



---

Année 2020

## **ÉTUDE ET UTILISATION DE LA PRESSOTHÉRAPIE DÉGRESSIVE DANS LA GESTION DES OEDÈMES DE LA PARTIE DISTALE DES MEMBRES CHEZ LE CHEVAL**

### **THÈSE**

pour obtenir le grade de  
**DOCTEUR VÉTÉRINAIRE**

présentée et soutenue publiquement devant  
**LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL (UPEC)**  
le 29 Octobre 2020

par

**Oriane, Clothilde, Anna VEROUL**

Née le 9 novembre 1995 à Paris IX<sup>ème</sup>

sous la co-direction de

**Henry CHATEAU et Céline MESPOULHES-RIVIERE**

<b>Président du jury :</b>	<b>Mme Michèle IMBERT</b>	Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL
<b>1<sup>er</sup> Assesseur :</b>	<b>M. Henry CHATEAU</b>	Professeur à l'EnvA
<b>2<sup>nd</sup> Assesseur :</b>	<b>M. Dominique GRANDJEAN</b>	Professeur à l'EnvA



## Liste des membres du corps enseignant

Directeur : Pr Christophe Degueurce

Directeur des formations : Pr Henry Chateau

Directrice de la scolarité et de la vie étudiante : Dr Catherine Colmin

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs C. Pilet, B. Toma, A.-L. Parodi, R. Moraillon, J.-P. Cotard, J.-P. Mialot & M. Gogny

### Département d'Elevage et de Pathologie des Équidés et des Carnivores (DEPEC)

Chef du département : Pr Grandjean Dominique - Adjoint : Pr Blot Stéphane

<p><b>Unité pédagogique d'anesthésie, réanimation, urgences, soins intensifs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Fernandez Parra Rocio, Maître de conférences associée</li> <li>- Pr Verwaerde Patrick*</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de clinique équine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Audigé Fabrice</li> <li>- Dr Bertoni Léïla, Maître de conférences</li> <li>- Dr Bourzac Céline, Chargée d'enseignement contractuelle</li> <li>- Dr Coudry Virginie, Praticien hospitalier</li> <li>- Pr Denoix Jean-Marie</li> <li>- Dr Giraudet Aude, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Herouet Valentin, Chargé d'enseignement contractuel</li> <li>- Dr Jacquet Sandrine, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Mespolhès-Rivière Céline, Praticien hospitalier*</li> <li>- Dr Moiroud Claire, Praticien hospitalier</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de médecine et imagerie médicale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Benchekroun Ghita, Maître de conférences</li> <li>- Pr Blot Stéphane*</li> <li>- Dr Canonne-Guibert Morgane, Maître de conférences</li> <li>- Dr Freiche-Legros Valérie, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Maurey-Guénec Christelle, Maître de conférences</li> </ul>	<p><b>Unité pédagogique de médecine de l'élevage et du sport</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Cléry Delphine, Maître de conférences</li> <li>- Dr Fontbonne Alain, Maître de conférences</li> <li>- Pr Grandjean Dominique*</li> <li>- Dr Maenhoudt Cindy, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Nudelmann Nicolas, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de pathologie chirurgicale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Fayolle Pascal</li> <li>- Dr Manassero Mathieu, Maître de conférences</li> <li>- Pr Viateau-Duval Véronique*</li> </ul> <p><b>Discipline : cardiologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Chetboul Valérie</li> </ul> <p><b>Discipline : ophtalmologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Chahory Sabine, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Discipline : nouveaux animaux de compagnie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Pignon Charly, Praticien hospitalier</li> </ul>
---	--

### Département des Productions Animales et de Santé Publique (DPASP)

Chef du département : Pr Millemann Yves - Adjoint : Pr Dufour Barbara

<p><b>Unité pédagogique d'hygiène, qualité et sécurité des aliments</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Augustin Jean-Christophe*</li> <li>- Dr Bolnot François, Maître de conférences</li> <li>- Pr Carlier Vincent</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de maladies réglementées, zoonoses et épidémiologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Crozet Guillaume, Chargé d'enseignement contractuel</li> <li>- Pr Dufour Barbara*</li> <li>- Pr Haddad/Hoang-Xuan Nadia</li> <li>- Dr Rivière Julie, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de pathologie des animaux de production</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Adjou Karim</li> <li>- Dr Belbis Guillaume, Maître de conférences*</li> <li>- Dr Delsart Maxime, Maître de conférences associé</li> <li>- Pr Millemann Yves</li> <li>- Dr Plassard Vincent, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Ravary-Plumioën Bérangère, Maître de conférences</li> </ul>	<p><b>Unité pédagogique de reproduction animale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Constant Fabienne, Maître de conférences*</li> <li>- Dr Denis Marine, Chargée d'enseignement contractuelle</li> <li>- Dr Desbois Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC)</li> <li>- Dr Mauffré Vincent, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de zootechnie, économie rurale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Arné Pascal, Maître de conférences</li> <li>- Pr Bossé Philippe*</li> <li>- Dr Paula Reis Alline, Maître de conférences</li> <li>- Pr Grimard-Ballif Bénédicte</li> <li>- Dr Leroy-Barassin Isabelle, Maître de conférences</li> <li>- Pr Ponter Andrew</li> <li>- Dr Wolgust Valérie, Praticien hospitalier</li> </ul>
---	---

### Département des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques (DSBP)

Chef du département : Pr Desquibet Loïc - Adjoint : Pr Pilot-Storck Fanny

<p><b>Unité pédagogique d'anatomie des animaux domestiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Boissady Emilie, Chargée d'enseignement contractuelle</li> <li>- Pr Chateau Henry</li> <li>- Pr Crevier-Denoix Nathalie</li> <li>- Pr Robert Céline*</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de bactériologie, immunologie, virologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Boulois Henri-Jean</li> <li>- Pr Eloït Marc</li> <li>- Dr Lagrée Anne-Claire, Maître de conférences</li> <li>- Pr Le Poder Sophie</li> <li>- Dr Le Roux Delphine, Maître de conférences*</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de biochimie, biologie clinique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Bellier Sylvain*</li> <li>- Dr Deshuijers Pierre, Chargé d'enseignement contractuel</li> <li>- Dr Lagrange Isabelle, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Michaux Jean-Michel, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique d'histologie, anatomie pathologique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Cordonnier-Lefort Nathalie, Maître de conférences</li> <li>- Pr Fontaine Jean-Jacques</li> <li>- Dr Laloy Eve, Maître de conférences</li> <li>- Dr Reyes-Gomez Edouard, Maître de conférences*</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de management, communication, outils scientifiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mme Conan Muriel, Professeur certifié (Anglais)</li> <li>- Pr Desquibet Loïc, (Biostatistique, Épidémiologie)</li> <li>- Dr Marignac Geneviève, Maître de conférences*</li> </ul>	<p><b>Unité de parasitologie, maladies parasitaires, dermatologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Blaga Radu, Maître de conférences (rattaché au DPASP)</li> <li>- Dr Briand Arnaud, Assistant d'Enseignement et de Recherche Contractuel (rattaché au DEPEC)</li> <li>- Dr Cochet-Faivre Noëlle, Praticien hospitalier (rattachée au DEPEC)</li> <li>- Pr Guillot Jacques*</li> <li>- Dr Polack Bruno, Maître de conférences</li> <li>- Dr Risco-Castillo Veronica, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de pharmacie et toxicologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Kohlhauer Matthias, Maître de conférences</li> <li>- Dr Perrot Sébastien, Maître de conférences*</li> <li>- Pr Tissier Renaud</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de physiologie, éthologie, génétique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Chevallier Lucie, Maître de conférences (Génétique)</li> <li>- Dr Crépeaux Guillemette, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie)</li> <li>- Pr Gilbert Caroline (Ethologie)</li> <li>- Pr Pilot-Storck Fanny (Physiologie, Pharmacologie)*</li> <li>- Pr Tiret Laurent (Physiologie, Pharmacologie)*</li> </ul> <p><b>Discipline : éducation physique et sportive</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- M. Philips Pascal, Professeur certifié</li> </ul>
--	--

\* responsable d'unité pédagogique

Professeurs émérites :

Mmes et MM. : Combrisson Hélène, Enriquez Brigitte, Panthier Jean-Jacques, Paragon Bernard.

# **Remerciements**

**A Mme Michèle IMBERT, Présidente du Jury de cette thèse, Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil,**

Pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Sincères remerciements pour le temps consacré à la lecture de ce travail.

**A Mme Céline MESPOULHES-RIVIERE, clinicienne hospitalière à l'EnvA,**

Pour m'avoir proposé de participer à ce projet et pour m'avoir guidée avec bienveillance tout au long de ce travail. Un grand merci pour votre implication et pour la passion que vous transmettez.

**A M Henry CHATEAU, Professeur à l'EnvA,**

Pour avoir eu la gentillesse d'accepter de collaborer à ce projet. Merci pour votre regard extérieur qui nous a été utile dans la conception de ce travail.

**A M Dominique GRANDJEAN, Professeur à l'EnvA,**

Pour avoir porté de l'intérêt à ce travail. Merci d'avoir consacré du temps à ce projet.

**A M Loïc DESQUILBET, Maître de conférences à l'EnvA,**

Pour avoir consacré du temps à l'élaboration de la partie expérimentale de ce projet. Merci pour votre disponibilité, votre gentillesse et votre aide précieuse.

**A Mme Astrid CARTIER, co-fondatrice d'EOLIANCE THERA<sup>®</sup>,**

Pour nous avoir fait confiance pour réaliser ce travail pour son entreprise. Un grand merci pour ta gentillesse et ton aide précieuse tout au long du projet. C'était un honneur de participer à l'élaboration de ce concept qui, je l'espère, ira loin.

**A Mme Ariane CAMPOS, résidente en chirurgie à la clinique équine,**

Pour m'avoir accompagnée pour les manipulations et pour avoir porté de l'intérêt à ce travail. Un grand merci à toi.

**A M Yan SANTINELLI, Lieutenant-Colonel et vétérinaire de la Garde Républicaine, ainsi qu'à toute l'équipe d'auxiliaires vétérinaires,**

Pour avoir accepté de contribuer à cette étude et nous avoir permis de réaliser nos manipulations dans les meilleures conditions possibles. Merci pour votre aide.

**A mes parents, à ma sœur, à Valentin, à ma famille et à mes amis, à deux comme à quatre pattes,**

Pour toute l'affection et la bienveillance que vous me portez. Une immense merci à tous de faire partie de ma vie et de la rendre plus belle.





# Table des matières

---

<b>Liste des figures.....</b>	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>7</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>8</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>Première partie : Les œdèmes de partie distale du membre chez le cheval.....</b>	<b>10</b>
1. Anatomo-physiologie du système lymphatique .....	10
A. <i>Les vaisseaux lymphatiques .....</i>	10
a. Les capillaires lymphatiques ou lymphocapillaires : .....	10
b. Les vaisseaux lymphatiques intermédiaires ou vaisseaux pré-collecteurs : .....	11
c. Les collecteurs terminaux : .....	13
B. <i>La lymphé.....</i>	15
C. <i>Les nœuds lymphatiques .....</i>	16
2. Rappels sur la peau .....	22
A. <i>Structure de la peau d'un cheval .....</i>	22
a. L'épiderme .....	22
b. Le derme .....	23
c. L'hypoderme .....	23
B. <i>Rôles de la peau .....</i>	24
a. Echanges contrôlés avec le milieu extérieur et rôle immunitaire : .....	24
b. Amortissement des chocs : .....	25
c. Maintien de l'homéostasie : .....	26
3. Physiopathologie des œdèmes de la partie distale du membre .....	26
A. <i>Définition et étiologie.....</i>	26
B. <i>Affections pathologiques avec présence d'un œdème de la partie distale du membre chez le cheval .....</i>	27
a. Lymphangite .....	27
b. Lymphœdème progressif chronique des chevaux de trait.....	28
<b>Deuxième partie : Le traitement des lymphœdèmes des membres .....</b>	<b>32</b>
1. La pressothérapie en médecine humaine .....	32
A. <i>La pressothérapie mercurielle.....</i>	32
a. La technique .....	32
b. Les expériences menées .....	33
B. <i>La pressothérapie pneumatique à compression séquentielle dégressive .....</i>	35
a. La technique .....	35
b. Les expériences menées .....	37
c. Etude de l'efficacité de la pressothérapie pneumatique .....	39
2. Etat des lieux des techniques utilisées pour favoriser le drainage lymphatique des membres chez le cheval .....	41
A. <i>La thérapie décongestive combinée .....</i>	41
B. <i>La cryothérapie .....</i>	44
C. <i>Cataplasme d'argile .....</i>	45
D. <i>La magnétothérapie .....</i>	46
E. <i>Le laser.....</i>	47
F. <i>Parallèle avec les différents traitements utilisés en médecine humaine .....</i>	47
<b>Troisième partie : Etude expérimentale .....</b>	<b>49</b>
1. Introduction .....	49
A. <i>Mise en place du protocole .....</i>	49
B. <i>Etudes menées au préalable .....</i>	49

<b>2. Matériels et méthodes .....</b>	<b>49</b>
<i>A. Description de l'effectif .....</i>	49
<i>B. La guêtre de pressothérapie .....</i>	50
a. Structure et fonctionnement général .....	50
b. Programme adapté à un traitement de la partie distale d'un membre .....	51
<i>C. Mise en place de l'expérimentation.....</i>	52
a. Projet initial .....	52
b. Projet réalisé .....	52
<i>D. Le protocole utilisé .....</i>	53
a. Déroulement des manipulations.....	53
b. Méthodes de mesure .....	55
<i>E. Traitement des données .....</i>	58
a. Evaluation de l'effet instantané de la guêtre à partir des données périmétriques .....	58
b. Evaluation de l'effet des bandes de repos à partir des données périmétriques .....	58
c. Evaluation de la différence de l'épaisseur du plan sous-cutané entre les deux membres à partir de données échographiques .....	59
<b>3. Résultats .....</b>	<b>60</b>
<i>A. Résultats des mesures périmétriques.....</i>	60
a. Evaluation de l'effet instantané de la guêtre .....	60
b. Evaluation de l'effet des bandes de repos .....	66
<i>B. Résultats des mesures échographiques.....</i>	75
a. Zone 2.....	75
b. Zone 3.....	76
c. Zone 4.....	77
<b>4. Discussion.....</b>	<b>77</b>
<i>A. Discussion sur le protocole .....</i>	77
a. Tolérance de la guêtre par les chevaux .....	77
b. Durée du traitement .....	78
c. Activité des chevaux pendant le traitement.....	78
<i>B. Discussion sur les résultats .....</i>	79
a. Répétabilité des mesures.....	79
b. Pertinence des zones évaluées .....	80
c. L'effet des bandes de repos .....	80
<i>C. Suggestions d'amélioration du protocole .....</i>	80
<b>Conclusion.....</b>	<b>83</b>
<b>Liste des références bibliographiques .....</b>	<b>85</b>
<b>Annexe 1 : plaquette de présentation .....</b>	<b>89</b>

---

# Liste des figures

---

Figure 1 : Le réseau lymphatique (Collin, 1993) .....	10
Figure 2 : Mécanisme de dilatation des capillaires lymphatiques en coupe transversale (Skobe et Detmar, 2000) .....	11
Figure 3 : Présence de valvules dans un vaisseau lymphatique (Hansen <i>et al.</i> , 2015) .....	12
Figure 4 : Pourcentages des composants de la paroi des vaisseaux pré-collecteurs chez le cheval (Fedele et Rautenfeld, 2010).....	13
Figure 5 : Principaux troncs collecteurs lymphatiques, vue latérale droite d'un cheval (Collin, 1993) .....	14
Figure 6 : Formation de la lymphe (Santambrogio, 2018).....	15
Figure 7 : Structure d'un nœud lymphatique (Collin, 1993) .....	17
Figure 8 : Anatomie fonctionnelle d'un nœud lymphatique (O'Melia <i>et al.</i> , 2019).....	18
Figure 9 : Vaisseaux et nœuds lymphatiques du membre thoracique du cheval , vue médiale (Barone, 1996) .....	19
Figure 10 : Vaisseaux et nœuds lymphatiques du membre pelvien et du bassin, vue médiale (Barone, 1996) .....	21
Figure 11 : Coupe histologique de l'épiderme et du derme chez un cheval (Scott et Miller, 2011a) .....	23
Figure 12 : Coupe histologique de l'hypoderme chez un cheval (Scott et Miller, 2011a) .....	24
Figure 13 : Coupe histologique d'un vaisseau lymphatique dermique (flèche) (Scott et Miller, 2011a) .....	25
Figure 14 : Lésions d'une lymphangite ulcéратive sur le membre d'un cheval (Scott et Miller, 2011b) .....	27
Figure 15 : Lésions de CPL sur une jument de trait de 6 ans (Affolter, 2013) .....	29
Figure 16 : Coupe histologique d'un vaisseau lymphatique chez un cheval sain en haut et chez un cheval de trait atteint de CPL en bas (barre d'échelle = 50 µm) (Affolter, 2013) .....	30
Figure 17 : Schéma de la cuve de traitement (Palmer <i>et al.</i> , 1991) .....	33
Figure 18 : Photographies d'un patient souffrant de lymphoëdème unilatéral avant et après le traitement (Palmer <i>et al.</i> , 1991) .....	35
Figure 19 : Fonctionnement du "lymphapress" pendant un cycle (A. Zelikovski <i>et al.</i> , 1980) .....	36
Figure 20 : Utilisation de l'appareil "lymphapress" (A. Zelikovski <i>et al.</i> , 1980).....	37

Figure 21 : Comparaison avant et après la phase intensive de traitement chez un patient atteint d'un lymphœdème unilatéral (Zelikovski <i>et al.</i> , 1980).....	38
Figure 22 : Distribution de la fluorescence avant et après une séance de pressothérapie pneumatique (Aldrich <i>et al.</i> , 2017).....	39
Figure 23 : Vitesse et fréquence de pulsations avant, pendant et après une séance de PCT (Aldrich <i>et al.</i> , 2017) .....	40
Figure 24 : Les dix étapes du drainage lymphatique manuel dans le cas d'un traitement d'un œdème postérieur (Fedele et Rautenfeld, 2010) .....	42
Figure 25 : Exercice au trot avec le bandage compressif (Fedele et Rautenfeld, 2010).....	42
Figure 26 : Influence de l'exercice physique sur le flux lymphatique à l'échelle vasculaire (Fossum et Miller, 1992) .....	43
Figure 27 : Guêtre associant cryothérapie et compression active (source internet : <a href="http://www.equi-clic.com">www.equi-clic.com</a> ).....	44
Figure 28 : Cataplasme d'argile appliqué chez un cheval sur la région métacarpienne (Barrier-Battut, 2018).....	45
Figure 29 : Guêtre de magnétothérapie à aimants pour chevaux (source internet).....	46
Figure 30 : positionnement de la guêtre de pressothérapie d'Eoliance Thera® sur un membre postérieur (source : photographie personnelle) .....	50
Figure 31 : Localisation des cinq zones choisies (photographie personnelle) .....	53
Figure 32 : Séance de pressothérapie avec la guêtre et le boîtier de commande Eoliance Thera® (source : photographie personnelle) .....	55
Figure 33 : Image échographique en coupe transversale de la zone 2 (source : clinique équine EnvA) .....	57
Figure 34 : Image échographique en coupe transversale de la zone 3 (source : clinique équine EnvA) .....	57
Figure 35 : Image échographique en coupe transversale de la zone 4 (source : clinique équine EnvA) .....	57
Figure 36 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 1 pour les trois chevaux testés.....	63
Figure 37 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 2 pour les trois chevaux testés.....	64
Figure 38 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 3 pour les trois chevaux testés.....	64
Figure 39 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 4 pour les trois chevaux testés.....	65

Figure 40 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 5 pour les trois chevaux testés.....	65
Figure 41 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 1 .....	66
Figure 42 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 1 .....	66
Figure 43 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 1 .....	67
Figure 44 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 2.....	68
Figure 45 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 2.....	68
Figure 46 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 2.....	69
Figure 47 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 3.....	69
Figure 48 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 3.....	70
Figure 49 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 3.....	70
Figure 50 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 4.....	71
Figure 51 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 4.....	71
Figure 52 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 4.....	72
Figure 53 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 5.....	73
Figure 54 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 5.....	73
Figure 55 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 5 .....	74
Figure 56 : Evolution de la différence entre le membre testé et le membre témoin au cours des quatre étapes choisies pour la zone 2 .....	75
Figure 57 : Evolution de la différence entre le membre testé et le membre témoin au cours des quatre étapes choisies pour la zone 3 .....	76

Figure 58 : Evolution de la différence entre le membre testé et le membre témoin au cours des quatre étapes choisies pour la zone 4 ..... 77

# Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Classification des différents stades de CPL à partir des lésions observées et palpées (Affolter, 2013) .....	29
Tableau 2 : Résultats de l'étude menée sur 120 patients par le Dr CARTIER en 1989.....	34
Tableau 3 : Résultats de l'étude menée sur 300 patients par le Dr CARTIER en 1992.....	34
Tableau 4 : Résultats de réduction de l'œdème du bras malade par rapport au bras sain après la phase intensive exprimée en diminution de circonférence et de volume (A. Zelikovski <i>et al.</i> , 1980) .....	37

# Liste des abréviations

---

µm = micromètre

mm = millimètre

cm = centimètre

mmHg = millimètre de mercure

CPL = chronic progressive lymphedema

PCT = pneumatic compression therapy

CDT = combined decongestive therapy

# Introduction

---

L'œdème de la partie distale du membre est un symptôme bien connu des cavaliers et propriétaires de chevaux, qu'ils désignent communément sous le terme « d'engorgement » ou de « poteaux ». Il est caractérisé par une stase de la lymphe qui se manifeste par un gonflement des tissus mous et est qualifié de lymphoœdème.

Cette manifestation clinique représente un défi pour le vétérinaire équin traitant car il est souvent difficile d'en identifier la cause. Plusieurs origines sont décrites : les lymphoœdèmes primaires ou idiopathiques, les lymphoœdèmes secondaires faisant suite à un traumatisme, à une infection, à une affection du système circulatoire, à une prédisposition génétique probable comme le lymphoœdème progressif chronique des chevaux de trait (Fedele et Rautenfeld, 2010). Dans ces cas, l'œdème est associé à d'autres signes cliniques.

Ce dysfonctionnement du drainage lymphatique peut provoquer une gêne voire une douleur pour le cheval et donc entraîner une baisse de performance voire une boiterie. Cela peut alors avoir de lourdes conséquences sportives et économiques pour le cavalier ainsi que sur le confort de vie du cheval. De multiples solutions thérapeutiques ont été explorées et sont utilisées actuellement, avec des résultats plus ou moins probants, mais cette affection reste difficile à gérer.

Les œdèmes des membres sont également rencontrés en médecine humaine. Dans les années 70, une technique de drainage lymphatique a été mise au point par le Dr Claude-Julien CARTIER : la pressothérapie à bain de mercure. Celle-ci étant trop contraignante et présentant des risques de toxicité environnementale, elle a été remplacée après de nouvelles recherches par une méthode mécanique à compression dégressive. Cette technique de pressothérapie dégressive a eu de très bons résultats en médecine humaine et n'est plus seulement utilisée dans un but thérapeutique mais aussi pour la préparation et la récupération sportive chez les sportifs de haut niveau.

La société EOLIANCE THERA®, dont le Dr CARTIER est co-fondateur, souhaite développer cet outil de physiothérapie dans le domaine vétérinaire et plus particulièrement en médecine équine avec la conception d'une guêtre compressive pneumatique adaptée au cheval.

La première partie de ce travail, bibliographique, aura pour but de rappeler l'anatomophysiologie du système lymphatique et de la peau et d'étudier la physio-pathologie de cette affection.

La deuxième partie consistera à présenter ce concept de pressothérapie pneumatique à compression dégressive en médecine humaine ainsi que les autres méthodes utilisées chez les chevaux pour soigner les lymphoœdèmes des membres.

Enfin, la troisième partie sera consacrée à l'étude expérimentale pilote réalisée avec le prototype de la société chez des chevaux présentant des œdèmes de la partie distale des membres postérieurs.

# Première partie : Les œdèmes de la partie distale du membre chez le cheval

## 1. Anatomo-physiologie du système lymphatique

Le système lymphatique est constitué d'un riche réseau de vaisseaux lymphatiques qui fonctionnent directement avec les organes lymphoïdes parmi lesquels nous ne détaillerons que les nœuds lymphatiques. Il collecte, transporte et contrôle la lymphe et chemine près du système sanguin. De nombreux échanges sont réalisés entre ces deux systèmes circulatoires.

### A. Les vaisseaux lymphatiques

Les vaisseaux lymphatiques forment le réseau lymphatique (figure 1) et sont subdivisés en trois entités majeures :

#### a. *Les capillaires lymphatiques ou lymphocapillaires :*

Ils forment un réseau clos et sont situés dans les espaces intercellulaires. Ils sont présents dans une grande partie de l'organisme, à l'exception du système nerveux central, la moelle osseuse, les lobules du thymus, la pulpe splénique, la cornée, le cristallin, les épithéliums et le cartilage hyalin. Par ailleurs, le réseau de capillaires est très développé dans la peau et les muqueuses (Barone, 1996). Il a pour rôle majeur de collecter toutes les substances du liquide interstitiel, et indirectement du sang, qui aboutissent à la formation de la lymphe.

Leur structure débute par un cul de sac qui permet l'entrée de liquide et de molécules mais pas leur sortie. Ils se regroupent ensuite pour former les vaisseaux lymphatiques intermédiaires (Collin, 1993).

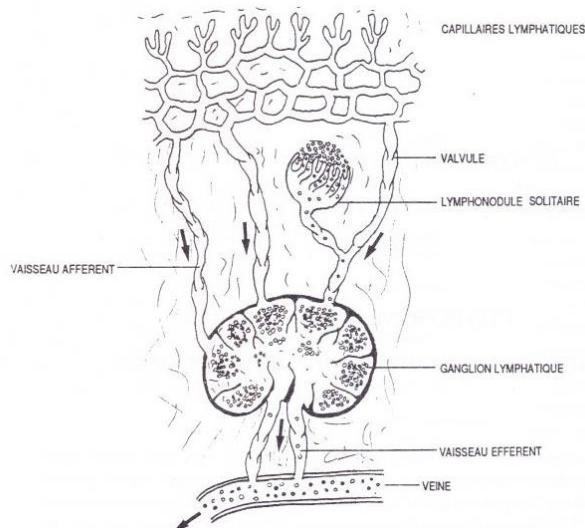
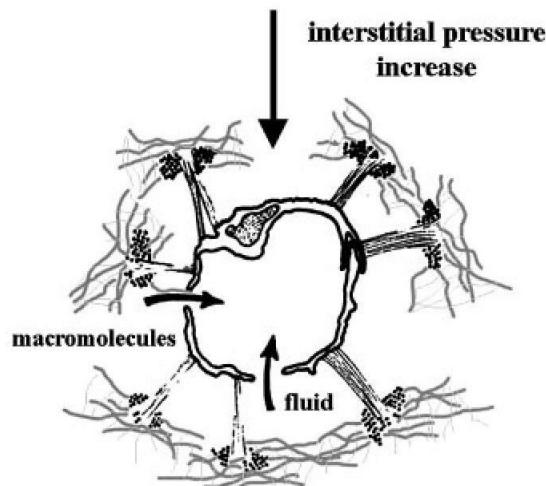


Figure 1 : Le réseau lymphatique (Collin, 1993)

Ils sont composés d'un endothélium très fin à cellules plates et n'ont généralement pas de membrane basale. Les jonctions intercellulaires présentes sont des desmosomes, des jonctions serrées et des jonctions atypiques qui forment des fentes étroites à travers lesquelles peuvent circuler des bactéries ou des molécules de poids moléculaire élevé du liquide interstitiel (Barone, 1996).

Plusieurs types d'admission d'éléments dans les capillaires lymphatiques sont possibles. L'entrée d'eau et de molécules volumineuses se fait par un phénomène de déformation des parois des capillaires. Tout d'abord, des faisceaux de très fines fibres de soutien s'arriment sur les cellules endothéliales des capillaires d'une part et sur le tissu conjonctif environnement d'autre part. Ces fibres peuvent gonfler et se raccourir lorsque la concentration protéique du liquide interstitiel augmente. Cela provoque une traction sur les cellules endothéliales et une dilatation des capillaires, ce qui provoque ainsi une ouverture des espaces intercellulaires et aboutit à l'admission d'eau et de macromolécules (figure 2) (Skobe et Detmar, 2000).



