela à son importance pour garantir une application uniforme et répétable dans le temps.

1.2 Composition et fonctionnement d'un appareil LASER

Un appareil à rayonnement LASER est constitué de trois composants majeurs nécessaires à la genèse du faisceau lumineux (POITTE, 2013 ; HODE et TUNÉR, 2014) et comme représenté sur la figure 5.

- La source d'énergie ou milieu actif qui peut être liquide, gazeux ou solide et qui renferme les particules excitées. La nature du milieu actif est très importante car c'est elle qui détermine la gamme de longueur d'onde émise par l'appareil.
- L'amplificateur (ou source de pompage) est constitué d'une source d'énergie provenant de l'extérieur, elle peut être de diverses natures (décharge électronique, courant électrique, lumière ordinaire ...).
- La cavité de résonance (ou résonateur) est formée d'un miroir réfléchissant et d'un deuxième miroir semi-réfléchissant, parallèles entre eux. Ce système, permet l'émergence d'un grand nombre de photons après amplification.

Le principe physique de fonctionnement repose sur l'excitation des électrons par la source d'énergie pour les faire évoluer à un niveau d'énergie supérieur. L'émission de photons se produit lorsque ces électrons reviennent à leur niveau de base. Les photons stimulent d'autres atomes dans l'amplificateur et entraînent l'émission de leur énergie.

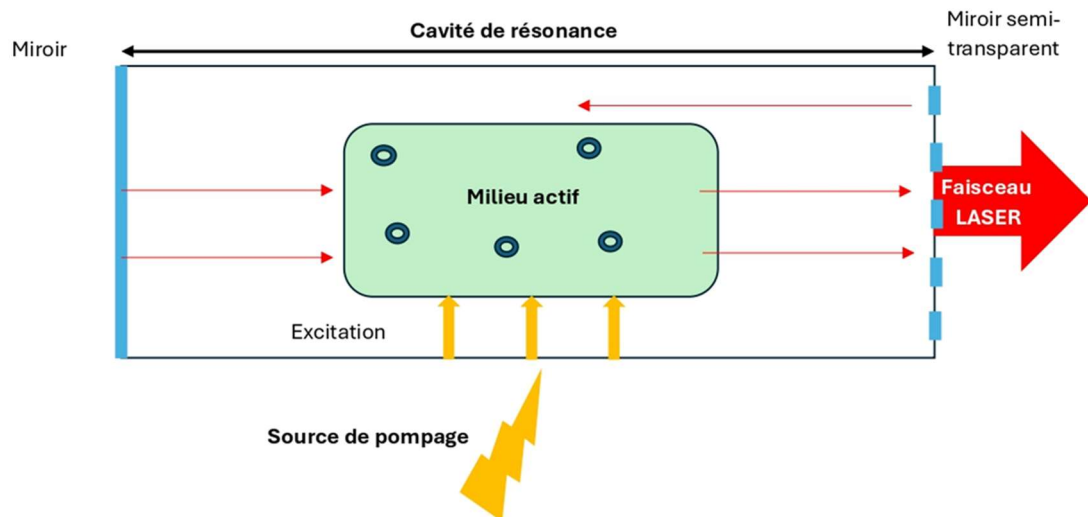


Figure 5 : Les éléments constitutifs d'un appareil LASER. [D'après POITTE, 2013].

1.3 Comportement de la lumière LASER dans les tissus biologiques

1.3.1 Les phénomènes influençant la progression de la lumière dans les tissus biologiques

La lumière visible ne pénètre pas bien dans les tissus biologiques car ce sont des milieux hétérogènes complexes. De nombreux phénomènes rentrent en jeu lorsque la lumière, de quelconque nature, entre en contact avec une surface comme la figure 6 le représente (PEAVY, 2002).

- La réflexion et la transmission se produisent lorsqu'un rayon lumineux passe une interface entre deux milieux. Une partie de ce rayon peut être réfléchi (c'est-à-dire qu'il ne pénètre pas dans le second milieu) ou transmis (il pénètre dans le second milieu) en fonction de divers paramètres (indices de réfractons, angle d'incidence ...). Dans le cas du rayonnement LASER, ce phénomène de réflexion est à prendre en compte notamment pour la sécurité des intervenants et de l'animal.
- La diffusion autrement dit l'atténuation de la pénétration du faisceau lumineux en lien avec l'hétérogénéité des tissus traversés. Phénomène qui concerne encore la thérapie LASER au vu de l'hétérogénéité des différentes couches tissulaires.
- L'absorption est le phénomène à maximiser. Elle est dépendante du moyen de transmission utilisé, du type de laser, de la longueur d'onde émise, de la puissance reçue et des constituants biologiques traversés. Les capacités d'absorption des tissus vont également différer selon leur teneur en eau et la nature de la source laser (POITTE, 2013).

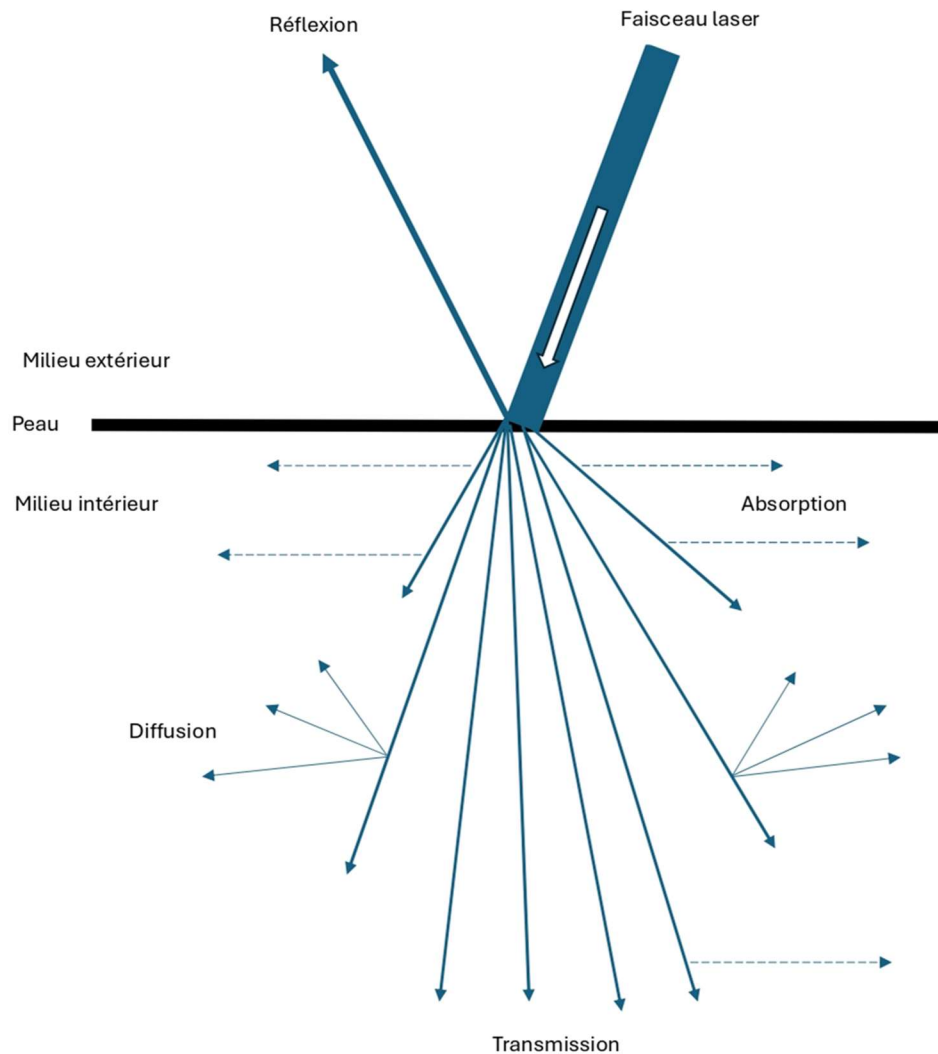


Figure 6 : Les différentes interactions de la lumière avec les tissus. [D'après PEAVY, 2002].

1.3.2 Les effets du rayonnement au sein des tissus

Ils sont au nombre de quatre sur les molécules cibles et dépendent de la puissance émise par unité de surface ainsi que de la durée d'exposition au rayonnement, ils sont illustrés via la figure 7 (MORDON 2010 ; POITTE, 2013 ; SACKMAN, 2012).

- L'effet photochimique est le principal effet souhaité, il est obtenu avec de faible dose et des temps d'exposition allant de quelques secondes à plusieurs minutes. Il permet l'activation de certains chromophores intracellulaires entraînant des actions sur le métabolisme cellulaire qui sont évoqués plus loin.
- L'effet électromagnétique ou photoplasmodique pour les lasers de grande puissance avec des impulsions de l'ordre de la picoseconde, ils génèrent des champs électriques tels que les effets électromagnétiques sont capables de

porter un matériau à un état de gaz ionisé et désordonné. C'est un effet recherché en lithotritie et ophtalmologie.

- L'effet photoablatif que l'on retrouve avec des lasers ayant des niveaux de puissance plus réduits mais des temps d'application plus longs permettant la libération de photons hauts en énergie (dans le spectre ultraviolet), donnant une action ablative au rayonnement. C'est l'effet recherché en chirurgie réfractive et en dermatologie.
- L'effet photothermique pour des lasers d'encore plus faible puissance avec des durées d'impulsion augmentée produit des effets pouvant aller d'une hyperthermie à de la coagulation, voire la vaporisation de l'eau cellulaire. Sa principale application est chirurgicale, notamment pour l'hémostase.

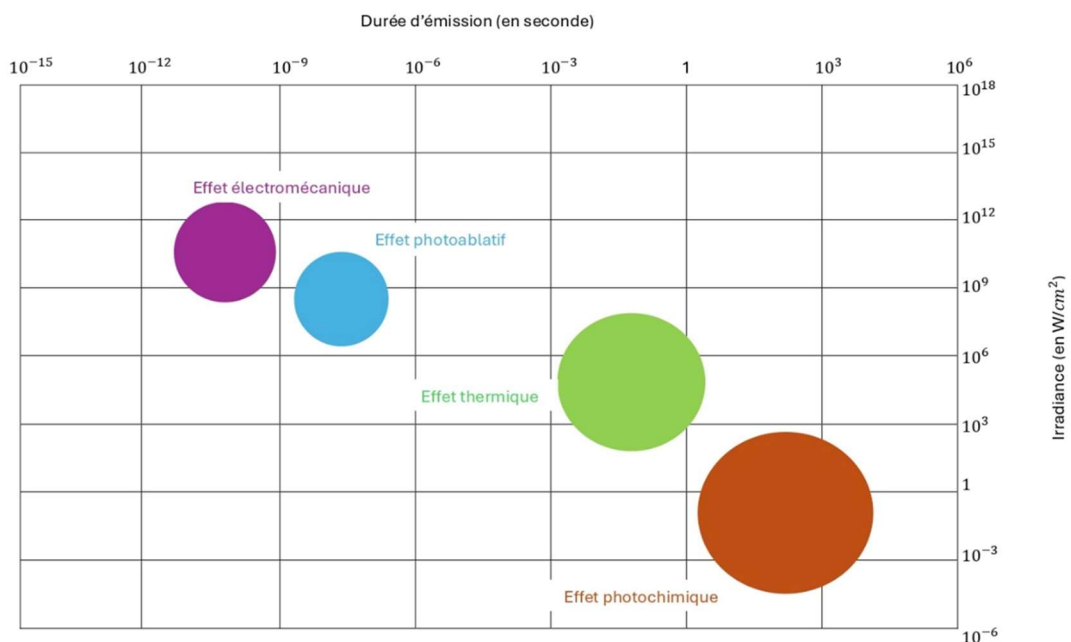


Figure 7 : Les différents effets du rayonnement LASER dans les tissus. [D'après MORDON, 2010].

1.3.3 Les principaux dangers du rayonnement LASER

Les rayonnements LASER représentent un risque notamment pour la peau et les yeux des intervenants et de l'animal. Il est important de former toute personne qui utilise un tel appareil et également d'avoir du matériel de protection adapté notamment des lunettes (HODE et TUNÉR, 2014).

2. Les effets biologiques du LASER et ses applications en médecine vétérinaire

2.1 La thérapie par photobiomodulation

2.1.1 *Définition*

La thérapie LASER possède de nombreux noms, mais à la suite d'un rassemblement entre le NAALT (*North American Association for photobiomodulation Therapy*) et le WALT (*World Association for Laser Therapy*), le terme « photobiomodulation » a été choisi en 2014 (SMITH, 2017). La définition suivante, traduite de l'anglais, a été donnée à cette occasion : « C'est une forme de luminothérapie qui utilise des formes non ionisantes de source de lumière, incluant les lasers, les diodes électroluminescentes (LED), la lumière à spectre large dans le visible et l'infrarouge. Le mécanisme d'action est non thermique impliquant des chromophores endogènes provoquant une réaction physique à la lumière (c'est-à-dire linéaire et non linéaire) et des effets photochimiques à diverses échelles biologiques. Ce processus se traduit par des résultats thérapeutiques bénéfiques comprenant, sans s'y limiter, un soulagement de la douleur ou de l'inflammation, une immunomodulation et la promotion de la cicatrisation des plaies et de la régénération des tissus. ».

2.1.2 *Les cibles thérapeutiques de la photobiomodulation*

Comme nous l'avons décrit avant dans les effets possibles des rayonnements LASER dans les tissus biologiques, l'effet recherché dans la thérapie par photobiomodulation est un effet photochimique.

Dans les cellules eucaryotes, les principaux organites responsables du transport électronique sont la mitochondrie et la chaîne respiratoire de la membrane interne, principe illustré sur la figure 8. La mitochondrie et la chaîne respiratoire peuvent être comparées à la centrale nucléaire de la cellule, elles permettent la production d'énergie à partir du pyruvate et de l'oxygène. Malheureusement, en cas de vieillissement, blessure ou maladie, les tissus deviennent ischémiques car les mitochondries produisent de l'oxyde nitrique qui entre en compétition avec l'oxygène sur son site de liaison situé sur le cytochrome C oxydase entraînant alors une baisse de la production en ATP, une augmentation du stress oxydatif par libération de radicaux libres et la création d'inflammation par induction de la production de prostaglandines et cytokines (MILLER, 2023).

Pour qu'une lumière puisse engendrer une réaction photochimique, il faut qu'elle soit absorbée par une molécule qu'on appelle un photoaccepteur (KARU, 1987 ; KARU, 1989) ou chromophore (POITTE, 2013). Il existe quatre grands complexes protéiques permettant le transport des électrons dont deux sont photoaccepteurs : la NADH déshydrogénase et le cytochrome C oxydase (Murray et al., 2009).

A côté de ces deux grands complexes protéiques, la cellule eucaryote possède également d'autres molécules jouant le rôle de chromophores à savoir l'hémoglobine et la mélanine (POITTE, 2013). Il faut savoir que chaque photoaccepteur capte sélectivement certaines longueurs d'onde et subissent des réactions localisées affectant les tissus environnants.

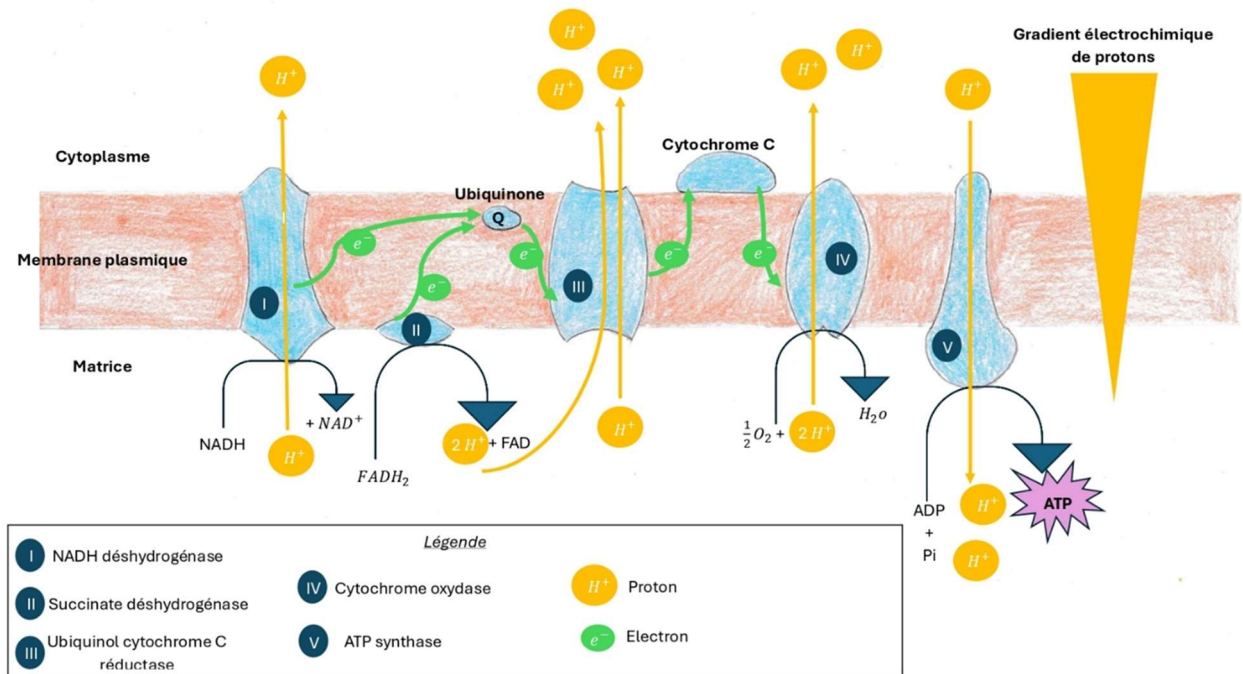


Figure 8 : Schéma récapitulatif sur l'organisation et le fonctionnement de la chaîne respiratoire mitochondriale. [D'après <https://www.cours-pharmacie.com/biochimie/chaine-respiratoire-et-phosphorylation-oxydative.html>].

2.2 Aperçu global des mécanismes biologiques de la photobiomodulation

2.2.1 *La principale cible cellulaire : le cytochrome C oxydase*

Comme nous l'avons décrit précédemment, le cytochrome C oxydase est un complexe protéique de la chaîne respiratoire mitochondriale. Dernier maillon de la chaîne, il assure un double rôle comme illustré sur la figure 8. Il assure le transport des électrons nécessaire à la réduction de l'oxygène en eau et le pompage des protons à l'extérieur de la mitochondrie permettant d'entretenir le gradient à l'origine de la synthèse d'ATP (SARASTE, 1999 ; TREUFFET, 2006).

Le cytochrome C oxydase est une enzyme très complexe. Pour détailler simplement, il est constitué de deux sites hème-cuivre. D'après une étude de KARU en 1999, il a été montré que l'absorption de lumière de longueurs d'onde du rouge au proche infrarouge entraînait une modification des propriétés d'oxydoréduction des deux sites de l'enzymes causant une accélération du transport d'électrons et par conséquent une augmentation de la vitesse de réduction de l'oxygène en eau et du

pompage protonique. Ces modifications sont à l'origine de cascade de réactions secondaires décrites plus loin (KARU et VO-DINH, 2014).

2.2.2 Les réactions primaires à l'origine des modifications biologiques

Bien que les effets liés à l'absorption lumineuse par les photoaccepteurs aient été identifiés pour la plupart, le mystère reste encore présent sur la réaction primaire à l'origine de l'action de la lumière. De nombreuses hypothèses subsistent dont nous allons en détailler certaines. (KARU et VO-DINH, 2014 ; HODE et TUNÉR, 2014).

- La « *redox properties alteration hypothesis* » ou hypothèse de l'altération des propriétés redox (KARU, 1999) : la photoexcitation des chromophores de la cytochrome C oxydase modifierait le statut redox des différents complexes responsables du transfert des électrons induisant une accélération de ce transfert.
- Le « *transient local heating hypothesis* » ou hypothèse de l'échauffement local (KARU et VO-DINH, 2014) : échauffement, transitoire, due à l'excitation électronique des photoaccepteurs, entraînant une modification de conformation de ces mêmes photoaccepteurs à l'origine du déclenchement d'une activité biochimique.
- Le « *singlet oxygen hypothesis* » ou hypothèse de l'oxygène singulet (KARU et al., 1981) : des pigments photosensibilisateurs (c'est-à-dire capable d'absorber l'énergie lumineuse et de la transmettre à une autre molécule) siègent au niveau de la chaîne respiratoire. En se basant sur la mesure du taux de réplication d'ARN de cellules soumises à une radiation infrarouge, il a été mis en évidence un mécanisme d'absorption à l'origine de la formation de molécules radicalaires d'oxygène responsables ensuite de la stimulation de la synthèse d'ARN et d'ADN.

2.3 Les conséquences métaboliques de la thérapie par photobiomodulation

Trois grandes conséquences physiologiques de la photobiomodulation au niveau du métabolisme cellulaire doivent être cités, il s'agit d'une accélération de la cicatrisation cellulaire, la modulation de l'inflammation et la réduction de la douleur (HOCHMAN, 2018 ; POITTE, 2013). Les mécanismes à l'origine de ces effets sont décrits ci-après :

- Une production accrue d'ATP avec des modifications physico-chimiques intracellulaires permettant l'accélération du métabolisme et la régénération tissulaire. Il a également été montré une stimulation de la transcription des enzymes de la chaîne respiratoire mitochondriale ainsi qu'une augmentation du nombre de mitochondries active sur des cellules humaines soumises à un rayonnement (HOURELD et al., 2012 ; MASHA et al., 2013).

- Une production accrue de DRO (Dérivés Réactifs de l'Oxygène) par action sur les facteurs de transcription à l'origine de la réponse cellulaire et la stimulation de la production d'espèces antioxydantes endogènes.
- Une production d'oxyde nitrique qui favorise angiogenèse et vasodilatation. C'est également un médiateur de l'inflammation et de la réponse immunitaire.

Il existe également d'autres effets en lien avec l'absorption des rayonnements par certains chromophores (POITTE, 2013) :

- L'absorption de rayon par l'eau intracellulaire serait à l'origine d'un différentiel de températures à l'origine d'un différentiel de pressions améliorant la microcirculation sanguine périphérique vers des zones de plus basse pression.
- L'absorption par la mélanine entraînerait une multiplication des fibroblastes, augmenterait la synthèse de collagène et jouerait un rôle dans la diminution des processus inflammatoires.

2.4 Les effets de la thérapie LASER au niveau tissulaire et organique

La thérapie par photobiomodulation intervient dans de nombreux domaines comme nous le décrivons un peu plus loin par ses nombreuses actions au niveau tissulaire et organique comme l'a décrit une méta-analyse de 2019 par WALSKI *et al.*

2.4.1 *Action antimicrobienne*

Cette action s'explique par les propriétés de la photobiomodulation qui visent à stimuler le métabolisme cellulaire, il est donc logique de se poser la question s'il en va de même pour les microorganismes tels que les bactéries, ce qui pourrait être une problématique dans le cas de l'utilisation de rayons LASER dans le cadre de maladies dermatologiques bactériennes ou de plaies infectées. Des études ont été réalisées mais n'ont pas abouti à de vraies conclusions, appelant à rester prudent sur l'utilisation du laser sur les bactéries (NUSSBAUM *et al.*, 2002).

2.4.2 *Action cicatrisante et régénératrice*

Cet effet provient principalement de son action sur l'augmentation du métabolisme cellulaire et donc la production accrue d'ATP. Une étude sur un modèle murin a montré l'effet bénéfique d'un traitement LASER sur une cicatrisation de brûlure (YADAV *et al.*, 2018). Toutefois, les paramètres choisis influenceraient la réponse cellulaire, il est donc important de bien maîtriser tous les paramètres (CASTRO *et al.*, 2020). Différents mécanismes sont à l'œuvre notamment la stimulation des activités phagocytaires des cellules de l'immunité (macrophages, neutrophiles, lymphocytes), la stimulation de la prolifération et maturation des cellules épithéliales et des fibroblastes (ALVES *et al.*, 2013 ; CASTRO *et al.*, 2020).

2.4.3 Action anti-inflammatoire

La photobiomodulation produit son effet par le biais d'actions très diverses. Nous détaillerons un peu plus ces actions dans le cas de l'arthrose plus loin, ici nous nous occuperons juste de faire une présentation globale

- Amélioration de l'apport sanguin favorisant l'élimination des déchets et améliorant l'oxygénation des tissus (LARKIN *et al.*, 2012).
- Amélioration du drainage lymphatique prévenant la formation d'œdème (ALBERTINI *et al.*, 2007).
- Stimulation des cellules de l'immunité, comme décrit dans le paragraphe précédent (ALVES *et al.*, 2013).
- Réduction locale des médiateurs de l'inflammation notamment la prostaglandine PGE2 et l'interleukine IL-1 (MIZUTANI *et al.*, 2004).

2.4.4 Action analgésique

La douleur est un processus très complexe comme nous l'avons déjà décrit. Le rayonnement LASER va d'une part agir sur l'inflammation locale mais aussi avoir une action directe sur les fibres nerveuses par modification des potentiels de membrane, de la vitesse de conduction et de l'amplitude des potentiels d'action (CHOW *et al.*, 2011).

2.5 Les indications et contre-indications d'utilisation de la thérapie LASER

2.5.1 *Les domaines d'application de la photobiomodulation en médecine vétérinaire*

Ces domaines d'application sont nombreux en regard des différents effets du rayon LASER. Nous n'irons pas en détails dans chacun mais nous expliquerons l'essentiel afin de montrer la grande polyvalence et adaptabilité de cette technologie.

- Chirurgie et ophtalmologie : utilisé pour son effet photothermique permettant la coupe, la cautérisation, la coagulation et même la fusion du collagène des tissus ou des vaisseaux. Son utilisation est très appréciée sur des tissus fortement vascularisés et en cas d'exérèse de tissus néoplasiques (BRUNETAUD *et al.*, 1996).
- Dermatologie : utilisé pour son effet photochimique avec des effets dans le traitement d'œdème, d'ulcère, de brûlures et de dermatite (KARU et VO-DINH, 2014).
- Pathologie dentaire et buccale : en lien avec son action analgésique, anti-inflammatoire et son rôle dans l'oxygénation des tissus par vasodilatation locale, la thérapie LASER peut être utilisé dans la prise en charge des

gingivostomatites du chat et des ulcères buccaux (POITTE, 2013 ; KARU et VO-DINH, 2014).