**Figure 2 : Mécanisme de dilatation des capillaires lymphatiques en coupe transversale (Skobe et Detmar, 2000)**

Il existe également un transport actif pour des molécules de plus petite taille, par la voie transcellulaire (Barone, 1996). Enfin, des lymphocytes et des macrophages arrivent dans la lumière des capillaires lymphatiques par mécanisme de diapédèse, c'est-à-dire par transmigration à travers la barrière endothéliale (Filippi, 2016).

#### **b. Les vaisseaux lymphatiques intermédiaires ou vaisseaux pré-collecteurs :**

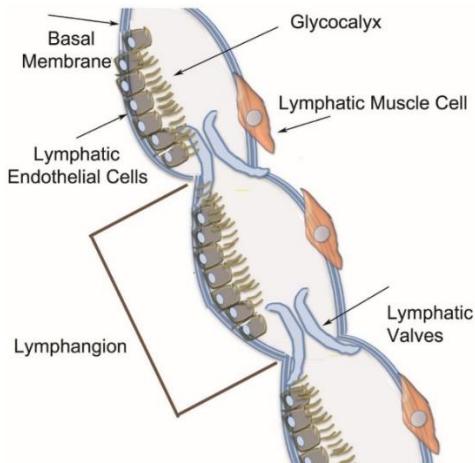
Ils relient les capillaires lymphatiques aux nœuds lymphatiques puis ceux-ci aux collecteurs terminaux.

Ils sont divisés en deux groupes : les vaisseaux lymphatiques superficiels, qui suivent le trajet des veines sous-cutanées et les vaisseaux lymphatiques profonds sous-fasciaux, qui suivent le trajet

des artères et des veines. Il existe des anastomoses entre des vaisseaux du même groupe mais peu entre les deux réseaux parallèles (Barone, 1996).

Leur structure varie en fonction de leur diamètre :

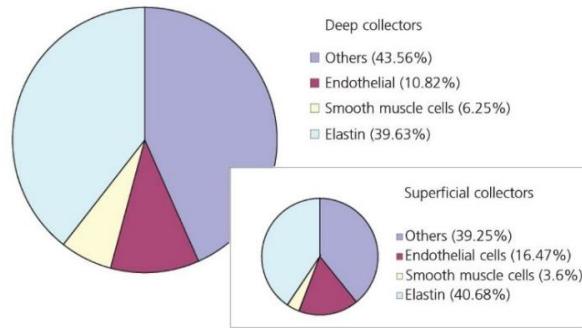
- Les vaisseaux qui font la transition avec les lymphocapillaires ont un endothélium qui se doublent d'une mince gaine conjonctive dans laquelle apparaît progressivement des myocytes lisses et des fibres élastiques. L'endothélium forme des valvules (figure 3) dans la lumière du vaisseau (Barone, 1996) ;



**Figure 3 : Présence de valvules dans un vaisseau lymphatique (Hansen et al., 2015)**

- Les vaisseaux de plus grand calibre ont une mince paroi trilaminaire. Elle est composée d'une *intima* avec un endothélium simple à membrane basale continue, d'une *media* constituée de fibres musculaires lisses et de fibres élastiques et d'un *adventice* qui comporte des fibres élastiques et de collagènes et qui tend à se confondre avec le tissu conjonctif avoisinant. De nombreuses valvules sont présentes dans la lumière de ces vaisseaux (Barone, 1996).

La proportion des éléments qui constituent la paroi des vaisseaux pré-collecteurs varie en fonction des espèces. Chez le cheval (figure 4), la proportion de fibres élastiques est élevée, ce qui a des conséquences physiologiques, telle qu'une plus grande élasticité et déformabilité des vaisseaux. La proportion de cellules musculaires lisses est quant à elle faible. Ces particularités doivent orienter la thérapeutique proposée en cas d'œdèmes par exemple (Fedele et Rautenfeld, 2010).



**Figure 4 : Pourcentages des composants de la paroi des vaisseaux pré-collecteurs chez le cheval (Fedele et Rautenfeld, 2010)**

On retrouve plusieurs mécanismes complémentaires pour la mise en mouvement de la lymphé dans les vaisseaux lymphatiques (Collin, 1993 ; Barone, 1996) :

- Tout d'abord, les valvules imposent un sens unique de circulation de la lymphé et évitent les reflux ;
- Ensuite, les segments intervalvulaires présentent une contraction spontanée et souvent rythmique lorsque les myocytes de la *media* sont distendus ;
- De plus, plusieurs phénomènes annexes, comme la contraction des muscles squelettiques environnants, le rythme de pulsation des artères ou tout autre situation exerçant une pression momentanée sur les vaisseaux lymphatiques, interviennent dans la mise en circulation de la lymphé ;
- Enfin, les mouvements respiratoires participent au maintien de l'écoulement unidirectionnel de la lymphé en formant un gradient de pression de la région abdominale vers la région thoracique.

### c. Les collecteurs terminaux :

Ce sont les vaisseaux de plus grand diamètre du système lymphatique. Ils comportent de nombreuses valvules. Il en existe deux (Collin, 1993 ; Barone, 1996) (figure 5) :

- Le conduit thoracique :

Il prend naissance sur la citerne du chyle, réservoir lymphatique très important qui collecte la lymphé de tous les viscères abdominaux, des membres pelviens, du bassin et des parties adjacentes de la paroi abdominale. Elle est située dorsalement à l'aorte, contre les piliers du diaphragme.

Le conduit thoracique est le plus long collecteur, il collecte la lymphé de tout l'organisme exceptée la région crâniale droite du corps (la moitié droite de la tête, du cou, du thorax et le membre thoracique droit). Son diamètre est d'environ 8 à 10mm chez les équidés. Il chemine le long de l'aorte jusqu'à la sixième vertèbre thoracique chez le cheval où il dévie de l'arc aortique et rejoint le médiastin crânial. Il continue son trajet à gauche de l'œsophage puis de la trachée. Il se termine sous forme de renflement en ampoule

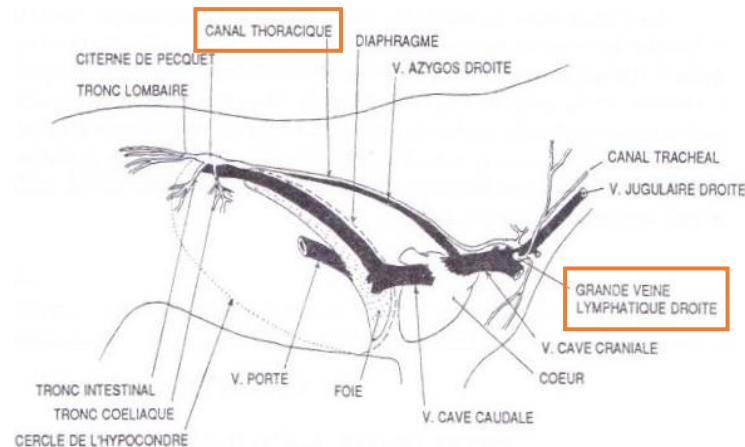
vers la première côte gauche. Il s'abouche sur un des veines subclavière ou jugulaire gauche.

Sa structure est trilaminaire. La *media* est assez variable en fonction de la localisation : elle comporte davantage de fibres musculaires lisses dans la moitié caudale du conduit et les valvules y sont plus rapprochées. Inversement, en se rapprochant de la terminaison, la proportion de fibres musculaires lisses diminue, celle de fibres élastiques augmente et les valvules sont moins nombreuses.

- Le conduit lymphatique droit, aussi anciennement appelé grande veine lymphatique droite :

Il est le segment terminal du conduit trachéal ou jugulaire droit et prend naissance dans les vaisseaux lymphatiques efférents des nœuds lymphatiques rétropharyngiens et cervicaux profonds crâniaux. Les vaisseaux efférents du lymphocentre axillaire s'abouchent à lui à l'entrée du thorax. Il fait environ 4 cm de longueur chez le cheval et a un diamètre légèrement inférieur à celui du conduit thoracique.

Il recueille la lymphe du membre antérieur droit, de la moitié droite de la tête et du cou, de la région axillaire et costale droite. Il se termine dans la veine cave crâniale.



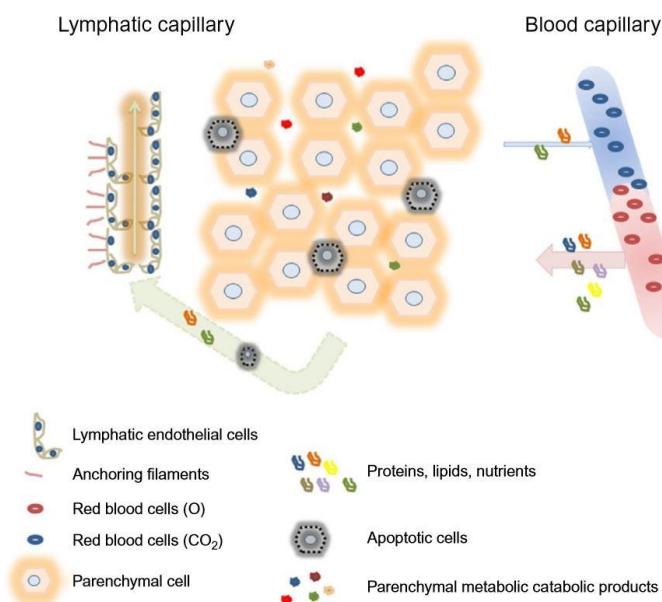
**Figure 5 : Principaux troncs collecteurs lymphatiques, vue latérale droite d'un cheval (Collin, 1993)**

La respiration intervient là aussi dans la mise en mouvement de la lymphe dans les collecteurs terminaux, via plusieurs mécanismes. Pendant l'inspiration, la pression abdominale augmente, ce qui comprime la citerne du chyle et pousse la lymphe dans le conduit thoracique. La pression thoracique quant à elle diminue, ce qui provoque une aspiration de la lymphe vers le secteur veineux. Pendant l'expiration, les pressions s'inversent et le conduit thoracique est comprimé. Cependant, la présence des valvules bloquent le reflux donc la lymphe est là encore chassée vers les veines (Barone, 1996).

## B. La lymphe

Le liquide interstitiel est le liquide biologique dans lequel baignent les cellules de l'organisme. L'excès est réabsorbé par les capillaires lymphatiques et devient la lymphe.

La composition de la lymphe a été longtemps méconnue et très imprécise. Grâce aux récents progrès dans ce domaine, nous savons que sa composition est proche de celle du plasma car elle en est un filtrat. Elle est donc composée d'eau, de protéines, de lipides, d'ions, de leucocytes dont des lymphocytes, et de déchets du métabolisme (figure 6) (Santambrogio, 2018). Elle est plus riche en eau et en lymphocyte que le sang mais plus pauvre en ions et en fibrinogène. Elle collecte également des antigènes et des macrophages dans certains tissus.



**Figure 6 : Formation de la lymphe (Santambrogio, 2018)**

La lymphe joue un rôle essentiel dans le drainage des déchets du métabolisme et dans l'immunité.

- Elle permet le drainage de toutes les régions de l'organisme, avec des variations entre celles-ci et donc l'évacuation d'environ un dixième du liquide interstitiel en situation physiologique. Elle permet le transport de molécules qui ne sont pas prises en charge par la circulation sanguine, comme la majorité des protéines et des molécules avec un poids moléculaire élevé (Barone, 1996).

Sa teneur en lipides et protéines varie beaucoup en fonction de la région du réseau lymphatique.

La concentration en protéines est très élevée dans les vaisseaux lymphatiques qui drainent le foie et le l'intestin. Les protéines majoritaires dans la lymphe sont l'albumine et la globuline plasmatique. Cependant, on retrouve des protéines issues de tissus spécifiques, comme les protéines des matrices extracellulaires, les protéines issues du

métabolisme ou du catabolisme cellulaire et des protéines intracellulaires libérées pendant l'apoptose cellulaire, en quantité plus importante dans la lymphe que dans le plasma (Hansen *et al.*, 2015).

Le taux de lipides le plus élevé est relevé dans la région lymphatique mésentérique pendant la digestion des graisses. On qualifie de chyle la lymphe très chargée en corps gras et en sucs digestifs dans les vaisseaux lymphatiques intestinaux qui lui donne un aspect lactescent (Collin, 1993).

- La lymphe joue également un rôle majeur dans l'immunité. Elle transporte la majorité des populations de lymphocytes et collecte dans les tissus des antigènes et des macrophages, qui sont eux aussi mis en circulation et acheminés dans les véritables filtres immunitaires : les nœuds lymphatiques. Cela permet en cas d'infection de détecter rapidement les antigènes et d'obtenir une réponse immunitaire efficace et généralisée. Elle participe ensuite au transport des anticorps et des macrophages jusqu'au lieu de l'infection (Barone, 1996).

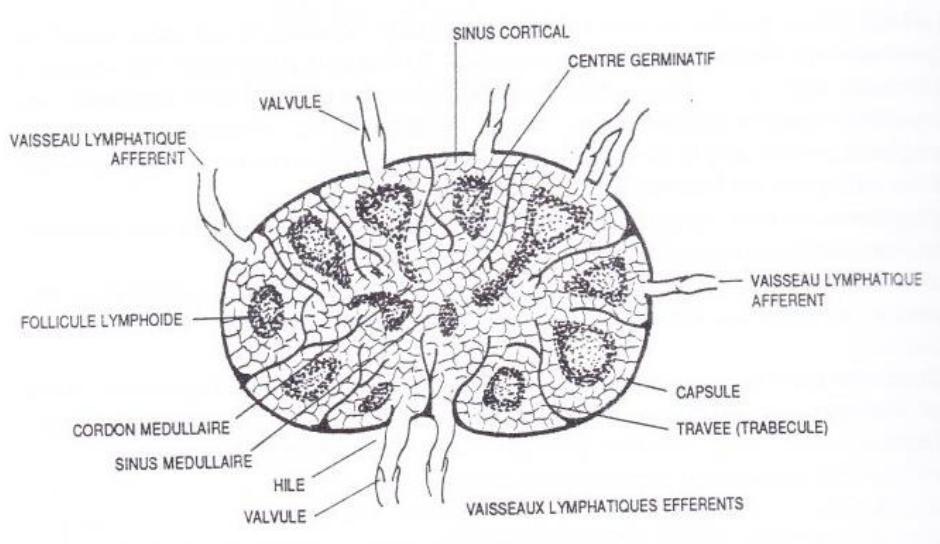
### C. Les nœuds lymphatiques

Les nœuds lymphatiques, autrefois appelés ganglions lymphatiques, sont des formations glandiformes se trouvant sur le trajet des vaisseaux lymphatiques.

Chez le cheval, ils sont de petite taille, de plusieurs millimètres à plusieurs centimètres et sont souvent groupés en amas. Leur nombre est très élevé chez le cheval par rapport aux autres espèces domestiques, puisque l'ensemble totaliseraient 6000 à 10000 nœuds lymphatiques d'après Barone (1996) et même jusqu'à 16000 nœuds lymphatiques selon Collin (1993). Selon ce dernier, ils seraient répartis en 39 groupes ganglionnaires dont la moitié serait annexée à l'intestin.

Leur couleur, leur forme et leur consistance sont variables.

Les nœuds lymphatiques sont reliés d'un côté aux vaisseaux lymphatiques afférents qui s'abouchent en de multiples points d'entrée et de l'autre côté aux vaisseaux lymphatiques efférents, dont le départ est regroupé dans une petite dépression, le hile. Des vaisseaux sanguins partent également du hile (figure 7) (Collin, 1993).

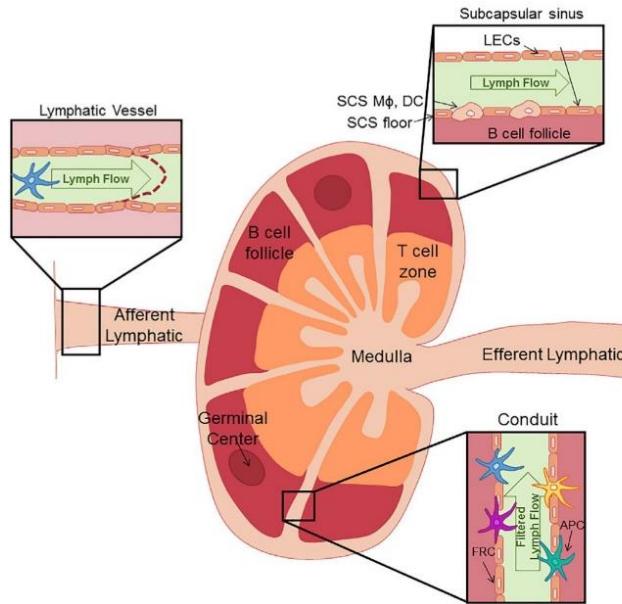


**Figure 7 : Structure d'un nœud lymphatique (Collin, 1993)**

De façon générale, le nœud lymphatique comporte une capsule de nature fibro-élastique qui recouvre toute la surface. La face profonde de cette capsule émet des trabécules qui s'enfoncent dans le cortex et le divise en lobules. Les fibres du réticulum s'ancrent sur la capsule et sur les trabécules. Elles forment un maillage dans lequel les cellules du parenchyme se logent. Ces trois éléments constituent la charpente conjonctive du nœud lymphatique.

Le parenchyme du nœud lymphatique est divisé en cortex et médulla (figure 8) :

- Le cortex, externe, est subdivisé en nodules lymphoïdes qui sont composés d'un amas de lymphocytes accompagnés de macrophages et de granulocytes en plus faible quantité. On y trouve des centres germinatifs, où prolifèrent des lymphocytes B dans la partie superficielle du cortex et des lymphocytes T dans la partie profonde de celui-ci. Entre ces nodules se trouvent des espaces appelés les sinus corticaux, dans lesquels la lymphe circule.
- La *medulla*, interne, est constituée de cordons médullaires, cordons anastomosés de parenchyme comprenant des lymphocytes et des plasmocytes ainsi que des macrophages et quelques granulocytes. Comme le cortex, elle est traversée par des sinus lymphatiques, appelés sinus médullaires dont l'endothélium est continué par celui des vaisseaux lymphatiques efférents (Barone, 1996).



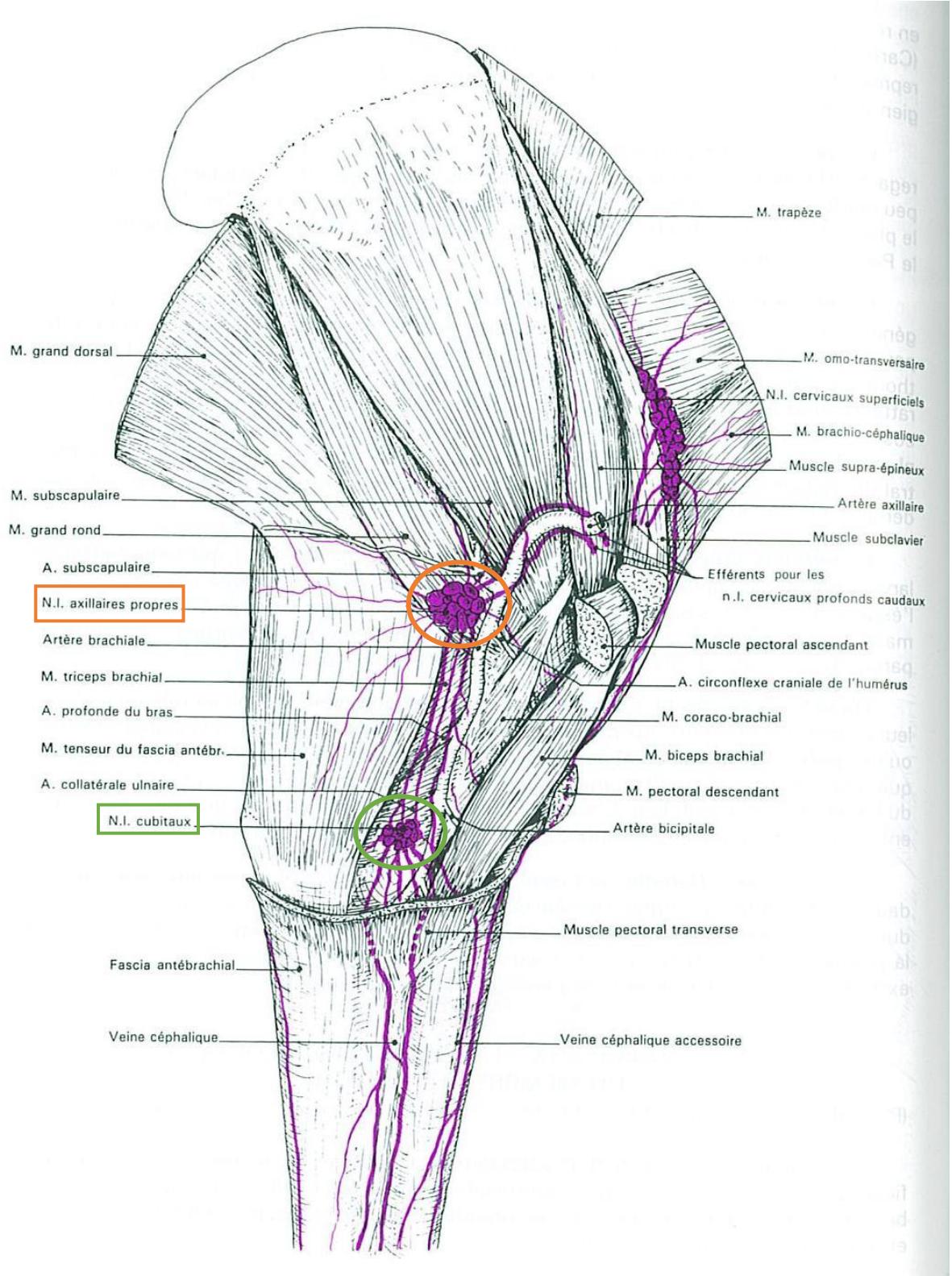
**Figure 8 : Anatomie fonctionnelle d'un nœud lymphatique (O'Melia et al., 2019)**

Les nœuds lymphatiques sont les véritables filtres du système lymphatique. Les macrophages et les cellules dendritiques, situés sur les cellules endothéliales des sinus lymphatiques, contrôlent l'accès des antigènes, des bactéries ou des virus circulants aux follicules des lymphocytes B, stockés dans la partie superficielle du cortex (O'Melia et al., 2019). Ceux-ci interviennent dans l'immunité à médiation humorale. Ils se différencient soit en lymphocyte B mémoire soit en plasmocyte qui sécrète des anticorps. La lymphe est ensuite en contact des lymphocytes T, impliqués dans l'immunité à médiation cellulaire. Les nœuds lymphatiques renouvellent la population cellulaire de la lymphe et l'approvisionnent davantage en cas d'infection ou d'inflammation (Barone, 1996).

Dans notre étude, nous nous intéressons aux régions du membre thoracique et du membre pelvien.

Le membre thoracique est majoritairement drainé par le lymphocentre axillaire qui regroupe les nœuds lymphatiques axillaires et les nœuds lymphatiques cubitaux (figure 9) :

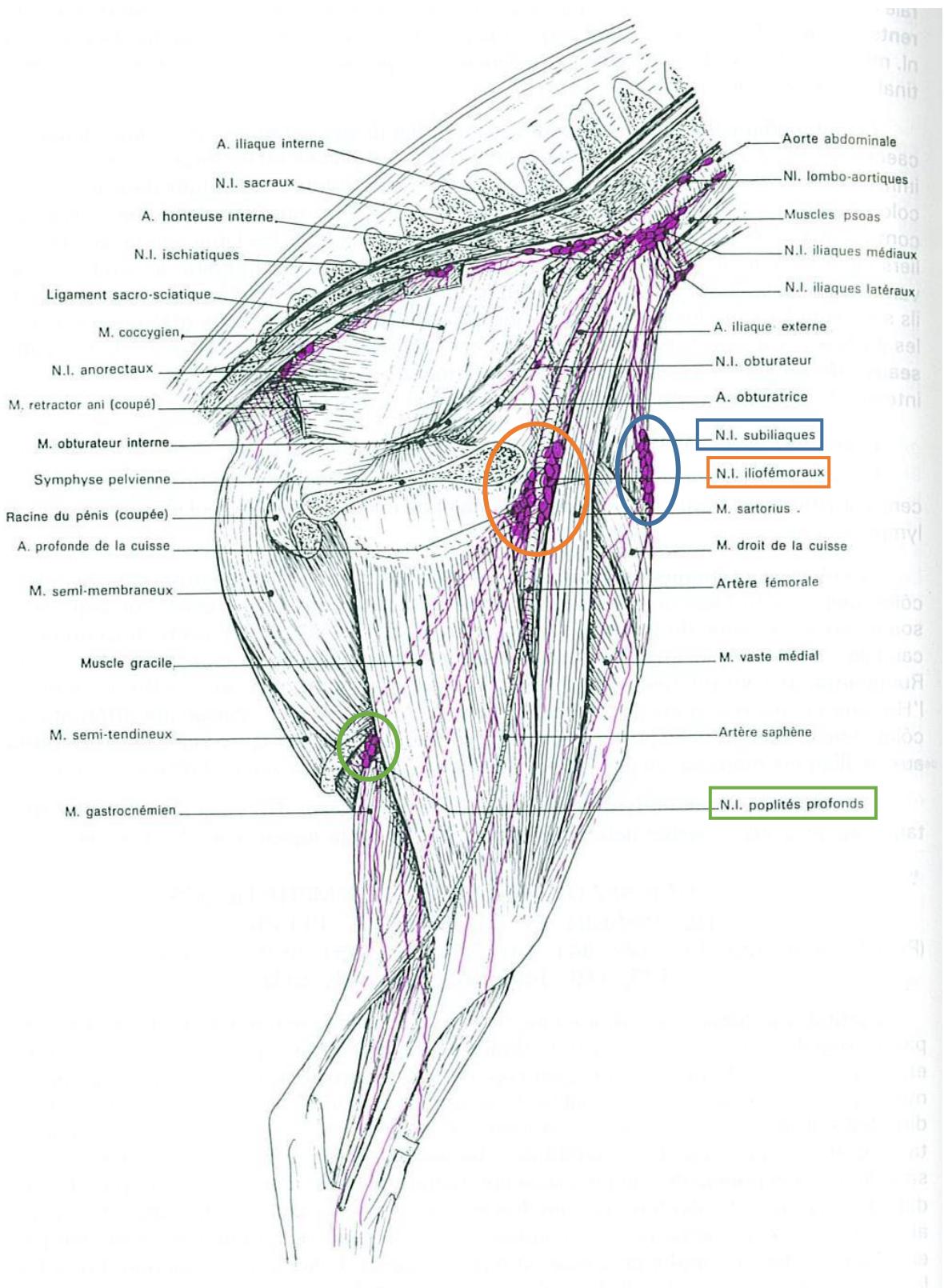
- Les nœuds lymphatiques axillaires drainent, en ce qui nous concerne, la peau et les plans sous-cutanés de l'épaule et du bras ;
- Les nœuds lymphatiques cubitaux quant à eux drainent toutes les régions de l'avant-bras et de la main et la partie distale du bras ;
- Les nœuds lymphatiques cervicaux superficiels et profonds drainent également les territoires de la main et des plans superficiels. (Barone, 1996).



**Figure 9 : Vaisseaux et nœuds lymphatiques du membre thoracique du cheval , vue médiale  
(Barone, 1996)**

Le membre pelvien est drainé par plusieurs groupes de nœuds lymphatiques : les nœuds lymphatiques ilio-fémoraux, inguinaux profonds, subiliaques et poplités (figure 10) :

- Les vaisseaux afférents des nœuds lymphatiques ilio-fémoraux sont issus des territoires superficiels et profonds de la jambe et du pied ;
- Les nœuds lymphatiques inguinaux profonds drainent les régions superficielles de la jambe et de la cuisse ;
- Les nœuds lymphatiques subiliaques drainent la peau et les plans sous-cutanés de la cuisse et du grasset ;
- Les vaisseaux afférents des nœuds lymphatiques poplités proviennent de la jambe et du pied ainsi que dans de la région distale des muscles caudaux et médiaux de la cuisse.