- Pathologies ostéoarticulaires : soulagement des douleurs aiguës et chroniques dues à des pathologies inflammatoires et/ou auto-immunes comme l'arthrose (KARU et VO-DINH, 2014).

2.5.2 Les contre-indications de la thérapie LASER

La photobiomodulation possède des contre-indications absolues et relatives. La contre-indication absolue est l'exposition directe du globe oculaire au rayonnement LASER (HODE et TUNÉR, 2014).

Les contre-indications relatives sont dues à un manque d'études et de preuves sur les effets de la lumière LASER dans ces contextes en particulier. Elles ne constituent pas une interdiction formelle mais la prise de décision doit se faire en toute connaissance de causes avec l'évaluation bénéfice-risque par le clinicien. Ces contre-indications relatives concernent les phénomènes néoplasiques, la gestation, l'animal en croissance, le saignement actif, le tissu glandulaire thyroïdien (HODE et TUNÉR, 2014).

3. La thérapie LASER dans la gestion de l'arthrose et de la douleur

3.1 La photobiomodulation au niveau cellulaire et moléculaire : mécanismes d'action

3.1.1 Réduction de la production de cyclo-oxygénase 2

Les prostaglandines sont des médiateurs importants de l'inflammation, elles sont issues d'une chaîne enzymatique dont une enzyme principale est la cyclo-oxygénase 2 (COX-2). De nombreuses études, in vitro et sur modèle murin, ont montré un effet d'un traitement par rayons LASER, avec des longueurs d'ondes utilisées variant entre 660 et 810nm, sur la diminution de l'expression de l'ARNm codant cette enzyme entraînant une baisse du taux de prostaglandines (SAKURAI *et al.*, 2000 ; ALBERTINI *et al.*, 2007 ; TOMAZONI *et al.*, 2017 ; DOS SANTOS *et al.*, 2019).

3.1.2 Modulation des marqueurs de l'inflammation

A côté des prostaglandines, il existe d'autres éléments clé, à savoir les cytokines qui jouent également un rôle central sur la dégénérescence du cartilage précédant la mise en place de l'arthrose. Il a été montré sur des études in vitro et sur modèle murin l'impact de la photobiomodulation sur l'expression génétique de ces cytokines (ALVES *et al.*, 2013 ; ALBERTINI *et al.*, 2008). Toutefois, l'effet n'est pas immédiat, l'application doit être renouvelée sur plusieurs semaines (WANG *et al.*, 2014).

3.1.3 *Diminution des neutrophiles et leucocytes dans le liquide synovial*

En parallèle des marqueurs d'inflammation, l'infiltration du liquide synovial par les cellules de l'immunité est également un mécanisme aggravant de l'arthrose. La photobiomodulation, diminuerait in vitro, cette infiltration notamment sur la population de neutrophiles et de macrophages (ALVES *et al.*, 2013 ; MENG *et al.*, 2020).

3.1.4 *Action par stimulation de la prolifération fibroblastique et de la synthèse de collagène*

Il s'agit d'une des alternatives au ralentissement de la dégradation du cartilage dans un contexte d'arthrose. Il a été montré dans des études in vitro et in vivo sur modèle murin l'impact de la photobiomodulation (PEREIRA *et al.*, 2002 ; PEIMANI et SARDARY, 2014). Plus récemment, une méta-analyse de 2020 par XIANG *et al.*, basée sur 14 études aboutit également à cet effet bénéfique de la photobiomodulation, à condition d'une bonne utilisation de l'appareil.

3.2 La thérapie LASER et son action sur la douleur en cas d'arthrose

3.2.1 *Action au niveau de la transduction du message*

La photobiomodulation va avoir une action directe sur les récepteurs nociceptifs, modulant la transduction nerveuse. Plusieurs mécanismes sont en jeu, notamment une vasodilatation locale causée par une sécrétion accrue de d'oxyde nitrique NO et la diminution du taux de cytokines. Par diminution de l'inflammation, on observe une diminution des phénomènes d'allodynie et d'hyperalgésie (HOLANDA *et al.*, 2018 ; PEREIRA *et al.*, 2017).

Un autre mécanisme concerne la diminution du taux de bradykinine. Il s'agit d'une enzyme produite au niveau des lésions du cartilage par clivage enzymatique des protéines plasmatiques présentes. Cette molécule est à l'origine d'une excitation des fibres C et A δ qui interviennent dans le message nociceptif comme nous l'avons vu plus tôt. Le mécanisme d'action de la photobiomodulation est encore incertain mais on supposerait une action sur l'expression génétique des récepteurs membranaires à cette molécule (CHOW et ARMATI, 2016 ; DE OLIVEIRA *et al.*, 2017).

3.2.2 *Action au niveau de la transmission*

Cette étape concerne le passage du message nociceptif du nerf périphérique vers la moelle épinière. La photobiomodulation aurait de nombreuses actions sur les nerfs périphériques C et A δ comme le montre de nombreuses méta-analyses, et par conséquent sur la transmission du message nociceptif : ralentissement de la vitesse de conduction, diminution de l'amplitude des potentiels d'action, suppression de la réponse aux stimuli et la libération de neurotransmetteurs liés à la douleur, inhibition de l'activité enzymatique et morphologique liés à la conduction nerveuse (CHOW *et*

al., 2011 ; CHOW et ARMATI, 2016). De même le mécanisme d'action reste encore incertain mais les principales hypothèses pensent à une modification de la morphologie cellulaire (CHOW et ARMATI, 2016).

3.2.3 *Action au niveau de la modulation*

Comme nous l'avons vu précédemment, cette étape se déroule dans la corne dorsale de la moelle épinière. Les rayons LASER entraînent la production de β -endorphines qui vont atténuer le message nociceptif (DE ANDRADE *et al.*, 2017). Le mécanisme soupçonné est l'expression génétique ainsi que la sécrétion de précurseurs aux β -endorphines mais il reste encore de nombreuses zones d'ombres à élucider. L'ensemble des actions du rayonnement LASER sur le message nociceptif est illustré sur la figure 9.

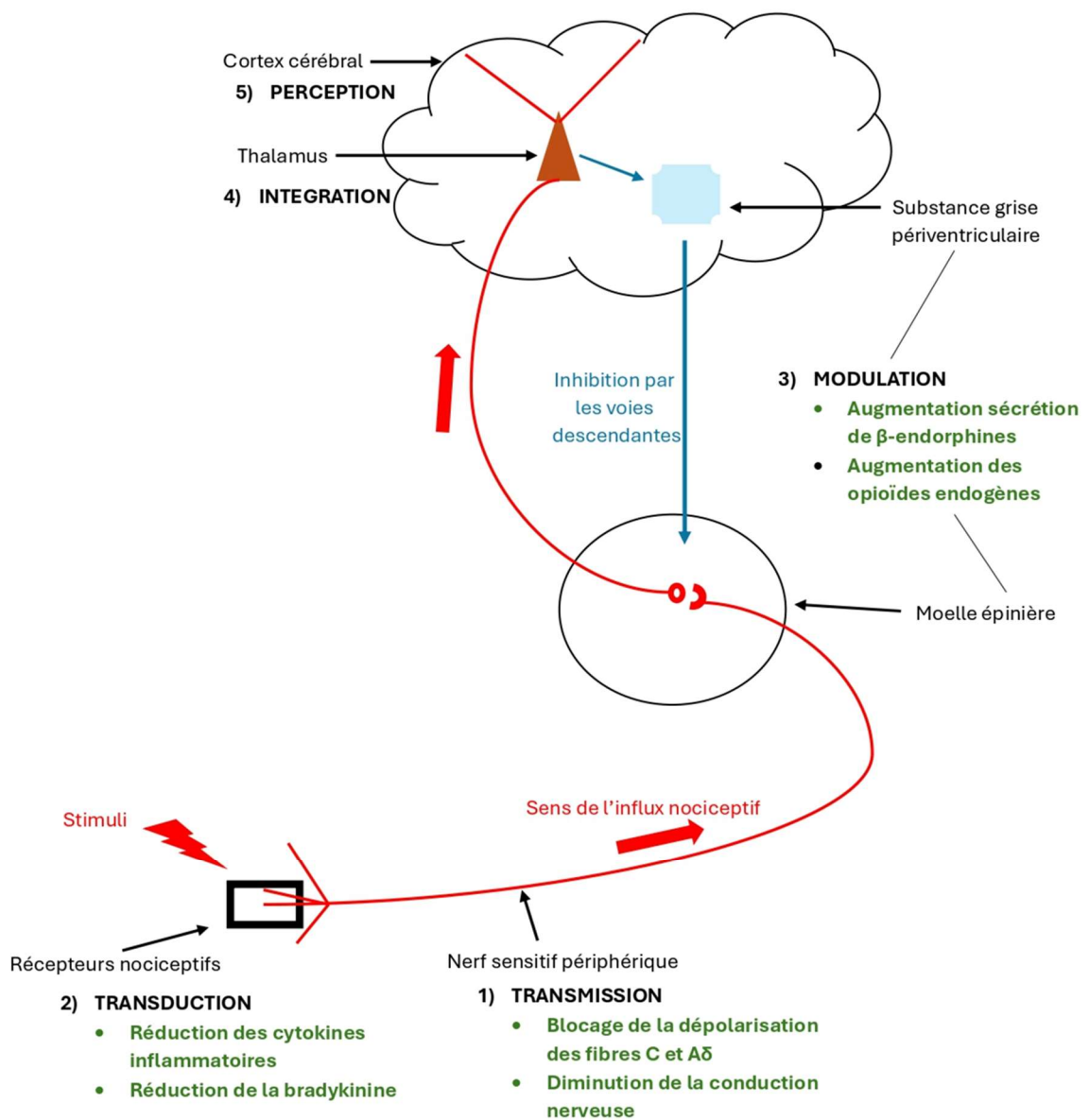


Figure 9 : Schéma bilan des effets du rayonnement LASER sur le message nociceptif. [D'après TOUZOT-JOURDE, 2011 ; CHOW et ARMATI, 2016].

3.3 Prise en charge d'un patient arthrosique par la thérapie LASER

3.3.1 *Études sur la prise en charge de patients arthrosiques par la photobiomodulation*

Des études ont été menées visant à évaluer les bénéfices de la thérapie par photobiomodulation sur la douleur ressentie par les chiens ayant de l'arthrose. Les protocoles de traitement et les paramètres utilisés sont très variables d'une étude à l'autre mais toutes se sont basées sur l'évaluation clinique des animaux notamment un score de boiterie par des vétérinaires ainsi que le remplissage d'un score de douleur par les propriétaires (LOONEY *et al.*, 2018 ; BARALE *et al.*, 2020 ; BARALE *et al.*, 2022 ; POITTE, 2013 ; DE OLIVEIRA *et al.*, 2021). Parmi elles, deux études ont également inclus d'autres moyens d'évaluation tels que l'accélérométrie (BARALE *et al.*, 2022) et la goniométrie (DE OLIVEIRA *et al.*, 2021).

À la suite du traitement par protocole LASER, il a été noté une amélioration des animaux avec une diminution du score de douleur et de boiterie ainsi qu'une diminution du dosage d'anti-inflammatoires jusqu'à 50 % de la dose d'origine (LOONEY *et al.*, 2018) voir un arrêt complet du traitement médicamenteux dans certains cas (BARALE *et al.*, 2020). Les chiens montrent également une augmentation de leur activité journalière (BARALE *et al.*, 2022). Dans l'étude de 2021 par DE OLIVEIRA où il était comparé différents groupes de traitement notamment un groupe traité par photobiomodulation et un autre par anti-inflammatoires, les résultats ont montré une amélioration du confort de vie par diminution du score de douleur et de boiterie des chiens pour les deux groupes sans différences significatives entre les deux groupes de traitement.

La thérapie LASER pourrait donc se substituer aux traitements médicamenteux et/ou permettre tout du moins d'en diminuer les dosages dans certains cas et selon les stades d'arthrose. Bien qu'il soit nécessaire d'avoir d'autres études afin d'obtenir plus de preuves pratiques quant aux bénéfices de la photobiomodulation sur la gestion des patients atteints d'arthrose, les études qui existent déjà montrent des résultats assez prometteurs. Un récapitulatif des différents paramètres des appareils laser utilisés au cours de ces études est présent dans le tableau I.

Tableau I : Récapitulatif des différents réglages et modalités de traitement des différentes études analysées. [Source : Audrey Roudier].

Etude	Type de laser	Paramètres (longueur d'ondes, puissance, densité d'énergie)	Durées d'application	Fréquence de traitement
LOONEY <i>et al.</i> , 2018	Classe IV	980nm 10 à 20 J/cm ² (5 à 12W) 1 à 2.4 W/cm ²	4.5 à 8 min	2x/semaine pendant 3 semaines 1x/semaine pendant 3 semaines
BARALE <i>et al.</i> , 2020	Classe IV	808nm 1000 mW, 1 W/cm ² 500 à 1000 Hz pour les articulations 3000 à 5000 Hz pour les muscles 4.2 (muscles) à 5 (articulations) J/cm ²	50 secondes à 4 min	1 séance par semaine pendant 6 semaines
DE OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2021	Classe IV	904nm 2000Hz 20-50mW 285.7mWcm ² 4 à 6 J		2 séances par semaine pendant 2 mois
ALVES <i>et al.</i> , 2022	Classe IV	980nm pour pelage sombre, mixte 980/808 pour pelage clair à médium (80% 980 et 20% 808) 6.5 à 8 W 4.2 à 5.2 W/cm ² 14.3 à 19.5J/cm ²	4 à 5 min	3 sessions 1 ^{ère} semaine 2 sessions 2 ^{ème} semaine 1 session 3 ^{ème} semaine

3.3.2 Protocole de traitement et suivi du patient

Il n'existe pas de consensus sur les protocoles de traitement et de suivi d'un patient. Chaque praticien possède ses propres méthodes en fonction de ses expériences mais quelques recommandations existent (RIEGEL et GODBOLD, 2017). Dans un premier temps, il faut déterminer la zone à traiter, elle comprend la ou les articulations touchées, les zones musculaires qui l'entourent mais également l'afférences des racines nerveuses qui vont innervés la zone atteinte.

Les paramètres de réglage de l'appareil jouent un rôle clé dans l'efficacité du traitement, le dosage à appliquer est fonction du poids de l'animal et de la profondeur de la zone à traiter mais également de la longueur et de la couleur du poil. Il est important de suivre les recommandations du fabricant de l'appareil.

Le protocole de mise en place du traitement passe par deux phases avec tout d'abord une phase d'induction de deux semaines où il est recommandé des séances bi-hebdomadaires voire plus si nécessaire. Cette phase d'induction est remplacée par une phase de transition, la fréquence des traitements est diminuée pendant deux semaines à un mois à au moins une séance hebdomadaire. Cela permet ensuite de transvaser sur la phase d'entretien, généralement les animaux sont suivis avec une séance mensuelle mais tout est planifié en fonction de la réponse de l'animal et de son confort de vie. Les séances peuvent alors être rapprochées ou éloignées.

En conclusion de cette première partie bibliographique, l'arthrose est donc une pathologie de plus en plus courante chez nos animaux de compagnons avec des impacts non-négligeables sur leur mode de vie étant donné les altérations fonctionnelles que cette pathologie engendre : des restrictions articulaires incapacitantes

l'animal, dans certains cas, à effectuer certains mouvements (monter et/ou descendre des marches, sauter, courir...) et une douleur chronique constante avec des douleurs aiguës surgissant par épisodes.

Après la lecture de diverses études sur l'utilisation du laser et ses potentiels bénéfiques sur la gestion de la douleur chronique, cette étude a donc vu le jour. Permettant un suivi et une évaluation multi-dimensionnelle des animaux par les nombreuses méthodes d'évaluation utilisées et qui seront détaillées un peu plus loin dans ce manuscrit, les objectifs de cette étude étaient d'explorer et de comparer l'effet de l'application d'un protocole laser sur la douleur et les atteintes fonctionnelles liées à l'arthrose.

PARTIE 2

ELABORATION DU PROTOCOLE D'ETUDE

– RECRUTEMENT DES CHIENS, MATERIEL ET METHODES –

I. Processus de recrutement des cas

Le protocole d'étude a été soumis au Comité d'Éthique de VetAgroSup qui a rendu un avis favorable.

En s'appuyant sur des études similaires, c'est-à-dire évaluant l'efficacité d'une procédure thérapeutique sur une affection précise, il en ressortait qu'un minimum de 10 chiens témoins et 10 chiens traités était nécessaire pour pouvoir réaliser une analyse statistique comparative permettant la validation ou non des résultats du traitement.

Ce pool minimum de chiens a été recruté entre avril 2022 et juin 2024 auprès de la clientèle du CHUVAC (Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire des Animaux de Compagnie) de VetAgroSup par le biais de différentes modalités : diffusion d'un message à destination du personnel et des étudiants de VetAgroSup, présence de flyers à destination des propriétaires d'animaux, clients du CHUVAC (Centre Hospitalier Universitaire Vétérinaire), et avec l'aide du CICV (Centre d'Investigation Clinique Vétérinaire).

Pour pouvoir intégrer le protocole, les animaux sélectionnés devaient répondre aux critères d'inclusion suivants : peser entre 15 et 40 kg, être âgés entre un an et demi et 10 ans, présenter des signes radiologiques et cliniques d'arthrose des hanches. Tout chien présentant des signes neurologiques et/ou des affections et/ou des traitements pouvant interférer sur la réponse au traitement mis en place ont été directement exclus de l'étude.

II. Protocole général de l'étude

En analysant divers articles sur des études similaires, c'est-à-dire l'utilisation d'un protocole laser et son impact sur des animaux atteints d'arthrose, et par rapport aux recommandations pouvant être trouvées dans diverses références, il en ressortait que les protocoles étaient divers et variés, mais des points communs ressortaient : au minimum trois semaines de traitement avec une à deux séances hebdomadaires les

premières semaines. Les durées de traitement variaient ensuite entre un mois à deux mois (ALVES et al., 2022 ; BARALE et al., 2022 ; LOONEY et al., 2018 ; DE OLIVEIRA REUSING et al., 2021 ; RIEGEL et GODBOLD, 2017).

Par rapport à ces recherches, mais également, notre volonté d'avoir un suivi global de chaque chien aussi bien en amont du traitement qu'en post-traitement et de la contrainte de temps qui allait s'imposer sur les propriétaires, il a été décidé de réaliser un protocole de traitement sur un mois seulement. Ainsi, l'étude se déroulerait en trois phases avec des évaluations régulières pour un suivi de chaque animal :

- Une phase témoin d'une durée d'un mois avec trois évaluations : lors du premier rendez-vous d'inclusion (J0), la seconde 15 jours plus tard (J15) et la dernière à la fin du mois (J30). Au cours de cette phase, les chiens participant à l'étude pouvaient garder leurs traitements standards (phytothérapie, compléments alimentaires) et prendre des traitements anti-inflammatoires en cas de crises de douleur trop importantes.
- Une phase de transition, « wash-out » de deux semaines est instaurée pour les animaux qui étaient sous traitement, quel qu'il soit, au cours de la phase témoin.
- La phase de traitement s'étale également sur un mois avec une évaluation toutes les deux semaines (J0, J15, J30). Le protocole de traitement était composé de deux séances hebdomadaires les deux premières semaines puis une séance hebdomadaire les dernières semaines.
- Une phase post-traitement qui s'enchaînait directement à la suite de la phase de traitement. Chaque chien était revu pour une évaluation 15 jours et 30 jours après la dernière séance de traitement afin de suivre son évolution dans le temps.

Chaque évaluation était organisée de la même manière et commençait tout d'abord par une pesée de l'animal, un examen général et questionnement du propriétaire sur l'état de son chien. Le chien était ensuite amené à réaliser ses passages sur le tapis d'analyse de la marche avant de rejoindre la salle de consultation et de soins où avaient lieu l'examen orthopédique et les mesures goniométriques.

A la fin de chaque évaluation, le propriétaire se voyait remettre un exemplaire vierge du questionnaire de douleur à remplir. Afin de faciliter la compréhension du déroulé de l'étude, les différents événements ont été regroupés sur la frise chronologique en figure 10.

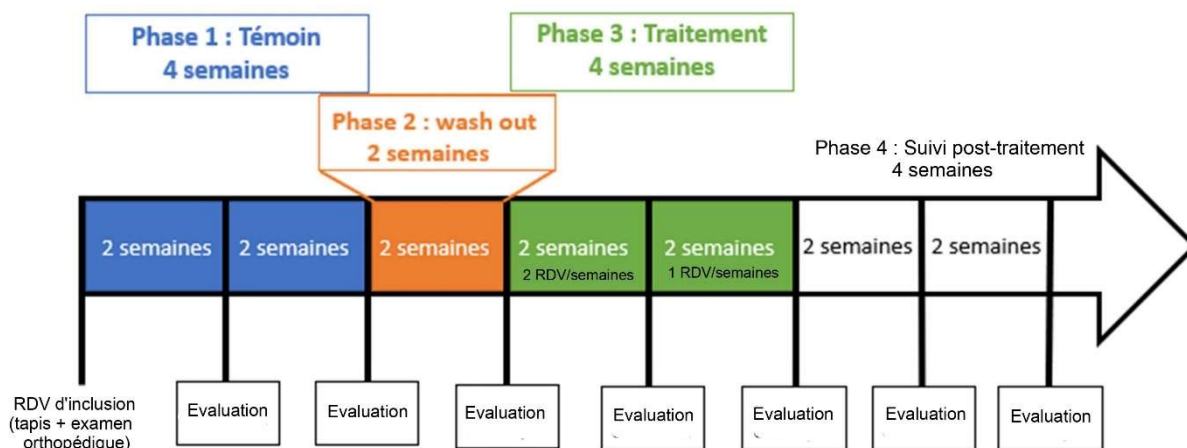


Figure 10 : Frise chronologique récapitulative du protocole d'étude. [Source : Audrey Roudier].

III. Protocole de traitement de l'étude

1. Appareil laser utilisé au cours de l'étude et paramétrages

Le traitement au LASER a été réalisé au moyen de l'appareil CTX-15 de l'entreprise *Companion Animal Health (Newcastle, Delaware 19720)*, Laser thérapeutique de classe IV, mis à disposition pour cette étude par le Dr S. Sawaya (69290, Craponne), illustré sur la figure 11.



Figure 11 : Photographie de l'appareil laser CTX-15. [Source : Audrey Roudier].

Ce modèle est doté de protocoles préprogrammés pour le traitement de diverses affections chez les animaux domestiques. Pour les besoins de l'étude nous avons décidé d'utiliser la fonction « Protocole Parfait » qui permet de déterminer la densité

d'énergie optimale à appliquer pour chaque chien, tout en imposant des paramètres fixes pour tous les chiens, en particulier la longueur d'onde, de façon à éviter les variations qui peuvent être imposées par les protocoles pré-programmés en rapport avec les variations de couleur de peau et de pelage.

La fonction « protocole parfait » est un calculateur. Trois paramètres sont fournis : la surface à traiter, la puissance (selon la profondeur de l'articulation et le gabarit du chien) et la posologie (en J/cm²). La fonction « peau sombre » et « pelage sombre » a été imposée dans tous les cas (même chez les chiens à peau et poils clairs) de façon à ce que tous les chiens soient traités avec la même longueur d'onde de 980 nm. L'interface de calcul est illustrée sur la figure 12.

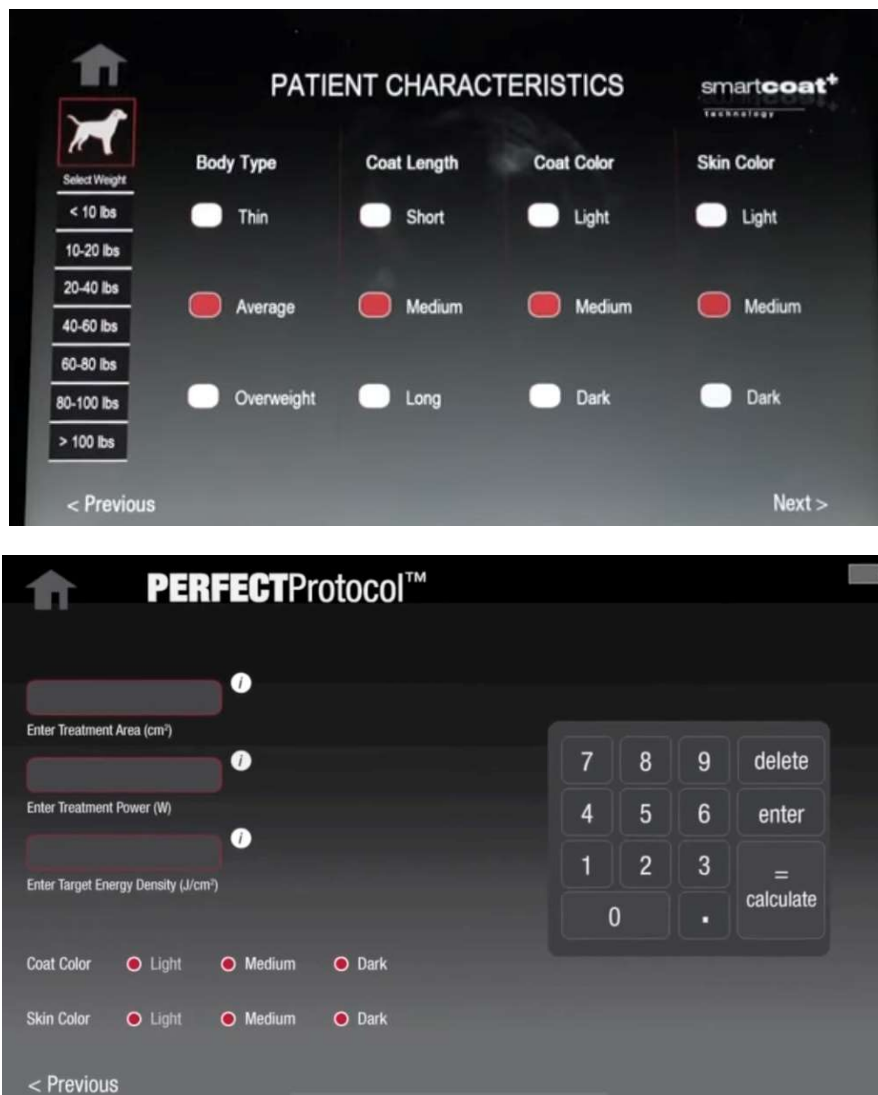


Figure 12 : Photographies de l'interface de calcul « protocole parfait ». [Source : Audrey Roudier].

Une synthèse entre les recommandations du fabricant et les ouvrages et articles scientifiques sur la thérapie Laser avec la même catégorie d'appareils, nous ont permis de mettre en place deux tableaux de sélection des paramètres de Puissance et Densité d'Energie à sélectionner en fonction du format du chien à traiter. Ils sont présentés

dans les tableaux II et III. (SMITH, 2017 ; RIEGEL et GODBOLD, 2017 ; LOONEY et al., 2018 ; ALVES et al., 2022 ; DE OLIVEIRA REUSING et al., 2021 ; BARALE et al., 2020 ; HOLDE et TUNÉR, 2014).

Tableau II : Tableau récapitulatif de la densité énergétique en J/cm^2 par catégorie de poids du chien. [Synthèse d'après SMITH, 2017 ; RIEGEL et GODBOLD, 2017 ; LOONEY et al., 2018 ; ALVES et al., 2022 ; DE OLIVEIRA REUSING et al., 2021 ; BARALE et al., 2020 ; HOLDE et TUNÉR, 2014]

Densité énergétique en J/cm^2	15-20 kg	20-25 kg	25-30 kg	30-35 kg	35-40 kg	40-45 kg
Zone segmentaire (cervicale ou lombaire)	12	12	12	15	15	15
Hanche	12	12	12	15	15	15
Genou	8	8	8	10	10	10
Epaule	10	10	10	12	12	12
Coude	8	8	8	10	10	10

Tableau III : Tableau récapitulatif de la puissance en Watt par catégorie de poids du chien. [Synthèse d'après SMITH, 2017 ; RIEGEL et GODBOLD, 2017 ; LOONEY et al., 2018 ; ALVES et al., 2022 ; DE OLIVEIRA REUSING et al., 2021 ; BARALE et al., 2020 ; HOLDE et TUNÉR, 2014]

Puissance en Watt	15-20 kg	20-25 kg	25-30 kg	30-35 kg	35-40 kg	40-45 kg
Zone segmentaire (cervicale ou lombaire)	8	10	10	12	12	15
Hanche	8	10	10	12	12	15
Genou	5	6	6	6	6	8
Epaule	6	8	8	10	10	10
Coude	5	6	6	6	6	8

2. Application du traitement LASER

Les chiens de notre étude présentaient tous de l'arthrose bilatérale des hanches. A chaque séance de traitement, l'application du laser se déroulait en deux phases :

- Première phase : application en zone « segmentaire », c'est-à-dire sur la région lombaire caudale jusqu'à la zone lombo-sacro-iliaque (entre L4 et S1). Ceci correspond aux racines du plexus lombo-sacral, notamment en regard des racines du nerf sciatique (L6-L7-S1) qui innervent l'articulation de la hanche d'une part, et du nerf fémoral (L4-L5-L6) qui innervent le muscle ilio-psoas souvent contracté et douloureux chez les chiens souffrant de coxarthrose.
- Deuxième phase : application en regard de la hanche, en face latérale et en face médiale.

La zone de traitement latérale, en forme de fer à cheval autour du grand trochanter du fémur, englobe des zones remarquables, constituant des points de contractures, de points gâchettes ou de tensions et de douleurs, notamment :

- Crânialement à la hanche : passage du nerf fémoral et pénétration dans le quadriceps fémoral, tendon du muscle droit de la cuisse.

- Dorsalement à la hanche : muscles fessiers et pelviens profonds (souvent contractés), émergence du tronc lombo-sacral et son composant principal, le nerf sciatique, qui se ramifie pour la hanche à ce niveau.
- Caudalement à la hanche : zone des rameaux issus du nerf sciatique pour les muscles fémoraux caudaux qui sont extenseurs de la hanche et souvent contractés lors d'affection de cette articulation.

La zone de traitement médiale englobe le muscle pectiné et la portion terminale du muscle Ilio-psoas et sa terminaison au fond du triangle fémoral. Les zones de traitement sont illustrées sur les figures 13 et 14.

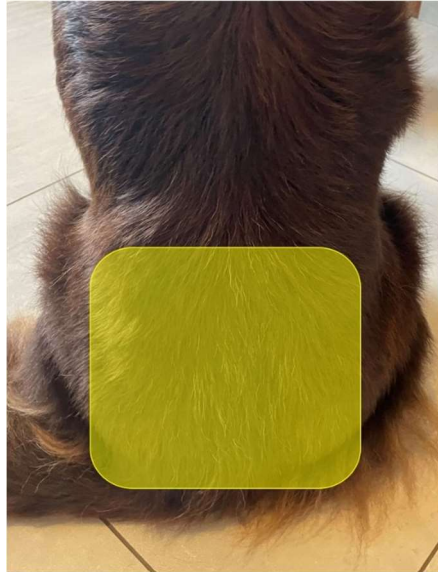


Figure 13 : Zone de traitement au niveau lombaire. [Source : Audrey Roudier].

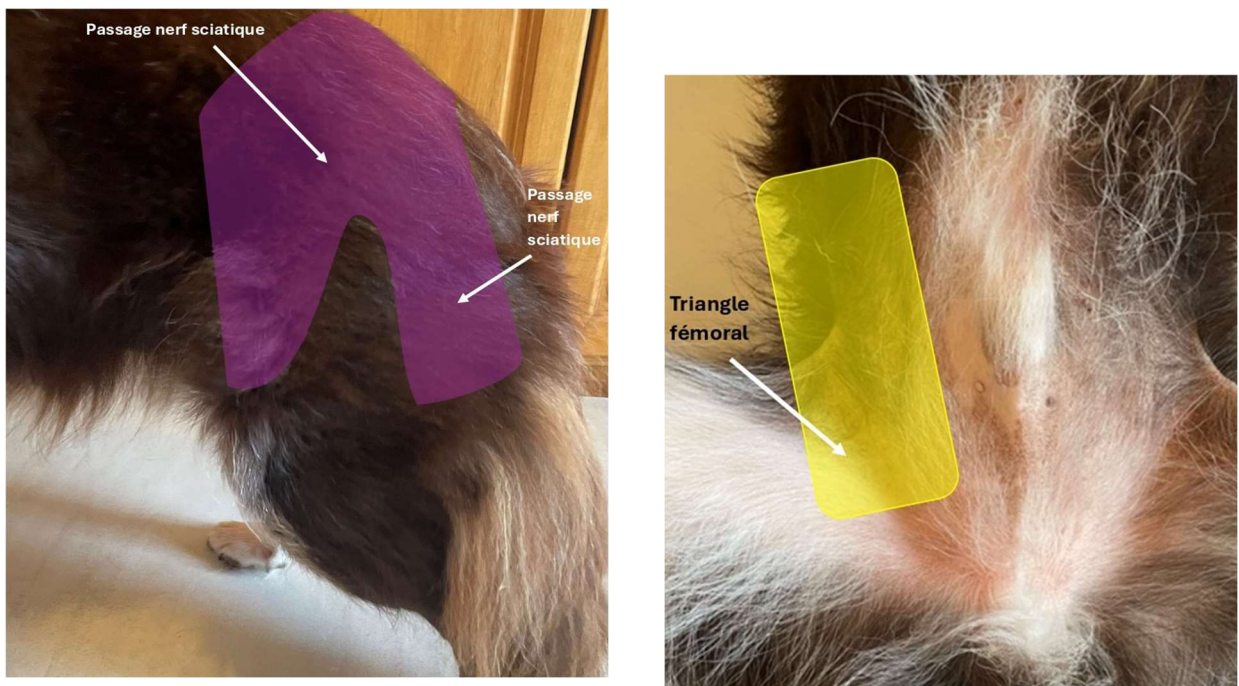


Figure 14 : Zone de traitement en face médiale et latérale. [Source : Audrey Roudier].

L'application du LASER se fait par contact permanent au moyen de l'applicateur de grande taille destiné au traitement des surfaces larges et des tissus profonds selon les instructions du constructeur. Chaque zone de traitement est balayée à une vitesse à peu près constante de quatre à cinq cm/s avec des mouvements homogènes permettant un balayage en quadrillage des zones traitées.

Afin de respecter les conditions de sécurité réglementaires inhérentes l'utilisation des Lasers de classe IV, le thérapeute, le propriétaire et le chien, étaient munis de lunettes de protections à chaque séance (voir Figure 15), et toute autre personne n'était pas admise dans la salle de consultation pendant la phase de traitement. Tous les chiens ont reçu six séances de traitement, deux séances par semaine les deux premières semaines, puis une séance chacune des deux semaines suivantes.



Figure 15 : Photographie d'un des patients avec les lunettes de protection. [Source : Audrey Roudier].

IV. Méthodes d'évaluation utilisées au cours du protocole

1. L'évaluation clinique par examen orthopédique

Cet examen de routine notamment pratiqué par des vétérinaires lors de consultations pour des animaux présentant des problèmes orthopédiques est un examen simple, facile et reproductible permettant un suivi de chaque animal tout au long du protocole. Cet examen a été réalisé par un même intervenant expérimenté et comportait cinq tests. Chaque chien a été filmé à chaque évaluation permettant à l'examineur de revoir certaines séquences pour attribuer la note la plus objective.

- **Examen à distance** au cours duquel chaque chien a été amené à marcher en ligne droite au pas puis au trot devant l'évaluateur puis à effectuer des cercles à main droite puis à main gauche au pas.
- **Test assis/debout** qui permettait d'évaluer la facilité ou la difficulté pour le chien de réaliser le mouvement de s'asseoir d'une part, et de se relever d'autre part.

- **Test d'appui monopodal postérieur** : Un postérieur était soulevé et la durée tolérée de cette augmentation de la mise en charge du membre à l'appui est comptée (c'est un test quantitatif).
- **Test de mobilité passive** qui permettait d'évaluer les tensions, et autres raideurs s'opposant au mouvement lors de la réalisation des tests articulaires (flexion/extension, et abduction/adduction pour les hanches).
- **L'évaluation de la douleur** se basait également sur la palpation des points de tensions, contractures et autres « points gâchettes » (« *trigger points* »), notamment la palpation-pressure des muscles pectiné et ilio-psoas.

À chacun de ces tests, une note comprise entre zéro et cinq est attribuée pour chaque membre, et reportée sur une fiche d'examen clinique (présentée en annexe 1). Ces scores ayant été réadaptés à partir de ceux proposés par MILLIS et LEVINE (2014) et CARR et DYCUS (2016).

Il a été décidé que pour chaque test, la note finale retenue serait l'addition des scores attribués à chaque postérieur. L'addition des scores des cinq tests permettait d'établir un score fonctionnel global. Ce score fonctionnel pouvant varier entre zéro et 60 avec zéro étant le score fonctionnel idéal d'un chien ne présentant aucun déficit fonctionnel.

2. Mesures goniométriques

Les angles de flexion maximale confortable et d'extension maximale confortable des hanches ont été mesurés à l'aide d'un goniomètre (voir figure 16). Cette méthode quantitative, simple, peu coûteuse et non-invasive est assez bien documentée en médecine humaine avec de nombreuses études ayant testé sa précision et sa reproductivité (PETAZZONI et JAEGER, 2008 ; JAEGER et al., 2002, HAMILTON et LACHENBRUCH, 1969). Le tableau IV indique les angles de flexion et d'extension considérés comme physiologiques d'après des études menées sur des chiens sains de race moyenne (PETAZZONI et JAEGER, 2008 ; JAEGER et al., 2002). Ces données servent d'indicateur mais ne constituent pas des valeurs de référence absolues, car les mesures d'angles peuvent varier d'une race à l'autre.

En médecine vétérinaire, cette technique d'évaluation peut être utilisée notamment pour évaluer l'efficacité d'un traitement, mais pour l'instant elle n'a pas été validée chez nos animaux de compagnie et peu d'études existent. Les quelques études qui ont été réalisées ont permis de comparer la fiabilité des mesures goniométriques sur des animaux éveillés par rapport à des mesures radiographiques sur des animaux sédatisés et ont révélé une très grande corrélation entre ces deux méthodes avec peu de différences significatives (JAEGER et al., 2002 ; JAEGER et al., 2007 ; CORFIELD et al., 2007).

Un des signes cliniques bien connus chez les chiens souffrant d'arthrose coxo-fémorale étant la perte d'amplitude et la douleur à l'extension des hanches (notamment

du fait des contractures des muscles pectiné et llio-psoas), une amélioration de cet angle en extension maximale confortable avec le traitement constituerait un paramètre d'évaluation quantitative valable et intéressant.

A chaque évaluation, les mesures goniométriques ont été réalisées de façon identique : par le même vétérinaire expérimenté, sur des chiens toujours couchés latéralement, avec le même goniomètre et avec l'utilisation des mêmes repères anatomiques de référence, ceux représentés en figure 17.

Tableau IV : Tableau récapitulatif des valeurs de flexion et d'extension considérées physiologiques. [D'après JAEGGER et al., 2002 ; PETAZZONI et JAEGGER, 2008].

Articulation	Flexion	Extension
Hanche	44 à 52°	155 à 164°
Genou	33 à 43°	153 à 164°
Épaule	47 à 59°	159 à 167°
Coude	25 à 38°	155 à 167°

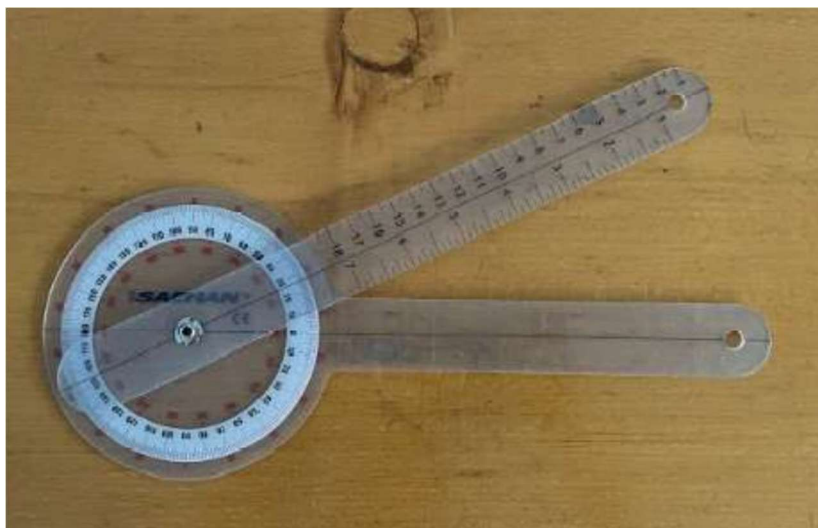


Figure 16 : Photographie du goniomètre utilisé au cours de l'étude. [Source : Audrey Roudier].

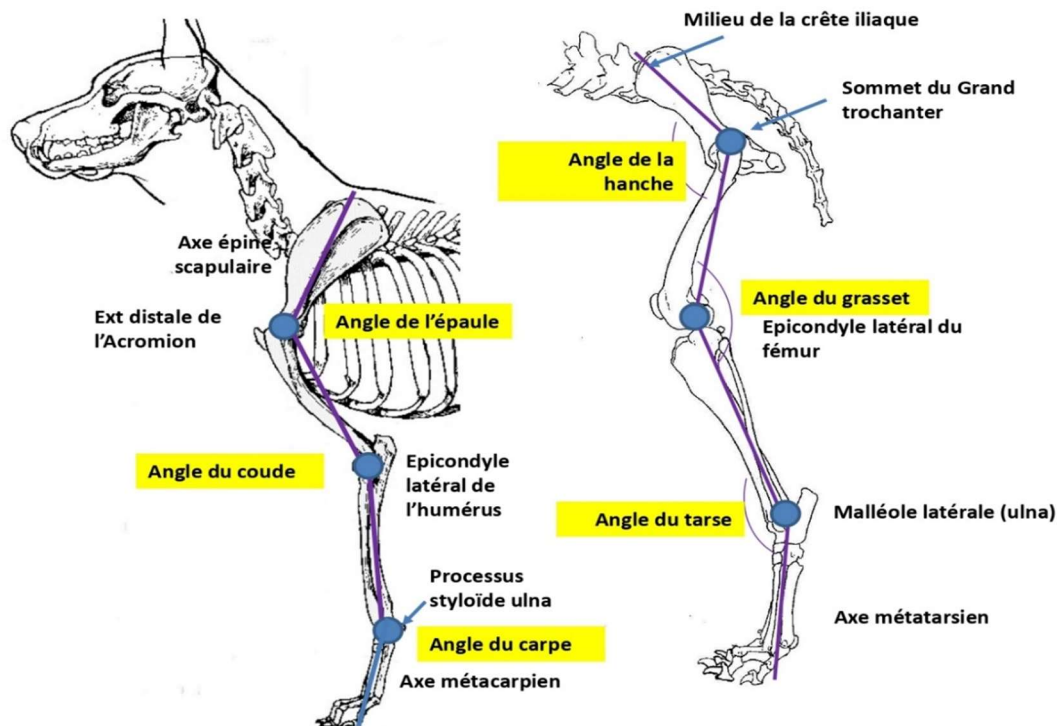


Figure 17 : Repères anatomiques de référence pour l'obtention des mesures goniométriques. [D'après S. Sawaya, Campus vétérinaire de Lyon].

3. Evaluation biomécanique de la marche au moyen du système *GAITRite*®

Nous avons eu recours au système d'analyse de la marche *GAITRite*® (*CIR Systems, Inc, Franklin, New Jersey, USA*) appartenant à l'unité de recherche ICE (Interactions Cellule Environnement) de VetagroSup. Il permet l'acquisition de paramètres cinétiques et spatio-temporels enregistrés lors de la phase d'appui de chaque foulée de chacun des membres en simultanément. Le dispositif est composé d'un tapis de marche (Longueur = 4,6 m, largeur = 0,8 m) au sein duquel sont incorporés plus de 16 000 capteurs de pression de surface 12mm^2 . Ces capteurs permettent l'enregistrement des données sur un ordinateur relié au tapis par un câble, ayant un système d'exploitation des données, le logiciel *GAITFour*®, adapté aux quadrupèdes (LE QUANG, 2009 ; LE QUANG et al., 2007 ; LE QUANG et al., 2010 ; VIGUIER et al., 2007a). Cette méthode d'analyse de la marche est utilisée depuis plus de 30 ans et a fait l'objet de plusieurs études de fiabilité, répétabilité et de validation des paramètres, aussi bien chez l'homme (CARR et DYCUS, 2016 ; BILNEY et al., 2003 ; VAN UDEN et BESSER, 2004 ; WEBSTER et al., 2005) que chez l'animal (MAITRE et al., 2008 ; LASCELLES et al., 2006 ; GORDON-EVANS et al., 2009 ; GUADALUPI et al., 2003 ; FAHIE et al., 2018 ; LIGHT et al., 2010).



Figure 18 : Photographie du tapis de pression GAITRite®. [Source : Audrey Roudier].

Après quelques minutes d'adaptation à l'environnement, la texture du tapis et sur l'allure à adopter, chaque chien a été amené à marcher au pas à vitesse constante sur le tapis de pression, en ligne droite, toujours dans le même sens avec des foulées régulières et sans interruptions (distraction par un bruit, tourner la tête pour regarder son propriétaire...). Chaque passage a été enregistré en vidéo, permettant d'analyser les enregistrements « douteux » par la suite. Seuls les passages corrects ayant des vitesses équivalentes ont été enregistrés avec un minimum de cinq passages corrects minimums nécessaires pour chaque chien.

À partir de ces enregistrements, il nous était possible de récolter plusieurs données qui nous ont servi comme base pour notre analyse de l'évolution de la marche à chaque date d'évaluation. Il s'agit :

- De paramètres temporels : Durée de la foulée (*stride time*) et de la phase d'appui (*stance time*) de chaque membre. Le logiciel calcule le pourcentage de la phase d'appui de chaque membre par rapport à l'ensemble de la foulée (*Stance %*).
- De paramètres spatiaux : Longueur de la foulée (*stride length*) et du pas (*step length*) pour chaque membre, ainsi que la distance entre la trace des posers de l'antérieur et du postérieur homolatéraux (« *hind reach* »).
- De paramètres cinétiques : la Pression maximale totale (*Total Pressure Index*) appliquée durant l'appui de chaque membre, ainsi que le nombre de capteurs activés par chaque membre à chaque pas (*Number of sensors*).

À partir de ces données, nous avons calculé d'autres paramètres pour permettre une analyse biomécanique la plus complète possible :

- L'indice de pression maximale d'appui relative en % (P_{max}) : ce paramètre permet une comparaison et un suivi plus objectif de chaque membre au cours du protocole, car il permet de se détacher des variations dues au format des chiens et à leur vitesse de déplacement. Les valeurs attendues sont 30 pour chaque antérieur et 20 pour chaque postérieur. Nous avons utilisé la formule suivante pour son calcul :

$$P_{max} = \frac{\text{Total Pressure Index} * 100}{\text{Somme Total Pressure Index des quatres membres}}$$

- L'indice de force relatif en % (F) : Partant du principe que la Force exercée est égale à la Pression x Surface d'appui et connaissant la valeur de la surface de chaque capteur (qui est fixe) et le nombre de capteurs activés à chaque appui, on considère que multiplier l'indice de pression maximale par le nombre de capteurs activés permet d'obtenir un paramètre « indice de Force » (F) permettant d'approcher la force maximale exercée par un membre lors de sa phase d'appui. Les valeurs usuelles étant de 33 pour chaque antérieur et de 16.5 pour chaque postérieur. Ce paramètre s'obtient en suivant la formule suivante :

$$F = \frac{\text{Total Pressure Index} * \text{Number of sensors} * 100}{\text{Somme}(\text{Total Pressure Index} * \text{Number of sensors}) \text{ des quatres membres}}$$

- Un système de score permettant de tenir compte de l'ensemble des paramètres caractérisant la démarche de chaque chien à chaque date d'évaluation a été mis en place. Ce score permet de réaliser une comparaison globale le long du suivi pour chaque chien d'une part et de comparer entre les chiens témoins et traités d'autre part. Pour ce système de score, nous nous sommes inspirés du *système Gait Lameness Score* présent dans les nouvelles versions du logiciel *GaitFour*®, permettant une détection précoce des boiteries. Les formules de calcul se sont basées sur la valeur d'indice de pression maximale d'appui exercée par un membre et sur les valeurs de référence trouvées dans la littérature à savoir 30 % pour un antérieur et 20 % pour un postérieur. Il est considéré que plus ce score se rapproche de 100 et plus le membre étudié est considéré comme sain. Ainsi, plus un membre présente une valeur éloignée de 100 et plus sa boiterie était marquée. Ce score permet de détecter le ou les membres boiteux ainsi que le ou les membres compensateurs de chaque chien. Le calcul du score GLS peut également se faire en utilisant les données du

paramètre Indice de force, il suffit alors de changer les valeurs de référence utilisées (33 pour un antérieur et 16.5 pour un postérieur).

$$\text{Score GLS antérieur} = \frac{P_{\max} \text{ antérieur} * 100}{30}$$

$$\text{Score GLS postérieur} = \frac{P_{\max} \text{ antérieur} * 100}{20}$$

Une fois tous ces paramètres calculés pour chaque membre, des ratios ont également été calculés à la suite de leurs utilisations dans d'autres études et leur intérêt dans la détection d'une anomalie (FANCHON et GRANDJEAN, 2007 ; BRØNNICHE MØLLER NIELSEN et al., 2020). Il s'agit des ratios antérieurs/postérieurs, ratio droite/gauche et ratios diagonaux (antérieur droit/postérieur gauche et antérieur gauche/postérieur droit).

Les valeurs de référence utilisées pour chaque paramètre et selon les ratios étudiés sont répertoriées dans le tableau V qui suit et sont basées sur des résultats d'études de validation du système *GaitFour*® réalisées à l'École Vétérinaire de Lyon. (LE QUANG, 2009 ; LE QUANG et al., 2007 ; LE QUANG et al., 2010 ; VIGUIER et al., 2007a).

Tableau V : Tableau récapitulatif des valeurs de référence des différents paramètres spatio-temporels du tapis GAITRITE®. [D'après LE QUANG, 2009 ; LE QUANG et al., 2007 ; LE QUANG et al., 2010 ; VIGUIER et al., 2007a].

Ratios concernés	Step Length	Stride Length	Stance %	Stride Time	Stance Time	Pmax	Number of Sensors	Indice de Force
Antérieurs/Postérieurs	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1.08 +/- 5%	1 +/- 5%	1.1 +/- 10%	1.47 +/- 5%	1.3 +/- 5%	2 +/- 14%
Droite/Gauche	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1 +/- 5%
Antérieur Droit/Postérieur Gauche	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1.08 +/- 5%	1 +/- 5%	1.1 +/- 10%	1.47 +/- 5%	1.3 +/- 5%	2 +/- 14%
Antérieur Gauche/Postérieur Droit	1 +/- 5%	1 +/- 5%	1.08 +/- 5%	1 +/- 5%	1.1 +/- 10%	1.47 +/- 5%	1.3 +/- 5%	2 +/- 14%

4. Questionnaire d'évaluation par les propriétaires

À chaque date d'évaluation, un questionnaire a été transmis aux propriétaires afin de récolter leur perception de l'inconfort de leur chien au cours de l'étude. Le questionnaire utilisé est adapté à partir du *Helsinki Chronic Pain Index*® (visible en annexe 2), traduit en français et complété par trois questions supplémentaires, soit en tout 15 questions réparties en quatre thèmes : attitude et comportement général, la motivation et la capacité à effectuer certains mouvements et efforts quotidiens (au pas, trot, escaliers...), difficultés à chaud ou à froid, perception du maître de la souffrance de son chien (douleur, boiterie). Le questionnaire peut être consulté en annexe 3.