**Figure 10 : Vaisseaux et nœuds lymphatiques du membre pelvien et du bassin, vue médiale (Barone, 1996)**

Enfin, les nœuds lymphatiques sont traversés par des fibres nerveuses sensitives. Lors d'une inflammation, le nœud lymphatique augmente de volume car il y une turgescence du parenchyme. Ces fibres sensitives se trouvent alors compressées et agressées. Un message de douleur est alors perceptible par l'organisme (Barone, 1996).

## 2. Rappels sur la peau

### A. Structure de la peau d'un cheval

La peau normale d'un cheval, comme tous les mammifères, est composé de trois couches successives : l'épiderme, le derme et l'hypoderme.

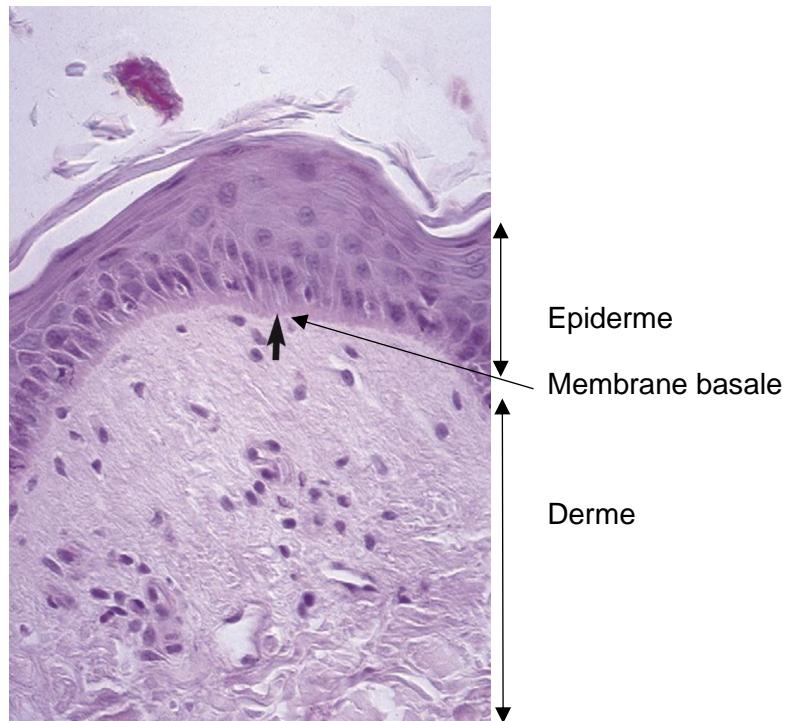
#### a. L'épiderme

L'épiderme est la couche la plus externe de la peau. C'est un épithélium avasculaire et stratifié en cinq couches, de l'extérieur vers l'intérieur : la couche cornée (*stratum corneum*), la couche claire (*stratum lucidum*), la couche granuleuse (*stratum granulosum*), la couche épineuse (*stratum spinosum*) et la couche basale (*stratum germinativum*) (Scott et Miller, 2011a). L'épaisseur moyenne de l'épiderme chez les chevaux est de 53 µm mais elle est très variable en fonction des régions du corps (Pascoe et Knottenbelt, 2009).

Il est composé de plusieurs types de cellules : les kératinocytes, les mélanocytes, les cellules de Langerhans et les cellules de Merkel (Scott et Miller, 2011a).

La population cellulaire majoritaire est celle des kératinocytes qui représenterait 85% des cellules de l'épiderme selon (Scott et Miller, 2011a) jusqu'à 95% selon (Pascoe et Knottenbelt, 2009).

La couche basale (figure 11) est la délimitation entre la dernière couche de l'épiderme et a un rôle particulier puisqu'elle génère des kératinocytes pour l'ensemble de l'épiderme et produit la membrane basale, délimitation entre l'épiderme et le derme. Celle-ci est particulièrement épaisse chez le cheval et remplit plusieurs fonctions essentielles. Elle permet l'accroche de l'épiderme au derme et est une barrière qui régule le transport des nutriments entre l'épiderme et le derme (Scott et Miller, 2011a).



**Figure 11 : Coupe histologique de l'épiderme et du derme chez un cheval (Scott et Miller, 2011a)**

### **b. Le derme**

Le derme est un tissu conjonctif et est divisé en une couche superficielle et une couche profonde. Il est vascularisé par des vaisseaux sanguins et lymphatiques et est innervé. Il contient également les follicules pileux, les glandes sébacées et les glandes sudoripares.

Il est composé de fibroblastes, de macrophages, de lymphocytes, de cellules de Langerhans, de granulocytes neutrophiles et éosinophiles, de fibres insolubles, l'élastine et le collagène, et d'une substance fondamentale constituée d'eau, de minéraux, de déchets métaboliques et de macromolécules solubles comme l'acide hyaluronique et les glycosaminoglycane.

Les fibroblastes représentent la majorité des cellules du derme et sécrètent la majeure partie des fibres et des molécules de la substance fondamentale (Pascoe et Knottenbelt, 2009) (Cordonnier, 2019).

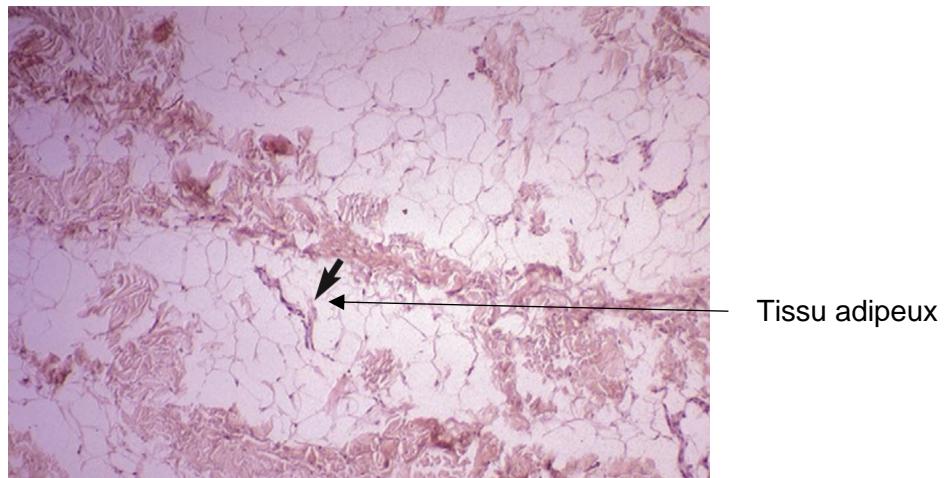
En moyenne, le derme du cheval mesurerait entre 1,6 et 6,1 mm d'épaisseur (Scott et Miller, 2011a).

### **c. L'hypoderme**

L'hypoderme est usuellement appelé tissu sous-cutané. Il est essentiellement composé de tissu adipeux, d'un tissu conjonctif lâche avec des fibres de collagène et d'élastine.

Son épaisseur est très hétérogène chez le cheval en fonction des régions du corps. On retrouve une épaisseur plus importante de l'hypoderme sur la zone dorsale du cou et sur l'arrière-main (Pascoe et Knottenbelt, 2009). A l'inverse, il n'est pas présent sur certaines zones comme les lèvres, les joues, les paupières, l'extérieur de l'oreille et l'anus.

Les triglycérides représentent environ 90% du poids de l'hypoderme et le tissu adipeux (figure 12) est faiblement vascularisé par le système sanguin et non vascularisé par le système lymphatique (Scott et Miller, 2011a).



**Figure 12 : Coupe histologique de l'hypoderme chez un cheval (Scott et Miller, 2011a)**

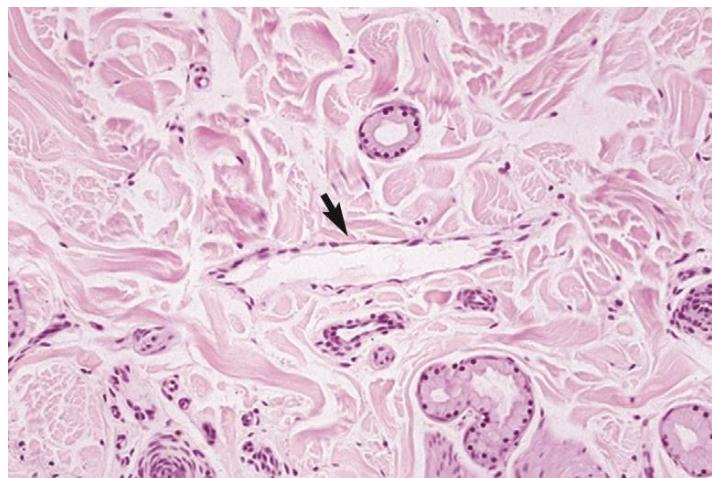
## B. Rôles de la peau

La peau a des rôles fondamentaux au bon fonctionnement de l'organisme. Tout d'abord, elle représente une réelle barrière pour protéger le corps du milieu extérieur en limitant l'entrée d'agents extérieurs et en mobilisant le système immunitaire. La peau a également une fonction de protection mécanique, d'amortissement des chocs. Enfin, elle joue un rôle majeur dans la conservation de l'homéostasie de l'organisme.

### a. Echanges contrôlés avec le milieu extérieur et rôle immunitaire :

- Les kératinocytes synthétisent la kératine, protéine insoluble qui constitue une partie importante de la structure de la peau et des poils, ainsi que des lipides qui forment le film lipidique situé sur la peau qui la rend moins perméable aux agents extérieurs. (Pascoe et Knottenbelt, 2009) ;
- Les mélanocytes secrètent de la mélanine, pigment responsable de la coloration de la peau, des poils et des crins. Cette molécule joue un rôle barrière et donc de protection contre les UV. Les mélanocytes captent également certains radicaux cytotoxiques. Enfin, ils interviennent également dans des processus inflammatoires en sécrétant des cytokines, comme des IL-8. Plus généralement, il existerait des interactions croisées entre les différentes populations de cellules de l'épiderme lors d'un processus inflammatoire. Les kératinocytes, les mélanocytes et les cellules de Langerhans synthétiseraient un peptide neuro-immunomodulateur et anti-inflammatoire, appelé  $\alpha$ -MSH ;
- Les cellules de Langerhans sont des cellules dendritiques qui ont un rôle de surveillance immunitaire et de présentation des antigènes aux lymphocytes T ;

- Les cellules de Merkel sont également des cellules dendritiques mais seraient des cellules neuroendocrines. Elles pourraient avoir d'autres rôles comme modifier la production de sueur et la circulation sanguine de la peau par la sécrétion d'un peptide intestinal vasoactif, intervenir dans la production de kératinocytes, réguler le renouvellement cellulaire des follicules pileux, mais tout cela reste incertain ;
- Les capillaires, artéries et veinules sanguins de la peau approvisionnent les cellules cutanées en nutriments, en oxygène et en cellules immunitaires, indispensables pour lutter contre les agents pathogènes ;
- Les capillaires et vaisseaux lymphatiques de la peau (figure 13), comme nous l'avons vu précédemment, régulent le liquide interstitiel et permettent à la fois la nutrition des cellules de la peau mais aussi l'évacuation des toxiques (solvants, médicaments topiques) ou des agents infectieux vers les nœuds lymphatiques locaux pour activer l'immunité et protéger l'ensemble de l'organisme. Ils drainent également le surplus de liquide inflammatoire dans un processus que nous détaillerons par la suite (Scott et Miller, 2011a).



**Figure 13 : Coupe histologique d'un vaisseau lymphatique dermique (flèche) (Scott et Miller, 2011a)**

#### **b. Amortissement des chocs :**

Le tissu conjonctif du derme composé de fibres d'élastine et de collagène ainsi que de substance fondamentale constitue une véritable protection mécanique aux chocs et aux tensions. Les composants de la substance fondamentale peuvent amortir des contraintes perpendiculaires au plan cutané, y résister ou les dissiper. Les fibres peuvent s'étirer dans une certaine mesure lors de tension parallèles au plan cutané.

De plus, l'épiderme présente une certaine souplesse dans son état physiologique, qui est en partie obtenue par la sécrétion de sébum par les glandes sébacées dermiques (Scott et Miller, 2011a).

### **c. Maintien de l'homéostasie :**

Le système sanguin local joue un rôle majeur pour la thermorégulation et donc le maintien de l'homéostasie. En effet, sa capacité à moduler rapidement le flux sanguin par une vasoconstriction, pour conserver la chaleur, ou une vasodilatation, pour éliminer le surplus de chaleur, permet d'ajuster au mieux la température corporelle.

De plus, les glandes sudoripares présentes dans le derme permettent un autre mécanisme d'évacuation de la chaleur, particulièrement développé chez le cheval, la transpiration. Cela peut être une réponse à un exercice physique, à une température extérieure excessive, à une fièvre, à une douleur ou un stress intense.

Enfin, le tissu adipeux de l'hypoderme est un bon isolant thermique et contribue à limiter les fuites de chaleur (Scott et Miller, 2011a).

## **3. Physiopathologie des œdèmes de la partie distale du membre**

### **A. Définition et étiologie**

D'après le dictionnaire Larousse, un œdème est une « accumulation anormale de liquide provenant du sang dans les espaces intercellulaires d'un tissu ». Avec une approche plus scientifique, « le liquide d'œdème est un ultrafiltrat du plasma qui s'accumule par le fait d'un mouvement du secteur vasculaire vers le secteur interstitiel » (Attias *et al.*, 2010).

Un œdème serait l'expression clinique d'une insuffisance lymphatique, qu'elle que soit la cause de l'œdème (Cartier, 1989).

Plusieurs mécanismes peuvent être à l'origine d'un œdème (Ferraro, 2003 ; Attias *et al.*, 2010 ; Stout *et al.*, 2012) :

- Une baisse de la pression oncotique sanguine par hypoprotéinémie, dans le cas d'une insuffisance hépatique ou d'une dénutrition par exemple ;
- Une augmentation de la pression hydrostatique dans les capillaires dans le cas d'insuffisance veineuse, d'une insuffisance rénale chronique, d'une insuffisance cardiaque, ... ;
- Un trouble de la perméabilité capillaire dans le cas d'inflammation, de vasodilatation, d'hypertension ;
- Une altération du drainage lymphatique dans le cas d'une insuffisance cardiaque, de néoplasie, d'un traumatisme local, du lymphœdème progressif chronique des chevaux de trait, que nous détaillerons par la suite ou par des conditions de vie provoquant une importante immobilité de l'animal et donc une insuffisance de stimulation musculaire pour aider la circulation de la lymphe.

La persistance d'un œdème provoque une accumulation de macroprotéines dans les tissus ce qui engendre une augmentation de la pression oncotique tissulaire et donc une rétention d'eau. On entre alors dans un cercle non auto-résolutif. A terme, cela peut provoquer une fibrose des tissus,

qui peut être hypertrophique ou atrophique. Il est donc primordial de réduire au plus vite un œdème pour ne pas arriver à de telles conséquences (Cartier, 1989).

## B. Affections pathologiques avec présence d'un œdème de la partie distale du membre chez le cheval

### a. Lymphangite

Les lymphangites sont « les lésions inflammatoires des vaisseaux lymphatiques ». Les lymphangites des membres sont fréquentes chez les chevaux (Fontaine, 2014). Elles sont une réaction du système immunitaire à une infection, provoquée par une plaie locale ou une dissémination bactérienne par voie hématogène.

Elles peuvent être d'origine bactérienne, on parle de lymphangite ulcérate ou ulcéruse. Les agents pathogènes impliqués sont *Staphylococcus spp*, *Streptococcus spp*, *Escherichia coli*, *Proteus*, *Corynebacterium equi* ou *Corynebacterium pseudotuberculosis*. Les principaux signes cliniques sont un œdème de la partie distale des membres, une peau épaisse, des nodules pyogranulomateux qui peuvent devenir des ulcères (figure 16). Ils ont également remarqué une grande sensibilité de la région des paturons (Abu-Samra et al., 1980 ; Thibert, 2007 ; Scott et Miller, 2011b).

La gestion thérapeutique consiste en une antibiothérapie large spectre jusqu'à deux semaines après la guérison clinique, des anti-inflammatoires non stéroïdiens et/ou des anti-œdémateux ainsi que des soins locaux comme de l'hydrothérapie et de la marche en main afin de faire diminuer l'œdème et un nettoyage des lésions avec un antiseptique.



Figure 14 : Lésions d'une lymphangite ulcérate sur le membre d'un cheval (Scott et Miller, 2011b)

Il existe également la lymphangite épizootique, dû à un champignon *Histoplasma Farciminosum*. C'était une maladie à déclaration obligatoire, qui n'est plus présente en France à l'heure actuelle. Elle aurait par contre toujours une prévalence élevée dans d'autres pays comme l'Ethiopie (18,8% en 2002) et est un vrai danger pour la population équine (Jones, 2006). Cette maladie peut s'exprimer sous quatre formes : respiratoire, cutanée, oculaire et asymptomatique. La forme cutanée est la plus fréquente et s'exprime principalement sur les régions du cou, des membres antérieurs et du thorax. Les lésions sont des nodules pyogranulomateux qui peuvent s'ulcérer. Les nœuds lymphatiques de la région concernée peuvent être hypertrophiés et un œdème peut être observé (Al-Ani, 1999).

### **b. Lymphœdème progressif chronique des chevaux de trait**

Cette affection pathologique se rapproche du lymphœdème primaire humain. Le lymphœdème primaire est dû à des problèmes de développement du système lymphatique alors que le lymphœdème secondaire est une altération de la fonction du système lymphatique suite à une cause extérieure comme un traumatisme, une chirurgie, une infection etc... (Kayiran *et al.*, 2017). De nombreuses recherches sont en cours, dans le domaine médical humain comme équin, pour essayer d'identifier tous les facteurs et de comprendre le mécanisme physio-pathologique (de Cock *et al.*, 2003).

Le lymphœdème progressif chronique, appelé « chronic progressive lymphedema » dans la littérature internationale et abrégé en CPL, est rencontré chez les chevaux de trait, majoritairement dans trois races : le Shire, le Clydesdale et le cheval de trait belge. D'autres cas plus minoritaires ont été rapportés dans des races telles que le Frison, le Percheron, le Cob anglais et le Trait mulassier poitevin. Les premières lésions peuvent arriver chez des chevaux très jeunes (deux ans) et évoluent tout au long de la vie du cheval (de Cock *et al.*, 2003 ; Bonnissent, 2012 ; Affolter, 2013).

Le CPL est un dysfonctionnement du système lymphatique multifactoriel avec une supposée composante génétique qui n'a pas été encore tout à fait élucidée. Certaines lignées familiales de ces races seraient plus touchées que d'autres mais aucune étude n'a encore réussi à identifier le marqueur génétique qui pourrait être impliqué.

Cette maladie se manifeste cliniquement par un gonflement dans la partie distale des membres, généralement plus souvent des deux membres postérieurs (figure 14) mais les quatre membres peuvent être atteints. Cet œdème peut devenir de moins en moins dépressible au fil de l'évolution de la maladie et finit par être très ferme (tableau 1). L'inflammation est secondaire à l'altération du système lymphatique. L'œdème est accompagné de lésions cutanées telles que la formation de squames, d'ulcères cutanés, de plis de peau, de nodules, d'une hyperkératose et d'une fibrose cutanée pouvant être très importante. Les lésions débutent sur la face palmaire ou plantaire du paturon et progressent ensuite proximalement.

La peau est alors fragilisée et n'assure plus parfaitement son rôle de barrière. De plus, le drainage lymphatique étant altéré, le système lymphatique n'assure plus totalement son rôle immunitaire. Des infections cutanées secondaires peuvent s'y développer. Les principaux agents retrouvés sont des bactéries telles que *Staphylococcus sp* et *Dermatophilus congolensis* ainsi que des parasites comme *Chorioptes bovis*. L'ensemble de ces lésions sont généralement prurigineuses mais peuvent également être très douloureuses, notamment les ulcères (Ferraro, 2003 ; Affolter,

2013). Dans une étude, il a été montré que ces lésions modifiaient la locomotion normale du cheval atteint vers l'âge de 15 ans (de Cock *et al.*, 2003).



**Figure 15 : Lésions de CPL sur une jument de trait de 6 ans (Affolter, 2013)**

Cette même étude a permis une classification des lésions observées en fonction de la gravité de l'affection.

Table 1

Guidelines to categorize clinical evaluation of CPL using palpation and visual evaluation of skin surface; contour of lower legs; and presence of folds, nodules, and signs of secondary infection

Mild CPL	Moderate	Severe	Extreme
Slight skin thickening	Moderate skin thickening	Severe skin thickening	Severe skin thickening
Scaling	Prominent scaling	Severe scaling	Severe scaling
<b>Pitting edema</b>	Exudate, possible erosions, ulcers	Marked exudation, erosions, ulcers	Marked exudation, erosions, ulcers
Normal limb diameter	Increased leg diameter	Increased limb diameter	Feathering broken
Leg definition slightly blurred	Cone shape of lower leg	<b>Firm swelling (brawny edema)</b>	<b>Large limb diameter</b>
1-2 small folds of the pastern (P and PL)	<b>Firm swelling (brawny edema)</b>	Complete lack of leg definition	<b>Firm swelling (brawny edema)</b>
	Multiple folds, nodules in pastern and fetlock (D, P, PL)	Multiple skin folds, nodules ascending toward carpus or tarsus (D, P, PL)	Complete lack of leg definition extending above carpus, tarsus
		Possible mechanical disturbances	Numerous skin folds, nodules ascending to and above carpus or tarsus; circumferential
			Folds and nodules alopecic and ulcerated
			Severe mechanical impairment
			Possible secondary lymphangitis

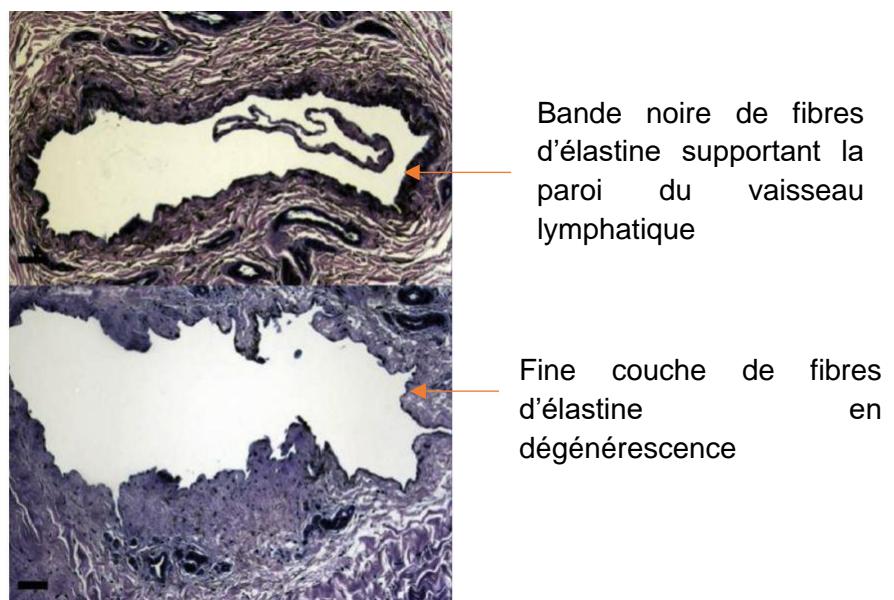
**Tableau 1 : Classification des différents stades de CPL à partir des lésions observées et palpées (Affolter, 2013)**

Différents types d'examens permettent de visualiser les anomalies lymphatiques et tissulaires dans les régions des antérieurs et des postérieurs. En utilisant la radiographie, on peut mettre en évidence un gonflement des tissus mous et des nodules. A l'examen de lymphangiographie, les vaisseaux lymphatiques apparaissent dilatés et tortueux. Avec la

lymphoscintigraphie, il est possible d'observer une importante accumulation de liquide interstitiel et un ralentissement du flux lymphatique.

D'un point de vue histopathologique, on peut observer tout d'abord une hyperkératose et une hyperplasie de l'épiderme. Les couches de la peau qui semblent subir le plus de modifications sont le derme profond et le tissu sous cutané. Ces changements concernent majoritairement les vaisseaux lymphatiques. On observerait une accumulation d'une matrice de nature basophile autour des vaisseaux lymphatiques. De plus, ceux-ci apparaissent anormalement dilatés. Un tissu de fibrose se met également en place au fil de l'évolution de la maladie. Des abcès peuvent apparaître si la fibrose emprisonne du liquide inflammatoire (de Cock *et al.*, 2003 ; Affolter, 2013).

Plusieurs études s'intéressent particulièrement aux fibres d'élastine du derme et de l'hypoderme. En utilisant la coloration à l'acide orcein-Giemsa dans une étude, des scientifiques ont réussi à mettre en évidence des modifications de structure de l'élastine péri lymphatique chez des chevaux atteints de CPL. Ils notent des ruptures de certaines fibres à des stades peu avancés de la maladie et des déformations plus importantes avec des insertions de tissu fibreux au milieu des fibres d'élastine pour les cas les plus sévères. Ils observent également un changement de couleur de celles-ci, variant du noir chez un cheval sain à du marron foncé chez un cheval atteint. Ils supposent alors des modifications biochimiques des fibres d'élastine (figure 15).



**Figure 16 : Coupe histologique d'un vaisseau lymphatique chez un cheval sain en haut et chez un cheval de trait atteint de CPL en bas (barre d'échelle = 50 µm) (Affolter, 2013)**

Dans cette même étude, ils constatent que le taux d'élastine est généralement plus bas chez les races de chevaux de trait pouvant développer la maladie. De plus, les chevaux atteints de CPL ont un taux plus élevé d'anticorps antiélastine comparativement aux chevaux sains de leur race. Cela témoignerait de lésions tissulaires. Des recherches sont toujours en cours pour préciser ces résultats (Affolter, 2013).

Des modifications peuvent également être observées pour les artéries et les veinules, avec des hyperplasies de leur paroi et une perturbation du flux sanguin en raison de la fibrose. Une néovascularisation se met en place, afin de continuer à apporter de l'oxygène aux tissus.

Enfin des lymphocytes affluent avec le contexte inflammatoire et peuvent former des petits agrégats lymphoïdes (Ferraro, 2003 ; de Cock *et al.*, 2003).

# Deuxième partie : Le traitement des lymphœdèmes des membres

---

## 1. La pressothérapie en médecine humaine

### A. La pressothérapie mercurielle

#### a. La technique

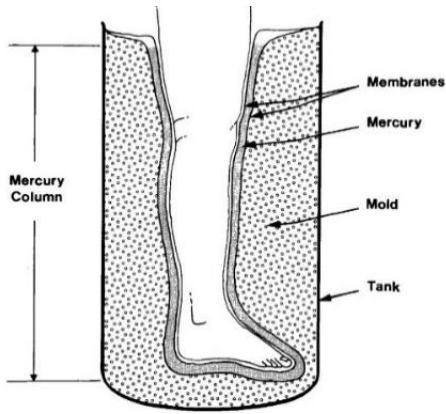
La pressothérapie mercurielle a été créée en 1982 en France par le Docteur Claude-Julien CARTIER. Cette nouvelle méthode de compression tissulaire visait la gestion de plusieurs pathologies circulatoires humaines, dans les domaines lymphatiques, veineuses, de microcirculation, post-traumatique, ...

Les indications principales sont les lymphœdèmes primaires et secondaires, les œdèmes veino-lymphatiques, les troubles trophiques veino-lymphatiques (comme l'eczéma, les hypodermites, ...), les troubles trophiques veino-artériels, les séquelles algiques ou œdématueuses de traumatismes (entorse, fracture, déchirure musculaire) et la récupération physique de sportifs de haut niveau.

Dans le cadre de notre étude, nous nous concentrerons sur les effets sur le système lymphatique. Le but recherché est de se servir de cette méthode comme un stimulus déclenchant pour relancer le drainage lymphatique et évacuer le liquide de l'œdème vers des territoires lymphatiques davantage fonctionnels, qui seront capables de le résorber. La pressothérapie est accompagnée en amont et en aval d'autres techniques complémentaires afin de maintenir le résultat sur le long terme comme le drainage lymphatique manuel, des bandages élasto-compressifs, ... que nous détaillerons par la suite.