Le questionnaire a été conçu de façon à ce qu'il soit aisé et rapide à compléter avec des notes entre zéro et quatre. L'addition des notes de chaque question aboutit à un score global entre zéro et 60 avec zéro étant le score fonctionnel idéal d'un chien ne présentant aucun déficit fonctionnel perçu par son propriétaire.

5. Méthodologie de l'analyse de données

Chaque donnée récoltée au cours d'un rendez-vous c'est-à-dire les données du tapis de pression, de l'examen orthopédique, des mesures de goniométrie et aussi du questionnaire rempli par les propriétaires, ont été stockées sous deux formes. Les données du tapis de pression restaient accessibles à tout moment et stockées sur le logiciel *GAITFour*® de l'ordinateur associé, elles pouvaient donc être retrouvées à tout moment. Elles ont également été téléchargées et mise sur un logiciel de sauvegarde afin de faciliter leur accès et l'analyse de donnée. Concernant les résultats des autres examens, ceux-ci étant sous forme papier, les documents ont été gardés précieusement jusqu'à la fin de l'étude mais également scannés et sauvegardés.

Une fois toutes les données récoltées pour chaque chien participant à l'étude, celles-ci ont été organisées sur des tableurs du logiciel Excel® permettant un regroupement simple et efficace des différents paramètres pour chaque chien. Le choix du test statistique qui serait utilisé pour notre analyse de données s'est porté sur un test ANOVA (*ANalysis Of Variance*) ou analyse de variance en français. Il s'agit d'un test très répandu et utilisé dans l'analyse de données lorsque les mêmes sujets sont mesurés plus d'une fois dans des moments ou des conditions différentes. Par soucis de simplicité, ces analyses ont été réalisées par le biais du logiciel JASP® qui est un programme d'analyse statistique gratuit et accessible à tous, soutenu par l'Université d'Amsterdam. Pour des raisons de perte de données importantes sur la phase de post-traitement, il a été décidé que seuls les phases témoin et traitement seraient analysées avec les données des sept chiens ayant complétées entièrement ces deux phases.

PARTIE 3

RESULTATS

I. Epidémiologie des cas

1. Description des cas inclus dans l'étude

À la suite du processus de recrutement, de nombreuses réponses ont été reçues de la part de propriétaires motivés et intéressés. Une trentaine de propriétaires ont postulé afin de faire intégrer leur chien au sein de l'étude. Après discussion avec chacun d'entre eux sur l'organisation du protocole, la fréquence des rendez-vous ainsi que sur les caractéristiques de leur chien (âge, poids, diagnostic d'arthrose ou non...), 20 chiens ont été recrutés afin de participer à l'étude. Notre étude s'étant déroulée parallèlement à une autre étude dont l'objectif était d'étudier l'impact d'un protocole d'acupuncture sur des chiens souffrant également d'arthrose, un tirage au sort a été réalisé pour chacun des 20 chiens afin de déterminer quel traitement sera réalisé.

Le tableau VI est un récapitulatif des différentes informations épidémiologiques des 10 chiens ayant été inclus dans notre étude. Nous pouvons observer d'après ce tableau que sur les 10 chiens, 50 % étaient des mâles et 50 % des femelles, tous stérilisés. Les âges étaient très variés, le plus jeune avait trois ans et le plus âgé 13 ans mais 70 % des chiens étaient âgés de plus de sept ans. Les races représentées étaient très diverses également avec des catégories de poids allant de 17 kg à 45 kg mais la grosse majorité avait un poids entre 20 et 35 kg. Parmi ces chiens, presque tous ont eu un diagnostic de dysplasie des hanches. La moitié de l'effectif possédait un traitement quotidien de type phytothérapie ou compléments alimentaires, le reste n'avait aucun traitement récurrent et avait juste des cures d'anti-inflammatoires au besoin.

Tableau VI : Tableau récapitulatif des données épidémiologiques des chiens inclus au sein de l'étude. [Source : Audrey Roudier].

Chien	Race	Âge	Poids	Sexe	Antécédents	Localisation arthrose	Traitement
SAM	Golden Retriever	8	45	Mâle castré	Choc anaphylactique Dysplasie des hanches	Hanches	AINS au besoin
LUNA	Berger Allemand	8	32	Femelle stérilisée	Dysplasie des hanches	Hanches	AINS au besoin
LUCKY	Golden Retriever	3	31	Mâle castré	Dysplasie des hanches	Hanches	Phytothérapie (Silicassis®) et AINS au besoin
SOFTY	X Staffie	11	21	Femelle stérilisée	Inconnu (adoptée SPA)	Hanches	Compléments alimentaires (Locpx®)
NAIKA	Border Collie	6	28	Femelle stérilisée	Dysplasie des hanches	Hanches	Compléments alimentaires (Movoflex® et Atinol®)
MERLIN	Border Collie	5.5	17	Mâle castré	Dysplasie des hanches	Hanches	AINS au besoin
JESTER	Braque X Labrador	10	32	Mâle castré	Dysplasie des hanches	Hanches	Oméga 3 et AINS au besoin
GOUACHE	Golden Retriever	11.5	24	Femelle stérilisée	Dysplasie des hanches	Hanches	Oméga 3 et AINS au besoin
ROCCO	Labrador	13	40	Mâle castré	Aucun	Hanches	Aucun
JAZZIE	Beauceron	8	32	Femelle stérilisée	Ligaments croisés gauche et droite	Genoux	Silicassis®

2. Exclusion et perte de cas

À la suite de notre recherche de cas, 10 chiens ont donc été inclus dans notre étude et ont suivi le protocole imposé. Malheureusement, la grosse majorité des chiens recrutés étant déjà d'un âge avancé, certains d'entre eux ont dû sortir du protocole pour diverses raisons liées à leur santé et qui rentraient en conflit direct avec les critères d'inclusion que nous avons fixés pour notre étude. Le tableau VII rassemble les informations concernant les chiens concernés par cette situation.

Tableau VII : Tableau récapitulatif des cas sortis de l'étude. [Source : Audrey Roudier].

Chien	Race	Âge	Poids	Sexe	Motifs d'exclusion	Moment d'exclusion
JESTER	Braque X Labrador	10	32	Mâle castré	Processus tumoral et apparition de signes neurologiques	Début phase post-traitement
GOUACHE	Golden Retriever	11.5	24	Femelle stérilisée	Suspicion AVC, signes neurologiques et cécité	Début phase post-traitement
ROCCO	Labrador	13	40	Mâle castré	Insuffisance rénale	Entre phase témoin et phase traitement

D'après ce tableau, nous pouvons voir, qu'un des chiens est sorti de l'étude après sa phase témoin à cause d'un diagnostic d'insuffisance rénale. Deux autres chiens ont été dû être sortis lors du début de la phase post-traitement pour diverses pathologies. Nous avons dû également déplorer de nombreux cas perdus de vue lors de la dernière phase du protocole, à savoir la phase post-traitement, en raison de soucis d'adhésion des propriétaires aux rendez-vous.

De plus, nous avons pris la décision d'exclure deux autres cas de l'analyse de données à savoir le cas de Jazzie et de Luna. Concernant Jazzie, il s'agissait du seul chien présentant de l'arthrose des genoux, il a donc été décidé d'exclure ses résultats afin de préserver l'homogénéité du groupe dans l'analyse de données. Toutefois, ses résultats individuels sont résumés en annexe 11. Pour ce qui est du cas de Luna, la décision a été prise d'exclure également ses données suite aux difficultés rencontrées au cours du protocole pour les prises de mesures mais également la présence de fragments dans la cavité acétabulaire de ses hanches entraînant trop d'infiabilité sur les résultats obtenus. De même que pour Jazzie, ses résultats individuels sont résumés en annexe 12.

Ainsi, il a été décidé que seules les phases témoin et traitement seraient analysées, en raison d'un trop faible nombre de données sur la phase post-traitement. Les données récoltées de sept chiens (Sam, Lucky, Softy, Naïka, Merlin, Jester et Gouache) constitueraient la base de cette analyse.

II. Résultats de l'analyse des données

1. Scores cliniques

Nous commencerons par énoncer les résultats de l'analyse des scores cliniques obtenus à la suite des examens orthopédiques. Les sept chiens ont montré une amélioration significative sur chacun des sept scores cliniques au cours du protocole de traitement. L'ensemble des résultats des analyses par test ANOVA ont été rassemblés dans le tableau VII afin de permettre une visualisation globale de l'ensemble des résultats. Les résultats individuels de chacun des sept chiens sont également visibles en annexe 4.

Tableau VIII : Tableau récapitulatif des moyennes obtenues sur les scores cliniques et résultats du test ANOVA. [Source : Audrey Roudier].

Test orthopédique	PHASE TÉMOIN				PHASE TRAITEMENT				Valeur p-value (Test de Friedman)
	J0	J15	J30	Moyenne et écart-type	J0	J15	J30	Moyenne et écart-type	
Score de boiterie au pas	3.5	3.5	4	3.7 +/- 0.3	3.6	2.7	1.9	2.7 +/- 0.9	P < 0.001
Score de boiterie au trot	4.3	4.6	4.4	4.4 +/- 0.2	4.6	3.1	2.2	3.3 +/- 1.2	P = 0.002
Test de report statique	2.6	3.4	3	3 +/- 0.4	3.3	1.4	1.7	2.1 +/- 1	P = 0.005
Test assis-debout	1.4	2.4	2.1	2 +/- 0.5	2.1	1.1	1.3	1.5 +/- 0.5	P = 0.002
Test de mobilité	5.3	4.7	5.1	5 +/- 0.3	4.9	3.9	3.1	4 +/- 0.9	P = 0.002
Appréciation de la douleur	3.5	3.7	3.6	3.6 +/- 0.1	3.7	2.6	1.9	2.7 +/- 0.9	P = 0.023
Score global	20.6	22.4	22.3	21.8 +/- 1	22.1	14.9	12.2	16.4 +/- 5.1	P < 0.001

Comme il est possible de le remarquer, les scores cliniques ne montrent pas de variation notable pendant la phase témoin, puis on assiste à une amélioration des scores à partir de J15 traitement, les améliorations les plus marquantes se situant à l'évaluation de J30 traitement. Ces améliorations sont significatives comme en atteste les valeurs obtenues des p-value, toutes inférieures à 0.05.

En se focalisant sur ce qui a été appelé « Score global » mais qui correspond également au Score Fonctionnel Orthopédique ou DFO, nous remarquons une diminution moyenne de 32 % à J15 traitement, soit après seulement trois séances de laser, et de 49 % à J30 traitement, après cinq séances. Ces comparaisons ont été réalisés avec les résultats de J0 traitement, et la figure 19 illustre l'évolution de ce paramètre. De même, en comparant le score moyen de la phase traitement et de la phase témoin, nous remarquons un score moyen en phase de traitement plus faible de 35 % par rapport à celui en phase témoin.

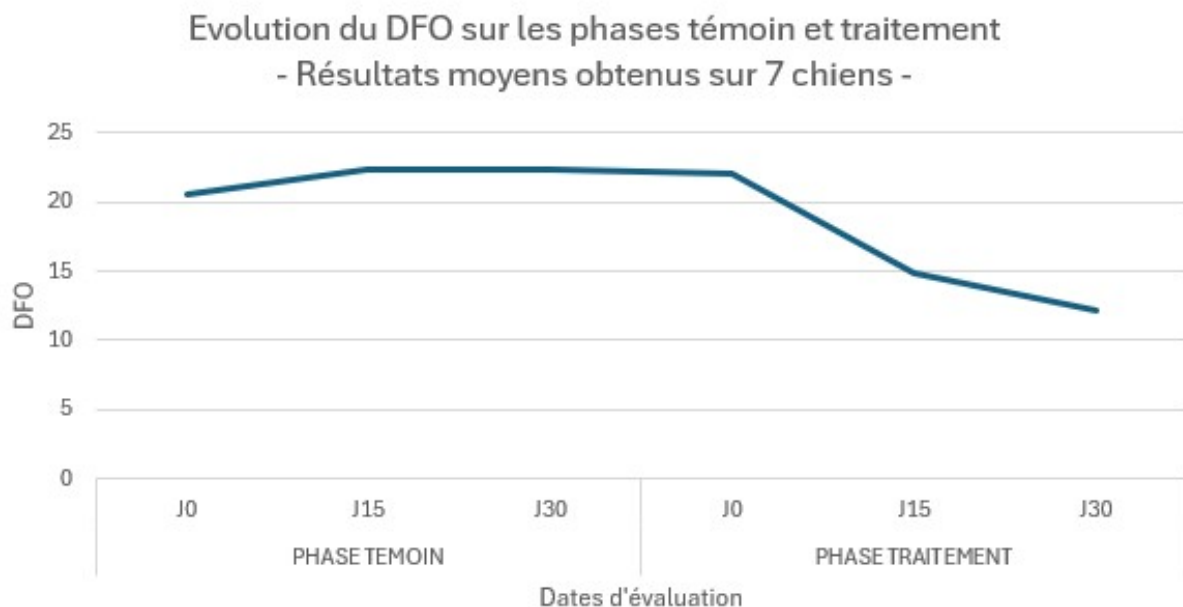


Figure 19 : Evolution du paramètre Score Fonctionnel Orthopédique ou DFO avec les données issues de sept chiens. [Source : Audrey Roudier].

Un point qu'il nous semblait intéressant de mentionner concerne le cas des chiens SAM et NAÏKA qui ont été sous anti-inflammatoires au cours de leur phase témoin et qui montrent de meilleurs résultats cliniques en phase de traitement sous thérapie laser comme il est possible de le voir sur la figure 20 ci-après. Chez le chien SAM c'est une amélioration de 61 % du DFO en J15 traitement par rapport à J0 traitement qui est visible, et de 9.6 % pour le chien NAÏKA.

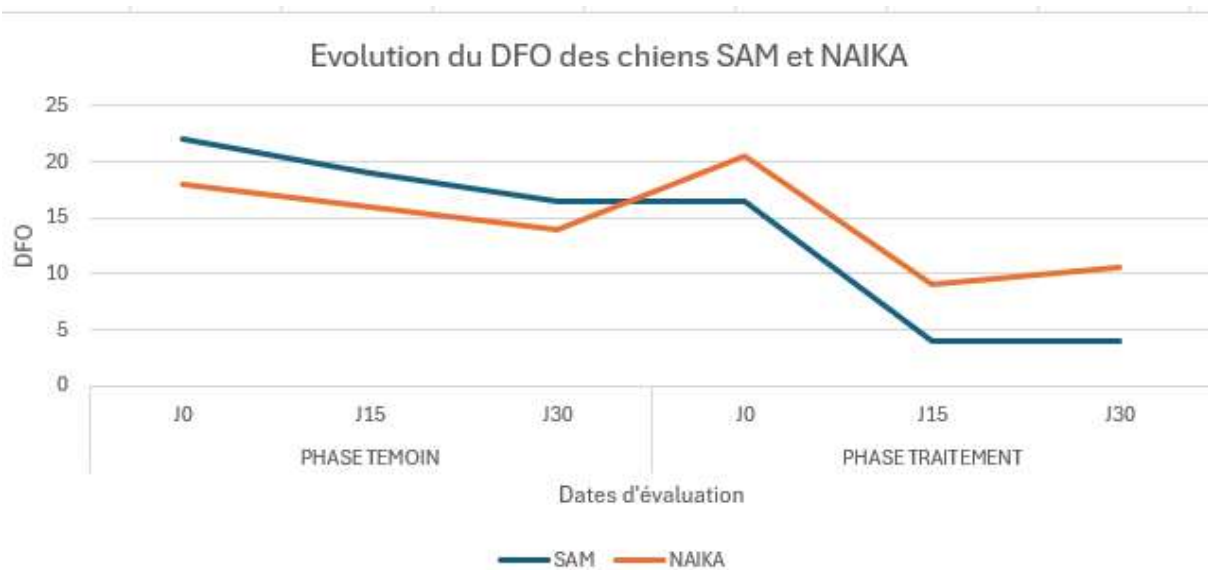


Figure 20 : Evolution du paramètre Score Fonctionnel Orthopédique ou DFO des chiens SAM et NAIKA. [Source : Audrey Roudier].

Pour résumé ce paragraphe concernant les résultats des scores cliniques, les sept chiens constituant notre analyse de données, soit 100 % de notre effectif, ont montré une amélioration significative de l'ensemble de leurs scores cliniques au cours du protocole de traitement avec des p-value inférieures à 0.05 à la suite de l'analyse ANOVA.

Comme expliqué plus haut, les données de la phase post-traitement ne font pas partie de l'analyse pour cause de perte de données trop importantes. En annexe 4, les données individuelles des chiens que nous avons réussi à suivre jusqu'à la fin du protocole sont présentes. En regardant individuellement ces chiens, il est possible de remarquer que les améliorations vues pendant la phase de traitement semblent persister 15 jours après la dernière séance de laser avant de se redégrader à nouveau 30 jours après la dernière séance de laser.

2. Goniométrie

Les angles de flexion et d'extension maximales confortables des hanches gauche et droit ont été mesurées. Ces mesures ont ensuite permis de calculer l'amplitude globale de chaque hanche par le biais de la formule suivante :

$$\text{Amplitude globale hanche} = \text{Extension maximale} - \text{Flexion maximale}$$

L'ensemble des moyennes obtenues via les données des sept chiens concernant la flexion, l'extension mais également l'amplitude de chaque hanche, figurent sur le tableau IX. Les résultats individuels de chaque chien sont également

visibles en annexe 5. Les résultats de l'analyse ANOVA sont également présents sur le tableau IX.

Tableau IX : Tableau récapitulatif des moyennes obtenues et des résultats de l'analyse ANOVA sur les valeurs d'extension, flexion et amplitude articulaire coxo-fémorale gauche et droite. [Source : Audrey Roudier].

Moyennes obtenues sur un effectif de sept chiens		PHASE TÉMOIN				PHASE TRAITEMENT				Valeur p-value (Test de Friedman)
		J0	J15	J30	Moyenne globale sur la phase et écart-type	J0	J15	J30	Moyenne globale sur la phase et écart-type	
Postérieur droit	Moyenne extension maximale	145.3	144.6	142	143.9 +/- 1.7	141	151.9	149.9	147.6 +/- 5.8	P = 0.152
	Moyenne flexion maximale	32.3	30	32.4	31.6 +/- 1.4	30.9	27.9	26.7	28.5 +/- 2.2	P = 0.134
	Moyenne amplitude	113	114.6	109.6	112.4 +/- 2.6	110.1	124	123.1	119 +/- 7.8	P = 0.015
Postérieur gauche	Moyenne extension maximale	147	144.7	146	145.9 +/- 1.2	151.1	152.1	154.4	152.5 +/- 1.7	P = 0.140
	Moyenne flexion maximale	34.4	33.7	30	32.7 +/- 2.4	30.6	28.1	28	28.9 +/- 1.5	P < 0.001
	Moyenne amplitude	112.6	111	116.4	113.3 +/- 2.8	119.6	124	126.4	123.3 +/- 3.4	P < 0.001

D'après les résultats obtenus, la moyenne des données des sept chiens n'a pas montré d'amélioration significative concernant les valeurs d'extension pour les deux hanches (p-value > 0.005). Toutefois, en regardant individuellement les résultats obtenus pour chaque chien, il en ressort que six chiens sur sept ont montré une amélioration de la valeur d'extension de leur postérieur droit. Seulement trois chiens sur sept pour le postérieur gauche. En regardant le résultat moyen d'extension coxo-fémorale en ce qui concerne le postérieur droit, une augmentation de 8 % de la valeur d'extension est visible en J15 traitement par rapport à J0 traitement.

Les valeurs de flexion pour la hanche droite ne révèlent pas de différence notable, cependant un gain significatif en flexion est observé pour la hanche gauche (p-value < 0.001) avec un gain de presque 4° lorsqu'on compare les moyennes des phases témoin et traitement.

Les amplitudes articulaires, aussi bien à gauche et à droite, montrent également des augmentations d'amplitude significatives (p-value < 0.005) avec un gain de 6.6° pour la hanche droite et un gain de 10° pour la hanche gauche, en comparant la moyenne des phases témoin et traitement.

Pour résumé en ce qui concerne les mesures goniométriques, l'ensemble des sept chiens, soit 100 % de notre effectif, ont montré un gain d'amplitude significatif sur les deux articulations coxo-fémorales au cours du protocole de traitement. En annexe 5, figure les données des chiens ayant été suivis en post-traitement, en regardant individuellement ces chiens, ces gains d'amplitudes semblent perdurer jusqu'à 30 jours après la dernière séance de traitement avec des valeurs légèrement diminués par rapport à celles obtenues au cours de la phase de traitement.

3. Analyse de la marche

3.1. Aperçu global du résultat de l'analyse des données

Comme nous l'avons décrit dans la partie consacrée au fonctionnement et à l'utilisation du tapis de pression, cet appareil nous a permis de récolter un grand nombre de données spatio-temporelles pour chaque chien.

De notre analyse, il ressort que les valeurs des paramètres temporels (durée de la foulée, durée de la phase d'appui) et spatiaux (longueur de la foulée et du pas) ne présentaient pas initialement, et dans l'ensemble, des valeurs éloignées de la normale et ne se sont pas avérées, dans notre étude, des paramètres pertinents à étudier.

Nous nous intéresserons aux paramètres cinétiques qui ont montré des modifications les plus notables notamment, l'indice de force relatif (F), la pression maximale d'appui relative (P_{max}) ainsi que le score GLS.

Le faible effectif d'animaux n'a pas permis de ressortir des résultats cliniques significatifs globaux par le biais de l'analyse ANOVA mais des tendances à l'amélioration étaient observées sur certains paramètres. Afin de simplifier l'analyse de tous ces paramètres et pouvoir évaluer et comparer l'ensemble de ces paramètres au cours du suivi de chaque chien, un « score biomécanique » a été établi. Ce score se définit selon la formule suivante :

Score biomécanique

$$\begin{aligned}
 &= \text{Somme scores GLS (AD, AG, PD, PG)} \\
 &+ \text{Somme scores } P_{max} \left(\frac{\text{Ant}}{\text{Post}}, \frac{\text{Gauche}}{\text{Droite}}, \frac{\text{AG}}{\text{AD}}, \frac{\text{PG}}{\text{PD}}, \frac{\text{Diag G}}{\text{Diag D}} \right) \\
 &+ \text{Sommes scores } F \left(\frac{\text{Ant}}{\text{Post}}, \frac{\text{Gauche}}{\text{Droite}}, \frac{\text{AG}}{\text{AD}}, \frac{\text{PG}}{\text{PD}}, \frac{\text{Diag G}}{\text{Diag D}} \right)
 \end{aligned}$$

Les scores des différents ratios pour l'ensemble des paramètres, ont été déterminés à partir d'un abaque créé arbitrairement pour l'étude, visible en annexe 9. Ainsi, chaque chien a donc été analysé individuellement afin d'évaluer l'évolution de ses paramètres et déterminer s'il y a eu amélioration ou non. Les données individuelles de chaque chien pour l'ensemble des paramètres sont visibles en annexes 6, 7 et 8.

3.2. Description des résultats concernant le score biomécanique

À la suite de l'analyse du score biomécanique obtenu par chaque chien au cours du protocole, six chiens sur sept ont montré une amélioration notable de ce score au cours de la phase de traitement. Seulement un chien, le chien NAÏKA, ne montre pas de modifications notables de ce score au cours de la phase de traitement, pouvant s'expliquer par de nombreux épisodes de boiteries à la suite de séances de jeux avec d'autres chiens. L'ensemble des scores biomécaniques obtenus par chaque chien sont récapitulés dans le tableau X.

Tableau X : Tableau récapitulatif des scores biomécaniques obtenus par chaque chien. [Source : Audrey Roudier].

	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
SAM	8	14	7	20	6	7
SOFTY	12,5	19	13	13,5	11	19
GOUACHE	31	39	30	29	19	8
JESTER	19,5	34	29,5	36	29	37
LUCKY	25	26	28	26	27	18
MERLIN	16	15,5	9,5	20	7,5	4,5
NAIKA	33	31	27,5	30	32,5	41
Moyenne	20,7	25,5	20,6	24,9	18,9	19,2

Pour l'ensemble du groupe, on peut observer une diminution moyenne de ce score biomécanique de 30.8 % à J15 traitement (après trois séances de laser) en comparant avec J0 traitement, avec un score qui reste à peu près stable à J30 traitement. La figure 21 permet de visualiser l'évolution de ce paramètre.

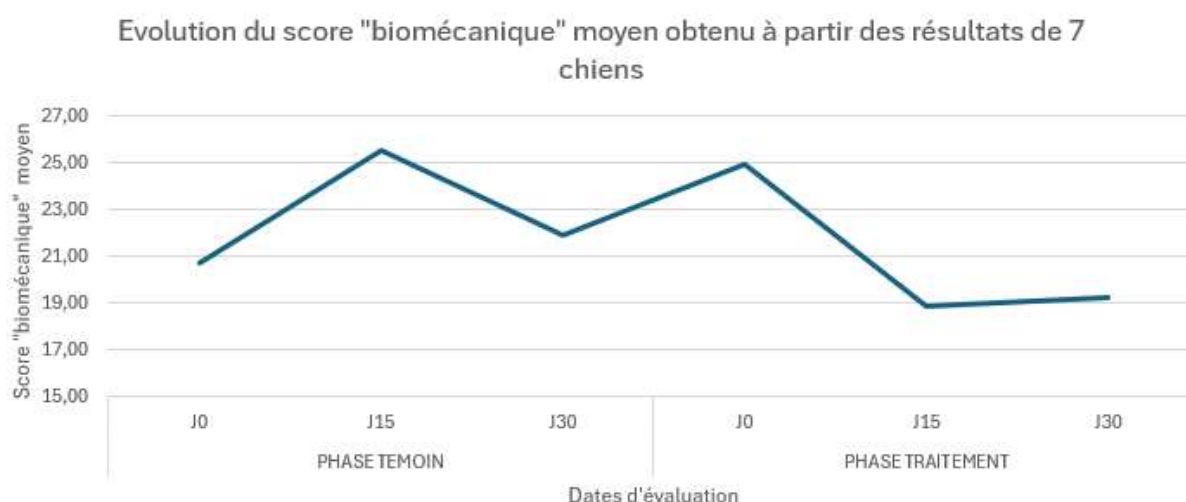


Figure 21 : Evolution du score biomécanique moyen obtenu à partir des données de sept chiens. [Source : Audrey Roudier].