La pressothérapie mercurielle repose sur le principe d'Archimède c'est-à-dire que « tout corps immergé dans un liquide reçoit, au niveau de chaque élément de sa surface, une force perpendiculaire à cet élément, proportionnelle à la profondeur d'immersion et au poids spécifique du liquide ». Ainsi, le mercure va épouser uniformément l'ensemble de la surface cutanée de façon très homogène sous forme de plans horizontaux. La densité élevée du mercure et la succession de ces plans horizontaux engendre un gradient de pression naturel, du haut de la cuve (30mmHg) vers le fond (760mmHg) donc de la racine du membre à l'extrémité distale de celui-ci. En effet, de manière générale, les forces de pression augmentent avec la profondeur (Cartier, 1989). Le choix du mercure métal liquide repose sur certaines de ses propriétés intéressantes. Le mercure est un liquide neutre, de très forte densité (13,6) et non ou peu toxique, contrairement à ses sels (Cartier, 1992) (Cartier, 2006).

La technique consiste placer le membre traité dans une cuve qui va se remplir de mercure liquide. A l'intérieur de la cuve, le membre est isolé du mercure par une membrane souple en néoprène étanche pour des raisons d'hygiène et de sécurité (figure 17).



**Figure 17 : Schéma de la cuve de traitement (Palmer et al., 1991)**

Chaque cycle est composé d'une phase de montée du mercure, d'une phase statique de maintien au niveau maximal choisi et d'une phase de descente. Le niveau haut du mercure doit être positionné au moins vingt centimètres en amont de l'œdème pour que la technique soit efficace. Plusieurs paramètres peuvent être ajustés : la vitesse de montée et de descente du mercure, la hauteur maximale atteinte, le temps des cycles, le temps de maintien en position haute et le nombre de cycles. Si nous nous concentrons sur des affections du système lymphatique, il est conseillé de faire des cycles plus longs (montée et descente plus lentes) et de maintenir le mercure au niveau maximal plus longtemps. Cela revient à utiliser des lents gradients de pression pour les phases dynamiques et un gradient puissant au milieu, entre la phase de montée et de descente, en phase statique.

Les résultats attendus sont une réduction volumique du membre significative, un assouplissement tissulaire, une réduction de la douleur et une sensation d'allégement chez la personne traitée.

#### *b. Les expériences menées*

Plusieurs études ont été menées par le docteur CARTIER sur des patients atteints de lymphœdèmes primaires et secondaires.

Un exemple de protocole choisi consistait à prendre les mesures des membres lors de la première consultation puis faire pratiquer plusieurs séances de drainage lymphatique manuel avant de commencer la pressothérapie dans le but de préparer les tissus en améliorant la souplesse tissulaire pour permettre un meilleur fonctionnement circulatoire. Ensuite, trois à quatre séances de pressothérapie étaient exercées, chacune séparée de trois à huit jours. Chaque séance de pressothérapie mercurielle durait en moyenne trente minutes avec peu de cycles, longs et avec une phase statique maintenue longtemps (environ cinq minutes). Entre chaque séance, le patient porte un bandage élasto-compressif. Des mesures étaient prises de nouveau à la fin du traitement.

Après celui-ci, il est recommandé au patient de garder une contention élastique environ douze heures sur vingt quatre tous les jours afin d'entretenir les effets. Il est également conseillé de continuer les séances de drainage lymphatique manuel et il est possible si nécessaire de refaire une séance de pressothérapie à la demande tous les trois à six mois (Cartier, 1989) (Cartier, 1992).

Les résultats mesurés étaient des comparaisons des évolutions du membre sain non traité et du membre malade traité entre le début et la fin du traitement. Ils étaient regroupés en plusieurs catégories afin de simplifier le classement. Le résultat était considéré comme :

- Très bon si la réduction de la différence membre sain/membre malade était supérieure à deux tiers
- Bon si la réduction était comprise entre un demi et deux tiers
- Médiocre si la réduction était inférieure à la moitié

L'étude réalisée en 1989 par le Dr CARTIER était menée sur un effectif de 120 patients, répartis en deux groupes : la moitié souffrant d'un lymphœdème secondaire du membre supérieur et l'autre moitié souffrant de lymphœdème primaire ou secondaire du membre inférieur. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 2) (Cartier, 1989).

Résultats	Médiocres	Bons	Très bons
Membre supérieur	12%	13%	75%
Membre inférieur	6%	9%	85%

**Tableau 2 : Résultats de l'étude menée sur 120 patients par le Dr CARTIER en 1989**

L'étude réalisée en 1992 par le Dr CARTIER était menée sur un effectif de 300 patients, répartis en deux groupes : la moitié souffrant d'un lymphœdème secondaire du membre supérieur et l'autre moitié souffrant de lymphœdème primaire ou secondaire du membre inférieur. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (tableau 3) (Cartier, 1992).

Résultats	Médiocres	Bons	Très bons
Membre supérieur	15%	13%	72%
Membre inférieur	8%	14%	78%

**Tableau 3 : Résultats de l'étude menée sur 300 patients par le Dr CARTIER en 1992**

Les résultats apparaissent assez similaires dans les deux études, avec un taux de très bons résultats toujours supérieur à 70% (figure 18).

De plus, les patients n'ont pas rapporté de douleur pendant les phases de traitement, les pressions maximales étant atteintes progressivement pour habituer le corps (Cartier, 1992).

D'autres études ont également été menées par le Dr LEPRETRE en 1991 et une équipe de médecins américains en 1991 également avec des effectifs plus restreints (Lepretre, 1991) (Palmer et al., 1991).



**Figure 18 : Photographies d'un patient souffrant de lymphœdème unilatéral avant et après le traitement (Palmer *et al.*, 1991)**

Les conclusions communes aux différents médecins sont que la pressothérapie mercurielle apporte un assouplissement cutané et une réduction globalement satisfaisante de l'œdème. Un effet antalgique est également souligné par les patients. De plus, elle est facile à réaliser car elle se pratique en ambulatoire. Elle ne doit pas se pratiquer seule mais doit être accompagnée du drainage lymphatique manuel et de bandages contentifs. Enfin, il a été montré que l'efficacité est plus élevée si les œdèmes sont traités précocement.

## B. La pressothérapie pneumatique à compression séquentielle dégressive

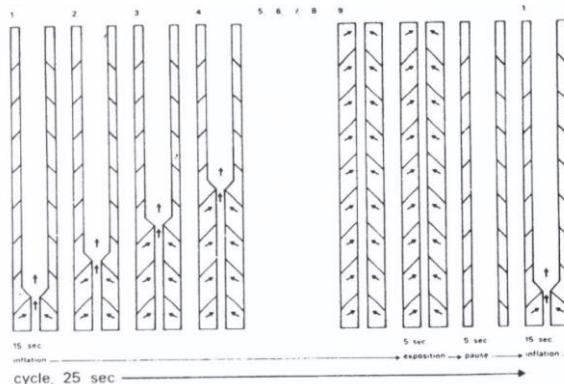
### a. La technique

La pressothérapie pneumatique a été mise au point dans les années 1970, en parallèle de la pressothérapie mercurielle dans un but similaire et pour des indications équivalentes, c'est-à-dire améliorer la circulation sanguine et lymphatique des membres, notamment dans le cadre de lymphœdèmes. Elle est appelée PCT (pneumatic compression therapy) dans la littérature anglophone.

La première version élaborée était un appareil avec un seul compartiment pneumatique. La pression exercée sur le membre était donc la même en tout point. Ce système ne permettait pas d'orienter le flux lymphatique comme on le souhaiterait, c'est-à-dire de la région distale à la région proximale du membre. De plus, la durée du cycle nécessaire était assez longue, ce qui pouvait provoquer de l'inconfort voire de la douleur d'après les utilisateurs. Cela limitait aussi la pression maximale atteinte (environ 60 à 90 mmHg), ce qui réduisait l'efficacité du système. Des publications à ce sujet concluaient que l'utilisation de cet appareil permettait une réduction de l'œdème d'environ 30% mais sans donner plus de détails sur le protocole et sur les études. Les patients n'étaient satisfaits ni par les résultats ni du temps nécessaire pour aboutir à une réduction de la circonférence du membre traité (Zelikovski *et al.*, 1980) (Richmand *et al.*, 1985).

Afin d'améliorer ce système, un nouvel appareil à compartiments multiples a été conçu dans les années 80, appelé « Lymphapress ». Celui-ci a été développé par Avigdor Zelikovski et son équipe, afin de correspondre au mieux au fonctionnement du système lymphatique. L'utilisation de plusieurs cellules pneumatiques qui se gonflent successivement du bas vers le haut du membre

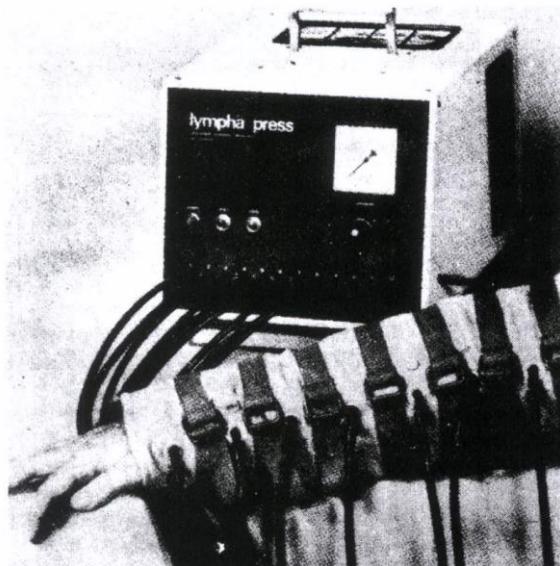
permet un massage uniquement « centripète » et avec des pressions plus hautes, de 150 mmHg pour les extrémités distales à 110mmHg pour les extrémités proximales (figure 19). Cela crée un gradient de pression qui contribue physiologiquement au drainage de l’œdème lymphatique.



**Figure 19 : Fonctionnement du "lymphapress" pendant un cycle (Zelikovski et al., 1980)**

Un cycle de l’appareil dure 25 secondes et est donc relativement rapide. Cela comprend 15 minutes d’inflation, pendant lesquelles chaque cellule se gonfle l’une après l’autre, de la plus distale à la plus proximale. Une fois gonflée, la cellule maintient cet état jusqu’au remplissage de la dernière cellule. Ce temps est ensuite suivi de 5 secondes de maintien de l’état d’inflation de toutes les cellules. Et enfin, tous les compartiments se dégonflent simultanément et une pause est effectuée pendant 5 secondes. La compression effective est donc de 20 secondes par cycle. La rapidité du cycle permet de pouvoir augmenter les pressions sans provoquer d’inconfort ou de douleur aux patients. Cette répétition de cycles est comparée à celle d’une « traite », avec une mise en mouvement des fluides.

De plus, un avantage mis en avant par rapport à la pressothérapie mercurielle est la praticité de l’appareil, composé d’un générateur (figure 20) et d’une guêtre pneumatique, qui peut être facilement transporté et qui ne présente pas de substance potentiellement dangereuse et problématique à recycler comme le mercure liquide.



**Figure 20 : Utilisation de l'appareil "lymphapress" (Zelikovski et al., 1980)**

#### *b. Les expériences menées*

Plusieurs études ont été réalisées sur des patients souffrant de lymphœdèmes primaires ou secondaires à des chirurgies. Les protocoles varient d'une étude à une autre.

La première étude (Zelikovski et al., 1980) concernait 25 patients présentant un lymphœdème unilatéral des membres supérieurs. Le protocole consistait à une phase de traitement intensive avec trois séances de deux à trois heures par jour à des pressions de 100 à 150mmHg pendant trois jours. Des mesures de circonférence ont été réalisées en trois points : le poignet, au milieu de l'avant-bras et au milieu du bras. De plus, des calculs de volume ont été réalisés en utilisant la méthode du déplacement d'eau (tableau 4).

Résultats	<35%	36-50%	51-70%
Réduction en circonférence	12%	36%	52%
Réduction en volume	28%	28%	44%

**Tableau 4 : Résultats de réduction de l'œdème du bras malade par rapport au bras sain après la phase intensive exprimée en diminution de circonférence et de volume (Zelikovski et al., 1980)**

Les auteurs considéraient que la réponse au traitement était favorable à partir d'une réduction de 36%. Ainsi, en recoupant les deux méthodes de mesure, ils en ont conclu que 80% des patients présentaient une réduction de l'œdème supérieure à 36% (figure 21).



**Figure 21 : Comparaison avant et après la phase intensive de traitement chez un patient atteint d'un lymphoedème unilatéral (ZELIKOVSKI *et al.*, 1980)**

Afin de faire perdurer cet effet, une période de transition a été mise en place pendant six mois avec une à quatre séances de deux heures par semaine. Les résultats obtenus sont restés constants.

La deuxième étude (Richmand *et al.*, 1985) concernait 24 patients avec 25 lymphoédèmes au total, divisés en 18 cas de membres inférieurs et 7 cas de membres supérieurs. Le protocole consistait à une première séance intensive de six à huit heures puis à d'éventuelles autres séances jusqu'à obtenir le résultat clinique souhaité. De la même façon que pour l'autre étude, les résultats sont obtenus par mesure de la circonférence du membre en trois points (cheville, mi-mollet et cuisse pour la jambe, poignet, mi avant-bras et mi-bras pour le bras) et par mesure du volume. Les conclusions des auteurs sont que le volume des membres inférieurs atteints avait diminué d'environ 45% et la circonférence d'environ 40% après le traitement et que la circonférence des membres supérieurs atteints avait diminué d'en moyenne 32%.

Des mesures ont été prises chez quatre patients trois à six mois après le traitement et d'après les auteurs, ils ont tous conservé au moins 50% de la réduction obtenue après le traitement.

Il semblerait donc qu'une phase d'entretien de plusieurs mois avec au moins un traitement par semaine permettrait un meilleur maintien des résultats obtenus après la phase intensive du traitement.

Les autres bénéfices mis en avant par ces études sont un soulagement symptomatique de la douleur provoquée par l'œdème et une réduction de la fibrose tissulaire, un gain en souplesse de la peau et du tissu sous cutané (Richmand *et al.*, 1985).

Un effet secondaire notifié après la phase intensive du traitement est une polyurie marquée chez tous les patients pendant la durée de cette phase (Zelikovski *et al.*, 1980).

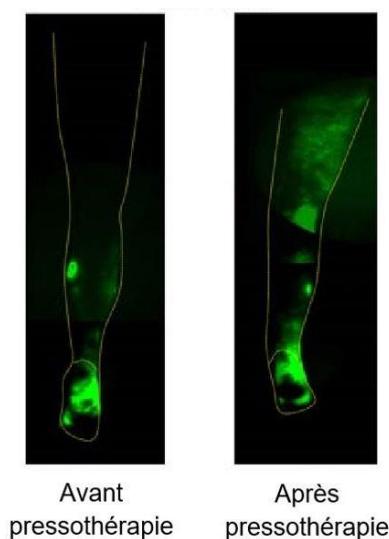
Enfin, les auteurs avertissent sur la majeure contre-indication de l'utilisation de cette technique, à savoir les thromboses veineuses dans les membres traités. En effet, les forces de

pression exercées par l'appareil peuvent provoquer une embolisation proximale. Il est donc important de bien vérifier l'absence de ce paramètre avant de commencer le traitement (Richmand *et al.*, 1985).

### c. Etude de l'efficacité de la pressothérapie pneumatique

Dans l'opinion populaire américaine, la technique de pressothérapie pneumatique à compression dégressive avait des difficultés à faire ses preuves et à obtenir de la confiance et du crédit auprès des patients et de certains praticiens. Plusieurs études ont été menées pour étudier les effets de cette méthode, notamment en utilisant la lymphoscintigraphie afin de démontrer l'absorption de marqueurs radioactifs par les vaisseaux lymphatiques pendant une séance de pressothérapie pneumatique (Baulieu *et al.*, 1989) (Aldrich *et al.*, 2017).

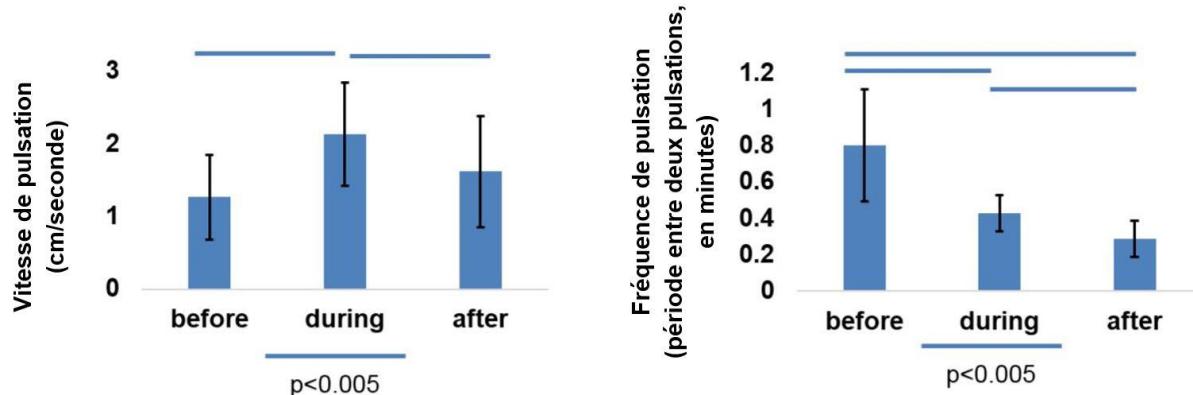
En 2015, M.B Aldrich et son équipe ont présenté au congrès mondial de lymphologie, à San Francisco, son étude visant à étudier le mouvement du liquide lymphatique pendant une séance de PCT sur des sujets souffrant de lymphœdème par le biais d'une technique d'imagerie par fluorescence appelée NIRFLI en anglais (Near-infrared fluorescence lymphatic imaging). Ils ont utilisé un colorant fluorescent, le vert d'indocyanine (ICG), qui, une fois injecté par voie intradermique, se lie à l'albumine ainsi qu'à d'autres protéines contenues dans la lymphe. Cela permet de suivre le trajet de cette dernière et de visualiser les transports protéiques entre le milieu interstitiel et le milieu vasculaire. Cette technique est utilisée avant, pendant et après la PCT (figure 22).



**Figure 22 : Distribution de la fluorescence avant et après une séance de pressothérapie pneumatique (Aldrich *et al.*, 2017)**

Les auteurs en ont conclu que le remplissage des vaisseaux lymphatiques était plus important et que le mouvement de la lymphe était davantage dirigé proximalement après une séance de pressothérapie mécanique compressive que sans ce traitement. Il y a donc un recrutement de vaisseaux lymphatiques induit par la séance.

De plus, ils ont étudié la vitesse pulsatile des vaisseaux lymphatiques ainsi que la fréquence pulsatile, exprimée en temps entre les pulsations, trente minutes avant, pendant et trente minutes après une séance de PCT. Les résultats des deux jambes ont été combinés et sont représentés sous forme d'histogramme (figure 23).



**Figure 23 : Vitesse et fréquence de pulsations avant, pendant et après une séance de PCT  
(Aldrich et al., 2017)**

Les auteurs ont conclu que la vitesse de pulsation des vaisseaux lymphatiques augmente pendant la séance de pressothérapie et reste plus élevée en post-PCT qu'en pré-PCT. De plus, la fréquence pulsatile, exprimant la période entre deux pulsations, diminue pendant la PCT et en post-PCT. Les pulsations sont donc plus rapprochées les unes des autres. Tout ceci témoigne d'une augmentation de l'activité circulatoire des vaisseaux lymphatiques qui semble déclencher par la pressothérapie et dont l'effet perdure même après la fin de la séance. Cependant, on peut observer que les barres d'erreur des graphiques se chevauchent plus ou moins, et que la significativité des résultats peut être contestable.

Ces études ont donc abouti à montrer que la pressothérapie mécanique à compression dégressive permet de réduire significativement l'œdème en cas de lymphœdème et de conserver cette réduction sur le long terme avec un protocole de maintien adapté.

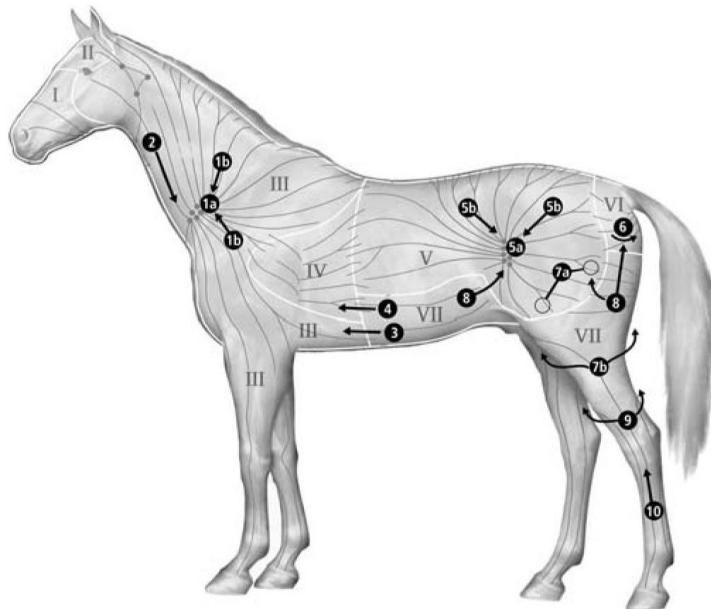
## **2. Etat des lieux des techniques utilisées pour favoriser le drainage lymphatique des membres chez le cheval**

### **A. La thérapie décongestive combinée**

Une technique de thérapie étudiée pour favoriser le drainage lymphatique lors de lymphœdèmes, que ce soit chez l'humain ou chez le cheval, est une combinaison de plusieurs manipulations appelée « thérapie décongestive combinée » (CDT pour « combined decongestive therapy » dans la littérature). Elle est constituée d'un drainage lymphatique manuel, de bandages compressifs, d'exercice physique et de soin de peau. Elle est recommandée dans tous les types d'œdème et ne présente pas de complications particulières ou de contradictions, du fait du caractère non invasif de cette méthode. D'après Lamoreaux Hesbach (2014), le drainage lymphatique manuel peut être particulièrement utile pour mobiliser du liquide d'œdème dans les extrémités distales des membres, dans le cas par exemple d'immobilité prolongée des patients.

La CDT s'organise en deux phases. La première phase est la phase de traitement intensif, composée des quatre composantes citées dans le paragraphe précédent. La deuxième phase est la phase d'entretien, réalisée par le responsable du cheval au quotidien, constituée de toutes les étapes sauf du drainage lymphatique manuel (Powell et Affolter, 2012).

Le drainage lymphatique manuel, point central et technique de cette méthode, doit être réalisé par des personnes formées, vétérinaires ou praticiens spécialisés. Elle consiste en une stimulation par massage (figure 24) de la contraction des vaisseaux lymphatiques, à la fois superficiels et profonds, contrairement à l'Homme chez lequel seuls les profonds sont stimulés. Les parois des vaisseaux lymphatiques collecteurs contiennent moins de cellules musculaires lisses chez le cheval que chez l'Homme. Cependant, la rétraction des fibres élastiques est également stimulée par les massages lymphatiques et leur proportion est plus élevée chez le cheval. C'est pourquoi la technique de drainage lymphatique manuel est au moins aussi efficace chez le cheval que chez l'Homme. Les nœuds lymphatiques superficiels peuvent eux aussi être stimulés, activant ainsi la circulation lymphatique intra et péri nodale ainsi que la réabsorption de la lymphe dans la circulation sanguine nodulaire (Fedele et Rautenfeld, 2010). Le drainage lymphatique manuel permet également d'assouplir les tissus, notamment si une fibrose se met en place (Powell et Affolter, 2012).



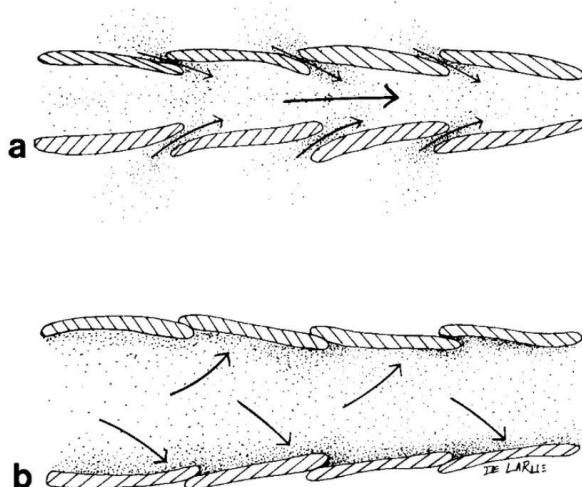
**Figure 24 : Les dix étapes du drainage lymphatique manuel dans le cas d'un traitement d'un œdème postérieur (Fedele et Rautenfeld, 2010)**

Le bandage compressif est essentiel car il contribue à augmenter la pression tissulaire et à soutenir le flux lymphatique et sanguin, en contribuant au gradient de pression distal-proximal. Le bandage doit être suffisamment épais et rembourré pour ne pas provoquer de striction et gêner la circulation. Pour un bandage sur un membre postérieur, il est recommandé de débuter le bandage sur la partie proximale du tibia, de dérouler rapidement sans trop serrer la bande vers le bas jusqu'au sabot, puis de remonter en serrant davantage. Le bandage ne doit ni glisser ni empêcher le déplacement du cheval, même au trot (figure 25) (Fedele et Rautenfeld, 2010).



**Figure 25 : Exercice au trot avec le bandage compressif (Fedele et Rautenfeld, 2010)**

Le maintien d'un exercice physique fait partie intégrante de la méthode de CDT, car il stimule également la circulation lymphatique et sanguine. D'après Fossum et Miller (1992), les jonctions intercellulaires endothéliales des vaisseaux lymphatiques sont davantage fermées (figure 26b) lorsque le flux lymphatique et donc la pression intra vasculaire augmentent, comme en cas d'exercice par exemple. Cela limite la sortie de liquide lymphatique dans l'espace interstitiel et favorise la circulation unidirectionnelle dans la lumière des vaisseaux. Au contraire, lorsque la pression intra vasculaire diminue, les jonctions s'ouvrent légèrement (figure 26a) ce qui provoque une entrée de fluide dans les vaisseaux lymphatiques.



**Figure 26 : Influence de l'exercice physique sur le flux lymphatique à l'échelle vasculaire (Fossum et Miller, 1992)**

Il est conseillé de faire bouger le cheval avant une séance de massage lymphatique sans bandages puis après la séance, avec les bandages compressifs. L'exercice peut être contrôlé en longe aux trois allures ou dans un petit paddock à condition que le sol soit régulier. Le galop est une allure très intéressante car c'est l'allure où la respiration est la plus exacerbée, et nous avons vu précédemment qu'il s'agissait d'un des moteurs de la mise en circulation des fluides. Il ne doit être réalisé que si cela est compatible avec l'affection du cheval (Fedele et Rautenfeld, 2010).

Les soins de peau consistent en un nettoyage et une hydratation régulière.

Cette méthode a déjà fait ses preuves en médecine humaine et il a été mis en évidence que l'association de ces techniques au sein de la CDT en augmentait l'efficacité. Une étude a été menée par (Ezzo *et al.*, 2015) sur des patientes atteintes d'un cancer du sein. Ils affirment que plus d'une patiente sur cinq ayant reçu une chirurgie ou une radiothérapie développera un lymphœdème dans la région de la poitrine. Ils comparent notamment la réduction de l'œdème en utilisant seulement un bandage compressif versus du drainage lymphatique manuel puis bandage compressif. La réduction du volume de l'œdème est de 30% à 38,6% en utilisant le bandage compressif seul et une réduction supplémentaire de 7,11% en ajoutant le drainage lymphatique manuel. L'association de ces différentes techniques semble être vraiment bénéfique et apporter une efficacité supplémentaire plutôt que de les utiliser de manière isolée.

## B. La cryothérapie

La cryothérapie, ou thérapie par le froid, est usuellement utilisée pour lutter contre l'inflammation locale. Chez le cheval, elle est notamment recommandée dans les cas de fourbure, de traumatismes, de tendinites ou de récupération après l'effort. Elle semble également indiquée dans les cas d'œdèmes distaux des membres. Plusieurs systèmes ont été mis au point : des guêtres de froid à gel, poches de glace enveloppées et placées directement sur le membre ou encore des guêtres de froid à compression active à faible pression (compression de toute la région sous la guêtre simultanément, sans gradient, ne permettant pas d'orienter le flux lymphatique), associant cryothérapie et compression (figure 27).



**Figure 27 : Guêtre associant cryothérapie et compression active (source internet : [www.equi-clic.com](http://www.equi-clic.com))**

Plusieurs études (Demongeot, 2006 ; Roszkowska *et al.*, 2018) tendent à affirmer que l'application de froid localement est bénéfique en cas d'inflammation aigüe mais pas en cas d'inflammation chronique. En effet, le froid diminuerait la production de molécules inflammatoires localement en phase aigüe alors qu'il favoriserait la synthèse de prostaglandines en cas d'inflammation chronique, entretenant alors l'inflammation. De plus, le froid inhibe partiellement la conduction nerveuse et a donc un effet analgésique intéressant. Enfin, le froid influe sur la vasomotricité en provoquant une vasoconstriction périphérique transitoire sur la zone où le froid est appliqué, ce qui limite la diffusion de molécules inflammatoires ainsi que l'extravasation plasmatique et donc la formation d'un œdème. Cependant, cela semble provoquer un gonflement sous cutané.

Une étude a également mis en évidence que le principal effet secondaire de la cryothérapie sur les extrémités distales des membres était la formation d'un œdème post-cryothérapie, observé chez 16% des 285 sujets de l'étude ainsi que la formation d'un œdème pendant la cryothérapie chez 6,3% des sujets de l'étude (Proctor-Brown *et al.*, 2018). Le consensus ne semble donc pas être atteint sur l'efficacité et les modalités d'utilisation de cette technique.

L'association de cryothérapie et de compression (active ou passive, via des bandes de contention) posséderait une réelle action bénéfique pour lutter contre la formation de l'œdème (Demongeot, 2006) mais il faudrait étudier les effets sur la réduction d'un œdème chronique.

### C. Cataplasme d'argile

L'utilisation de cataplasme d'argile (figure 28) est une pratique très ancienne et très courante dans le domaine équestre, en cas d'engorgement des membres, de tendinites, molette etc... Pourtant, les données de la littérature sont très peu fournies quant à sa réelle efficacité.



**Figure 28 : Cataplasme d'argile appliqué chez un cheval sur la région métacarpienne  
(Barrier-Battut, 2018)**

D'après le Dr (Barrier-Battut, 2018), « les argiles sont capables d'absorber les exsudats et sécrétions diverses produits par les plaies (suppuration...), [et] les liquides inflammatoires intratissulaires (œdèmes sous la peau, inflammation des muscles ou des tendons...) ». L'argile agirait à la manière d'une « éponge » qui capterait le surplus de liquide. Les attapulgites, qui sont un type d'argile fréquemment utilisé pour les cataplasmes, serait capable d'absorber 40% de son poids en liquide.

Cette méthode est très peu coûteuse et sans risque pour le cheval, bien que certains chevaux fassent parfois des réactions cutanées. Elle ne porte donc pas préjudice à être essayée, même si son efficacité n'est pas réellement prouvée.

## D. La magnétothérapie

Des guêtres de magnétothérapie à base d'aimants (figure 29) ont été développées afin de créer une induction magnétique sur les fluides et les tissus, en médecine humaine et vétérinaire.

Une étude (Kobluk *et al.*, 1994) a été réalisée sur 8 chevaux avec des membres cliniquement sains. Sur chaque cheval, un antérieur était le membre test sur lequel des patchs magnétiques étaient appliqués pendant 48 heures sur la face dorsale de la région métacarpienne et le membre controlatéral était le témoin, sans patchs magnétiques. L'activité osseuse, vasculaire et celle des tissus mous était mesurée par un examen scintigraphique. Puis après une pause de 7 jours, l'opération était répétée en inversant les deux membres. Les auteurs disposaient donc ainsi de 16 résultats. Les auteurs en ont conclu que l'application de patchs magnétiques pendant 48 heures augmentait significativement la circulation (dans 94% des cas) et l'activité métabolique osseuse et des tissus mous (dans respectivement 88% et 81% des cas). Cependant, le fait que le membre témoin soit, une semaine plus tard, utilisé comme membre test et inversement peut constituer un biais important. De plus, l'effectif de chevaux utilisé est faible et donc peu représentatif.



**Figure 29 : Guêtre de magnétothérapie à aimants pour chevaux (source internet)**

Des guêtres de magnétothérapie à champ électromagnétiques pulsées ont également été développés. Une étude (Sun *et al.*, 2016) s'est intéressée aux effets des champs électromagnétiques pulsés sur la circulation cutanée en médecine humaine. Les paramètres mesurés sont le débit sanguin et le diamètre des vaisseaux sanguins. Suite à leurs expériences, ils ont conclu que l'utilisation de champs électromagnétiques pulsés augmente la vitesse du flux sanguin cutané. Cela présenterait alors un intérêt pour contribuer à une meilleure élimination des déchets métaboliques et potentiellement à un meilleur drainage lymphatique également. Cependant, aucun effet n'est noté sur la variation de diamètre des vaisseaux sanguins superficiels. Ils affirment également que cette méthode n'a pas d'effet en cas d'arrêt prolongé de la microcirculation, dans certaines pathologies sévères. D'après une autre étude (Gaynor *et al.*, 2018), les indications

d'utiliser cette technique sont multiples (arthrose, processus inflammatoire, cicatrisation de tissus, œdèmes,...) et son développement est en cours.

### **E. Le laser**

Le laser est également décrit, souvent en combinaison avec la thérapie décongestive combinée. Plusieurs études sur le laser ont décrit une augmentation du drainage lymphatique en sollicitant la formation de nouveaux vaisseaux lymphatiques, en améliorant la vasomotricité et en réduisant le phénomène de fibrose tissulaire (Kayiran *et al.*, 2017).

Une étude (Baratto *et al.*, 2011) sur la thérapie par rayonnement laser basse énergie (*ultra-low-level laser therapy*) réalisée sur des rats a montré l'efficacité de cette technique dans la réduction de l'œdème ainsi qu'un effet analgésique dans un contexte inflammatoire chronique ou aigu.

Cette technique a également été étudiée dans le cadre de lymphœdème lié à un cancer du sein chez la Femme. D'après (Smoot *et al.*, 2015) qui regroupent les résultats de plusieurs études à ce sujet, la thérapie par rayonnement laser basse énergie améliore le confort des patientes avec une réduction de la douleur ainsi qu'une réduction modérée du volume du bras traité et donc de l'œdème.

### **F. Parallèle avec les différents traitements utilisés en médecine humaine**

En médecine humaine, des techniques similaires à celles décrites précédemment sont utilisées pour le traitement des lymphœdèmes comme la thérapie décongestive combinée, l'exercice physique, les soins cutanés, les contentions externes comme des bas de contention, le drainage lymphatique manuel, et bien sûr la pressothérapie pneumatique.

Il existe également des techniques chirurgicales dans le cas de stade de lymphœdèmes plus avancés. Des techniques réductives sont possibles, comme l'excision de tissu sous cutané œdématié ou la liposuccion. D'autres techniques sont également décrites comme la création d'une anastomose entre des vaisseaux lymphatiques et les veines avoisinantes ou la greffe de nœud lymphatique (Kayiran *et al.*, 2017).



# Troisième partie : Etude expérimentale

---

## 1. Introduction

### A. Mise en place du protocole

Le lymphœdème de la partie distale des membres chez le cheval apparaît comme un véritable enjeu au quotidien, pour le vétérinaire et le propriétaire. Diverses solutions thérapeutiques existent comme nous l'avons vu précédemment, mais leur efficacité ne semble pas optimale. C'est pourquoi l'idée de transposer une technique, la pressothérapie à fort gradient de pression, ayant fait ses preuves en médecine humaine, dans le traitement des lymphœdèmes des membres chez le cheval, a vu le jour.

Afin d'objectivité l'efficacité de la pressothérapie sur la réduction des lymphœdèmes de la partie distale des membres chez le cheval, nous avons mené une étude expérimentale en utilisant le prototype de guêtre de pressothérapie de la société Eoliance Thera®.

Nous avons choisi de réaliser les tests uniquement sur les membres postérieurs car c'était les cas que nous retrouvions majoritairement lors du recrutement. De plus, dans la littérature, les lymphœdèmes des membres postérieurs semblent plus représentés que les membres antérieurs, notamment pour la CPL (Affolter, 2013). Néanmoins des études et des données précises nous manquent pour pouvoir l'affirmer dans l'ensemble des causes d'œdème de la partie distale des membres.

### B. Etudes menées au préalable

Des essais ont été réalisés en 2018 par Eoliance Thera® avec l'ancien prototype de la guêtre. Dix chevaux, présentant des affections pathologiques variées (ténosynovite, séquelle de lymphangite, tendinite, ...) ont suivi six séances sur trois jours. Des effets immédiats ont été observés avec une diminution globale du périmètre du membre (jusqu'à 8 cm après la sixième séance sur un cheval) ainsi que des modifications subjectives comme un assouplissement des tissus.

Cependant, ces essais ne prenaient pas en compte un groupe témoin, ce qui ne permet pas de les rendre statistiquement exploitables.

## 2. Matériels et méthodes

### A. Description de l'effectif

La population d'étude est choisie parmi les chevaux de la Garde Républicaine de la caserne des Célestins à Bastille (75). Les critères de sélection pour l'étude sont la présence d'un œdème chronique de la partie distale des postérieurs, sans autre pathologie locomotrice associée. Deux lots ont été formés en fonction des chevaux disponibles, un groupe présentant un œdème unilatéral postérieur et un groupe un œdème bilatéral des deux postérieurs. L'unité de lieu des individus testés permet une meilleure comparaison des résultats, les chevaux étant soumis au même environnement, mode de vie et sols pratiqués. En effet, cela est d'autant plus important pour cette

étude car l'immobilité prolongée (comme une vie au box) ou la qualité des sols influent sur la circulation lymphatique.

Afin de présenter le projet aux personnes extérieures, j'ai réalisé avec Eoliance Thera® une plaquette de présentation avec les données de l'ancienne guêtre, avec laquelle les études préalables avaient été faites (annexe 1).

## B. La guêtre de pressothérapie

### a. Structure et fonctionnement général

La guêtre de drainage mécanique à compression dégressive de chez Eoliance Thera® (figure 30) est composée de 12 poches gonflables dont le remplissage est automatique, de la poche la plus distale (numéro 1) vers la poche la plus proximale (numéro 12).



**Figure 30 : positionnement de la guêtre de pressothérapie d'Eoliance Thera® sur un membre postérieur (source : photographie personnelle)**

Le fonctionnement de la guêtre est cyclique (Eoliance Thera®, 2018) :

- Phase de remplissage débutant par la poche numéro 1, puis progression vers le haut en initiant le gonflement d'une nouvelle poche toutes les deux secondes, pendant que les précédentes continuent de se remplir jusqu'à la pression demandée par l'utilisateur ;
- Phase de maintien en compression pendant laquelle les 12 poches sont gonflées (mode automatique ou réglable) ;
- Phase de dégonflage automatique de toutes les poches simultanément ;
- Phase de repos sans pression d'une durée fixe de 15 secondes.

Les durées des étapes du cycle sont globalement plus longues que lors de l'étude menée en médecine humaine par A. Zelikovski *et al.* (1980) avec le « lymphapress », où la durée de repos était de cinq secondes mais les volumes et les surfaces traités entre humains et chevaux sont très différentes.

L'opérateur peut choisir entre 5 gradients pré programmés, avec des pressions de 230mmHg (0,3 bar) à 690mmHg (0,9 bar).

Les gradients sont plus ou moins progressifs en pression exercée. Durant une séance, il est intéressant d'utiliser plusieurs gradients successifs, toujours dans l'ordre croissant.

Deux protocoles complémentaires sont disponibles :

- Le premier correspond au programme standard. L'opérateur peut sélectionner un ou plusieurs gradients de pression qu'il souhaite utiliser. Il peut également choisir des programmes pré conçu. Chaque cycle de compression dure par défaut 30 secondes mais il est possible de régler la durée manuellement, de 15 à 45 secondes. Ensuite, la phase de repos dure 15 secondes. La durée totale de ce protocole dure par défaut 30 minutes mais elle est modulable par l'opérateur (de 20 à 40 minutes).
- Le deuxième correspond à un programme d'approfondissement. Il comporte en plus du cycle standard, une phase appelée « vague compressive » qui consiste à exercer la pression maximale du gradient sur toutes les poches. Un maintien d'une seconde est effectué lorsque toutes les poches sont gonflées à la pression de la poche 1. Cette compression surajoutée a pour but de déclencher une « poussée sur le gradient standard » favorisant une vasodilatation et un drainage plus approfondi.

#### **b. Programme adapté à un traitement de la partie distale d'un membre**

Ce programme est conseillé dans le cadre d'œdèmes de la partie distale des membres de diverses origines. Le temps total recommandé pour une séance est de 30 minutes, avec des cycles de compression de 30 secondes. Les puissances de compression proposées sont classées en trois catégories : faible (gradient 3 à 5), moyen (gradient 3, 5 et 7) et forte (gradient 3, 5, 8 et 9).

Eoliance Thera® (2018) recommande de commencer le traitement avec deux séances par jour pendant trois jours, en appliquant des bandages de compression entre chaque séance, puis d'espacer les séances à :

- une séance tous les deux jours

- puis une séance par semaine
- puis une séance par mois pendant trois mois

Tout cela doit être bien entendu modulé en fonction de l'évolution de chaque cheval.

La société souhaite également utiliser cette guêtre pour optimiser la préparation à l'effort et la récupération post-effort ainsi que dans la gestion d'autres affections comme des tendinites, mais nous n'aborderons pas ces indications dans cette étude.

## C. Mise en place de l'expérimentation

### a. Projet initial

En raison des circonstances exceptionnelles engendrées par la Covid-19, les expériences initialement prévues sur un effectif de vingt chevaux présentant un œdème postérieur bilatéral en avril 2020 n'ont pas pu être réalisées.

Sur chaque cheval, nous nous intéressons aux deux membres postérieurs. Pour un même individu, un membre est considéré comme témoin et ne bénéficie jamais de la guêtre. L'autre membre est le membre test et bénéficie des séances avec la guêtre.

- *Calcul de l'effectif*

Le calcul de cet effectif a été réalisé à partir des expériences préliminaires menées par Eoliance Thera® avec l'ancienne guêtre. Les données utilisées sont les différences de périmètre entre le membre testé et le membre témoin avant le début et après la fin des manipulations. J'ai ensuite utilisé le site internet [www.sample-size.net](http://www.sample-size.net) avec un risque d'erreur  $\alpha=5\%$  et une puissance statistique de 80% (soit  $\beta = 20\%$ ).

- *Hypothèse principale*

Nous avons fait l'hypothèse que le membre qui portait la guêtre présentait une régression plus importante de circonférence et d'épaisseur sous cutanée que le membre témoin au terme des six séances de pressothérapie.

- *Analyse statistique*

Pour l'étude statistique prévue sur cet effectif, les sujets sont considérés comme non indépendants car un individu est inclus dans les deux groupes de l'étude. Si les résultats suivent une loi normale, alors on aurait utilisé un test de Student pour données appariées afin de confirmer ou d'inflammer l'hypothèse initiale. Sinon, on peut utiliser un test des rangs signés de Wilcoxon pour échantillons appariés.

De plus, du fait qu'il y ait plusieurs zones mesurées, il faut utiliser des tests statistiques multiples. En effet, les différentes mesures constituent des paramètres différents qui sont testés suivant la même hypothèse (Bender et Lange, 2001).

### b. Projet réalisé

Nous n'avons pu réaliser les manipulations que sur trois chevaux, un présentant un œdème unilatéral postérieur, séquelle d'une lymphangite un an auparavant et deux présentant un œdème bilatéral postérieur chronique.

Cela nous a néanmoins permis de mettre en évidence plusieurs points qui pourraient être améliorés pour la suite des expériences.

## D. Le protocole utilisé

### a. Déroulement des manipulations

Les manipulations sont réalisées de préférence à l'extérieur du box, dans une aire de pansage, afin de faciliter le branchement et la mobilisation du matériel mais les chevaux sensibles ou pouvant avoir des réactions de défense sont laissés dans leur box.

Des mesures périmétriques avec un mètre ruban sont prises systématiquement avant et après chaque manipulation sur cinq zones par le même opérateur (figure 31) :

- (1) au tiers proximal du canon (sous la tête de l'os métatarsal IV)
- (2) au tiers moyen du canon (à mi-distance entre les zones 1 et 3)
- (3) au tiers distal du canon (sur le bouton de l'os métatarsal IV)
- (4) sur le boulet (juste au-dessus de l'ergot)
- (5) au milieu du paturon (condyle de la phalange proximale)

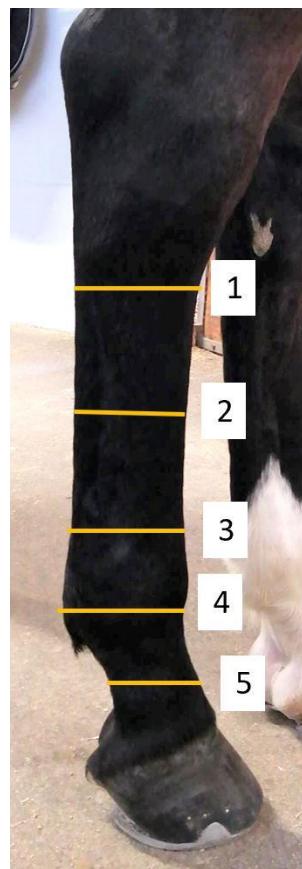


Figure 31 : Localisation des cinq zones choisies (photographie personnelle)

Des mesures échographiques sont également réalisées dans trois de ces zones (zone 2, 3 et 4) afin de calculer l'épaisseur de l'œdème sous cutané (figure 31). Les zones 1 et 5 nous paraissaient moins intéressantes pour l'évaluation échographique car l'épaisseur du plan sous-cutané était moindre sur ces zones. L'échographe utilisé est un Sonosite® M-turbo avec une sonde linéaire. Ces mesures ont été prises avant d'effectuer la première séance et après la dernière séance, ainsi qu'au premier et a deuxième contrôle. Nous ne pouvions pas réaliser des mesures échographiques systématiquement avant et après chaque séance car cela demandait beaucoup de temps supplémentaire et l'imageur ne pouvait pas être présent tous les jours.

Un marquage au rasoir est effectué sur chaque zone en face latérale du membre afin d'assurer une meilleure répétabilité des mesures.

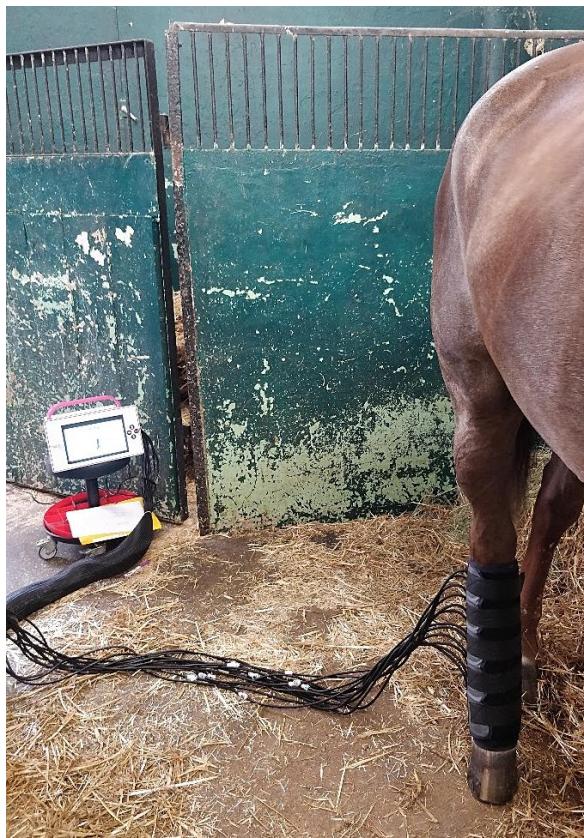
Toutes ces données sont reportées sur la feuille individuelle du cheval prévue à cet effet.

Nous avons réalisé six manipulations sur trois jours consécutifs soit deux manipulations par jour par cheval, espacées d'environ six heures sur une même journée. Des bandes de repos sont posées au cheval sur les deux membres entre chaque manipulation. Nous avons demandé aux cavaliers des chevaux de l'étude de maintenir le niveau d'activité habituel du cheval, sans faire de trop fortes séances de travail.

Un premier contrôle est effectué 7 jours après la première séance de traitement avec mesure périmétrique et échographique. Un deuxième contrôle est effectué 30 jours après la première séance de la même façon. Nous avons demandé aux cavaliers de conserver les bandes de repos au quotidien, au moins la nuit, jusqu'au premier contrôle.

Le protocole pour une séance pour un cheval est le suivant :

- Eventuelle sortie du cheval dans l'aire de pansage avec un filet à foin à disposition afin de limiter l'impatience du cheval
- Retrait des bandes de repos
- Brossage du membre si nécessaire
- Mesures périmétriques des deux postérieurs au mètre ruban sur les cinq zones
- Positionnement de la guêtre sur le membre test (figure 32)
- Mise en fonctionnement de l'appareil en sélection le programme « lymphangite intensité intermédiaire ».
- Arrêt de la machine au terme des trente minutes et retrait de la guêtre
- Mesures périmétriques des deux postérieurs au mètre ruban sur les cinq régions choisies
- Pose des bandes de repos sur les deux membres
- Retour au box



**Figure 32 : Séance de pressothérapie avec la guêtre et le boitier de commande Eoliance Thera® (source : photographie personnelle)**

**b. Méthodes de mesure**

• *Mesure périmétrique*

La mesure de la circonférence du membre pour suivre l'évolution de l'œdème est la méthode la plus simple décrite dans la littérature mais pas la méthode la plus précise puisqu'elle n'englobe pas seulement le tissu sous cutané mais tous les tissus du membre, y compris les gaines tendineuses par exemple.

Dans l'étude de Zelikovski *et al.* (1980) sur l'appareil « lymphapress » en médecine humaine, les mesures de circonférence des bras de ses patients étaient prises en trois points : le poignet, le milieu de l'avant-bras et le milieu du bras.

Plus récemment, Stout *et al.* (2012) affirment dans une publication de consensus international, que les mesures circonférentielles sont des données reproductibles et fiables. De plus, ce sont des mesures très peu coûteuses. Cependant, ils indiquent les prendre à intervalle régulier le long du membre et non selon des repères anatomiques. Cela peut probablement s'expliquer que chez l'Homme, et encore plus en cas d'œdème, les repères anatomiques ne sont pas décelables au toucher hormis le poignet et le coude, contrairement au cheval.

- *Mesure volumétrique*

La mesure volumétrique est décrite dans la littérature selon plusieurs méthodes. Dans plusieurs études (Richmand *et al.*, 1985 ; Powell et Affolter, 2012), le volume est calculé à partir des mesures de circonférence mais cela semble peu précis. Nous avons donc choisi de pas utiliser cette mesure pour notre étude.

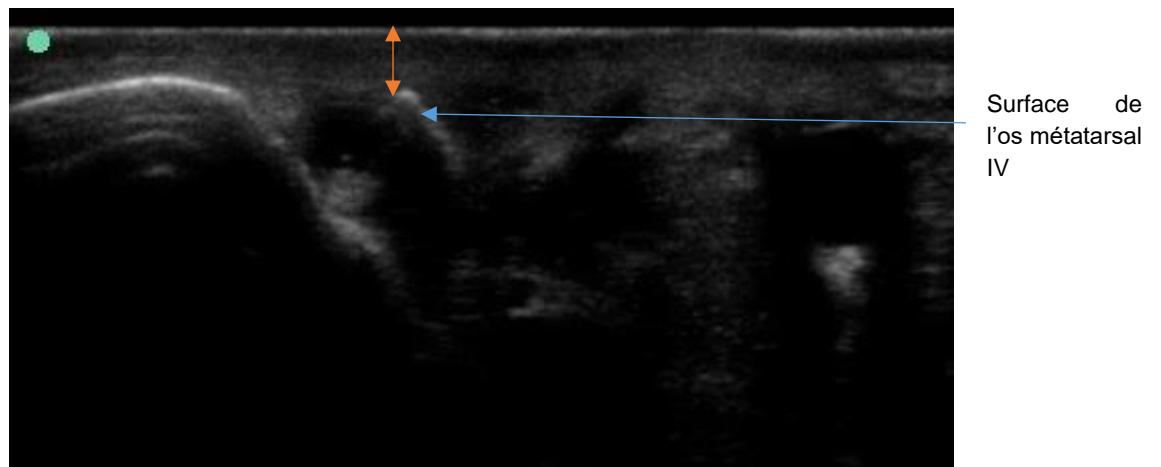
La méthode décrite comme étant le « gold standard » (Stout *et al.*, 2012) est la méthode de déplacement de l'eau. Cela consiste à immerger un objet, ou dans ce cas un membre, dans une cuve d'eau et à mesurer les variations de volume d'eau pour en déduire celui de la masse immergée. Cependant cela reste une méthode compliquée à mettre en place car elle est coûteuse par toute l'eau qu'elle demande et pose des problèmes d'hygiène dans le cas de maladies dermatologiques associées dans un environnement médical. Dans notre cas, cela était malheureusement impossible à mettre en place sur des chevaux.

Une autre méthode de calcul de volume a récemment vu le jour, en utilisant un système de scanner portable associé à une tablette afin de mesurer en trois dimensions le volume du membre du cheval (Stout *et al.*, 2012 ; Rabe *et al.*, 2018 ; Johnson et Symons, 2019). Cela a pour but d'être utilisé essentiellement en suivi des chevaux de sport au quotidien pour surveiller l'évolution des œdèmes des parties distales des membres et pour adapter au mieux leur entraînement afin de prévenir de blessures.

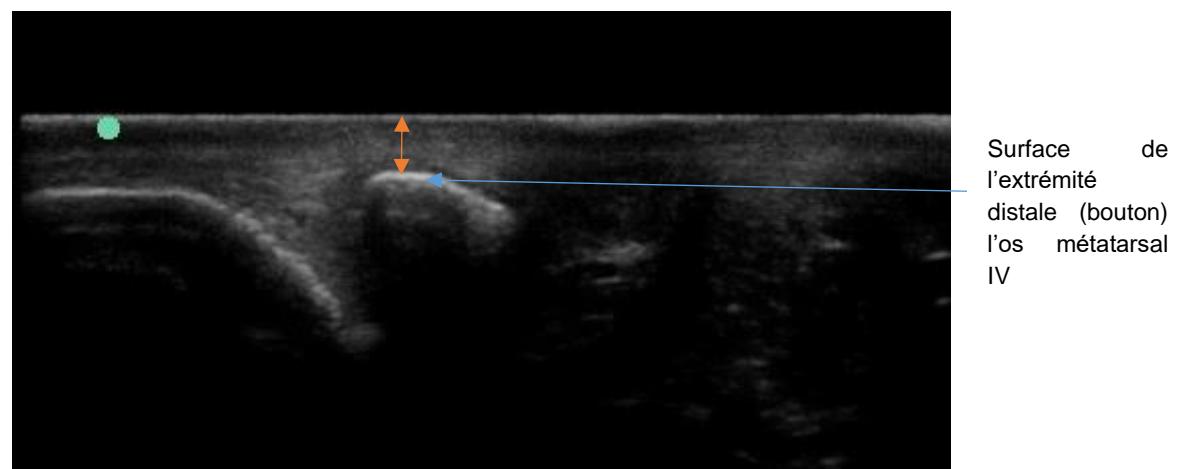
Enfin, la volumétrie par infrarouge peut également être utilisée pour mesurer des changements de volume dans les parties distales des membres (Stout *et al.*, 2012).