En résumé de cette partie concernant l'analyse de la marche, trois paramètres (Pmax, Indice de force et score GLS) ont montré le plus de pertinence quand à la réponse au traitement et ont donc été utilisés pour l'analyse globale de la marche par le biais du score biomécanique. Ce dernier montre une amélioration sur l'ensemble du groupe en phase traitement avec des améliorations individuelles assez importantes pour certains chiens.

4. Évaluation par le propriétaire

Un questionnaire de douleur a été distribué à chaque évaluation aux propriétaires. Ce questionnaire, rapide et simple à remplir, était constitué de 15 questions portant sur des thématiques variées et auxquelles les propriétaires pouvaient attribuer une note entre zéro et quatre. L'addition totale de ces scores permettait d'obtenir un score global.

Concernant ce score global, l'ensemble des résultats obtenus par chacun des chiens est récapitulé dans le tableau XI. Aucune différence clinique significative globale sur l'ensemble des sept chiens n'a ressortie à la suite de l'analyse ANOVA. Toutefois, certains chiens semblent montrer des améliorations individuelles. En effet, cinq chiens sur sept ont montré une amélioration nette de leur score global au cours de la phase de traitement. Les chiens SOFTY et MERLIN sont les seuls n'ayant pas montré d'améliorations. Le chien SAM, qui était sous anti-inflammatoires en phase témoin, montre un meilleur score global en phase de traitement laser avec une diminution du score global de 53 % en J30 traitement par rapport à J0 traitement.

Tableau XI : Tableau récapitulatif du score global obtenu par chacun des chiens. [Source : Audrey Roudier].

	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
SOFTY	25	24	25	21	21,5	26
SAM	27,5	26	25,5	25,5	13,5	12
NAIKA	10	16	7	12	7	10
LUCKY	15,5	14,5	14,25	14,25	15	10,25
GOUACHE	13	15	15	28,5	22,5	15,5
JESTER	22,5	22,5	20	20	18,5	18,5
MERLIN	8	5	9	8	8,5	11
<i>Moyenne</i>	17,4	17,6	16,5	18,5	15,2	14,8

Pour l'ensemble du groupe, la diminution du score global est en moyenne de 17.6 % à J15 traitement en comparant avec J0 traitement. Cette diminution reste à peu près stable en J30 traitement. Cette évolution est représentée sur la figure 22.

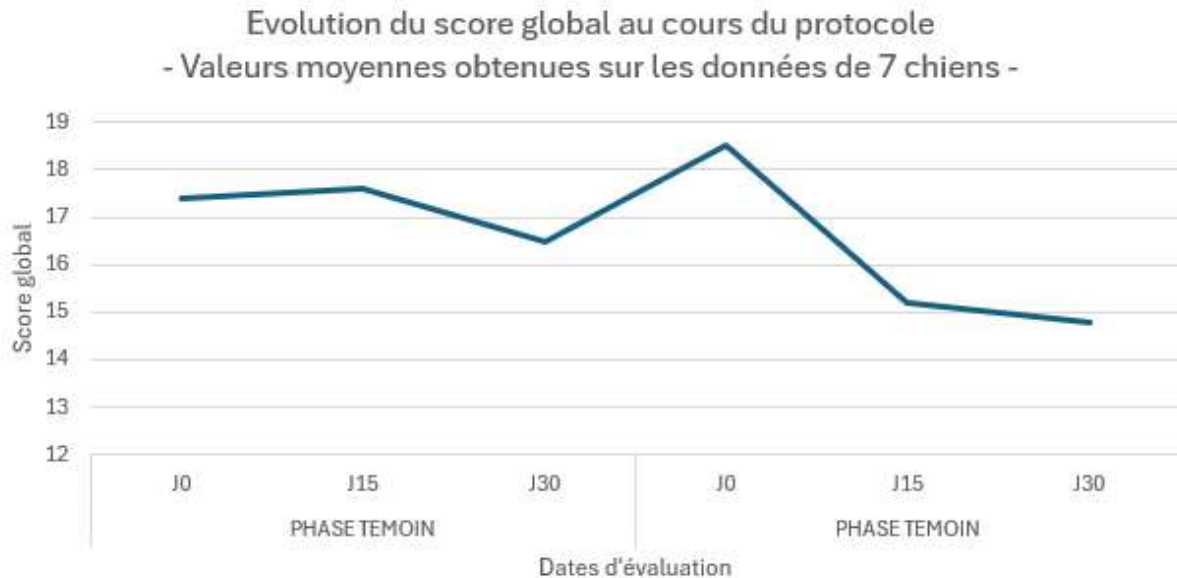


Figure 22 : Evolution du score global moyen obtenu à partir des données de sept chiens. [Source : Audrey Roudier].

Pour résumer cette partie concernant l'analyse des données sur l'évaluation par le propriétaire, cinq chiens sur sept montrent une amélioration nette du score global au cours de la phase de traitement. Cette amélioration semble bien corrélée aux autres observations qui ont pu être faites sur les autres paramètres (scores cliniques, mesures goniométriques ...).

En résumé de cette partie de présentation des résultats de notre étude :

- Une amélioration des scores cliniques, significative, pour 100 % des chiens de l'étude et concernant l'ensemble des indicateurs évalués au cours de l'examen orthopédique.
- Une amélioration de l'amplitude articulaire global coxo-fémorale droite et gauche, significative, pour 100 % des chiens de l'étude.
- Des améliorations biomécaniques notables sur les paramètres Pmax, Indice de force et score GLS.
- Des améliorations notables, identifiées par les propriétaires.

PARTIE 4

DISCUSSION ET PERSPECTIVE

I. Discussion concernant le déroulement de l'étude

Les effectifs de chien recrutés sont très faibles, donnant alors peu de puissance aux résultats qui ressortent de notre analyse de données. Un nombre plus élevé de chiens aurait été souhaité pour donner plus de poids à nos analyses et éventuellement à certains de nos résultats qui montrent des tendances ou des différences évidentes entre les différentes phases de notre protocole, sans qu'elles soient statistiquement significatives.

Bien que l'étude se déroule au sein de VetAgroSup avec un Centre Hospitalier Universitaire, nous avons remarqué une très grande difficulté de recrutement des cas auprès des services cliniques concernés malgré les messages d'information et flyers. Ainsi, une très grande majorité des chiens ayant été recrutés au sein de l'étude sont des chiens d'étudiants ou du personnel de VetAgroSup et des chiens provenant d'une clientèle privée. La demande d'aide auprès du Centre d'Investigation Clinique Vétérinaire nous a grandement aidé à faire connaître l'existence de notre étude auprès des propriétaires mais, malheureusement sans réussir à augmenter nos effectifs.

Outre les difficultés de recrutement, il était également difficile d'inclure certains chiens au sein de l'étude malgré des critères d'inclusion respectés et des propriétaires motivés, et ce du fait de la longueur et de l'organisation du protocole et de la contrainte que cela représentait par rapport aux propriétaires. Effectivement, pour beaucoup de personnes, il était impossible de concilier la fréquence des rendez-vous avec leur vie personnelle et professionnelle.

Un autre facteur qu'il faut également mentionner sont les périodes d'indisponibilités des différents acteurs de cette étude à savoir les périodes de vacances, de stage mais aussi des absences autres concernant des raisons personnelles et professionnelles. Ces périodes ont très souvent impacté le déroulé de l'étude sur l'organisation des rendez-vous, entraînant un manque de données important, notamment sur la fin de notre protocole.

Un dernier point que nous développerons est en lien avec la catégorie d'âge de la plupart des animaux recrutés. En effet, bien que l'arthrose soit une pathologie ostéo-articulaire pouvant être présente et avoir des impacts sur la vie de chiens jeunes, pour peu qu'une pathologie les y prédispose, c'est surtout une affection que l'on va retrouver chez des chiens âgés donc souvent plus prédisposés à avoir d'autres pathologies. Nous en avons fait l'expérience avec plusieurs de nos chiens que nous avons malheureusement dû exclure au cours de l'étude.

II. Discussion concernant les résultats

1. Examen orthopédique

Les scores des différents tests auxquels ont été soumis chaque chien au cours du protocole ainsi que le score global qui en est ressortit montre une amélioration clinique notable sur l'ensemble des chiens inclus dans le protocole au cours de la phase de traitement.

Bien que tous les examens aient été filmés et que les vidéos ont pu être revérifiées et réévaluées à posteriori par l'examineur en charge de l'évaluation clinique, il n'empêche que cet examen reste de type subjectif et nous ne pouvons pas omettre un biais possible d'opérateur. Pour s'en affranchir, l'idéal aurait été qu'un autre examinateur expérimenté, ne faisant pas partie de l'étude, puisse faire une évaluation clinique de chaque animal sans avoir été influencé par le type de traitement ni par la phase du protocole.

2. Goniométrie

Des gains d'amplitude articulaire ont pu être mis en évidence sur les deux membres postérieurs. Ce gain d'amplitude peut être attribué au traitement LASER à visée antalgique, décontracturante et défibrosante.

Les mesures goniométriques ayant été réalisées de la même manière à chaque évaluation, c'est-à-dire avec un animal couché sur le flanc en utilisant les mêmes repères anatomiques et le même goniomètre par un examinateur expérimenté, ont permis de limiter les biais quant à la récolte de ces données.

Il est toutefois important de noter un ressenti de l'examineur, qui n'a pas pu être prouvé et qui reste un ressenti subjectif, mais qui a été remarqué tout au long du protocole chez la très grande majorité des chiens. Effectivement, chez certains chiens, l'examineur a remarqué une différence lors de la réalisation des tests articulaires et sans ou avec le goniomètre. Lors de l'utilisation du goniomètre, ces chiens se crispaient et étaient plus contractés dès qu'ils sentaient le contact du goniomètre et les amplitudes maximales obtenues étaient visiblement plus faibles lors de la pose de mesure. Ceci pourrait donc être à l'origine d'un biais de mesure avec une sous-estimation des angles maximaux chez certains chiens.

3. Evaluation par le propriétaire

Les évaluations par le propriétaire ont montré quelques résultats notables sur sept paramètres mais n'ont pas permis de déceler une amélioration clinique significative sur l'ensemble de notre population. En effet, seulement 42.8 % de notre effectif ont montré des améliorations vraiment notables pendant la phase de traitement, comparativement à la phase témoin. Toutefois, nous ne pouvons omettre

un biais lié au fait que les propriétaires étaient également au courant du procédé et de l'organisation de l'étude et qu'ils aient été influencés dans leur notation, à cause d'un a priori positif ou négatif. Il aurait été intéressant de mener cette étude « à l'aveugle » afin que les propriétaires ne sachent pas du tout dans quelle phase du protocole se trouvait leur chien au moment des évaluations. Cela n'était pas possible car la présence de chaque propriétaire était souhaitée pour rassurer leur chien afin que chaque séance d'évaluation et de traitement se fassent dans les meilleures conditions possibles et avec un minimum de stress pour l'animal.

Concernant également les notations cliniques par les propriétaires, une question se pose quant à un potentiel biais de perception quant à l'état de leurs animaux. Effectivement, l'arthrose étant une pathologie chronique avec des poussées aiguës à l'origine de crise algique, il se peut qu'en dehors de ces fameuses crises qui sont souvent impressionnantes pour le propriétaire, celui-ci se soit « adapté » à la condition de son animal et n'ait plus le même ressenti ni la même perception, influençant alors grandement sa notation. Le cas s'est notamment présenté plusieurs fois au cours de l'étude pour certains chiens où il a été noté une boiterie assez importante lors de certaines évaluations par les différents intervenants, non perçue par le propriétaire ou assimilée, certaines fois, à la « démarche habituelle » du chien.

4. Analyse biomécanique de la marche

Les analyses de données récupérées par le biais du tapis de pression ont permis de mettre en évidence des améliorations concernant des paramètres en lien avec la Pmax, l'indice de force, le nombre de capteurs activés et les scores GLS. Là encore, ce ne sont pas des améliorations globales qui ont été découvertes mais qui concernent seulement 30 % des chiens de l'étude.

Toutefois, de nombreux biais sont possibles avec ce matériel et peuvent être à l'origine des résultats que nous avons décrits hormis les effectifs très réduits. En effet, le tapis *GAITRite*® est un objet très sensible et pratique permettant le recueil de nombreuses données en peu de temps mais qui nécessite que chaque chien se déplace avec une démarche « stéréotypée » c'est-à-dire une marche en ligne droite, sans écarts, sans distractions avec une allure régulière. Dans les faits, il est très difficile voir quasiment impossible d'obtenir ce type de démarche parfaite. Globalement, nous avons eu des chiens très coopératifs et dont les passages sur le tapis se sont approchés du « passage idéal » mais certaines de nos recrues ont été plus compliquées à gérer. De plus, nous avons essayé au maximum d'avoir des passages successifs comparables en termes de vitesse mais également au fur et à mesure des rendez-vous, malheureusement il n'a pas été évident à chaque fois de pouvoir contrôler ce paramètre. D'autant plus que les chiens inclus dans l'étude n'avaient pas les mêmes gabarits.

Une piste d'amélioration possible quant à l'utilisation de ce procédé serait qu'un seul et même intervenant, expérimenté, prenne en charge de familiariser le chien avec l'environnement et réalisant les prises de données avec le chien.

III. Conclusion et perspectives

Le faible nombre d'animaux recrutés mais également les pertes de données sur la dernière phase de notre protocole à la suite d'exclusions d'animaux malades et des manques d'adhésion au protocole de la part des propriétaires pour des raisons diverses et variées, nous permettent d'obtenir des conclusions encourageantes quant aux bénéfices de cette thérapie sur un certains nombres de paramètres étudiés au cours de cette étude, mais ces conclusions ne sont pas complètes et manque de puissance. Ainsi, il est difficile de conclure de manière définitive sur l'impact d'un protocole de thérapie laser.

Les méthodes d'évaluations que nous avons employées, très diverses et complémentaires entre-elles, ont permis de mettre en évidence certaines améliorations cliniques notables au cours de la phase de traitement des chiens recrutés. Ces résultats rejoignent donc ce qui a déjà pu être observés et décrits dans d'autres études. En effet, en comparant nos résultats a d'autres études similaires (LOONEY *et al.*, 2018 ; BARALE *et al.*, 2020 ; BARALE *et al.*, 2022 ; DE OLIVEIRA *et al.*, 2021), nous avons remarqué une certaine corrélation des résultats avec une diminution des scores de douleur et de boiterie. Par rapport à l'étude DE OLIVEIRA *et al.* De 2021 où des mesures goniométriques avait également été réalisées, sans amélioration notable, nous avons pu mettre ici en évidence des augmentations significatives des amplitudes articulaires coxo-fémorale.

En ce qui concerne l'analyse biomécanique de la marche, très peu d'études similaires récentes existent utilisant cette approche, il est donc difficile de pouvoir comparer nos résultats.

Certains points doivent également ressortir de cette étude, à savoir :

- La très bonne tolérance des animaux quant aux séances de traitement. L'ensemble des chiens ayant participé à l'étude n'a montré aucun signe d'inconfort au cours d'une séance, beaucoup d'entre eux semblaient apprécier les séances.
- Aucun effet indésirable n'a été mentionné de la part des propriétaires ni observé au cours des séances par les différents intervenants.

La thérapie laser, relativement récente, commence seulement à faire partie de l'arsenal thérapeutique à disposition pour soulager la douleur d'origine arthrosique. Les études, de plus en plus nombreuses, commencent à nous faire comprendre ses potentiels effets bénéfiques mais notre recul n'est pas encore suffisant. D'autres études complémentaires sont encore nécessaires :

- Ces études devraient porter sur un effectif de chiens plus important afin d'augmenter la puissance des tests statistiques qui seront effectués.
- Des améliorations au niveau de la réalisation des évaluations peuvent être apportées notamment lors de l'utilisation du tapis de pression avec un seul et même intervenant expérimenté prenant en charge les animaux pour la réalisation des passages et la récupération de données. L'ajout de capteurs d'accélérométrie pourraient également être une option afin de mieux visualiser l'impact du protocole laser sur l'activité globale des chiens.
- Ces études devraient également se poser la question sur la réalisation possible ou non d'une étude en simple ou double aveugle pour limiter au maximum les biais.

CONCLUSION

Le recours aux thérapeutiques complémentaires dans la prise en charge de la douleur chronique et du handicap fonctionnel liés à l'arthrose s'est beaucoup développé au cours des deux dernières décennies en médecine vétérinaire. Ceci permet de limiter, ou d'éviter, l'utilisation des médicaments classiques (anti-inflammatoires non stéroïdiens, corticoïdes, divers antalgiques...), qui présentent souvent des effets indésirables et très mal supportés aussi bien par le l'animal (notamment l'animal âgé), que par son propriétaire.

A cet effet, l'utilisation du LASER, dit « thérapeutique » permettant une puissance élevée et des temps d'application courts, s'est beaucoup répandue ces dernières années en physiothérapie vétérinaire. Les données et les études restent encore rares concernant cette technique.

L'objectif de notre étude est d'évaluer de façon objective l'effet d'un protocole thérapeutique sur un mois au moyen d'un tel LASER chez des chiens souffrant d'arthrose coxo-fémorale. Les chiens ont été suivis sur trois phases d'un mois chacune (phase témoin, phase de traitement, phase post-traitement). Ils ont été évalués au moyen de scores cliniques, d'une grille de douleur chronique (Helsinki complétée), par goniométrie, et par analyse spatio-temporelle de la marche au moyen du système GAITRITE®.

L'ensemble des chiens ayant participé à notre projet ont très bien toléré les séances de traitement sans aucun effet indésirable. La grande majorité a montré des améliorations notables, ou significatives, des scores cliniques et de douleur chronique, des amplitudes en extension maximale et du mouvement global des hanches, ainsi que biomécaniques, notamment concernant les paramètres cinétiques des membres.

Toutefois, l'effectif réduit de chiens d'une part, et la perte de données importantes sur le dernier mois de suivi, d'autre part, ne nous permettent pas de tirer des conclusions définitives quant à l'impact du protocole étudié de thérapie laser sur certains paramètres.

Les résultats obtenus restent encourageants et nous poussent à qualifier la thérapie LASER comme potentiellement prometteuse quant à la gestion de la douleur chronique chez des chiens souffrant d'arthrose.

De ce fait, afin de valider ces observations, cette étude devrait être continuée et complétée, en augmentant les effectifs des chiens suivis, d'une part et en améliorant certains points du protocole, d'autre part, afin d'obtenir le moins de biais possible.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERTINI R., VILLAVERDE A.B., AIMBIRE F., SALGADO M.A.C., BJORDAL J.M., ALVES L.P., MUNIN E., et COSTA M.S. (2007). « Anti-Inflammatory Effects of Low-Level Laser Therapy (LLLT) with Two Different Red Wavelengths (660nm and 684nm) in Carrageenan-Induced Rat Paw Edema ». *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 89(1), pp. 50-55. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2007.08.005>. [Consulté le 15 Janvier 2022].
- ALBERTINI R., VILLAVERDE A.B., AIMBIRE F., BJORDAL J.M., BRUGNERA A., MITTMANN J., SILVA J.A., et COSTA M. (2008). « Cytokine mRNA Expression Is Decreased in the Subplantar Muscle of Rat Paw Subjected to Carrageenan-Induced Inflammation after Low-Level Laser Therapy ». *Photomedicine and Laser Surgery*, 26(1), pp. 19-24. Disponible sur : <https://doi.org/10.1089/pho.2007.2119>. [Consulté le 15 Janvier 2022].
- ALVES A.C., VIEIRA R., LEAL-JUNIOR E., DOS SANTOS S., LIGEIRO A.P., ALBERTINI R., JUNIOR J., et DE CARVALHO P. (2013). « Effect of Low-Level Laser Therapy on the Expression of Inflammatory Mediators and on Neutrophils and Macrophages in Acute Joint Inflammation ». *Arthritis Research & Therapy*, 15(5), R116. Disponible sur : <https://doi.org/10.1186/ar4296>. [Consulté le 17 Janvier 2022].
- ALVES J.C., SANTOS A., JORGE P., et CARREIRA L.M. (2022). « A randomized double-blinded controlled trial on the effects of photobiomodulation therapy in dogs with osteoarthritis ». *American Journal of Veterinary Research*, 83(8), ajvr.22.03.0036. Disponible sur : <https://doi.org/10.2460/ajvr.22.03.0036>. [Consulté le 19 Septembre 2023].
- AUTEFAGE A. (2007). « Les chondroprotecteurs dans le traitement de l'arthrose chez le chien ». *Nouveau praticien vétérinaire canine-féline*, 35(7), pp. 31-35.
- BARALE L., MONTICELLI P., et ADAMI C. (2022). « Effects of Low-level Laser Therapy on Impaired Mobility in Dogs with Naturally Occurring Osteoarthritis ». *Veterinary Medicine and Science*, 9(2), pp. 653-659. Disponible sur : <https://doi.org/10.1002/vms3.997>. [Consulté le 19 Septembre 2023].
- BARALE L., MONTICELLI P., RAVIOLA M., et ADAMI C. (2020). « Preliminary clinical experience of low-level laser therapy for the treatment of canine osteoarthritis-associated pain : A retrospective investigation on 17 dogs ». *Open Veterinary Journal*, 10(1), pp. 116-119. Disponible sur : <https://doi.org/10.4314/ovj.v10i1.16>. [Consulté le 17 Janvier 2022].
- BARET O., et BENAÏM D. (2008). *Vade-mecum : Pathologie de l'appareil locomoteur du chien et du chat*. Paris : Med'Com., 192 p.
- BELLOCQ L. (2007). « Arthrose du chien (et du chat). Comprendre l'arthrose. » *La Dépêche Vétérinaire*, n°107, pp. 3-27.

- BILNEY B., MORRIS M., WEBSTER K. (2003). « Concurrent Related Validity of the GAITRite® Walkway System for Quantification of the Spatial and Temporal Parameters of Gait ». *Gait & Posture*, 17(1), pp. 68-74. Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(02\)00053-X](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(02)00053-X) [Consulté le 11 Janvier 2023].
- BLAND S.D. (2015). « Canine osteoarthritis and treatments : a review ». *Veterinary Science Development*, 5(2), pp. 84-89. Disponible sur : <https://doi.org/10.4081/vsd.2015.5931>. [Consulté le 11 Janvier 2023].
- BOIRE C. (2012). « Le point sur la physiopathologie de l'arthrose chez le chien ». *Le Point Vétérinaire*, n°329, pp. 62-68.
- BRØNNICHE MØLLER NIELSEN M., PEDERSEN T., MOURITZEN A., VITGER A.D., NIELSEN L.N., POULSEN H.H., MILES J.E. (2020). « Kinetic Gait Analysis in Healthy Dogs and Dogs with Osteoarthritis : An Evaluation of Precision and Overlap Performance of a Pressure-Sensitive Walkway and the Use of Symmetry Indices ». Édité par Simon Clegg. *PLOS ONE*, 15(12) : e0243819. Disponible sur : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243819> [Consulté le 11 Janvier 2023].
- BRUNETAUD J.M., MORDON S., DESMETTRE T., et BEACCO C. (1996). « Les applications thérapeutiques des lasers ». In *Les lasers et leurs applications scientifiques et médicales*. Cargèse, France : EDP Sciences, pp. 523-546. Disponible sur : <https://doi.org/10.1051/sfo/1996017>. [Consulté le 2 Avril 2022].
- CACHON T., et GENEVOIS J.-P. (2007). « Le traitement hygiénique de l'arthrose chez le chien et le chat ». *Nouveau praticien vétérinaire canine-féline*, 35(7), pp. 36-38.
- CARR B.J. et DYCUS D. (2016). « CANINE GAIT ANALYSIS ». *Today's Veterinary Practice*, 6(2), pp. 93-100. Disponible sur : <https://todaysveterinarypractice.com/orthopedics/recovery-rehab-canine-gait-analysis/> [Consulté le 11 Janvier 2023].
- CHOW R., ARMATI P., LAAKSO E.-L., BJORDAL J.M., et BAXTER G.D. (2011). « Inhibitory Effects of Laser Irradiation on Peripheral Mammalian Nerves and Relevance to Analgesic Effects: A Systematic Review ». *Photomedicine and Laser Surgery*, 29(6), pp. 365-381. Disponible sur : <https://doi.org/10.1089/pho.2010.2928>. [Consulté le 15 Décembre 2021].
- CHOW R., ARMATI P.J. (2016). « Photobiomodulation : Implications for Anesthesia and Pain Relief ». *Photomedicine and Laser Surgery*, 34(12), pp. 599-609. Disponible sur : <https://doi.org/10.1089/pho.2015.4048>. [Consulté le 15 Décembre 2021].
- COOK J.L., KUROKI K., VISCO D., PELLETIER J.-P., SCHULZ L., et LAFEBER F.P.J.G. (2010). « The OARSI Histopathology Initiative – Recommendations for Histological Assessments of Osteoarthritis in the Dog ». *Osteoarthritis and Cartilage*, 18, pp. 66-79. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.04.017>. [Consulté le 10 Avril 2022].