- *Mesure de l'épaisseur du plan sous cutané*

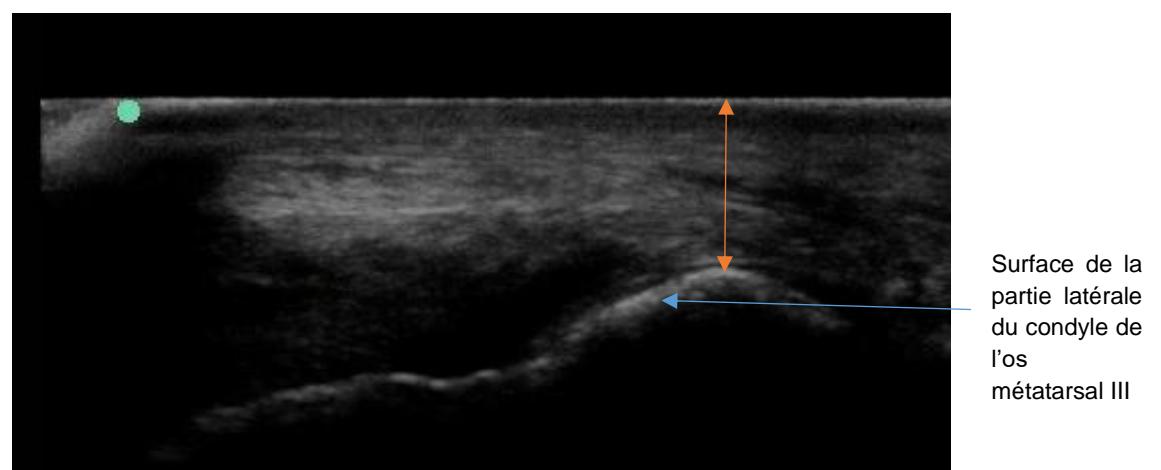
Nous avons complété nos mesures de circonférence préalables par des mesures échographiques du tissu sous cutané afin d'obtenir des mesures plus précises et ciblés sur l'œdème en lui-même. Les mesures sont prises entre la peau et la surface osseuse de l'os choisi et sont représentées par les flèches oranges sur les figures 33, 34 et 35. Cette technique est peu référencée dans la littérature mais est tout de même utilisée, comme dans l'étude de Rabe *et al.* (2018) en angiologie humaine. Elle permet, en plus de quantifier l'œdème, d'identifier la localisation de l'œdème et de suivre l'évolution des tissus.



**Figure 33 : Image échographique en coupe transversale de la zone 2 (source : clinique équine EnvA)**



**Figure 34 : Image échographique en coupe transversale de la zone 3 (source : clinique équine EnvA)**



**Figure 35 : Image échographique en coupe transversale de la zone 4 (source : clinique équine EnvA)**

## **E. Traitement des données**

### **a. Evolution des données périmétriques brutes**

Nous avons modélisé l'évolution des données périmétriques brutes sur les deux membres chez chaque cheval zone par zone afin d'avoir une vue d'ensemble pour chaque zone pour notre étude descriptive.

Nous avons choisi quatre étapes que nous avons jugé déterminantes pour l'étude future afin de ne pas multiplier les données pour le traitement statistique qui pourra se faire avec davantage de chevaux testés. Ces quatre repères temporels sont :

- J1 = avant le début des six séances de traitement ;
- J3 = au terme de la dernière séance de traitement ;
- J8 = au premier contrôle à court terme, une semaine après le début du traitement ;
- J30 = au deuxième contrôle à moyen terme, quatre semaines après le début du traitement.

### **b. Evaluation de l'effet instantané de la guêtre à partir des données périmétriques**

Nous nous sommes intéressés à l'effet instantané après une séance avec la guêtre sur le membre traité donc nous avons évalué la différence ( $\Delta$ ) de circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance pour une même zone sur un même cheval, c'est-à-dire par exemple que pour le cheval A, pour la zone 1, pour la séance 1 :

$\Delta S1Az1$  = Circonférence du membre traité du cheval A sur la zone 1 après la 1<sup>ère</sup> séance – Circonférence du membre témoin du cheval A sur la zone avant la première séance.

Les différences sont exprimées en pourcentage pour faciliter la comparaison.

### **c. Evaluation de l'effet des bandes de repos à partir des données périmétriques**

Nous nous sommes intéressés à l'effet des bandes de repos sur les deux membres, afin de pouvoir objectiver l'effet véritable de la guêtre de pressothérapie en elle-même. Nous avons évalué la différence ( $\Delta$ ) de circonférence des membres avant deux traitements successifs, afin de prendre en compte l'effet de la séance de pressothérapie et de la pose de la bande de repos par la suite pour le membre testé et l'effet de la pose de la bande de repos pour le membre témoin.

La différence ( $\Delta$ ) de circonférence du membre entre avant la séance 2 et avant la séance 1 pour une même zone sur un même cheval, c'est-à-dire par exemple que pour le cheval A, pour la zone 1, pour avant la séance 1 et avant la séance 2 :

- Pour le membre traité :  $\Delta S2-1Az1$  = Circonférence du membre traité du cheval A sur la zone 1 avant la deuxième séance – Circonférence du membre traité du cheval A sur la zone 1 avant la première séance.
- Pour le membre témoin :  $\Delta'S2-1Az1$  = Circonférence du membre témoin du cheval A sur la zone 1 avant la deuxième séance – Circonférence du membre témoin du cheval A sur la zone 1 avant la première séance.

Les résultats sont exprimés en pourcentage.

**d. Evaluation de la différence de l'épaisseur du plan sous-cutané entre les deux membres à partir de données échographiques**

Nous avons choisi de réaliser des mesures échographiques aux quatre étapes déterminantes afin de ne pas multiplier les mesures en vue de l'étude statistique.

Nous nous sommes intéressés à l'évolution de la différence ( $\Delta$ ) d'épaisseur du plan sous-cutané entre le membre traité et le membre témoin pour une même zone sur un même cheval, c'est-à-dire que le pour le cheval B, pour la zone 1, à l'instant J1 :

- $\Delta BeZ1(J1) = \text{Epaisseur du plan sous-cutané du membre traité du cheval B sur la zone 1 à l'instant J1} - \text{Epaisseur du plan sous-cutané du membre témoin du cheval B sur la zone 1 à l'instant J1.}$

Les différences sont exprimées en cm.

Nous n'avons pas réalisé de mesure échographique sur le cheval A car celui-ci présentait un lymphœdème unilatéral et il nous paraissait peu opportun de mesurer l'épaisseur du plan sous-cutané du membre controlatéral qui était alors sain.

### 3. Résultats

#### A. Résultats des mesures périmétriques

##### a. Evolution des données périmétriques brutes

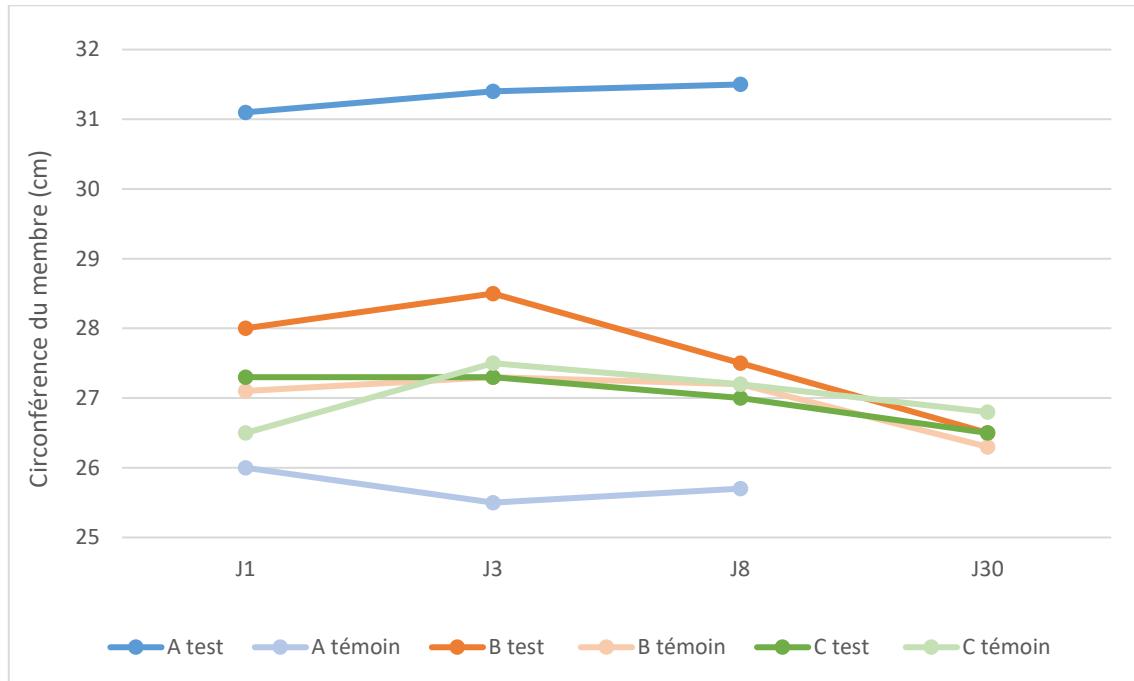


Figure 36 : Evolution des mesures de circonférence des deux membres chez les trois chevaux testés aux quatre étapes clés pour la zone 1

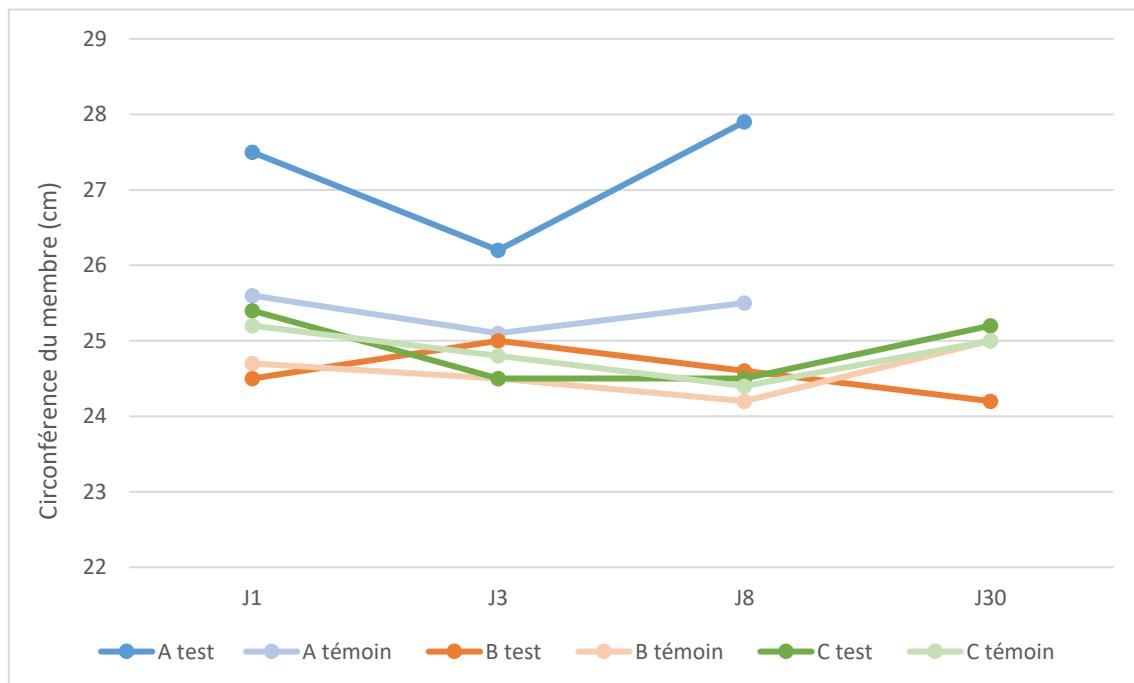
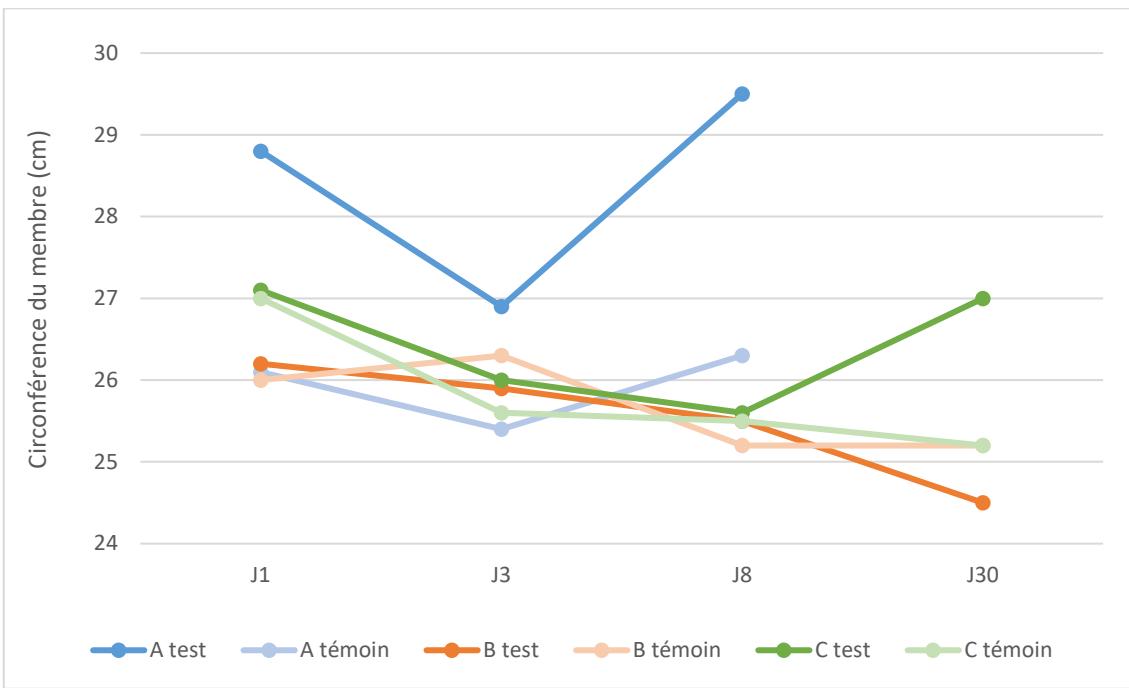
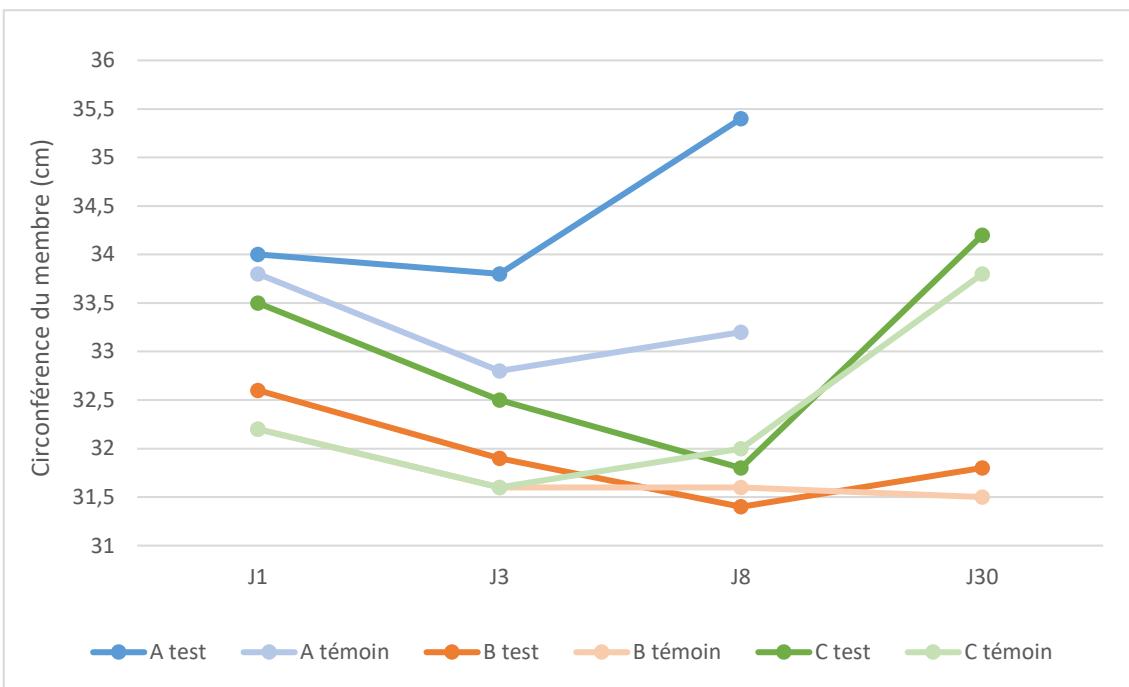


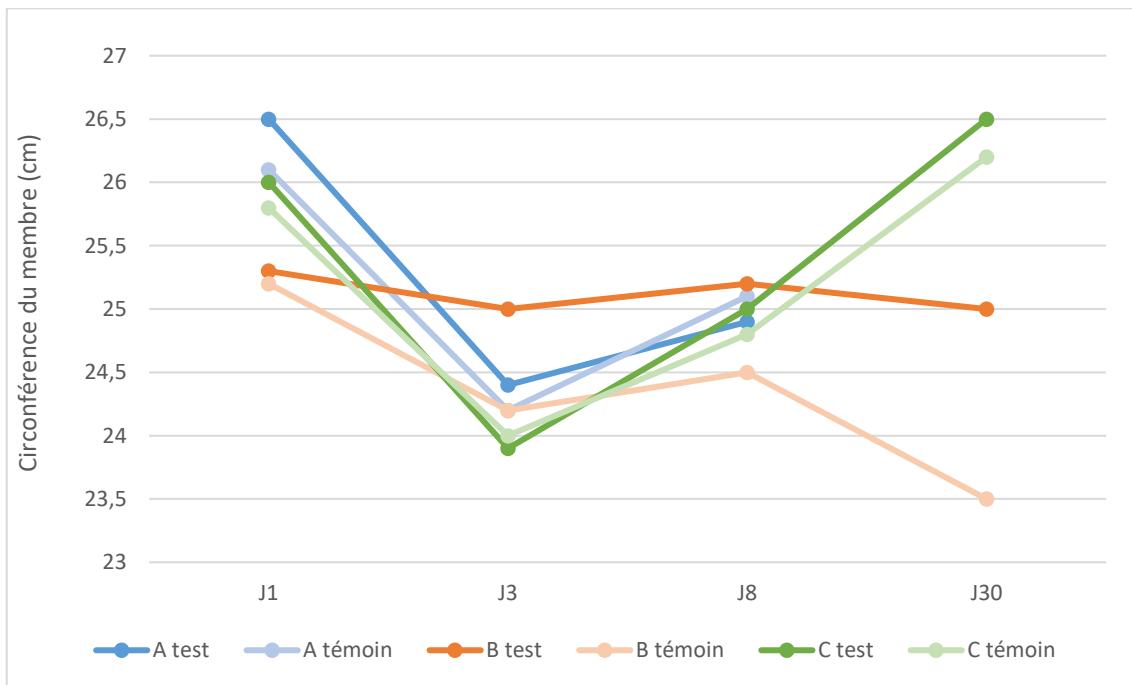
Figure 37 : Evolution des mesures de circonférence des deux membres chez les trois chevaux testés aux quatre étapes clés pour la zone 2



**Figure 38 : Evolution des mesures de circonférence des deux membres chez les trois chevaux testés aux quatre étapes clés pour la zone 3**



**Figure 39 : Evolution des mesures de circonférence des deux membres chez les trois chevaux testés aux quatre étapes clés pour la zone 4**

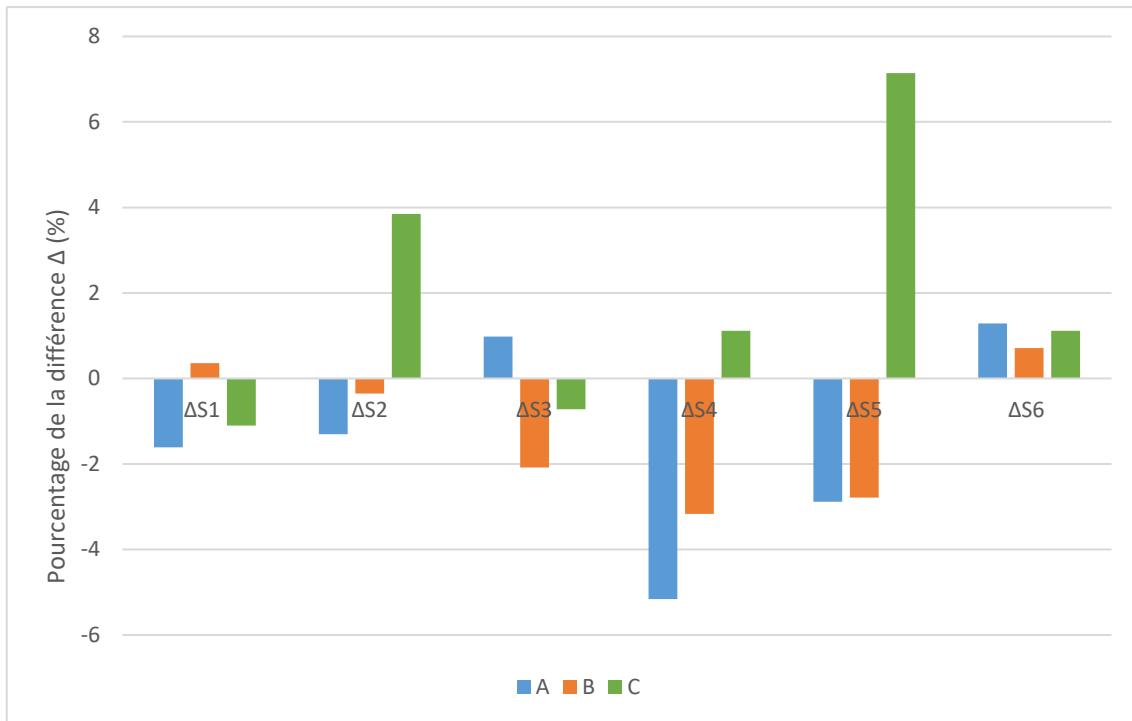


**Figure 40 : Evolution des mesures de circonférence des deux membres chez les trois chevaux testés aux quatre étapes clés pour la zone 5**

Entre le début et la fin du traitement, nous observons (figure 36, 37, 38, 39 et 40) une tendance à une stabilité ou une diminution de la circonférence des membres, traités et témoins, excepté sur la zone 1 où il semblerait y avoir plusieurs augmentations de circonférence chez les trois chevaux pour un des deux membres ou les deux.

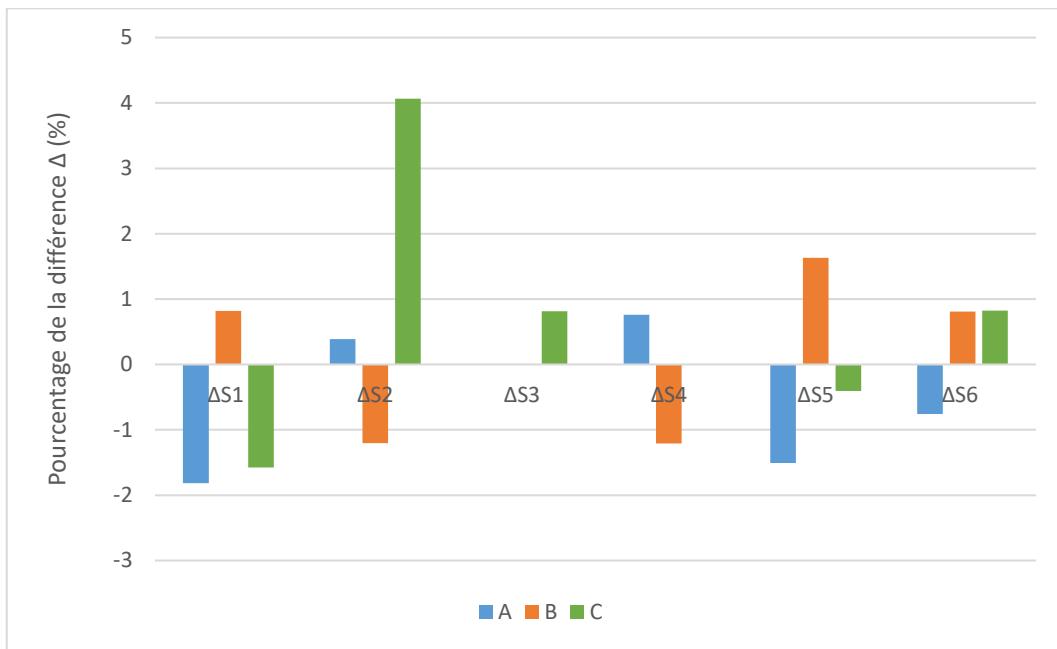
Nous remarquons également une tendance à une augmentation de la circonférence des membres, majoritairement des membres traités, au premier contrôle et au second, de façon plus marquée.

**b. Evaluation de l'effet instantané de la guêtre**



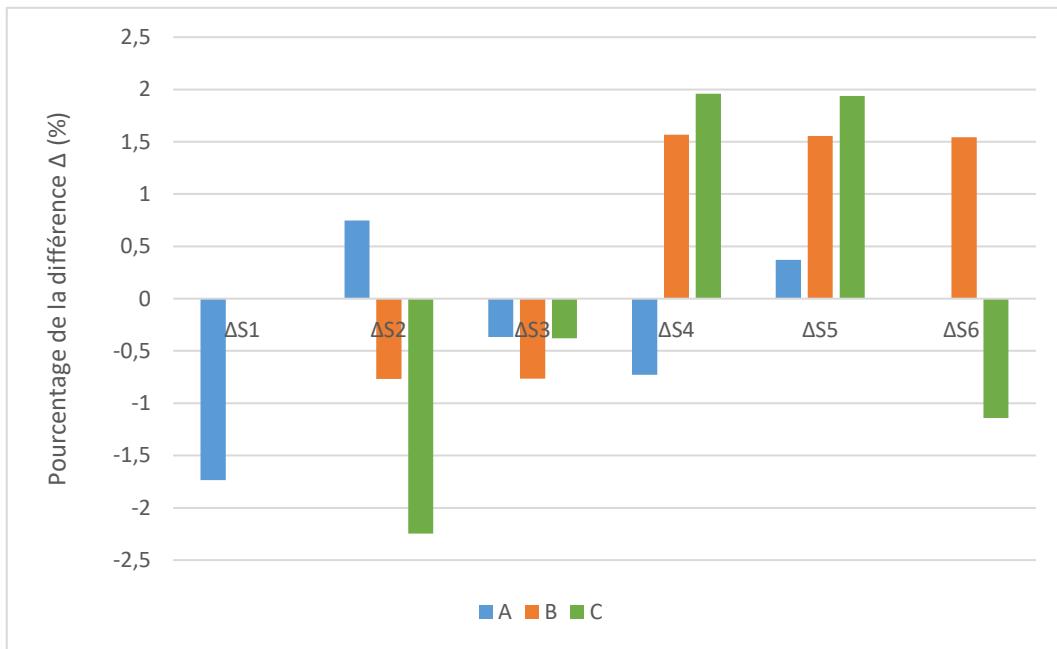
**Figure 41 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 1 pour les trois chevaux testés**

Nous observons (figure 41) une réduction instantanée de la circonférence du membre traité après la majorité des séances pour le cheval A et B. Pour le cheval C, nous observons plutôt l'effet inverse, notamment pour la séance 5.



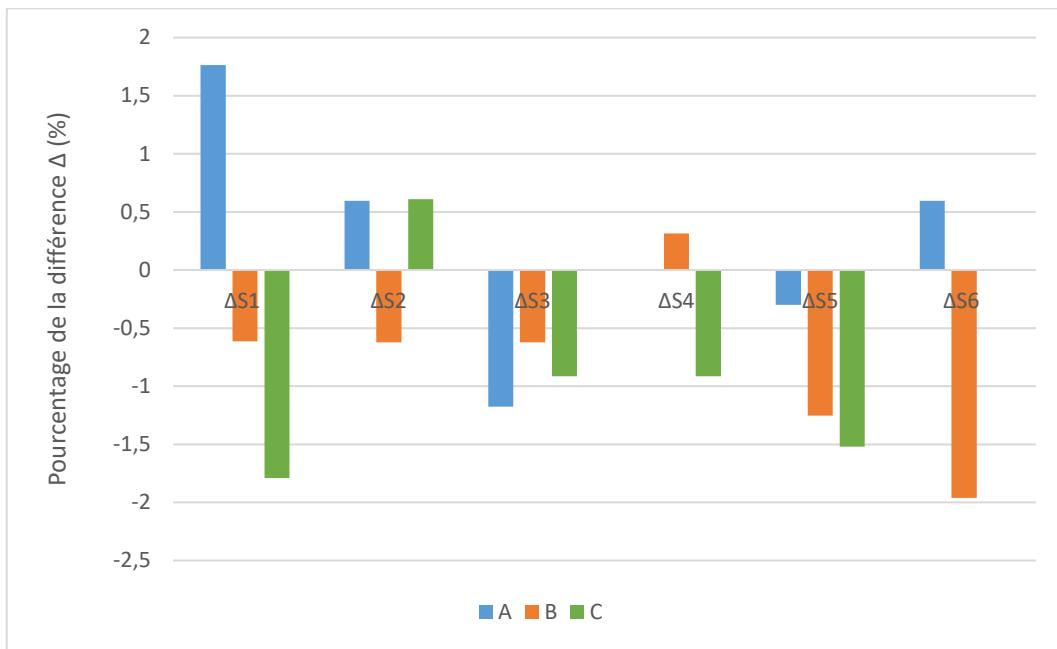
**Figure 42 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 2 pour les trois chevaux testés**

Nous observons (figure 42) des résultats plus mitigés que précédemment, avec plusieurs absences de variation.



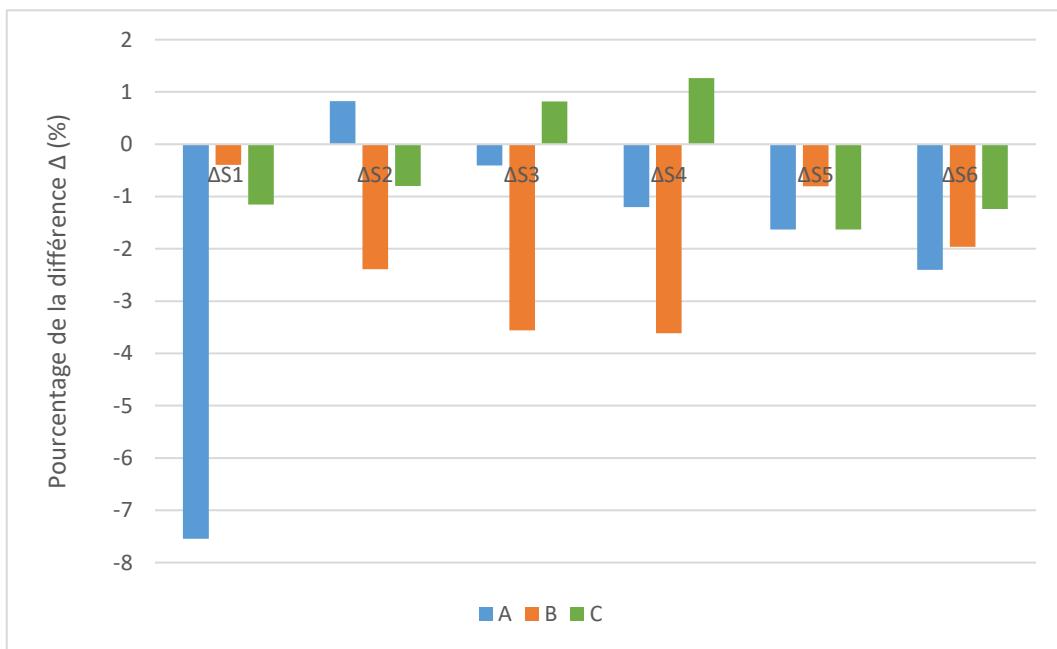
**Figure 43 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 3 pour les trois chevaux testés**

Les résultats (figure 43) apparaissent plutôt hétérogènes, avec une majorité de réduction immédiate de la circonférence du membre traité pendant les trois premières séances et avec plutôt une majorité d'augmentation de la circonférence du membre pour les trois dernières séances. Nous observons également plusieurs absences de variation.



**Figure 44 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 4 pour les trois chevaux testés**

Nous observons (figure 44) une majorité de réduction instantanée de la circonférence du membre testé chez les chevaux B et C pour la zone 4. Chez le cheval A en revanche, les résultats sont plus hétérogènes avec une réduction à trois séances et une augmentation à trois séances.

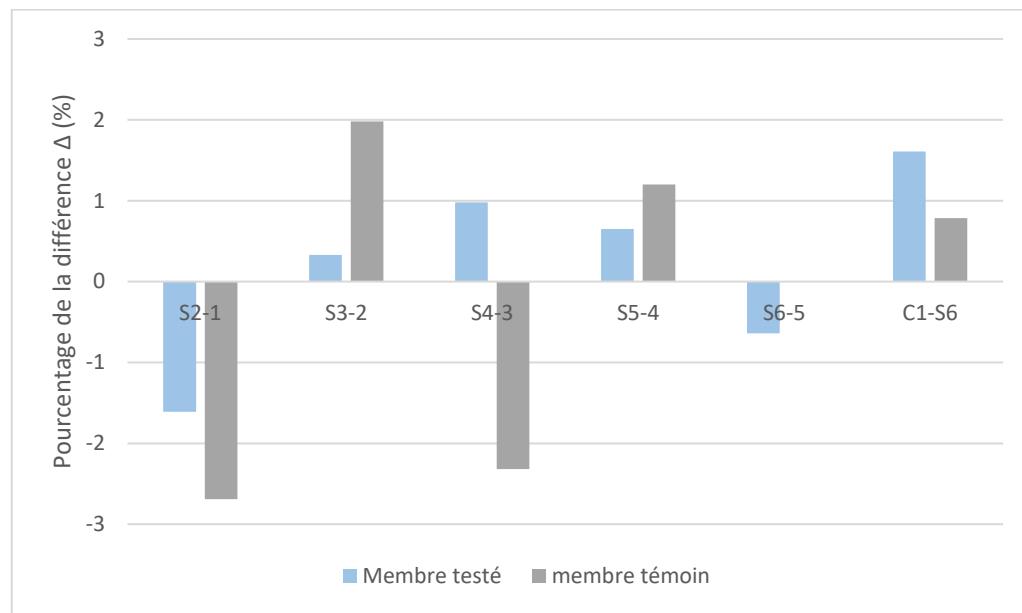


**Figure 45 : Evolution de la circonférence du membre traité entre avant et après chaque séance sur la zone 5 pour les trois chevaux testés**

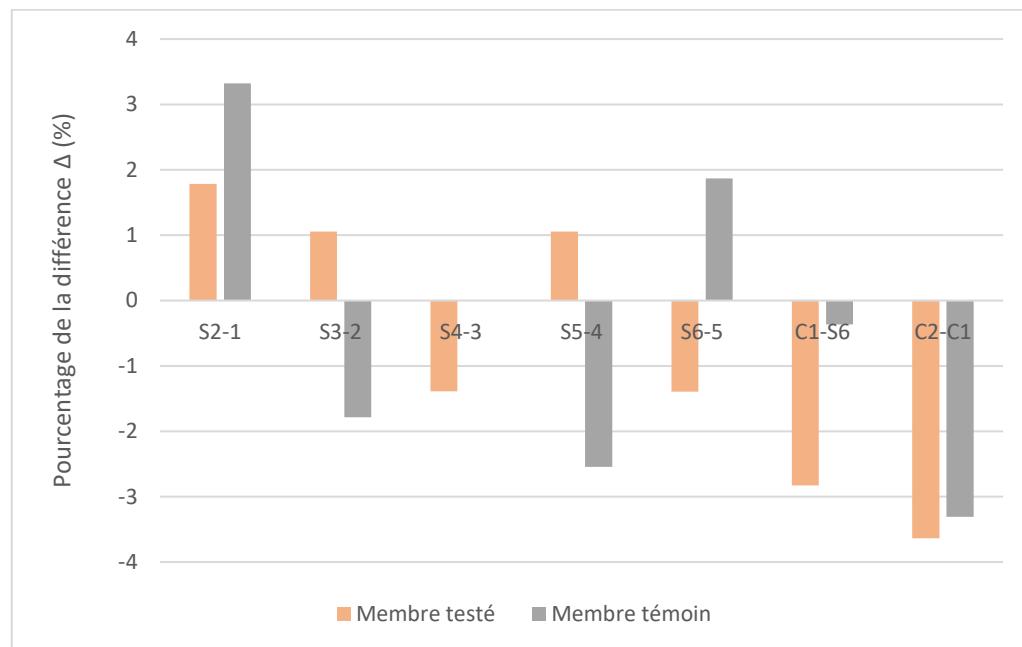
Nous observons (figure 45) une grande majorité de réduction instantanée de la circonférence du membre testé après utilisation de la guêtre chez les trois chevaux pour la zone 5.

**c. Evaluation de l'effet des bandes de repos**

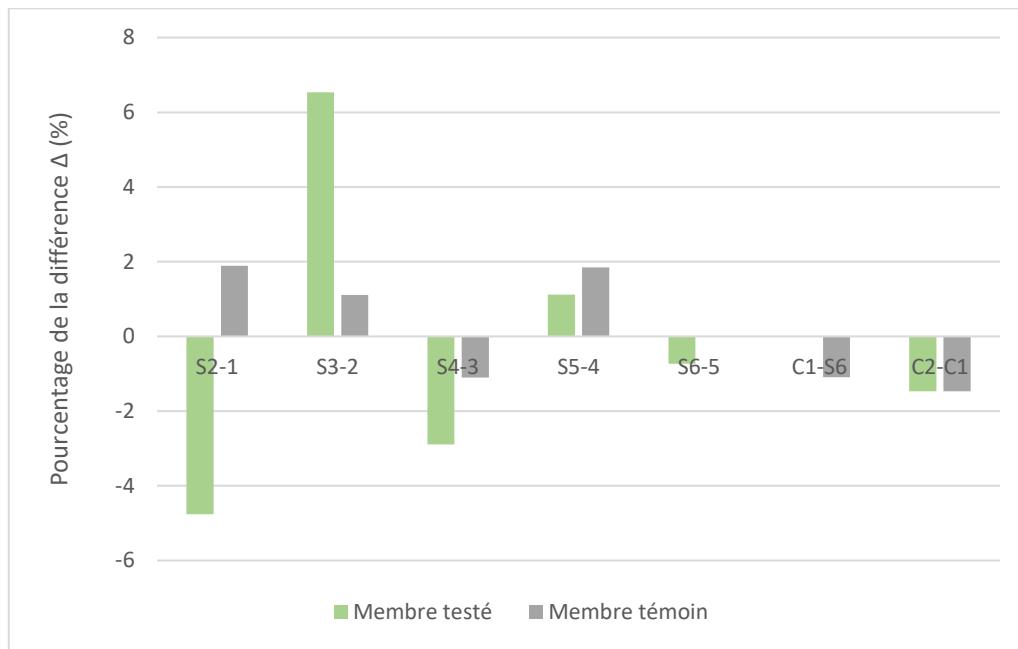
- Zone 1



**Figure 46 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 1**



**Figure 47 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 1**



**Figure 48 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 1**

Pour la zone 1 (figure 46, 47 et 48), nous observons une réduction globalement plus élevée ou une augmentation plus faible de la circonférence du membre testé par rapport au membre témoin, chez le cheval B et C du début à la fin du traitement mais les résultats sont assez hétérogènes. Nous pouvons également remarquer que, chez ces deux chevaux, le pourcentage de réduction de la circonférence entre les deux contrôles, donc lorsque le cheval est soumis uniquement aux bandes de repos et non à la pressothérapie, est très proche sur les deux membres.

Chez le cheval A, les résultats sont très hétérogènes, sans qu'aucune tendance ne se dégage.

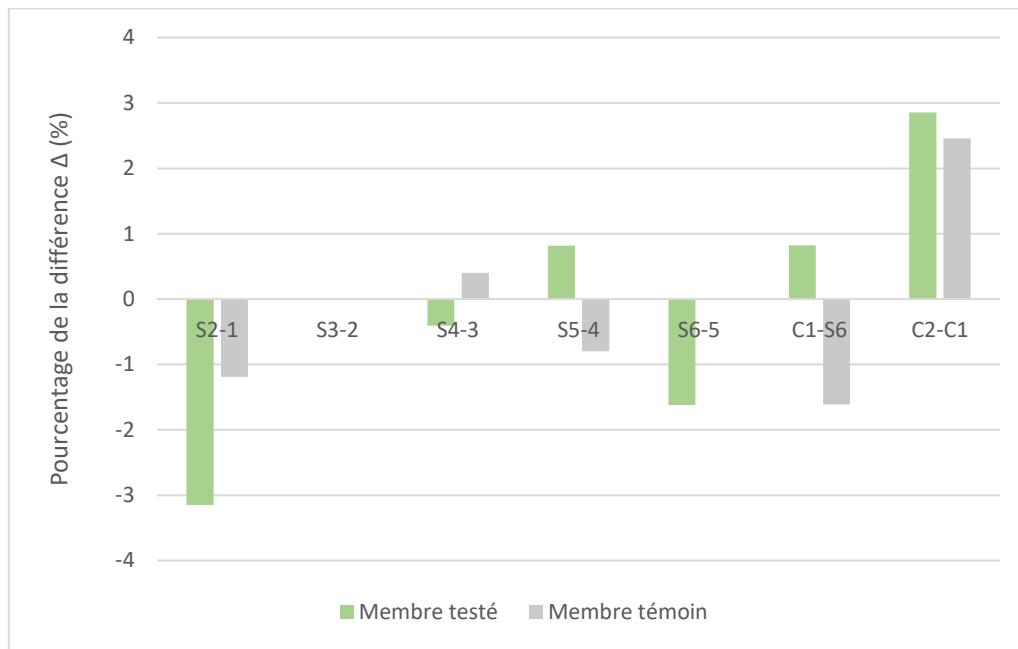
- Zone 2



**Figure 49 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 2**



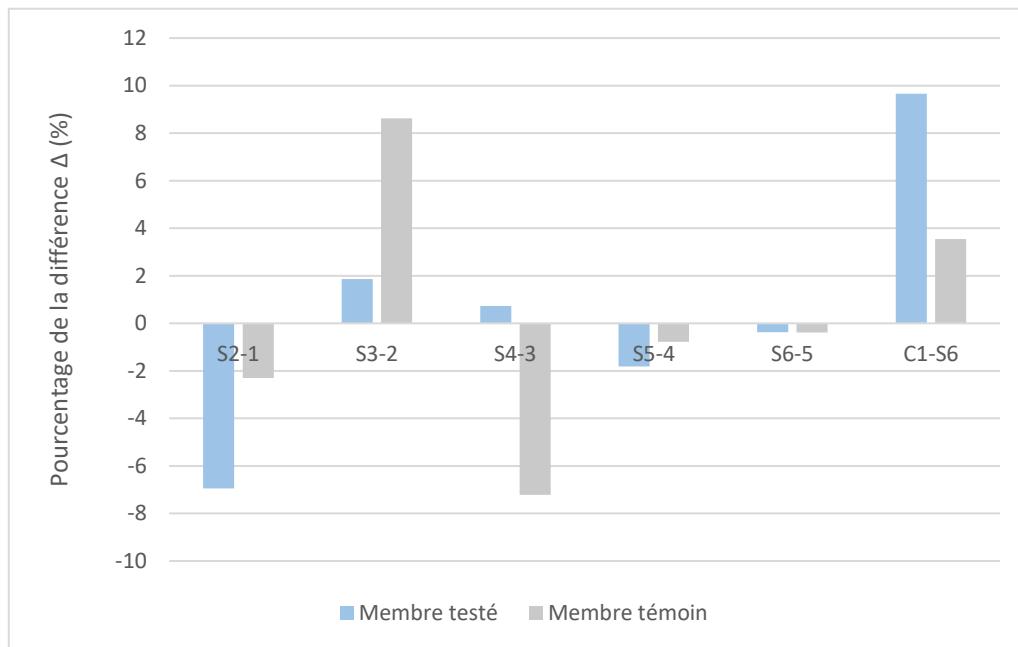
**Figure 50 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 2**



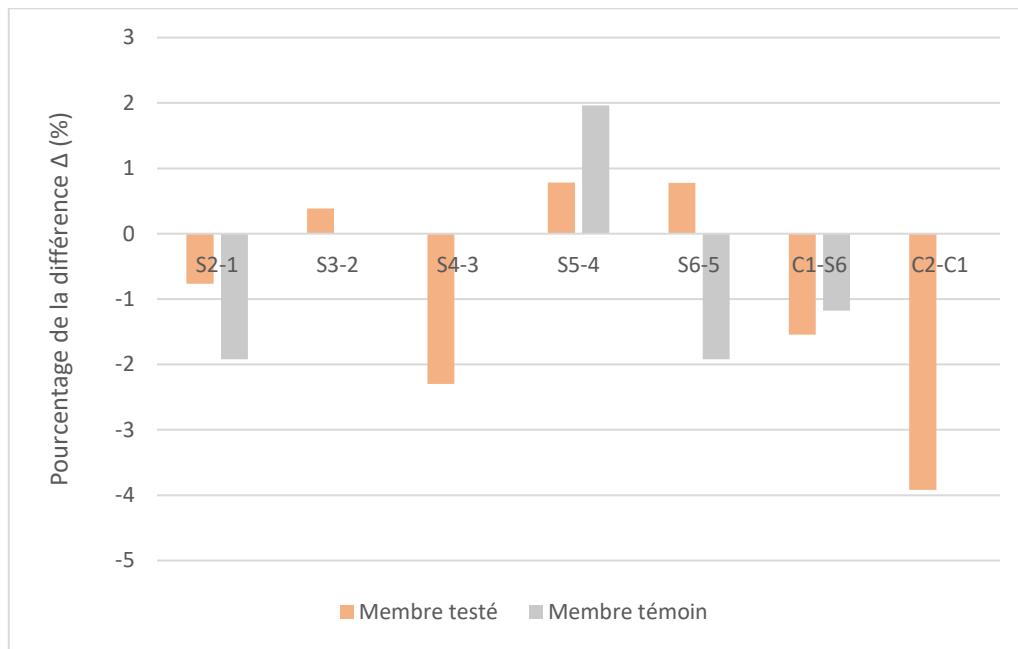
**Figure 51 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 2**

Les résultats (figure 49, 50 et 51) sont globalement très hétérogènes chez les trois chevaux pour la zone 2 avec des variations importantes pour les deux membres sans réelle corrélation apparente.

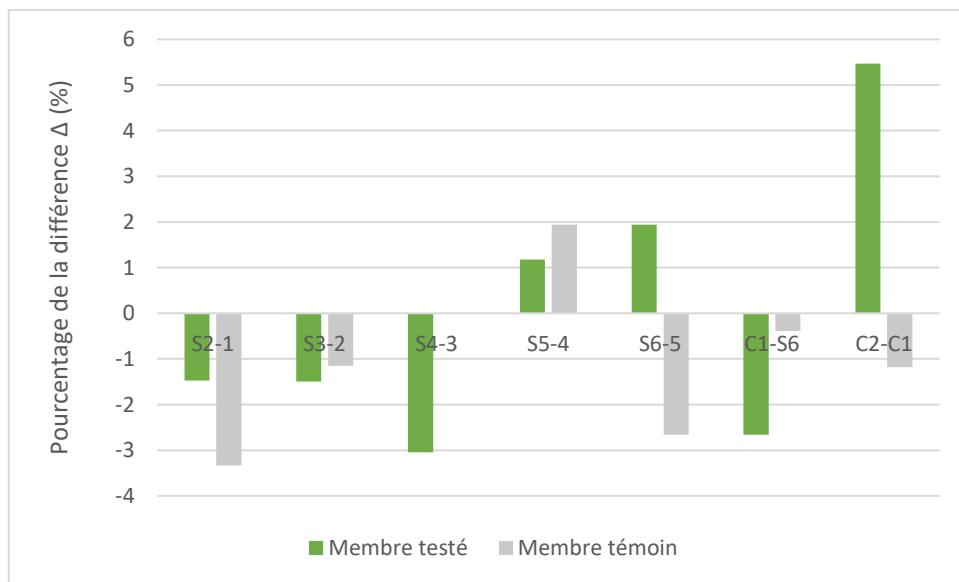
- Zone 3



**Figure 52 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 3**



**Figure 53 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 3**

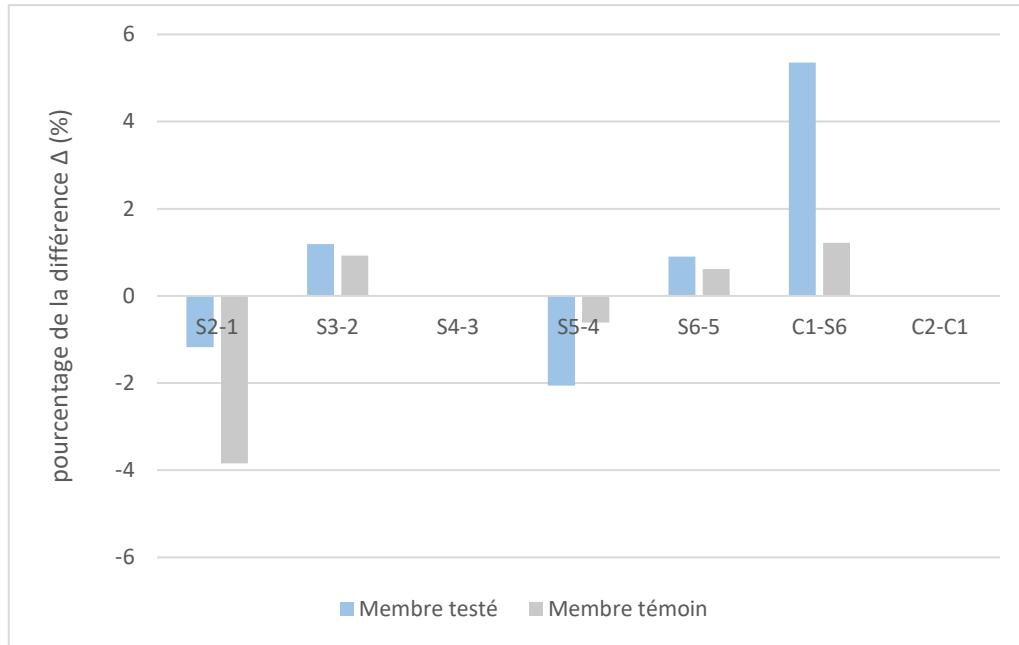


**Figure 54 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 3**

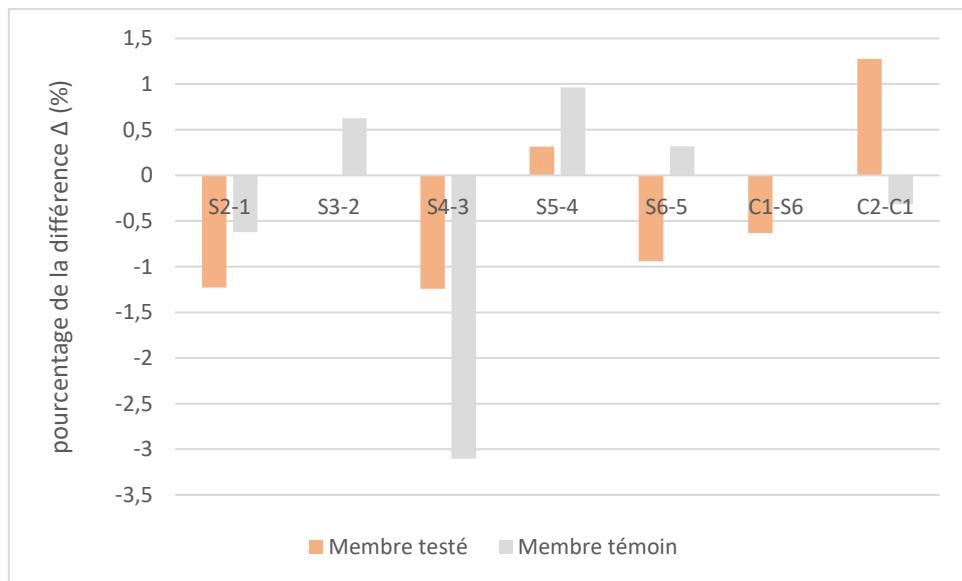
Nous constatons (figure 52, 53 et 54) dans la majorité des cas une réduction globalement plus élevée ou une augmentation plus faible de la circonférence du membre testé par rapport au membre témoin, chez les chevaux mais les résultats sont assez hétérogènes du début à la fin du traitement. Nous

pouvons également remarquer que le dernier résultat, qui représente la différence entre le premier et le deuxième contrôle, sont très hétérogènes en fonction des chevaux, contrairement à la zone 1.

- Zone 4 :



**Figure 55 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 4**



**Figure 56 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 4**

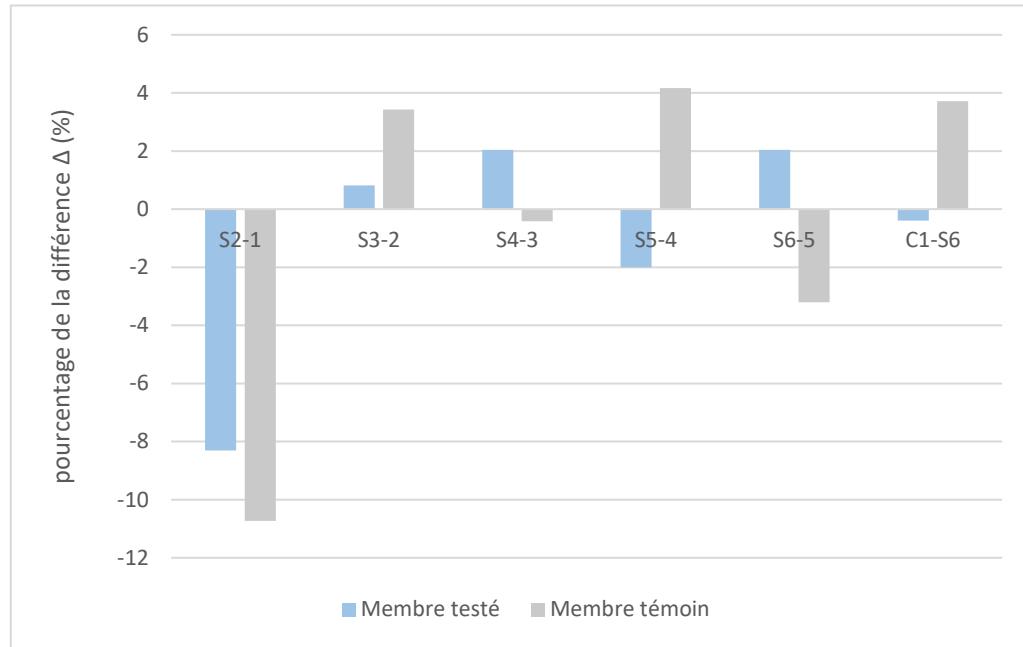


**Figure 57 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 4**

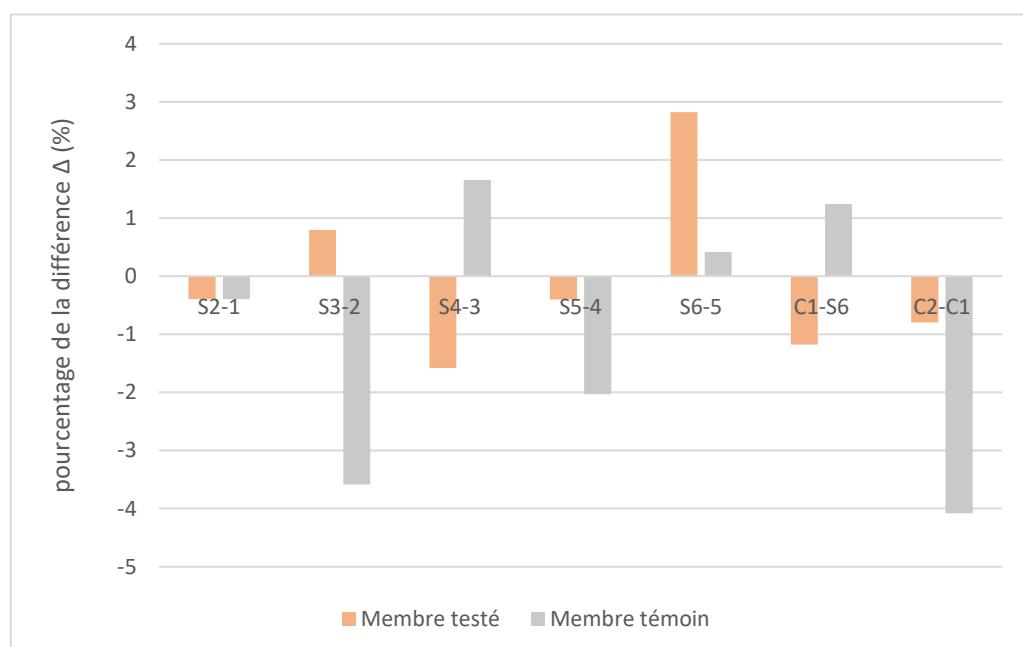
Pour la zone 4 (figure 55, 56 et 57), nous remarquons qu'il n'y pas de réelle homogénéité des résultats, que les variations de circonférence ne suivent pas une tendance, pour un membre ou un autre, chez les chevaux A et C. Chez le cheval B en revanche, nous observons une majorité de résultats avec une réduction plus élevée ou une augmentation plus faible de la circonférence du membre traité par rapport au membre témoin du début à la fin du traitement.