- CORFIELD G.S., READ R.A., EASTLEY K.A., RICHARDSON J.L., ROBERTSON I.D., DAY R. (2007). « Assessment of the Hip Reduction Angle for Predicting Osteoarthritis of the Hip in the Labrador Retriever ». *Australian Veterinary Journal*, 85(6), pp. 212-216.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2007.00143.x> [Consulté le 2 Février 2023].
- DE ANDRADE A.L.M., BOSSINI P.S., DO CANTO DE SOUZA A.L.M., SANCHEZ A.D., et PARIZOTTO N.A. (2017). « Effect of Photobiomodulation Therapy (808 Nm) in the Control of Neuropathic Pain in Mice ». *Lasers in Medical Science*, 32(4), pp. 865-872.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2186-x>. [Consulté le 10 Avril 2022].
- DE CASTRO J.R., DA SILVA PEREIRA F., CHEN L., ARANA-CHAVEZ V.E., BALLESTER R.Y., DIPIETRO L.A., et SIMÕES A. (2020). « Improvement of Full-Thickness Rat Skin Wounds by Photobiomodulation Therapy (PBMT): A Dosimetric Study ». *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 206, pp. 1118-1150.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2020.111850>. [Consulté le 10 Avril 2022].
- DE OLIVEIRA REUSING M.S., DO AMARAL C.H., ZANETTIN K.A., WEBER S.H., et VILLANOVA Jr. J.A. (2021). « Effects of Hydrotherapy and Low-Level Laser Therapy in Canine Hip Dysplasia: A Randomized, Prospective, Blinded Clinical Study ». *Revue Vétérinaire Clinique*, 56(4), pp. 177-184.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.anicom.2021.08.001>. [Consulté le 11 Novembre 2023].
- DE OLIVEIRA V.L.C., SILVA J.A., SERRA A.J., PALLOTTA R.C., DA SILVA E.A.P., DE FARIAS MARQUES A.C., DOS SANTOS FELICIANO R., MARCOS R.L., LEAL-JUNIOR E.C.P., et DE CARVALHO P.D.T. (2017). « Photobiomodulation Therapy in the Modulation of Inflammatory Mediators and Bradykinin Receptors in an Experimental Model of Acute Osteoarthritis ». *Lasers in Medical Science*, 32(1), pp. 87-94.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2089-2>. [Consulté le 11 Novembre 2023].
- DOS SANTOS L.S., SALTORATO J.C., MONTE M.G., MARCOS R.L., LOPES-MARTINS R.A.B., TOMAZONI S.S., LEAL-JUNIOR E.C.P., et DE PAIVA CARVALHO R.L. (2019). « PBMT and Topical Diclofenac as Single and Combined Treatment on Skeletal Muscle Injury in Diabetic Rats: Effects on Biochemical and Functional Aspects ». *Lasers in Medical Science*, 34(2), pp. 255-262.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s10103-018-2580-z>. [Consulté le 11 Avril 2023].
- FAHIE M.A., CORTEZ J.C., LEDESMA M., SU Y. (2018). « Pressure Mat Analysis of Walk and Trot Gait Characteristics in 66 Normal Small, Medium, Large, and Giant Breed Dogs ». *Frontiers in Veterinary Science*, 5, pp. 256.
Disponible sur : <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00256> [Consulté le 2 Février 2023].

- FANCHON L. et GRANDJEAN D. (2007). « Accuracy of asymmetry indices of ground reaction forces for diagnosis of hind limb lameness in dogs ». *American Journal of Veterinary Research*, 68(10), pp. 1089-1094.
Disponible sur : <https://doi.org/10.2460/ajvr.68.10.1089> [Consulté le 2 Février 2023].
- FAYOLLE P. (2007). « Qu'est-ce que l'arthrose chez le chien et le chat, pourquoi ? Comment ? » *Nouveau praticien vétérinaire canine-féline*, 7(35), pp. 9-14.
- GOGNY M. (2007). « Les traitements médicaux de l'arthrose chez le chien et le chat ». *Nouveau praticien vétérinaire canine-féline*, 35(7), pp. 26-30.
- GORDON-EVANS W.J., EVANS R.B., KNAP K.E., HILDRETH J.M., PINEL C.B., IMHOFF D.J., CONZEMIUS M.G. (2009). « Characterization of spatiotemporal gait characteristics in clinically normal dogs and dogs with spinal cord disease ». *American Journal of Veterinary Research*, 70(12), pp. 1444-1449.
Disponible sur : <https://doi.org/10.2460/ajvr.70.12.1444> [Consulté le 4 Février 2023].
- GUADALUPI M., CROVACE A.M., FORLEO D.M., STAFFIERI F., LACITIGNOLA L. (2023). « Pressure-Sensitive Walkway System for Evaluation of Lameness in Dogs Affected by Unilateral Cranial Cruciate Ligament Rupture Treated with Porous Tibial Tuberosity Advancement ». *Veterinary Sciences*, 10(12), pp. 696.
Disponible sur : <https://doi.org/10.3390/vetsci10120696> [Consulté le 3 Janvier 2024].
- HAMILTON G.F., LACHENBRUCH P.A. (1969). « Reliability of Goniometers in Assessing Finger Joint Angle ». *Physical Therapy*, 49(5), pp. 465-469.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1093/ptj/49.5.465> [Consulté le 5 Janvier 2023].
- HOCHMAN L. (2018). « Photobiomodulation Therapy in Veterinary Medicine: A Review. ». *Topics in Companion Animal Medicine*, 33(3), pp. 83-88.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1053/j.tcam.2018.06.004>. [Consulté le 3 Janvier 2022].
- HODE L., et TUNÉR J. (2014). *Laser Phototherapy: Clinical practice and scientific background*. Grängesberg : Prima Books AB, 937 p.
- HOLANDA V., CHAVANTES M., WU X., et ANDERS J. (2018). « The Mechanistic Basis for Photobiomodulation Therapy of Neuropathic Pain by Near Infrared Laser Light ». *Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia: Brazilian Neurosurgery*, 37(4), pp. 317-325.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1002/lsm.22628>. [Consulté le 15 Juillet 2022].
- HOURELD N.N., MASHA R.T., et ABRAHAMSE H. (2012). « Low-intensity Laser Irradiation at 660 Nm Stimulates Cytochrome c Oxidase in Stressed Fibroblast Cells ». *Lasers in Surgery and Medicine*, 44(5), pp. 429-434.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1002/lsm.22027>. [Consulté le 15 Décembre 2022].
- JAEGER G.H., MARCELLIN-LITTLE D.J., DEPUY V., LASCELLES B.D.X. (2007). « Validity of goniometric joint measurements in cats ». *American Journal of Veterinary Research*, 68(8), pp. 822-826.
Disponible sur : <https://doi.org/10.2460/ajvr.68.8.822> [Consulté le 20 Mars 2023].

- JAEGGER G., MARCELLIN-LITTLE D.J., LEVINE D. (2002). « Reliability of goniometry in Labrador Retrievers ». *American Journal of Veterinary Research*, 63(7), pp. 979-986.
Disponible sur : <https://doi.org/10.2460/ajvr.2002.63.979> [Consulté le 20 Mars 2023].
- JOHNSON J.A., AUSTIN C., et BREUR G.J. (1994). « Incidence of canine appendicular musculoskeletal disorders in 16 veterinary teaching hospitals from 1980 through 1986 ». *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 7(2), pp. 56-59.
Disponible sur : <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0038-1633097#:~:text=The%20number%20of%20dogs%20with%20musculoskeletal>
[Consulté le 20 Mars 2023].
- JOHNSTON S.A. (1997). « Osteoarthritis. Joint anatomy, physiology and pathobiology. ». *Veterinary Clinics of North America : Small Animal Practice*, 27(4), pp. 699-723.
Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195561697500763?via=ihub>
[Consulté le 5 Janvier 2023].
- KARU T. (1987). « Photobiological Fundamentals of Low-Power Laser Therapy ». *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 23(10), pp. 1703-1717.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1109/JQE.1987.1073236>. [Consulté le 3 Avril 2023].
- KARU T., KALENDO G.S., et LETOKHOV V. S. (1981). « Control of RNA Synthesis Rate in Tumour Cell HeLa by Action of a Low- Intensity Visible Light of Copper Laser ». *Lettere Al Nuovo Cimento Series 2*, 32(2), pp. 55-59.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/BF02745112>. [Consulté le 3 Avril 2023].
- KARU T. (1989). « Photobiology of Low-Power Laser Effects » *Health Physics*, 56(5), pp. 691-704.
Disponible sur : <https://doi.org/10.1097/00004032-198905000-00015>. [Consulté le 3 Avril 2023].
- KARU T., et VO-DINH T. (2014). « Low-Power Laser Therapy ». In *Biomedical Photonics Handbook : Therapeutics and Advanced Biophotonics*, 2nd Edition. Boca Raton: CRC -Press, pp. 187-211.
- KARU T. (1999). « Primary and Secondary Mechanisms of Action of Visible to Near-IR Radiation on Cells ». *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 49(1), p. 117.
Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(98\)00219-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(98)00219-X). [Consulté le 3 Avril 2023].
- LAMONT L.A., TRANQUILLI W.J., et GRIMM K.A. (2000). « Physiology of Pain ». *Veterinary Clinics of North America : Small Animal Practice*, 30(4), pp. 703-728.
Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(08\)70003-2](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(08)70003-2). [Consulté le 20 Décembre 2023].

- LARKIN K.A., MARTIN J.S., ZEANAH E.H., TRUE J.M., BRAITH R.W., et BORSA P.A. (2012). « Limb Blood Flow After Class 4 Laser Therapy. ». *Journal of Athletic Training*, 47(2), pp. 178-183. Disponible sur : <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.2.178>. [Consulté le 20 Décembre 2023].
- LASCELLES B.D.X., ROE S.C., SMITH E., REYNOLDS L., MARKHAM J., MARCELLIN-LITTLE D., BERGH M.S., BUDSBERG S.C. (2006). « Evaluation of a pressure walkway system for measurement of vertical limb forces in clinically normal dogs ». *American Journal of Veterinary Research*, 67(2), pp. 277-282. Disponible sur : <https://doi.org/10.2460/ajvr.67.2.277> [Consulté le 20 Mars 2023].
- LE QUANG T., MAITRE P., ROGER T., VIGUIER E. (2007). « The GAITRite[®] System for Evaluation of the Spatial and Temporal Parameters of Normal Dogs at a Walk ». *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 10(n° sup1), pp. 109-110. Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/10255840701479248>. [Consulté le 7 Mars 2023].
- LE QUANG T. (2009). « ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DE LA LOCOMOTION CHEZ LES CHIENS SAINS ET PATHOLOGIQUES ». Thèse de doctorat. Lyon 1 : Université Claude Bernard, 162 p. Disponible sur : https://bibnum.univ-lyon1.fr/nuxeo/nxfile/default/77a7e16f-bdb1-49b2-b306-6f5dddc9bfcf/blobholder:0/TH2009_Le_Quang_Thong.pdf [Consulté le 7 Mars 2023].
- LE QUANG T., MAITRE P., ROGER T., VIGUIER E. (2010). « Is a Pressure Walkway System Able to Highlight a Lameness in Dog ? » In 6th World Congress of Biomechanics (WCB 2010). August 1-6, 2010 Singapore, édité par C. T. Lim et J. C. H. Goh, 31 : pp. 190-193. IFMBE Proceedings. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. Disponible sur : https://doi.org/10.1007/978-3-642-14515-5_49. [Consulté le 7 Mars 2023].
- LIGHT V.A., STEISS J.E., MONTGOMERY R.D., RUMPH P.F., WRIGHT J.C. (2010). « Temporal-spatial gait analysis by use of a portable walkway system in healthy Labrador Retrievers at a walk ». *American Journal of Veterinary Research*, 71(9), pp. 997-1002. Disponible sur : <https://doi.org/10.2460/ajvr.71.9.997>. [Consulté le 28 Décembre 2022].
- LOONEY A.L., HUNTINGFORD J.L., BLAESER L.L., et MANN S. (2018). « A Randomized Blind Placebo-Controlled Trial Investigating the Effects of Photobiomodulation Therapy (PBMT) on Canine Elbow Osteoarthritis ». *The Canadian Veterinary Journal = La Revue Vétérinaire Canadienne*, 59(9), pp. 959-966. Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6091142/> [Consulté le 28 Décembre 2022].

- MAITRE P., LE QUANG T., FAU D., GENEVOIS J.P., VIGUIER E. (2008). « Hip Dysplasia in Dogs: Correlation between Clinical Lameness Score, Radiographic Findings and Walkway Gait Analysis ». *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 11(n° sup001), pp.153-154.
 Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/10255840802297036>. [Consulté le 28 Décembre 2022].
- MAITRE P., FAU D., et REMY D. (2007). « Epidémiologie et symptomatologie de l'arthrose chez le chien et le chat ». *Nouveau praticien vétérinaire canine-féline*, 35(7), pp. 16-18.
- MASHA R.T., HOURELD N.N., et ABRAHAMSE H. (2013). « Low-Intensity Laser Irradiation at 660 Nm Stimulates Transcription of Genes Involved in the Electron Transport Chain ». *Photomedicine and Laser Surgery*, 31(2), pp. 47-53.
 Disponible sur : <https://doi.org/10.1089/pho.2012.3369>. [Consulté le 11 Septembre 2023].
- MELE E. (2007) « Epidemiology of osteoarthritis ». *Veterinary Focus*, 17(3), pp. 4-10.
 Disponible sur : [\[PDF\] Epidemiology of Osteoarthritis. In: Veterinary Focus 17\(3\); 2007 | Semantic Scholar](#) [Consulté le 20 Décembre 2022].
- MENG C., XIA Q., WU H., HUANG H., LIU H., LI Y., ZHANG F., et SONG W. (2020). « Photobiomodulation with 630-Nm LED Radiation Inhibits the Proliferation of Human Synoviocyte MH7A Cells Possibly via TRPV4/PI3K/AKT/mTOR Signaling Pathway ». *Lasers in Medical Science*, 35(9), pp. 1927-1936.
 Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s10103-020-02977-5>. [Consulté le 15 Juillet 2022].
- MERSKEY H., BOGDUK N., et International Association for the Study of Pain (1994). éd. *Classification of chronic pain: descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms*. 2nd ed. Seattle: IASP Press, 222 p.
- MILLER L.A. (2023). « Photobiomodulation : évolution du dosage de la thérapie au laser ». Conférence Webinaire Companion Animal Health, le 10 janvier 2023.
- MILLIS D.L., et LEVINE D. (2014). éd. *Canine rehabilitation and physical therapy*. Second edition. Philadelphia, PA: Elsevier, 760 p.
- MIZUTANI K., MUSYA Y., WAKAE K., KOBAYASHI T., TOBE M., TAIRA K., et HARADA T. (2004). « A Clinical Study on Serum Prostaglandin E₂ with Low-Level Laser Therapy ». *Photomedicine and Laser Surgery*, 22(6), pp. 537-539.
 Disponible sur : <https://doi.org/10.1089/pho.2004.22.537>. [Consulté le 15 Novembre 2021].
- MORDON S. (2010). « Applications médicales du laser ». *Reflets de la physique*, 21, pp. 65-69.
 Disponible sur : <https://doi.org/10.1051/refdp/20102165>. [Consulté le 2 Mai 2022].
- MURRAY R.K. (2009). *Harper's Illustrated Biochemistry*. 28th ed. New York, London: McGraw-Hill Medical ; McGraw-Hill [distributeur], 701 p.

- NUSSBAUM E.L., LILGE L., et MAZZULLI T. (2002). « Effects of 630-, 660-, 810-, and 905-Nm Laser Irradiation Delivering Radiant Exposure of 1-50 J/Cm² on Three Species of Bacteria in Vitro ». *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 20(6), pp. 325-333. Disponible sur : <https://doi.org/10.1089/104454702320901116>. [Consulté le 20 Novembre 2023].
- PEAVY G.M (2002) « Lasers and Laser–Tissue Interaction ». *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 32(3), pp. 517-534. Disponible sur : [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(02\)00003-7](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(02)00003-7). [Consulté le 2 Mai 2022].
- PEIMANI A., et SARDARY F. (2014). « Effect of Low-Level Laser on Healing of Temporomandibular Joint Osteoarthritis in Rats ». *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 11(3), pp. 319-327. Disponible sur : [Effect of Low-Level Laser on Healing of Temporomandibular Joint Osteoarthritis in Rats - PMC \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25811116/) [Consulté le 2 Mai 2022].
- PEREIRA A.N., EDUARDO C.D.P., MATSON E., et MARQUES M.M. (2002). « Effect of Low-power Laser Irradiation on Cell Growth and Procollagen Synthesis of Cultured Fibroblasts ». *Lasers in Surgery and Medicine*, 31(4), pp. 263-267. Disponible sur : <https://doi.org/10.1002/lsm.10107>. [Consulté le 2 Mai 2022].
- PEREIRA F.C., PARISI J.R., MAGLIONI C.B., MACHADO G.B., BARRAGÁN-IGLESIAS P., SILVA J.R.T., et SILVA M.L. (2017). « Antinociceptive Effects of Low-level Laser Therapy at 3 and 8 j/Cm² in a Rat Model of Postoperative Pain: Possible Role of Endogenous Opioids ». *Lasers in Surgery and Medicine*, 49(9), pp. 844-851. Disponible sur : <https://doi.org/10.1002/lsm.22696>. [Consulté le 2 Septembre 2023].
- PETAZZONI M., et JAEGER G.H. (2008). *Atlas of Clinical Goniometry and Radiographic Measurements of the Canine Pelvic Limb*. 2nd ed. Milan : Merial, 96 p.
- PFIZER ANIMAL HEALTH proprietary market research : survey of 200 veterinarians, 1996.
- POITTE T. (2013). « Principes et aspects technologiques du laser ». *Le Point Vétérinaire*, 44(341), pp. 24-29.
- POUZOT C. (2003). « Nouvelles approches thérapeutiques dans la gestion de la douleur chronique arthrosique, cancéreuse et neurogène ». Thèse de doctorat vétérinaire, Université Claude Bernard, Lyon, 167 p.
- PRYOR B., et MILLIS D.L. (2015). « Therapeutic laser in veterinary medicine ». *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45(1), pp. 45-56. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2014.09.003>. [Consulté le 2 Septembre 2023].
- RIEGEL R.J., et GODBOLD J.C. (2017). *Laser Therapy in Veterinary Medicine : Photobiomodulation*. Chichester: Wiley-Blackwell, 512 p.

- SACKMAN J.E. (2012). « Surgical Modalities : Laser, Radiofrequency, Ultrasonic, and Electrosurgery ». In *Veterinary surgery. Small animal*. Saunders Elsevier, pp. 180-186.
- SAKURAI Y., YAMAGUCHI M., et ABIKO Y. (2000). « Inhibitory Effect of Low-level Laser Irradiation on LPS-stimulated Prostaglandin E₂ Production and Cyclooxygenase-2 in Human Gingival Fibroblasts ». *European Journal of Oral Sciences*, 108(1), pp. 29-34. Disponible sur : <https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2000.00783.x>. [Consulté le 10 Mai 2023].
- SARASTE M. (1999.) « Oxidative Phosphorylation at the Fin de Siècle ». *Science*, 283(5407), pp. 1488-1493. Disponible sur : <https://doi.org/10.1126/science.283.5407.1488>. [Consulté le 10 Mai 2023].
- SMITH J.J. (2017). « General Principles of Laser Therapy ». In : RIEGEL R.J., GODBOLD J. (dir). *Laser Therapy in Veterinary Medicine*. Chichester: Wiley-Blackwell, pp. 53-66.
- TOMAZONI S.S., FRIGO L., DOS REIS FERREIRA T.C., CASALECHI H.L., TEIXEIRA S., DE ALMEIDA P., MUSCARA M.N., MARCOS R.L., SERRA A.J., DE CARVALHO P.D.T.C., et LEAL-JUNIOR E.C.P. (2017). « Effects of Photobiomodulation Therapy and Topical Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drug on Skeletal Muscle Injury Induced by Contusion in Rats—Part 1: Morphological and Functional Aspects ». *Lasers in Medical Science*, 32(9), pp. 2111-2120. Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s10103-017-2346-z>. [Consulté le 2 Novembre 2023].
- TOUZOT-JOURDE G. (2011). « Voies, évaluation et traitement de la douleur arthrosique ». *Le Point Vétérinaire*, 318, pp. 20-23.
- TREUFFET J. (2006). « Transfert de ligand dans la cytochrome c oxydase observé par des expériences femtosecondes infrarouge intégrées et résolues spectralement ». Thèse de doctorat. Paris : Ecole Polytechnique X, 183 p. Disponible sur : <https://pastel.hal.science/pastel-00002200v1/file/Treuffet.pdf> [Consulté le 2 Septembre 2023].
- VAN UDEN C.J.T., BESSER M.P. (2004). « Test-Retest Reliability of Temporal and Spatial Gait Characteristics Measured with an Instrumented Walkway System (GAITRite®) ». *BMC Musculoskeletal Disorders*, 5(1), pp. 13. Disponible sur : <https://doi.org/10.1186/1471-2474-5-13>. [Consulté le 11 Février 2023].
- VIGUIER E., LE QUANG T., MAITRE P., GAUDIN A., RAWLING M., HASS D. (2007a). « The Validity and Reliability of the GAITRite® System's Measurement of the Walking Dog ». *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 10(sup1), pp. 113-114. Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/10255840701479297>. [Consulté le 11 Février 2023].
- VIGUIER E., COLLARD F., et BOUHEDDI A. (2007b). « Le traitement chirurgical de l'arthrose chez le chien et le chat ». *Nouveau praticien vétérinaire canine-féline*, 35(7), pp. 39-45.

- WALSKI T., DABROWSKA K., DROHOMIRECKA A., JEDRUCHNIEWICZ N., TROCHANOWSKA-PAUK N., WITKIEWICZ W., et KOMOROWSKA M. (2019). « The Effect of Red-to-near-Infrared (R/NIR) Irradiation on Inflammatory Processes ». *International Journal of Radiation Biology*, 95(9), pp. 1326-1336. Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/09553002.2019.1625464>. [Consulté le 20 Septembre 2023].
- WANG P., LIU C., YANG X., ZHOU Y., WEI X., JI Q., YANG L., et HE C. (2014). « Effects of Low-Level Laser Therapy on Joint Pain, Synovitis, Anabolic, and Catabolic Factors in a Progressive Osteoarthritis Rabbit Model ». *Lasers in Medical Science*, 29(6), pp. 1875-1885. Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1600-x>. [Consulté le 20 Septembre 2023].
- WEBSTER K.E., WITTWER J.E., FELLER J.A. (2005). « Validity of the GAITRite® Walkway System for the Measurement of Averaged and Individual Step Parameters of Gait ». *Gait & Posture*, 22(4), pp. 317-321. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2004.10.005>. [Consulté le 11 Février 2023].
- XIANG A., DENG H., CHENG K., LIU H., LIN L., QU X., LIU S., et SHEN X. (2020). « Laser Photobiomodulation for Cartilage Defect in Animal Models of Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *Lasers in Medical Science*, 35(4), pp. 789-796. Disponible sur : <https://doi.org/10.1007/s10103-019-02937-8>. [Consulté le 5 Février 2022].
- YADAV A., VERMA S., KESHRI G.K., et GUPTA A. (2018). « Combination of Medicinal Honey and 904 Nm Superpulsed Laser-Mediated Photobiomodulation Promotes Healing and Impedes Inflammation, Pain in Full-Thickness Burn ». *Journal of Photochemistry and Photobiology B : Biology*, 186, pp. 152-159. Disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.07.008>. [Consulté le 2 Février 2022].

ANNEXES

ANNEXE 1 : FEUILLE D'ÉVALUATION ORTHOPÉDIQUE ET DE MESURES GONIOMÉTRIQUES



Scores d'évaluation clinique

Nom de l'animal:

Nom du propriétaire :

Date :

Évaluation clinique à :

Diagnostic :

① Score de boiterie

Légende:

0	Aucune boiterie
1	Boiterie discrète (à peine perceptible, intermittente / plutôt irrégularités, raideurs)
2	Boiterie évidente, légère,
3	Boiterie modérée, très nette
4	Boiterie sévère, avec possible suppression intermittente d'appui
5	Suppression totale d'appui au sol

	AG	PG	AD	PD
Pas				
Trot				

② Score statique (report de charge)

(Report de poids : sur membre en appui / sur membre boiteux) - (Test appui monopodal : TAM)

	AG	PG	AD	PD
0	Aucune différence avec le membre sain			
1	Report de poids très léger - (TAM > 20 sec sur membre boiteux)			
2	Report de poids léger - (TAM > 10 sec)			
3	Report de poids modéré - (TAM entre 5-10 sec)			
4	Report de poids important / rapide - (TAM < 5 sec)			
5	Ne pose pas son membre - (TAM : Ne supporte pas du tout)			

③ Test assis/debout

0	Aucune difficulté	
1	- S'assoit facilement, mais position légèrement anormale (membre légèrement sur le côté) - Gêne discrète au lever – pousse moins avec un membre	
2	- S'assoit plus ou moins facilement, sans aide - position assise nettement asymétrique – - Légère difficulté au lever (Levée sans aide mais pousse peu, ou utilise peu un membre au lever)	
3	S'assoit avec difficulté modérée, parfois aide nécessaire - Difficulté évidente modérée au lever ou Pousse très peu avec un membre au lever	
4	- S'assoit très difficilement, nécessite souvent de l'aide – - Difficulté importante au lever – Ne peut se lever seul - nécessite aide	
5	Ne parvient pas du tout à réaliser le mouvement, aide nécessaire à 100%	

Scores d'évaluation clinique

④ Score de mobilité (tests articulaires) (préciser articulation)

		AG	PG	AD	PD
0	Aucune restriction				
1	Amplitude maximale possible mais légères restriction / Résistance en fin d'amplitude				
2	Restriction d'amplitude faible ($5^\circ < A < 10^\circ$)				
3	Restriction d'amplitude modérée ($10^\circ < A < 20^\circ$)				
4	Restriction d'amplitude sévère ($A > 20^\circ$)				
5	Aucune mobilité possible				

(Voir mesures goniométriques)

⑤ Score de douleur (examen palpatoire/tests articulaires)

0	Aucune douleur visible/ Aucun signe d'inconfort	
1	Discrète/très légère douleur / Petits signes d'inconfort (Regard, arrêt respiration ou halètement...)	
2	Légère douleur (Inconfort évident, tourne la tête, légère résistance au test, changement d'attitude...)	
3	Douleur modérée (Cherche à se soustraire – Résistance au test – gémit /couine...)	
4	Douleur sévère (Retrait brusque, forte résistance au test – vocalises - signes agressivité...)	
5	Très sévère - Impossible d'examiner l'animal	

Total score fonctionnel	
--------------------------------	--

Mesures goniométriques

	Flexion maxi	Extension maxi		Flexion maxi	Extension maxi
Hanche droite			Hanche gauche		
Grasset droit			Grasset Gauche		
Jarret droit			Jarret Gauche		
Epaule droite			Epaule gauche		
Coude droit			Coude gauche		
Carpe droit			Carpe gauche		

⇒ *Observations / remarques*

ANNEXE 2 : VERSION ORIGINALE HELSINKI CHRONIC PAIN INDEX

Helsinki Chronic Pain Index

Hielm-Bjorkman HK, Rita H, Tulamo R-M. Psychometric testing of the Helsinki chronic pain index by completion of a questionnaire in Finnish by owners of dogs with chronic signs of pain caused by osteoarthritis. Am J Vet Res. 70: 727 – 734, 2009.

(As translated from Finnish to English)

Circle the pain and function description that best represents your dog's behaviour:

Rate your dog's attitude and/or mood:

0	1	2	3	4
Very alert	Alert	Neither alert nor disinterested	Disinterested	Very disinterested/lethargic

Rate your dog's willingness to participate in play or interact:

0	1	2	3	4
Very willing	Willing	Reluctant	Very reluctant	Does not participate or interact at all

Rate your dog's frequency in vocalization or discomfort behaviour (audible whining, grunting, yelping, or unusual licking):

0	1	2	3	4
Never	Hardly ever	Sometimes	Often	Very often

Rate your dog's eagerness to walk:

0	1	2	3	4
Very eager	Eager	Reluctant	Very reluctant	Does not want to walk at all

Rate your dog's ability and/or willingness to walk up and/or down stairs:

0	1	2	3	4
Very willing/able	Willing/able	Reluctant	Very reluctant	Does not do stairs at all

Rate your dog's ability and/or willingness to run:

0	1	2	3	4
Very willing/able	Willing/able	Reluctant	Very reluctant	Does not run at all

Rate your dog's ability and/or willingness to jump (onto bed, couch, vehicle, etc):

0	1	2	3	4
Very willing/able	Willing/able	Reluctant	Very reluctant	Does not jump at all

Rate your dog's ease in lying down:

0	1	2	3	4
Very easy	Easy	Neither easy nor difficult	Difficult	Very difficult

Rate your dog's rising from a down position:

0	1	2	3	4
Very easy	Easy	Neither easy nor difficult	Difficult	Very difficult

Rate your dog's ease of movement after a long rest:

0	1	2	3	4
Very easy	Easy	Neither easy nor difficult	Difficult	Very difficult

Rate your dog's ease of movement during and/or after exercise/walks (tired, dragging feet, scuffing nails, lying down):

0	1	2	3	4
Very easy	Easy	Neither easy nor difficult	Difficult	Very difficult

ANNEXE 3 : FEUILLE D'ÉVALUATION PAR LE PROPRIÉTAIRE



VetAgro Sup
Physiothérapie- Rééducation-
Ostéopathie

Questionnaire d'évaluation par le propriétaire

Nom du propriétaire

Nom du chien

Date :

Questionnaire de suivi à :

Entourez la description de la douleur et/ou de la fonction qui représente le mieux le comportement de votre chien.

1) Évaluez l'attitude générale et/ou l'humeur de votre chien	Très alerte 0	Alerte 1	Ni alerte ni indifférent 2	Indifférent, désintéressé 3	Très indifférent, léthargique 4
2) Évaluez la motivation ou l'envie de votre chien de participer à un jeu et d'interagir.	Très motivé 0	Motivé 1	Réticent 2	Très réticent 3	Ne joue plus du tout et n'interagit plus 4
3) Évaluez la fréquence de ses vocalises, ou de signes d'inconfort (gémissements, plaintes, aboiements, léchage inhabituels)	Jamais 0	Très rarement 1	Parfois 2	Souvent 3	Très souvent 4
4) Évaluez la motivation et l'ardeur de votre chien à marcher (au pas)	Très motivé 0	Motivé 1	Réticent 2	Très réticent 3	Ne veut pas marcher du tout 4
5) Évaluez sa motivation son ardeur à trotter ou trottiner	Très motivé 0	Motivé 1	Réticent 2	Très réticent 3	Ne trottine plus 4
6) Évaluez son aptitude et/ou sa motivation à courir	Très motivé 0	Motivé 1	Réticent 2	Très réticent 3	Ne court plus 4
7) Évaluez son aptitude/sa volonté à sauter (dans la voiture, sur le canapé, lit etc.)	Très motivé 0	Motivé 1	Réticent 2	Très réticent 3	Ne saute plus 4
8) Évaluez son aptitude ou motivation à monter et/ou descendre des escaliers ou des marches	Très motivé/capable 0	Motivé/Capable 1	Réticent 2	Très réticent 3	Ne monte plus ni ne descend les marches 4

Nom du propriétaire

Nom du chien

9) Évaluez sa facilité à se coucher	Très facile	Facile	Intermédiaire <i>(ni complètement facile, ni de difficulté majeure)</i>	Difficile	Très difficile <i>(peut nécessiter une aide)</i>
	0	1	2	3	4

10) Évaluez sa capacité à se relever à partir de la position couchée	Très facile	Facile	Intermédiaire <i>(ni complètement facile, ni de difficulté majeure)</i>	Difficile	Très difficile <i>(peut nécessiter une aide)</i>
	0	1	2	3	4

11) Votre chien est-il capable de vous suivre en promenade ? <i>(Traine en arrière, s'arrête ou s'assoit/se couche souvent, s'essouffle...)</i>	Sans aucun problème ou difficulté	Correctement	Montre quelques difficultés	Très difficilement	Pas du tout/ne veut pas sortir/ou veut rentrer
	0	1	2	3	4

12) Évaluez sa mobilité pendant et/ou juste après un exercice ou une promenade <i>(fatigue, pattes qui trainent, griffes qui raclent le sol, s'affale pour se coucher, boîte...)</i>	Très à l'aise	A l'aise	Intermédiaire <i>(ni vraiment à l'aise, ni de difficultés majeures)</i>	Montre inconfort, gênes, et difficultés nets	Montre de grosses difficultés
	0	1	2	3	4

13) Évaluez sa capacité à bouger/sa mobilité après une longue période de repos <i>(après être resté longtemps couché, le matin au réveil ...)</i>	Très à l'aise	A l'aise	Intermédiaire <i>(ni complètement facile, ni de difficulté majeure)</i>	Montre inconfort, gênes, et difficultés nettes	Montre de grosses difficultés
	0	1	2	3	4

14) Évaluez la boiterie de votre chien au cours des 7 à 10 jours précédents	Aucune boiterie	Discrète /raideurs	Moyenne <i>(Légère mais nette)</i>	Importante <i>(très nette)</i>	Très sévère <i>(phases où ne peut pas marcher, suppression d'appui)</i>
	0	1	2	3	4

15) Votre chien vous a semblé souffrir au cours des 7 à 10 jours précédents ?	Pas du tout	légèrement	moyennement	Beaucoup	Enormément
	0	1	2	3	4

☞ *Autres observations, remarques, commentaires ?*

ANNEXE 4 : RESULTATS INDIVIDUELS CONCERNANT LES SCORES CLINIQUES (EVALUATIONS ORTHOPEDIQUES)

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT			PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0	J15	J30	J15	J30
Score boiterie au pas	SAM	4,5	2	3,5	3,5	1,5	1,5	2	1
	LUCKY	3	6	3	3	4	1,5	1,5	
	SOFTY	4	3	4	3,5	2,5	1,5	2	
	NAIKA	3	3,5	3,5	3,5	2	1,5	2,5	1,5
	MERLIN	3,5	2,75	4	4,5	3	2,5	1,5	1,5
	JESTER	3,5	3,5	5	4	3,5	3		
	GOUACHE	3	4	5	3	2,5	2		
	Moyenne	3,50	3,54	4,00	3,57	2,71	1,93		
	Ecart-type	0,58	1,26	0,76	0,53	0,86	0,61		
Score boiterie au trot	SAM	4,5	5	3,5	3,5	1	1	3	3,5
	LUCKY	4	5,5	4	4	4,5	1,5	2	
	SOFTY	5	4	5	3,5	2,5	2,5	2,5	
	NAIKA	4	5	3,5	5	2	2	3,5	2
	MERLIN	4,5	4	5	5,5	3,5	3	2	2,5
	JESTER	5	4	5	5,5	4,5	3,5		
	GOUACHE	3	5	5	5	4	2		
	Moyenne	4,29	4,64	4,43	4,57	3,14	2,21		
	Ecart-type	0,70	0,63	0,73	0,89	1,35	0,86		
Score de report statique	SAM	4	5	4	4	0	0	2	4,5
	LUCKY	1		3	3	0	2	2	
	SOFTY	2,5	5	2,5	3	3	2	1,5	
	NAIKA	2	1	0,5	2	0,5	2	1	1,5
	MERLIN	0	2	1	1	0	0,5	1	1
	JESTER	5	4	6	6	3	3		
	GOUACHE	4	4	4	4	3	2,5		
	Moyenne	2,64	3,43	3,00	3,29	1,36	1,71		
	Ecart-type	1,80	1,51	1,89	1,60	1,55	1,07		

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT			PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0	J15	J30	1	1,5
Score assis-debout	SAM	2	2	2	2	0	0	0,5	
	LUCKY	1	1	1	1	0,5	1	1,5	
	SOFTY	1	3	3	1,5	1,5	2	1	1
	NAIKA	2	2	1	2	1	1	0,5	0,5
	MERLIN	1	2,5	2,5	3,5	1	1	1	1,5
	JESTER	2	4	3	3	2,5	2,5		
	GOUACHE	1	2	2	2	1,5	1,5		
	Moyenne	1,43	2,36	2,07	2,14	1,14	1,29		
	Ecart-type	0,53	0,94	0,84	0,85	0,80	0,81		
Score de mobilité	SAM	5	3	2,5	2,5	1	1	0	1
	LUCKY	6	7	7	7	6	4	5	
	SOFTY	6	6	6	6	3,5	4	7	

	NAIKA	5	3,5	4,5	4	3	3	5	5
	MERLIN	4	3	4	4,5	5	2	1,5	1,5
	JESTER	7	6	6	6	5	5		
	GOUACHE	4	4,5	6	4	4	3		
	Moyenne	5,29	4,71	5,14	4,86	3,93	3,14		
	Ecart-type	1,11	1,63	1,55	1,55	1,64	1,35		
Score d'appréciation de la douleur	SAM	2	2	1	1	0,5	0,5	0	1
	LUCKY	4	3	3	3	2	1	0,5	
	SOFTY	6	6	7	4	3	2	5	
	NAIKA	2	1	1	4	0,5	1	2	3,5
	MERLIN	1	2,5	2	3	2,5	1	1	2
	JESTER	6,5	5,5	6	6	6	6		
	GOUACHE	3	6	5,5	5	3,5	2		
	Moyenne	3,50	3,71	3,64	3,71	2,57	1,93		
	Ecart-type	2,10	2,08	2,50	1,60	1,90	1,88		

<i>Paramètre mesuré</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT			PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0	J15	J30	J15	J30
Score global ou DFO	SAM	22	19	16,5	16,5	4	4	8	12,5
	LUCKY	19	25,5	21	21	17	11	11,5	
	SOFTY	24,5	27	27,5	21,5	16	14	19,5	
	NAIKA	18	16	14	20,5	9	10,5	15	14,5
	MERLIN	14	16,75	18,5	22	15	10	7,5	9
	JESTER	29	27	31	30,5	24,5	23		
	GOUACHE	18	25,5	27,5	23	18,5	13		
	Moyenne	20,64	22,39	22,29	22,14	14,86	12,21		
	Ecart-type	4,96	4,93	6,43	4,22	6,64	5,73		

ANNEXE 5 : RESULTATS INDIVIDUELS DES MESURES GONIOMETRIQUES

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT			PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0	J15	J30	J15	J30
Extension postérieur droit	SOFTY	148	156	157	145	153	142	145	
	SAM	153	157	155	155	163	165	162	163
	NAIKA	146	133	138	130	145	135	145	143
	LUCKY	145	121	135	135	140	148	138	
	MERLIN	150	155	150	155	157	149	160	148
	JESTER	125	124	110	122	140	140		
	GOUACHE	150	166	149	145	165	170		
	Moyenne	145,29	144,57	142,00	141,00	151,86	149,86		
Ecart-type	9,34	18,10	16,31	12,53	10,43	13,03			
Flexion postérieur droit	SOFTY	30	30	34	22	26	20	30	
	SAM	27	35	32	50	25	31	30	35
	NAIKA	29	28	28	33	30	24	30	22
	LUCKY	39	30	30	30	30	25	30	
	MERLIN	36	30	40	28	26	30	30	28
	JESTER	35	30	36	28	28	28		
	GOUACHE	30	27	27	25	30	29		
	Moyenne	32,29	30,00	32,43	30,86	27,86	26,71		
Ecart-type	4,39	2,52	4,61	9,14	2,19	3,90			
Amplitude postérieur droit	SOFTY	118	126	123	123	127	122	115	
	SAM	126	122	123	105	138	134	132	128
	NAIKA	117	105	110	97	115	111	115	121
	LUCKY	106	91	105	105	110	123	108	
	MERLIN	114	125	110	127	131	119	130	120
	JESTER	90	94	74	94	112	112		
	GOUACHE	120	139	122	120	135	141		
	Moyenne	113,00	114,57	109,57	110,14	124,00	123,14		
Ecart-type	11,82	18,08	17,33	13,12	11,52	11,01			

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT			PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0	J15	J30	147	
Extension postérieur gauche	SOFTY	140	119	130	139	148	140	160	168
	SAM	154	165	162	162	160	175	150	155
	NAIKA	150	159	152	159	159	150	152	
	LUCKY	141	134	145	145	148	152	163	163
	MERLIN	160	154	160	143	153	164	147	
	JESTER	125	118	127	143	135	135		
	GOUACHE	159	164	149	161	162	165		
	Moyenne	147,00	144,71	146,43	151,14	152,14	154,43		
Ecart-type	12,52	20,67	13,62	8,99	9,44	14,36			
Flexion postérieur gauche	SOFTY	30	32	27	29	26	22	30	
	SAM	40	38	35	41	30	32	35	40
	NAIKA	34	30	28	30	28	20	33	23

	LUCKY	36	35	32	32	30	33	33	
	MERLIN	34	38	34	24	28	35	25	25
	JESTER	35	31	26	30	28	28		
	GOUACHE	32	32	28	29	27	26		
	Moyenne	34,43	33,71	30,00	30,57	28,14	28,00		
	Ecart-type	3,15	3,30	3,61	5,22	1,46	5,69		
Amplitude postérieur gauche	SOFTY	110	87	103	110	122	118	117	
	SAM	114	127	127	121	130	143	125	128
	NAIKA	116	129	124	129	131	130	117	132
	LUCKY	105	99	113	113	118	119	119	
	MERLIN	126	116	126	119	125	129	138	138
	JESTER	90	87	101	113	107	107		
	GOUACHE	127	132	121	132	135	139		
	Moyenne	112,57	111,00	116,43	119,57	124,00	126,43		
	Ecart-type	12,75	19,76	10,89	8,40	9,45	12,62		

ANNEXE 6 : RESULTATS INDIVIDUELS PARAMETRE P_{MAX}

<i>P_{max}</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Ratio front/hind	SOFTY	1,55	1,63	1,53	1,65	1,61	1,59	1,68	1,62	
	SAM	1,53	1,63	1,44	1,68	1,53	1,61	1,62	1,66	1,57
	NAIKA	1,79	1,77	1,97	1,79	1,90	1,97	1,86	1,95	1,87
	LUCKY	1,53	1,58	1,62	1,62	1,68	1,63	1,57	1,61	
	GOUACHE	1,77	1,75	1,74	1,81	1,75	1,64	1,61		
	JESTER	1,66	1,74	1,78	1,77	1,78	1,76	1,80		
	MERLIN	1,51	1,53	1,48	1,52	1,67	1,48	1,53	1,52	1,53
	Moyenne	1,62	1,66	1,65	1,69	1,70	1,67	1,67		
	Ecart-type	0,12	0,09	0,19	0,10	0,12	0,16	0,12		
Ratio left front/left hind	SOFTY	1,59	1,61	1,59	1,70	1,69	1,67	1,72	1,67	
	SAM	1,55	1,59	1,48	1,71	1,63	1,61	1,63	1,71	1,60
	NAIKA	1,82	1,74	1,88	1,71	1,89	1,92	1,76	1,98	1,84
	LUCKY	1,53	1,60	1,67	1,67	1,63	1,61	1,57	1,53	
	GOUACHE	1,77	1,77	1,67	1,74	1,80	1,54	1,64		
	JESTER	1,68	1,67	1,74	1,70	1,75	1,66	1,74		
	MERLIN	1,54	1,44	1,43	1,59	1,64	1,56	1,51	1,47	1,46
	Moyenne	1,64	1,63	1,64	1,69	1,72	1,65	1,65		
	Ecart-type	0,12	0,11	0,15	0,05	0,10	0,13	0,09		
Ratio left front/right hind	SOFTY	1,49	1,55	1,48	1,65	1,57	1,51	1,70	1,61	
	SAM	1,53	1,63	1,51	1,64	1,55	1,60	1,63	1,71	1,59
	NAIKA	1,87	1,77	1,92	1,81	1,93	1,92	1,81	1,96	1,85
	LUCKY	1,63	1,70	1,70	1,70	1,78	1,75	1,67	1,64	
	GOUACHE	1,67	1,90	1,69	1,84	1,72	1,64	1,59		
	JESTER	1,68	1,89	1,83	1,94	1,83	1,73	1,96		
	MERLIN	1,62	1,50	1,56	1,52	1,62	1,43	1,49	1,54	1,58
	Moyenne	1,64	1,70	1,67	1,73	1,71	1,65	1,69		
	Ecart-type	0,12	0,16	0,16	0,14	0,14	0,16	0,15		

<i>P_{max}</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Ratio right front/left hind	SOFTY	1,61	1,73	1,58	1,65	1,65	1,67	1,66	1,62	
	SAM	1,54	1,62	1,38	1,72	1,51	1,62	1,60	1,61	1,55
	NAIKA	1,71	1,78	2,01	1,78	1,88	2,02	1,90	1,94	1,89
	LUCKY	1,44	1,46	1,55	1,55	1,59	1,52	1,48	1,59	
	GOUACHE	1,88	1,62	1,79	1,77	1,78	1,64	1,64		
	JESTER	1,63	1,62	1,73	1,63	1,74	1,79	1,66		
	MERLIN	1,40	1,57	1,41	1,53	1,73	1,54	1,57	1,50	1,49

	Moyenne	1,60	1,63	1,64	1,66	1,70	1,69	1,64		
	Ecart-type	0,16	0,10	0,22	0,10	0,12	0,17	0,13		
Ratio right front/right hind	SOFTY	1,50	1,66	1,48	1,61	1,53	1,51	1,64	1,57	
	SAM	1,51	1,66	1,40	1,65	1,43	1,61	1,60	1,62	1,54
	NAIKA	1,76	1,81	2,05	1,88	1,91	2,02	1,96	1,92	1,90
	LUCKY	1,54	1,55	1,57	1,57	1,74	1,66	1,58	1,69	
	GOUACHE	1,77	1,74	1,81	1,87	1,70	1,74	1,59		
	JESTER	1,64	1,83	1,82	1,85	1,81	1,86	1,86		
	MERLIN	1,47	1,63	1,54	1,47	1,71	1,41	1,55	1,58	1,61
	Moyenne	1,60	1,70	1,67	1,70	1,69	1,69	1,68		
	Ecart-type	0,13	0,10	0,23	0,17	0,16	0,21	0,16		

<i>Pmax</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Ratio right/left	SOFTY	1,03	1,06	1,03	0,99	1,01	1,04	0,98	1,00	
	SAM	1,00	1,00	0,95	1,02	0,97	1,00	0,99	0,96	0,99
	NAIKA	0,95	1,01	1,04	1,01	0,99	1,03	1,04	0,99	1,02
	LUCKY	0,94	0,92	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	1,00	
	GOUACHE	1,06	0,92	1,04	0,99	1,01	1,01	1,01		
	JESTER	0,98	0,94	0,98	0,93	0,98	1,03	0,93		
	MERLIN	0,92	1,04	0,96	1,00	1,04	1,03	1,03	1,00	0,98
	Moyenne	0,98	0,98	0,99	0,98	0,99	1,01	0,99		
	Ecart-type	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04		
Ratio right front/left front	SOFTY	1,01	1,07	1,00	0,97	0,98	1,00	0,96	0,97	
	SAM	0,99	1,02	0,93	1,00	0,93	1,00	0,99	0,94	0,97
	NAIKA	0,94	1,02	1,07	1,04	0,99	1,05	1,08	0,98	1,03
	LUCKY	0,94	0,91	0,93	0,93	0,97	0,95	0,94	1,04	
	GOUACHE	1,06	0,92	1,07	1,02	0,99	1,06	1,00		
	JESTER	0,97	0,97	0,99	0,96	0,99	1,08	0,95		
	MERLIN	0,90	1,09	0,99	0,97	1,05	0,99	1,04	1,03	1,02
	Moyenne	0,97	1,00	1,00	0,98	0,99	1,02	0,99		
	Ecart-type	0,05	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05		
Ratio right hind/left hind	SOFTY	1,07	1,04	1,07	1,03	1,08	1,11	1,01	1,04	
	SAM	1,01	0,98	0,98	1,04	1,05	1,01	1,00	1,00	1,01
	NAIKA	0,97	0,98	0,98	0,95	0,98	1,00	0,97	1,01	1,00
	LUCKY	0,94	0,94	0,98	0,98	0,91	0,92	0,94	0,94	
	GOUACHE	1,06	0,93	0,99	0,95	1,05	0,94	1,03		
	JESTER	1,00	0,89	0,95	0,88	0,96	0,96	0,89		
	MERLIN	0,95	0,96	0,92	1,05	1,01	1,09	1,01	0,95	0,93
	Moyenne	1,00	0,96	0,98	0,98	1,01	1,00	0,98		
	Ecart-type	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05		

ANNEXE 7 : RESULTATS INDIVIDUELS PARAMETRE INDICE DE FORCE

<i>Indice de force</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Ratio front/hind	SOFTY	2,12	2,38	2,10	2,38	2,28	2,25	2,41	2,24	
	SAM	2,22	2,42	1,98	2,56	2,17	2,35	2,38	2,48	2,24
	NAIKA	2,76	2,95	3,21	2,75	3,16	3,28	2,98	3,09	3,00
	LUCKY	2,22	2,31	2,34	2,34	2,64	2,34	2,13	2,35	
	GOUACHE	2,57	2,59	2,72	2,79	2,49	2,26	2,24		
	JESTER	2,62	2,71	2,85	2,81	2,86	2,70	2,77		
	MERLIN	2,05	2,16	1,98	2,04	2,49	1,93	2,08	2,04	2,11
	Moyenne	2,37	2,50	2,45	2,52	2,58	2,44	2,43		
	Ecart-type	0,28	0,27	0,48	0,28	0,34	0,43	0,33		
Ratio left front/left hind	SOFTY	2,20	2,36	2,15	2,47	2,40	2,51	2,57	2,29	
	SAM	2,28	2,29	2,00	2,64	2,41	2,33	2,35	2,59	2,29
	NAIKA	2,83	2,99	3,22	2,52	3,07	3,18	2,72	3,16	2,85
	LUCKY	2,26	2,37	2,52	2,52	2,51	2,27	2,06	2,09	
	GOUACHE	2,59	2,62	2,89	2,67	2,80	2,06	2,27		
	JESTER	2,72	2,55	2,73	2,69	2,79	2,47	2,62		
	MERLIN	2,15	1,84	1,96	2,15	2,35	2,11	1,97	1,92	1,93
	Moyenne	2,43	2,43	2,49	2,52	2,62	2,42	2,37		
	Ecart-type	0,28	0,35	0,48	0,18	0,27	0,38	0,28		
Ratio left front/right hind	SOFTY	1,86	2,14	1,99	2,38	2,19	2,07	2,41	2,23	
	SAM	2,30	2,48	2,14	2,45	2,20	2,39	2,39	2,68	2,29
	NAIKA	3,09	2,81	2,94	2,92	3,51	3,27	2,82	3,23	2,99
	LUCKY	2,57	2,59	2,51	2,51	2,92	2,73	2,35	2,33	
	GOUACHE	2,23	2,99	2,45	2,78	2,42	2,21	2,19		
	JESTER	2,65	3,15	2,97	3,18	2,97	2,67	3,25		
	MERLIN	2,32	2,15	2,20	2,06	2,36	1,86	2,00	2,13	2,17
	Moyenne	2,43	2,62	2,46	2,61	2,65	2,46	2,49		
	Ecart-type	0,39	0,39	0,38	0,37	0,49	0,48	0,42		

<i>Indice de force</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Ratio right front/left hind	SOFTY	2,43	2,65	2,22	2,37	2,38	2,46	2,42	2,26	
	SAM	2,14	2,36	1,83	2,68	2,13	2,31	2,38	2,29	2,19
	NAIKA	2,47	3,09	3,50	2,61	2,85	3,29	3,13	2,96	3,01
	LUCKY	1,92	2,06	2,18	2,18	2,40	2,03	1,94	2,36	
	GOUACHE	2,96	2,25	3,03	2,79	2,57	2,31	2,29		
	JESTER	2,59	2,35	2,74	2,49	2,76	2,73	2,37		
	MERLIN	1,81	2,17	1,78	2,02	2,61	2,01	2,16	1,95	2,05

	Moyenne	2,33	2,42	2,47	2,45	2,53	2,45	2,38		
	Ecart-type	0,40	0,35	0,64	0,28	0,25	0,45	0,37		
Ratio right front/right hind	SOFTY	2,05	2,40	2,05	2,28	2,17	2,03	2,26	2,19	
	SAM	2,16	2,56	1,96	2,50	1,95	2,37	2,42	2,37	2,19
	NAIKA	2,69	2,91	3,19	3,02	3,26	3,38	3,25	3,02	3,15
	LUCKY	2,18	2,25	2,17	2,17	2,79	2,44	2,21	2,63	
	GOUACHE	2,55	2,56	2,57	2,90	2,22	2,48	2,21		
	JESTER	2,53	2,91	2,99	2,94	2,94	2,96	2,95		
	MERLIN	1,95	2,54	2,00	1,94	2,63	1,77	2,19	2,17	2,31
	Moyenne	2,30	2,59	2,42	2,53	2,57	2,49	2,50		
	Ecart-type	0,28	0,24	0,50	0,43	0,47	0,54	0,43		

<i>Indice de force</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Ratio right/left	SOFTY	1,13	1,12	1,05	0,98	1,02	1,05	0,98	1,00	
	SAM	0,95	1,00	0,92	1,03	0,95	0,99	1,00	0,91	0,97
	NAIKA	0,88	1,04	1,09	0,99	0,92	1,02	1,10	0,95	1,03
	LUCKY	0,86	0,88	0,90	0,90	0,93	0,87	0,92	1,05	
	GOUACHE	1,15	0,86	1,08	1,02	0,98	1,06	1,02		
	JESTER	0,97	0,89	0,98	0,90	0,98	1,05	0,88		
	MERLIN	0,87	1,07	0,90	0,97	1,08	1,01	1,06	0,98	1,00
	Moyenne	0,97	0,98	0,99	0,97	0,98	1,01	0,99		
	Ecart-type	0,12	0,10	0,08	0,05	0,06	0,06	0,08		
Ratio right front/left front	SOFTY	1,11	1,12	1,03	0,96	0,99	0,98	0,94	0,99	
	SAM	0,94	1,03	0,91	1,02	0,89	0,99	1,01	0,88	0,96
	NAIKA	0,87	1,03	1,09	1,03	0,93	1,04	1,15	0,94	1,06
	LUCKY	0,85	0,87	0,86	0,86	0,95	0,89	0,94	1,13	
	GOUACHE	1,14	0,86	1,05	1,04	0,92	1,12	1,01		
	JESTER	0,95	0,92	1,01	0,92	0,99	1,11	0,91		
	MERLIN	0,84	1,18	0,91	0,94	1,11	0,95	1,09	1,02	1,06
	Moyenne	0,96	1,00	0,98	0,97	0,97	1,01	1,01		
	Ecart-type	0,12	0,12	0,08	0,07	0,07	0,08	0,09		
Ratio right hind/left hind	SOFTY	1,18	1,10	1,08	1,04	1,10	1,22	1,07	1,03	
	SAM	0,99	0,92	0,93	1,07	1,09	0,97	0,98	0,97	1,00
	NAIKA	0,92	1,06	1,09	0,86	0,87	0,97	0,96	0,98	0,96
	LUCKY	0,88	0,91	1,00	1,00	0,86	0,83	0,88	0,90	
	GOUACHE	1,16	0,88	1,18	0,96	1,16	0,93	1,04		
	JESTER	1,03	0,81	0,92	0,85	0,94	0,92	0,80		
	MERLIN	0,93	0,86	0,89	1,05	0,99	1,13	0,98	0,90	0,89
	Moyenne	1,01	0,94	1,01	0,98	1,00	1,00	0,96		
	Ecart-type	0,12	0,11	0,11	0,09	0,12	0,13	0,09		

ANNEXE 8 : RESULTATS INDIVIDUELS SCORE GLS

Score GLS		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Antérieur gauche	SOFTY	100,85	99,67	101,24	105,28	104,02	102,25	106,23	104,53	
	SAM	101,29	101,96	102,36	104,27	104,56	102,71	103,73	107,19	103,28
	NAIKA	110,09	105,39	106,74	104,96	109,70	107,90	104,06	111,25	107,10
	LUCKY	103,71	106,70	107,32	107,32	105,92	105,74	104,90	100,85	
	MERLIN	105,31	96,19	100,33	102,68	101,53	100,59	98,79	99,12	99,65
	GOUACHE	103,15	110,79	102,34	106,62	106,08	100,36	101,37		
	JESTER	105,39	107,55	106,96	108,86	107,37	102,12	109,93		
	Moyenne	104,26	104,04	103,90	105,71	105,60	103,10	104,14		
Ecart- type	3,12	5,03	2,99	2,06	2,59	2,76	3,53			
Antérieur droit	SOFTY	101,63	107,24	100,13	102,23	101,26	101,99	102,46	101,49	
	SAM	100,32	104,22	95,11	104,66	97,07	102,91	102,15	101,08	100,23
	NAIKA	103,71	107,64	114,26	108,94	108,91	113,22	112,35	109,31	110,07
	LUCKY	97,98	97,31	99,19	99,19	103,14	100,78	98,98	104,69	
	MERLIN	95,06	105,26	98,67	98,78	107,06	98,81	102,89	102,06	101,97
	GOUACHE	109,57	101,81	109,63	107,93	105,49	106,56	99,12		
	JESTER	102,49	104,20	106,33	104,24	106,17	110,38	104,39		
	Moyenne	101,54	103,95	103,33	103,71	104,16	104,95	103,19		
Ecart- type	4,59	3,54	6,89	3,94	4,01	5,30	4,50			
Postérieur gauche	SOFTY	94,83	92,84	95,58	93,28	92,42	91,86	92,86	93,77	
	SAM	98,05	96,43	102,82	91,48	96,29	95,49	95,53	93,79	97,00
	NAIKA	90,89	91,05	85,21	91,98	86,92	84,05	89,11	84,33	87,27
	LUCKY	101,83	100,01	95,94	95,94	97,49	99,00	100,34	98,84	
	MERLIN	102,13	100,36	105,05	96,56	92,91	96,11	98,30	101,71	102,58
	GOUACHE	88,01	93,79	91,54	91,29	89,30	97,69	102,08		
	JESTER	94,21	96,75	92,28	96,22	91,68	92,79	94,45		
	Moyenne	95,71	95,89	95,49	93,82	92,43	93,86	96,10		
Ecart- type	5,32	3,54	6,79	2,36	3,68	5,00	4,49			

<i>Score GLS</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT				PHASE POST-TRAITEMENT	
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30	J15	J30
Postérieur droit	SOFTY	101,44	96,79	102,36	95,45	99,66	101,78	94,10	97,20	
	SAM	99,52	94,30	100,98	95,12	101,27	96,07	95,65	93,81	97,73
	NAIKA	88,40	89,41	83,28	87,17	85,16	84,28	86,28	84,82	86,97
	LUCKY	95,63	93,98	94,31	94,31	88,91	91,22	93,84	92,85	
	MERLIN	97,32	97,46	96,45	101,26	94,20	104,79	99,19	96,52	94,97
	GOUACHE	92,91	87,32	90,50	86,89	93,34	91,92	97,18		
	JESTER	93,98	85,63	87,78	84,13	88,01	88,46	84,07		
	Moyenne	95,60	92,13	93,67	92,05	92,94	94,07	92,90		
	Ecart- type	4,36	4,67	6,95	6,11	6,02	7,28	5,62		

ANNEXE 9 : ABAQUE UTILISEE POUR L'OBTENTION DU SCORE BIOMECHANIQUE

Paramètre mesuré	Ratios concernés	Valeur de référence	Valeur de X	Score attribué à la valeur X				
				0	1	2	3	4
GLS	Ant/Post	100 +/- 5 %	<100	95 < X < 100	90 < X < 95	85 < X < 90	80 < X < 85	X < 80
			>100	100 < X < 105	105 < X < 110	110 < X < 115	115 < X < 120	X > 120
			<1.47	1.26 < X < 1.47	1.17 < X < 1.26	1.10 < X < 1.17	1.02 < X < 1.1	X < 1.02
			>1.47	1.47 < X < 1.67	1.67 < X < 1.76	1.76 < X < 1.83	1.83 < X < 1.91	X > 1.91
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
Pmax	Ant/Post	2 +/- 14 %	>2	2 < X < 2.28	2.28 < X < 2.40	2.40 < X < 2.50	2.50 < X < 2.6	X > 2.6
			<2	1.72 < X < 2	1.6 < X < 1.72	1.5 < X < 1.6	1.4 < X < 1.5	X < 1.4
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
Indice de force	Gaucher/Droite	1 +/- 5%	>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
Diag G/Diag D	1 +/- 5%	1 +/- 5%	>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8
			>1	1 < X < 1.05	1.05 < X < 1.10	1.10 < X < 1.15	1.15 < X < 1.20	X > 1.20
			<1	0.95 < X < 1	0.9 < X < 0.95	0.85 < X < 0.9	0.8 < X < 0.85	X < 0.8

ANNEXE 10 : RESULTATS INDIVIDUELS EVALUATION PAR LE PROPRIETAIRE

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
		J0	J15	J30	J0	J15	J30
Attitude générale	SOFTY	1	1	1	1	1	1
	SAM	1	1	1	1	0	0
	NAIKA	1	1	0	0	0	0
	LUCKY	0	0	0	0	0	0
	GOUACHE	1	1	1	2	1,5	1
	JESTER	1,5	1,5	1	1	1	1
	MERLIN	2	2	1	1	1	1
	Moyenne	1,07	1,07	0,71	0,86	0,64	0,57
	Ecart-type	0,61	0,61	0,49	0,69	0,63	0,53
Motivation jeu	SOFTY	1	1	1	1	1	1
	SAM	1	1	1	1,5	0,5	0
	NAIKA	0	0,5	0	0	0	0
	LUCKY	1	0	0	0	0	0
	GOUACHE	1	1	1	1,5	1,5	1
	JESTER	2	2	1	1	1	1
	MERLIN	0	0	1	0	0,5	1
	Moyenne	0,86	0,79	0,71	0,71	0,64	0,57
	Ecart-type	0,69	0,70	0,49	0,70	0,56	0,53
Fréquence inconfort	SOFTY	2	2	2	1	2	2
	SAM	2	1	1	1	0	0
	NAIKA	2	2	0	1	1	1
	LUCKY	2	0	0	0	0	0
	GOUACHE	2	1	2	1	1	2
	JESTER	2	2	1	1	1	1
	MERLIN	1	1	1	1	1	1
	Moyenne	1,86	1,29	1,00	0,86	0,86	1,00
	Ecart-type	0,38	0,76	0,82	0,38	0,69	0,82

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
		J0	J15	J30	J0	J15	J30
Motivation marche	SOFTY	1	1	1	1	1	1
	SAM	2	1,5	1,5	1,5	1	1
	NAIKA	0	0,5	0	0	0	0
	LUCKY	1	1	1	1	1	0,5
	GOUACHE	1	0	0	1	1	0
	JESTER	1	1	1	1	1	1
	MERLIN	0	0	0	0	0	1
	Moyenne	0,86	0,71	0,64	0,79	0,71	0,64
	Ecart-type	0,69	0,57	0,63	0,57	0,49	0,48
Motivation trot	SOFTY	1	1	1	1	1	1
	SAM	2	1,5	1,5	1,5	1	1
	NAIKA	0	0,5	0	0	0	1
	LUCKY	1	1	1	1	1	1
	GOUACHE	2	1	1	2	1,5	1,5
	JESTER	1	1	1,5	1,5	1	1
	MERLIN	0	0	0	0	0	1
	Moyenne	1,00	0,86	0,86	1,00	0,79	1,07
	Ecart-type	0,82	0,48	0,63	0,76	0,57	0,19

Motivation course	SOFTY	1	1	1	1	1	1,5
	SAM	2	2	2	2	1	1
	NAIKA	0	0,5	0	1	1	1
	LUCKY	1	1	1,25	1,25	1,25	1,25
	GOUACHE	1	1	1	2	1,5	1
	JESTER	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5
	MERLIN	0	0	0	0	0	1
	Moyenne	0,86	0,93	0,96	1,25	1,04	1,18
	Ecart-type	0,69	0,61	0,74	0,69	0,51	0,24

<i>Paramètre mesuré</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
		J0	J15	J30	J0	J15	J30
Motivation saut	SOFTY	3	2	3	3	2	3
	SAM	2	2	2	2	1	1
	NAIKA	0	1	0	0	0	1
	LUCKY	1	2	1,75	1,75	1,75	1,5
	GOUACHE	2	1	2	3	3	2
	JESTER	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1
	MERLIN	1	0	0	1	1	1
	Moyenne	1,50	1,36	1,46	1,75	1,39	1,50
	Ecart-type	0,96	0,75	1,10	1,07	0,96	0,76
Motivation escaliers	SOFTY	1	1	2	1	1,5	2
	SAM	1	1	1	1,5	1	1
	NAIKA	0	1	0	0	1	1
	LUCKY	1	2	1,75	1,75	1,75	1,5
	GOUACHE	1	1	1	2	2	1
	JESTER	1	1	1	1	1	1
	MERLIN	1	0	0,5	0	0	0
	Moyenne	0,86	1,00	1,04	1,04	1,18	1,07
	Ecart-type	0,38	0,58	0,68	0,80	0,66	0,61
Facilité à se coucher	SOFTY	2,5	2	2	2	2	2
	SAM	1	1	2	1	0	0
	NAIKA	0	1	0	1	0	1
	LUCKY	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25
	GOUACHE	0	2	1	2	1	1
	JESTER	2	2	2	2	1	1
	MERLIN	0	0	0	0	0	0
	Moyenne	0,79	1,14	1,04	1,18	0,61	0,75
	Ecart-type	1,07	0,90	0,96	0,85	0,76	0,72

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
		J0	J15	J30	J0	J15	J30
Facilité à sa relever	SOFTY	2,5	3	3	2	2	2
	SAM	2,5	3	3	2,5	1,5	1,5
	NAIKA	1	1	1	1	1	1
	LUCKY	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	GOUACHE	0	1	1	2	1,5	1
	JESTER	2	2	2	2	1,5	1,5
	MERLIN	1	0	1	1	1	0
	Moyenne	1,36	1,50	1,64	1,57	1,29	1,07
	Ecart-type	0,99	1,19	1,03	0,73	0,49	0,67
Capacité à suivre en promenade	SOFTY	1	1	1	1	1	1
	SAM	2	2	1,5	2	1	1
	NAIKA	0	1	1	0	0	1
	LUCKY	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,25
	GOUACHE	0	1	1	2	1,5	1
	JESTER	1	1	1	1	1	1
	MERLIN	0	0	0	1	1	1
	Moyenne	0,79	1,07	1,00	1,21	0,93	0,89
	Ecart-type	0,81	0,61	0,50	0,70	0,45	0,28
Mobilité suite exercice	SOFTY	2	2	2	2	2	2,5
	SAM	2	2	2	2,5	2	2
	NAIKA	1	2	2	2	1	1
	LUCKY	2	2	1,75	1,75	2	1
	GOUACHE	1	1	1	2	1,5	1
	JESTER	2	2	1	1	1,5	1,5
	MERLIN	1	0	0,5	0	0	0
	Moyenne	1,57	1,57	1,46	1,61	1,43	1,29
	Ecart-type	0,53	0,79	0,62	0,84	0,73	0,81

Paramètre mesuré		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
		J0	J15	J30	J0	J15	J30
Mobilité suite repos	SOFTY	3	3	3	2	2	2
	SAM	3	3	3	3	2	2
	NAIKA	0	1	1	1	1	1
	LUCKY	2	2	1,75	1,75	2	1
	GOUACHE	1	1	1	2	1	1
	JESTER	2	2	2	2	2	2
	MERLIN	1	0,5	1	1	1	1
	Moyenne	1,71	1,79	1,82	1,82	1,57	1,43
	Ecart-type	1,11	0,99	0,90	0,69	0,53	0,53
Score de boiserie	SOFTY	1	1	1	1	1	2
	SAM	2	2	2	1,5	1	0
	NAIKA	3	2	1	3	1	0
	LUCKY	1	1	1,25	1,25	2	1,25
	GOUACHE	0	1	0	2	1,5	1
	JESTER	1	1	1,5	1,5	2	2
	MERLIN	0	1	2	1	1	1
	Moyenne	1,14	1,29	1,25	1,61	1,36	1,04
	Ecart-type	1,07	0,49	0,69	0,70	0,48	0,82

Score de souffrance	SOFTY	2	2	1	1	1	2
	SAM	2	2	1	1	0,5	0,5
	NAIKA	2	1	1	2	0	0
	LUCKY	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25
	GOUACHE	0	1	1	2	1,5	0
	JESTER	1,5	1,5	1	1	1	1
	MERLIN	0	0,5	1	1	1	1
	Moyenne	1,14	1,21	0,93	1,21	0,79	0,68
	Ecart-type	0,94	0,64	0,19	0,57	0,49	0,72

<i>Paramètre mesuré</i>		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
		J0	J15	J30	J0	J15	J30
Score global	SOFTY	25	24	25	21	21,5	26
	SAM	27,5	26	25,5	25,5	13,5	12
	NAIKA	10	16	7	12	7	10
	LUCKY	15,5	14,5	14,25	14,25	15	10,25
	GOUACHE	13	15	15	28,5	22,5	15,5
	JESTER	22,5	22,5	20	20	18,5	18,5
	MERLIN	8	5	9	8	8,5	11
	Moyenne	17,36	17,57	16,54	18,46	15,21	14,75
	Ecart-type	7,66	7,23	7,30	7,39	6,04	5,85

ANNEXE 11 : RESULTATS INDIVIDUELS DU CHIEN JAZZIE

Scores cliniques	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
Score boiterie au pas	2,5	3	1,5	1,5	2,5	1
Score boiterie au trot	3	3	3,5	3,5	3,5	1
Score de report statique	1	3	1	1	1	0
Score assis-debout	2	3	3,5	3,5	2	2
Score de mobilité	5	8	8	8	6	6
Score d'appréciation de la douleur	1	3	2,5	2,5	1	1
Score global	14,5	23	20	20	16	11

Mesures goniométriques	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
Extension postérieur droit	171	168	164	164	165	170
Flexion postérieur droit	42	51	55	55	41	48
Amplitude postérieur droit	129	117	109	109	124	122
Extension postérieur gauche	168	165	162	162	162	161
Flexion postérieur gauche	47	48	52	52	41	45
Amplitude postérieur gauche	121	117	110	110	121	116

Paramètres biomécaniques		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT			
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30
<i>Indice de force</i>	Ratio front/hind	1,96	2,15	1,92	1,92	2,29	2,12	2,16
	Ratio left front/left hind	2,15	1,82	1,74	1,74	2,38	2,13	2,10
	Ratio left front/right hind	2,48	2,18	1,82	1,82	2,68	2,15	2,36
	Ratio right front/left hind	1,50	2,13	2,01	2,01	1,95	2,08	1,97
	Ratio right front/right hind	1,74	2,56	2,10	2,10	2,20	2,10	2,21
<i>Nombre de capteurs activés</i>	Ratio front/hind	1,33	1,41	1,30	1,30	1,42	1,40	1,43
	Ratio left front/left hind	1,48	1,36	1,26	1,26	1,45	1,40	1,41
	Ratio left front/right hind	1,47	1,44	1,24	1,24	1,52	1,41	1,51
	Ratio right front/left hind	1,36	1,37	1,35	1,35	1,32	1,39	1,35

	Ratio right front/right hind	1,40	1,46	1,34	1,34	1,39	1,40	1,45
--	------------------------------	------	------	------	------	------	------	------

Evaluation par le propriétaire	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
Attitude générale	1	2	1,5	1,5	1,5	1,5
Motivation jeu	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5
Fréquence inconfort	2	1	1	1	2	1
Motivation marche	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1
Motivation trot	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Motivation course	1	1	1,5	1,5	1,5	1
Motivation saut	1	1	1	1	1	0
Motivation escaliers	1	1	2	2	1,5	1
Facilité à se coucher	1	1	1	1	1	1
Facilité à se relever	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5
Capacité à suivre en promenade	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1
Mobilité suite exercice	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mobilité suite repos	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5
Score de boiterie	0	0	1	1	1	0
Score de souffrance	1	2,5	1	1	1	0
Score global	27,5	26	25,5	25,5	13,5	12

ANNEXE 12 : RESULTATS INDIVIDUELS DU CHIEN LUNA

Scores cliniques	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
Score boiterie au pas	5	5	5	5	3	2,5
Score boiterie au trot	6	6	6	6	3,5	4
Score de report statique	2,5	3	3	3	3	2,5
Score assis-debout	3	3	2,5	2,5	1,5	2
Score de mobilité	8	8	6	6	5	6
Score d'appréciation de la douleur	3	2	2	2	3	4
Score global	27,5	27	24,5	24,5	19	21

Mesures goniométriques	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
Extension postérieur droit	125	125	130	130	130	130
Flexion postérieur droit	28	28	30	30	30	30
Amplitude postérieur droit	97	97	100	100	100	100
Extension postérieur gauche	130	130	130	130	135	135
Flexion postérieur gauche	30	30	30	30	30	30
Amplitude postérieur gauche	100	100	100	100	105	105

Paramètres biomécaniques		PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT			
		J0	J15	J30	J0 (avant séance)	J0 (après séance)	J15	J30
<i>Indice de force</i>	Ratio front/hind	1,91	2,18	2,18	2,18	2,36	1,92	2,13
	Ratio left front/left hind	1,74	2,08	2,08	2,08	2,40	1,89	2,13
	Ratio left front/right hind	1,97	2,62	2,62	2,62	2,60	1,89	2,03
	Ratio right front/left hind	1,86	1,83	1,83	1,83	2,15	1,95	2,24
	Ratio right front/right hind	2,11	2,30	2,30	2,30	2,32	1,95	2,13
<i>Nombre de capteurs activés</i>	Ratio front/hind	1,35	1,40	1,40	1,40	1,46	1,37	1,44
	Ratio left front/left hind	1,27	1,34	1,34	1,34	1,45	1,38	1,41
	Ratio left front/right hind	1,35	1,56	1,56	1,56	1,53	1,33	1,43
	Ratio right front/left hind	1,35	1,25	1,25	1,25	1,39	1,40	1,45

	Ratio right front/right hind	1,44	1,45	1,45	1,45	1,46	1,35	1,46
--	------------------------------	------	------	------	------	------	------	------

Evaluation par le propriétaire	PHASE TEMOIN			PHASE TRAITEMENT		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
Attitude générale	2	2	2	2	1	2
Motivation jeu	2	2	1	1	1	1,5
Fréquence inconfort	1	1	0	0	0	0
Motivation marche	1	1	1	1	1	1
Motivation trot	1	1	2	2	2	1,5
Motivation course	1	1	2	2	2	2
Motivation saut	2	2	2	2	3	3
Motivation escaliers	2	1,5	1	1	1	1
Facilité à se coucher	0	1	2	2	2	2
Facilité à se relever	2	2	3	3	3	3
Capacité à suivre en promenade	2	2	2	2	2	2
Mobilité suite exercice	3	2	2	2	2	2
Mobilité suite repos	2	2	2	2	1	2
Score de boiterie	1	1	0	0	0	1
Score de souffrance	0	0	0	0	0	1
Score global	22	21,5	22	22	21	25

ÉVALUATION CLINIQUE ET BIOMÉCANIQUE D'UN PROTOCOLE DE THÉRAPIE LASER CHEZ LE CHIEN SOUFFRANT DE COXARTHROSE. ÉTUDE PRÉLIMINAIRE.

Auteur

ROUDIER Audrey

Résumé

La prise en charge de la douleur chronique est devenue une des préoccupations majeures des propriétaires d'animaux mais également des vétérinaires. Depuis quelques années, on voit émerger de nouvelles thérapies notamment la thérapie laser dont les quelques études qui existent sur animaux de laboratoires et de compagnie semblent montrer des actions bénéfiques sur la douleur et l'inflammation chronique causée par l'arthrose.

Dans la première partie, l'auteur présente la physiopathologie de l'arthrose ainsi que l'appareil laser, ses principes de fonctionnement et ses effets sur l'organisme. La seconde partie est consacrée sur la description de l'étude expérimentale dont le but est d'évaluer les effets cliniques et biomécaniques d'un protocole de thérapie laser d'une durée d'un mois sur des chiens souffrants de coxarthrose. Dans la dernière et troisième partie, l'auteur se consacre à décrire et discuter les résultats obtenus.

Cette étude clinique préliminaire a été menée sur huit chiens ayant de l'arthrose coxo-fémorale. Chaque chien a été suivi lors des différentes phases du protocole par le biais de six évaluations et constituait donc son propre témoin. Les évaluations se sont basées sur différentes méthodes d'évaluation : analyse biomécanique de la marche au moyen du système GAITRITE®, évaluation clinique par le biais de scores fonctionnelles et mesures d'amplitudes articulaires au moyen d'un goniomètre. L'avis des propriétaires a également été sollicité à l'aide d'un questionnaire d'évaluation.

L'ensemble des chiens ayant participé ont montré une très bonne tolérance vis-à-vis des séances de traitement sans aucun effet indésirable. La grande majorité a montré des améliorations notables, ou significatives, des scores cliniques et de douleur chronique, des amplitudes en extension maximale et du mouvement global des hanches, ainsi que biomécaniques, notamment concernant les paramètres cinétiques des membres.

L'étude montre donc un impact positif d'un protocole de thérapie laser d'une durée d'un mois sur des chiens souffrant d'arthrose coxo-fémorale mais certains résultats doivent être approfondies à l'aide d'études complémentaires en raison d'un effectif de chien réduit et de perte de données sur le dernier mois de suivi, ne permettant pas de tirer des conclusions définitives sur l'impact d'un protocole de thérapie laser sur certains paramètres.

Mots-clés

Arthrose, Physiothérapie, Laser, Douleur, Système GAITRITE®

Jury

Président du jury : Pr **SERVIEN Elvire**
Directeur de thèse : Dr **SAWAYA Serge**
2ème assesseur : Mr **GILLET Benoît**