De plus, le dernier résultat des chevaux A et C montre une variation presque semblable des deux membres, ce qui n'est pas le cas chez le cheval B.

- Zone 5 :



**Figure 58 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval A entre deux séances sur la zone 5**



**Figure 59 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval B entre deux séances sur la zone 5**

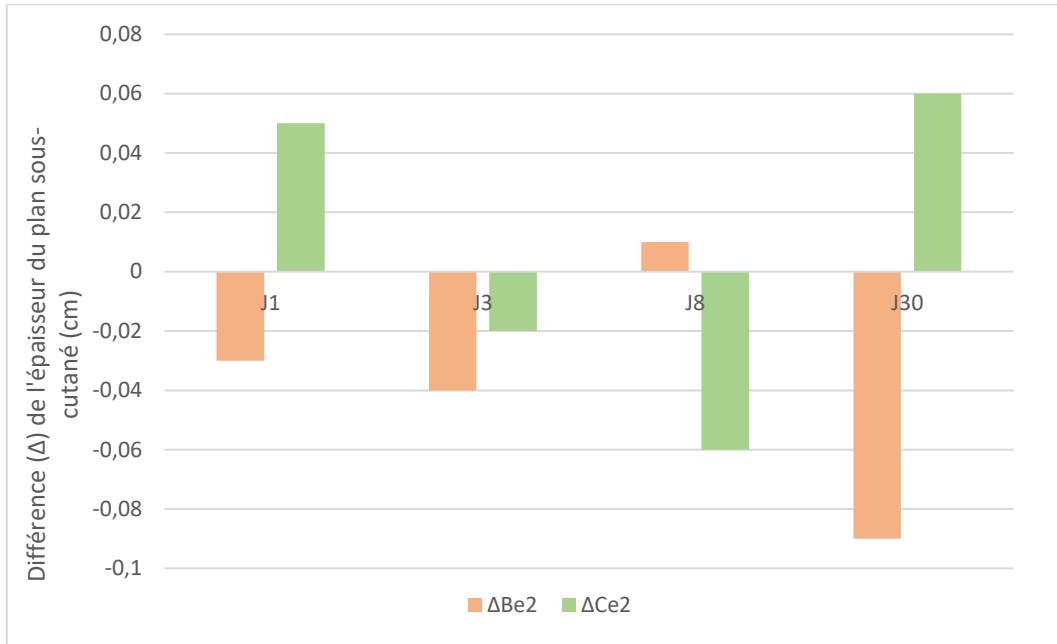


**Figure 60 : Evolution de la différence de circonférence des deux membres chez le cheval C entre deux séances sur la zone 5**

Pour la zone 5 (figure 58, 59 et 60), les résultats apparaissent assez hétérogènes chez les chevaux A et B. Chez le cheval C en revanche, les variations sont assez similaires entre les deux membres, notamment pour les deux dernières périodes.

## B. Résultats des mesures échographiques

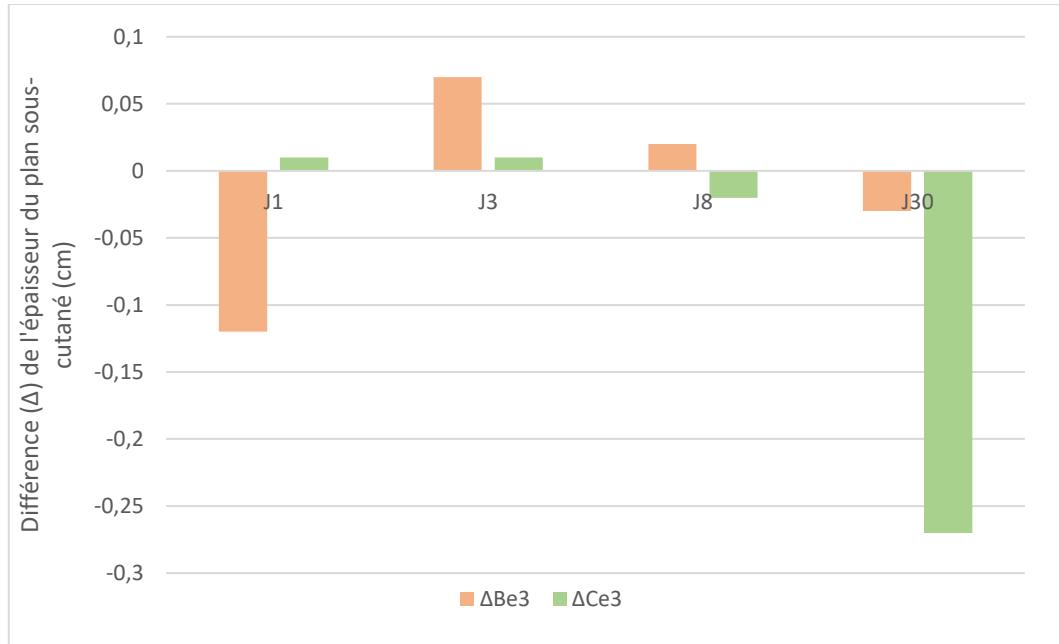
### a. Zone 2



**Figure 61 : Evolution de la différence entre le membre testé et le membre témoin au cours des quatre étapes choisies pour la zone 2**

Pour la zone 2 (figure 61), nous observons plutôt une tendance à une réduction plus élevée de l'épaisseur du plan sous-cutané sur le membre traité plutôt que sur le membre témoin à court et moyen terme chez le cheval B alors que chez le cheval C, la réduction semble se faire à court terme et jusqu'au premier contrôle, mais sur le moyen terme, la situation s'inverse.

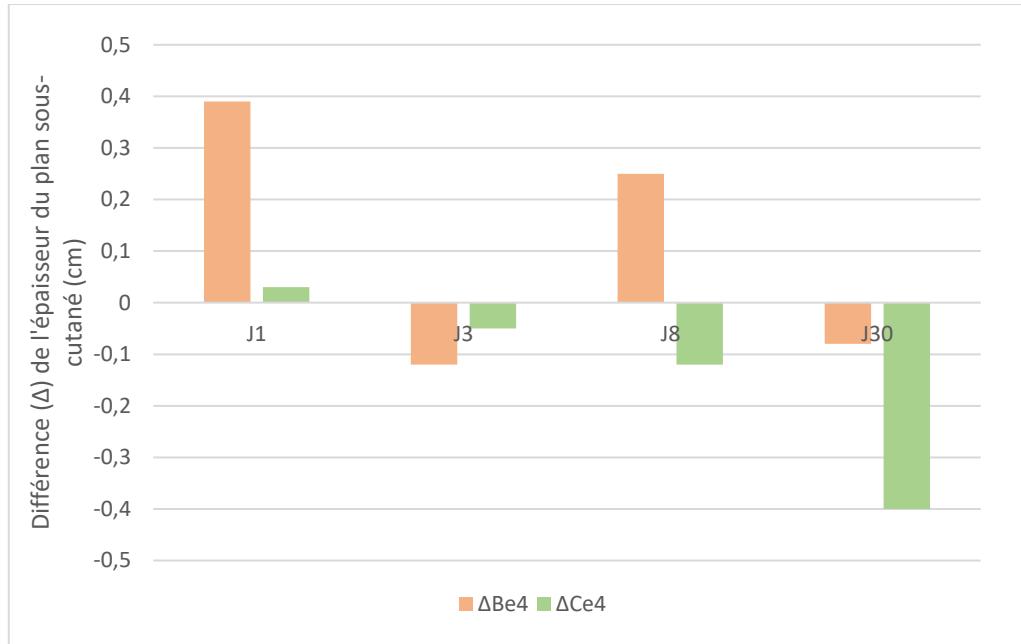
### b. Zone 3



**Figure 62 : Evolution de la différence entre le membre testé et le membre témoin au cours des quatre étapes choisies pour la zone 3**

Pour la zone 3 (figure 62), nous constatons des résultats plutôt différents chez les deux chevaux. Chez le cheval B, l'épaisseur du plan sous-cutané est supérieure sur le membre testé à J3 et au premier contrôle. Chez le cheval C, l'épaisseur du plan sous-cutané semble discrètement supérieure sur le membre testé à J1 et J3 puis la situation s'inverse, particulièrement lors du deuxième contrôle.

### c. Zone 4



**Figure 63 : Evolution de la différence entre le membre testé et le membre témoin au cours des quatre étapes choisies pour la zone 4**

Pour la zone 4 (figure 63), nous remarquons que, chez le cheval B, les résultats sont plutôt fluctuants alors que chez le cheval C, ils évoluent selon une même tendance. Chez le cheval B, l'épaisseur du plan sous-cutanée du membre testé par rapport au membre témoin semble plus faible après la fin du traitement à J3 ainsi que lors du deuxième contrôle. En revanche, chez le cheval C, cela est le cas à J3, J8 et J30, avec même une augmentation de cette différence.

## 4. Discussion

### A. Discussion sur le protocole

#### a. Tolérance de la guêtre par les chevaux

Lors de ces expériences, nous avons pu observer le comportement des trois chevaux lors de l'application de la guêtre et lors des séances. La première séance était réalisée avec le programme de plus faible intensité pour une première approche. Les trois chevaux n'ont pas réagi à la pose de la guêtre mais pendant les cycles.

Deux des trois chevaux ont un peu réagi les premières séances au bout de 20-25 minutes en levant le postérieur et en s'agitant puis, avec l'aide de la personne qui était à la tête du cheval, celui-ci se calmait de nouveau et nous pouvions finir la séance.

Le troisième cheval, de nature anxieuse et sensible, nous a donné plus de difficultés. Il supportait moins longtemps la guêtre et réagissait de manière assez violente, ce qui nous a obligé sur 3 séances à arrêter la machine plus tôt que les 30 minutes prévues.

Cependant, de manière générale, les chevaux ne semblaient pas être anxieux à la vue de l'appareil et se sont tous les trois habitués au long des six séances. Les dernières séances étaient plus sereines et calmes que les premières, même pour le cheval compliqué avec qui nous avons réussi à aller au terme des 30 minutes. Cette habitation est donc un point positif pour l'utilisation de l'appareil.

Cela peut être assez impressionnant pour le propriétaire et peut même présenter une situation dangereuse pour lui comme pour le cheval en cas de situation de panique. Il faudra donc l'avertir convenablement des potentielles réactions et s'assurer d'être dans un lieu sécurisant, pour le cheval et les personnes autour, avec la présence en permanence d'une personne pouvant éteindre l'appareil immédiatement en cas de problème.

De plus, nous avons remarqué que, lorsque le cheval réagissait et levait le postérieur, la guêtre avait tendance à se déplacer discrètement sur le membre. Les cycles de compression pouvaient alors être moins bien réalisés et la guêtre pouvait même gêner le cheval, ce qui amplifiait les réactions de défense de sa part.

### ***b. Durée du traitement***

Ces essais nous ont permis de mettre en évidence une insuffisance du nombre de séances, à moduler en fonction des affections rencontrées. Nous observons globalement une discrète réduction de la circonférence du membre testé de façon immédiate après une séance, donc à court terme mais l'effet à moyen terme recherché ne semble pas atteint.

En effet, pour le cheval A présentant un lymphœdème unilatéral très marqué faisant suite à une lymphangite l'année passée, nous avons remarqué visuellement et quantitativement une amélioration au terme des six séances. Cependant, cela s'est vite dégradé après l'arrêt des séances d'après ce que nous avons constaté au premier contrôle mais aussi selon le retour des personnes qui s'occupent du cheval au quotidien. De plus, si nous effectuons le parallèle avec les protocoles en médecine humaine, les traitements se font sur du plus long terme et de manière dégressive. Après le traitement intense de trois jours, il est préconisé de continuer à faire une à quatre séances par semaine pendant plusieurs mois (Zelikovski *et al.*, 1980).

Pour les cas de lymphœdèmes bilatéraux chroniques, il semble également intéressant de continuer le traitement de manière dégressive en nombre de séances par semaine et en intensité de programme sélectionné. Cela permettrait de continuer à soutenir le drainage lymphatique et à assouplir les tissus afin d'aller à l'encontre d'un remaniement tissulaire.

### ***c. Activité des chevaux pendant le traitement***

Nous avions demandé à ce que les chevaux maintiennent leur niveau d'activité habituel pendant les essais afin de conserver les conditions dans lesquelles ils présentaient de l'œdème. Cependant, cela a posé quelques difficultés et cela n'a pas toujours été respecté.

Un cheval a dû subir une trépanation pour le traitement d'une sinusite pendant nos essais et a été mis au repos à partir du deuxième jour des expériences jusqu'au deuxième contrôle. Les résultats obtenus étaient donc faussés par l'inactivité du cheval.

Pour les deux autres chevaux, il est arrivé plusieurs fois qu'un cheval ait effectué un travail d'une ou deux heures juste avant l'horaire prévu de sa séance, en particulier lors de la réalisation des contrôles. Cela faussait là encore les mesures car la marche favorise le drainage lymphatique. De plus, certaines séances étaient effectuées sur sable, d'autre sur le bitume. Nous n'avions donc pas l'uniformité des sols espérée.

Nous nous sommes donc rendus compte qu'il était difficile de contrôler l'activité des chevaux, car les cavaliers d'une telle structure ont des obligations et un emploi du temps peu flexible de par leur travail.

De plus, la pose des bandes de repos n'était pas toujours respectée malgré nos demandes car plusieurs personnes intervenaient dans les soins et les sorties des chevaux et il était difficile d'avoir une uniformisation des consignes.

## B. Discussion sur les résultats

### a. Répétabilité des mesures

Lors de la prise de mesure lors de nos essais, nous avons remarqué plusieurs aspects pratiques sur lesquels il convient de porter attention.

Les mesures de circonférence peuvent rapidement être biaisées par la façon dont on applique le mètre ruban sur le membre du cheval. Le mètre doit être appliqué sur le membre mais ne doit pas être serré autour de celui-ci afin de ne pas comprimer l'œdème. Ainsi, il est absolument nécessaire que ce soit toujours la même personne qui prenne les mesures, ce qui était notre cas. Nous avons remarqué qu'un léger décalage de quelques millimètres sur un relief anatomique pouvait entraîner des modifications de mesure considérables, ce qui peut rapidement être le cas sur les zones 1 et 5.

De plus, nous avons fait des marques de rasage sur les cinq zones à mesurer afin de nous donner des repères fixes d'une fois sur l'autre. Celles-ci étaient bien visibles les premiers jours mais se sont pour certaines estompées rapidement. Il ne faut donc pas hésiter à faire des marques franches, au rasoir ou à la tondeuse afin de les conserver dans le temps. Il serait même envisageable de demander aux personnes responsables des chevaux de repasser dessus toutes les semaines.

Les mesures échographiques sont elles aussi source de biais et dépendant beaucoup de l'opérateur, du positionnement de sa sonde etc... Dans notre cas, c'était toujours la même personne qui réalisait les images échographiques. Idéalement, pour avoir une meilleure qualité d'image et une meilleure précision, il serait préférable de tondre le membre du cheval. Cependant cela n'était pas possible car nous n'avions pas l'accord des cavaliers, les chevaux étant des chevaux de travail et de patrouille. De plus, les marques rasées seraient alors plus difficilement distinguables. Une observation supplémentaire que nous avons pu faire est que, lorsque l'œdème, et donc le gonflement des tissus mous, diminue, il est plus compliqué de positionner la sonde directement sur l'os métatarsal IV.

### **b. Pertinence des zones évaluées**

Avec les résultats de ces premières manipulations, nous avons remarqué que les résultats dans le temps pour la zone 5 semblaient plus hétérogènes que pour les autres zones de mesure. Ainsi, nous pouvons nous interroger sur le fait que cette zone, pourtant en partie distale du membre et donc subie aux pressions de compression les plus fortes, est peut-être moins au contact de la guêtre. En effet, la guêtre étant droite, il est difficile de l'ajuster parfaitement sur la région du paturon.

De plus, il convient de faire attention aux potentielles différences qu'il peut y avoir entre mesure pérимétrique et mesure échographique pour une même zone. Cela est notamment dû au fait que la mesure échographique évalue l'œdème en face latérale du membre alors que la mesure pérимétrique évalue les variations de l'œdème sur toutes les faces du membre, ainsi que d'éventuelles fluctuations d'autres structures, comme la gaine tendineuse par exemple. De plus, en cas de diminution de l'œdème par exemple, les reliefs osseux peuvent rester saillants et donc interférer dans les variations de mesure. Il est donc absolument essentiel de prendre la mesure pérимétrique et la mesure échographique exactement au même endroit car un décalage de quelques millimètres peut engendrer des incohérences.

Enfin, nous avons observé globalement une discrète réduction immédiate des mesures pérимétriques après une séance mais cela n'était pas toujours le cas car les mesures pouvaient être assez hétérogènes. Il est possible d'expliquer cela par le fait que l'œdème, soumis à des compressions, se déplacent vers les territoires les moins efficaces pour drainer cet excès de fluide. Sur un même membre, il semble donc envisageable d'observer des réductions de circonférence à certains endroits, dû à un drainage lymphatique amélioré mais des augmentations sur d'autres zones où le liquide lymphatique, provenant des territoires drainés, s'accumulent, ce qui complique l'interprétation des résultats.

### **c. Effet des bandes de repos**

Nous avons voulu évaluer l'effet propre de la compression du membre par la bande de repos, afin de distinguer cet effet de l'action de la guêtre de pressothérapie sur le membre testé, qui recevait finalement ces deux types de traitement.

Les résultats que nous avons obtenu dans cette étude descriptive semblent plutôt hétérogènes mais nous avons remarqué, sur certaines zones et chez certains chevaux, une réduction plus élevée ou une augmentation plus faible de la circonférence du membre traité par rapport au membre témoin du début à la fin du traitement. Il sera donc intéressant de confirmer cette tendance qui semble se dégager ou de la réfuter avec davantage de chevaux.

Nous avons remarqué à plusieurs reprises que les valeurs entre le membre testé et le membre témoin chez le même cheval pour une zone donnée devenaient presque similaires entre le premier et le deuxième contrôle. Cela semble plutôt logique car les deux membres ne recevaient plus aucun traitement pendant cette période.

## **C. Suggestions d'amélioration du protocole**

A travers ces manipulations, nous avons pu mettre en évidence plusieurs points qui pourraient être améliorés pour la suite du projet.

Tout d'abord, la forme de la guêtre pourrait être perfectionnée en épousant davantage chacune des régions comme une guêtre de transport par exemple, afin d'avoir la meilleure

compression possible, notamment sur le paturon. Afin de faciliter et de sécuriser l'utilisation du produit, il serait profitable de pouvoir fixer le boitier sur un surfaix placé sur le cheval directement. Pour cela, il faudrait miniaturiser et alléger le boitier.

De plus, il nous paraît intéressant de prolonger le nombre de séances après le traitement intensif. Il serait envisageable de réaliser deux séances de pressothérapie pendant la semaine suivant le traitement intensif puis ensuite de diminuer progressivement avec une séance par semaine jusqu'au second contrôle.

Il est également essentiel de communiquer avec tout le personnel de l'écurie, notamment pour le respect du port de bandes de repos entre les séances ainsi que pour le planning des chevaux car plusieurs personnes interviennent dans le quotidien des chevaux.

Enfin, il semblerait pertinent de ne garder que les trois zones intermédiaires (zone 2, 3 et 4) pour s'affranchir du biais élevé de mesure sur les zones 1 et 5, ou sinon d'être particulièrement vigilant lors de la réalisation de ces mesures.



# Conclusion

---

Le lymphœdème de la partie distale du membre postérieur chez le cheval est une affection fréquemment rencontrée chez les chevaux, notamment avec une condition de vie au box, sans déplacement constant. La gestion de cet engorgement chronique, essentiellement dû à une insuffisance du drainage lymphatique de la partie distale des membres, est une réelle problématique pour les propriétaires et les cavaliers. Nous avons exposé au cours de ce travail les différentes méthodes qui étaient utilisées pour essayer de gérer cette affection chez le cheval et nous nous sommes particulièrement intéressés à la technique de pressothérapie dégressive, utilisée depuis plusieurs décennies en médecine humaine et en cours de développement chez le cheval par la société Eoliance Thera®.

L'étude pilote, que nous avons pu réaliser uniquement sur trois chevaux en raison de la pandémie de Covid-19, a permis de mettre en évidence des pistes d'amélioration du protocole ainsi que certaines limites, pour la réalisation de l'étude statistique ultérieurement. Les résultats descriptifs de cette étude pilote ont notamment fait ressortir une durée probablement insuffisante du traitement pour espérer avoir un effet de réduction de l'œdème à moyen et long terme. De plus, nous nous sommes rendus compte que l'habituation à la guêtre de pressothérapie devait se faire progressivement car certains chevaux peuvent réagir fortement pendant l'utilisation de celle-ci. Nous nous sommes également aperçus que l'activité des chevaux, que l'on espérait régulière et homogène, était un paramètre difficile à gérer. En effet, les chevaux testés pendant l'étude sont des chevaux de travail et de patrouille et leur planning dépend des besoins de la Garde Républicaine. Un cheval a également dû être mis au repos pendant l'étude, ce qui interfère dans nos résultats. Enfin, les mesures périmétriques et échographiques réalisées n'étaient pas toujours cohérentes, ce qui nous amène à réfléchir à une amélioration de nos manipulations et à éventuellement une sélection des zones pour l'étude statistique.

Ce travail fait donc office de préambule à l'étude statistique qui sera menée par la suite, avec un plus grand nombre de chevaux et en tenant compte des remarques exposées dans la discussion, afin de prouver l'effet de la guêtre d'Eoliance Thera® sur la réduction de l'œdème et ainsi pouvoir la commercialiser.



# Liste des références bibliographiques

---

- ABU-SAMRA M.T., IMBABI S.E., MOHMED K.A., KARIB E.A. (1980) Ulcerative lymphangitis in a horse. *Equine Vet. J.* 12(3), 149-150
- AFFOLTER V.K. (2013) Chronic Progressive Lymphedema in Draft Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 29(3), 589-605
- AL-ANI F.K. (1999) Epizootic lymphangitis in horses : a review of literature. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.* 18(3), 691-699
- ALDRICH M.B., GROSS D., MORROW J.R., FIFE C.E., RASMUSSEN J.C. (2017) Effect of pneumatic compression therapy on lymph movement in lymphedema-affected extremities, as assessed by near-infrared fluorescence lymphatic imaging. *J. Innov. Opt. Health Sci.* 10(02)
- ATTIAS D., BESSE B., LELLOUCHE N. (2010) Cardiologie vasculaire, *Medecine KB*. Paris, Editions Vernazobres-Grego
- BARATTO L., CALZÀ L., CAPRA R., et al. (2011) Ultra-low-level laser therapy. *Lasers Med. Sci.* 26(1), 103-112
- BARONE R. (1996) Chaptire IV : Système Lymphatique. In *Anatomie comparée des mammifères domestiques : Tome 5, Angiologie*. Paris, Vigot, pp 687-769
- BARRIER-BATTUT I. (2018) Les vertus de l'argile. *Cheval Santé* n°116, 52-54
- BAULIEU F., BAULIEU J.I., VAILLANT L., SECCHI V., BARSOTTI J. (1989) Factorial analysis in radionuclide lymphography: assessment of the effects of sequential pneumatic compression". *Lymphology* 22, 178-185
- BENDER R., LANGE S. (2001) Adjusting for multiple testing—when and how? *J. Clin. Epidemiol.* 54(4), 343-349
- BONNISSENT C. (2012) Etiologie du syndrome « pattes à jus » chez le baudet du poitou et le trait mulassier poitevin. Thèse Méd. Vét. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort
- CARTIER C.-J. (1989) Pressothérapie par bain de mercure dans le traitement des lymphoèdèmes et de la pathologie de la circulation de retour des membres. *Ann. Kinésithér.* t.16 n°4 pp 175-180
- CARTIER C.-J. (1992) Traitement physique de l'oedème et mercure. *Eur. J. Lymphology Relat. Probl.*
- CARTIER C.-J. (2006) Pressothérapie mercurielle. In *La compression médicale*, Eds Ramelet A.-A., Gardon-Mollard C. Paris, Masson, pp 280-289
- COLLIN B. (1993) Quatrième partie : système lymphatique. In *Anatomie du cheval*. Liège, Derouaux Ordina, pp 175-190
- CORDONNIER N. (2019) Histologie Générale Etude des tissus. Polycopié. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique d'Histologie, Embryologie et Anatomie-Pathologique vétérinaires
- DE COCK H.E.V., AFFOLTER V.K., WISNER E.R., FERRARO G.L., MACLACHLAN N.J. (2003) Progressive Swelling, Hyperkeratosis, and Fibrosis of Distal Limbs in Clydesdales, Shires, and Belgian Draft Horses, Suggestive of Primary Lymphedema. *Lymphat. Res. Biol.* 1(3), 191-199
- DEMONGEOT C. (2006) La cryothérapie en pathologie locomotrice équine. Thèse Méd. Vét. Ecole nationale vétérinaire d'Alfort
- EOLIANC THERA® (2018) Protocoles d'utilisation de la guêtre de drainage mécanique à compression dégressive Eoliance Thera (rapport interne).
- EZZO J., MANHEIMER E., MCNEELY M.L., et al. (2015) Manual lymphatic drainage for lymphedema following breast cancer treatment. *Cochrane Database Syst. Rev.* , 1-6
- FEDELE C., RAUTENFELD D.B. von (2010) Manual lymph drainage for equine lymphoedema-treatment strategy and therapist training. *Equine Vet. Educ.* 19(1), 26-31

- FERRARO G. (2003) Chronic Progressive Lymphedema In Draft Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 23(5), 189-190
- FILIPPI M.-D. (2016) Mechanism of Diapedesis: Importance of the Transcellular Route. *Adv. Immunol.* 129, 25-53
- FONTAINE J.-J. (2014) Polycopié de cours - Lésions de l'appareil circulatoire - Coeur et vaisseaux. Unité d'histologie et anatomie pathologique DSBP-ENVA
- FOSSUM T.W., MILLER M.W. (1992) Lymphedema: Etiopathogenesis. *J. Vet. Intern. Med.* 6(5), 283-293
- GAYNOR J.S., HAGBERG S., GURFEIN B.T. (2018) Veterinary applications of pulsed electromagnetic field therapy. *Res. Vet. Sci.* 119, 1-8
- HANSEN K.C., D'ALESSANDRO A., CLEMENT C.C., SANTAMBROGIO L. (2015) Lymph formation, composition and circulation: a proteomics perspective. *Int. Immunol.* 27(5), 219-227
- JOHNSON S., SYMONS J. (2019) Measuring Volumetric Changes of Equine Distal Limbs: A Pilot Study Examining Jumping Exercise. *Animals* 9(10), 751
- JONES K. (2006) Epizootic lymphangitis: The impact on subsistence economies and animal welfare. *Vet. J.* 172(3), 402-404
- KAYIRAN O., DE LA CRUZ C., TANE K., SORAN A. (2017) Lymphedema: From diagnosis to treatment. *Turk. J. Surg.* 33(2), 51-57
- KOBLUK C., JOHNSON G., LAUPER L. (1994) A scintigraphic investigation of magnetic field therapy on the equine third metacarpus. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 07(01), 14-18
- LAMOREAUX HESBACH A. (2014) Manual Therapy in Veterinary Rehabilitation. *Top. Companion Anim. Med.* 29(1), 20-23
- LEPRETRE M. (1991) Pressothérapie au mercure dans le traitement lymphatique et veineux. International Society of Lymphology XIIth congrès lymphologie Paris, pp 17-19
- O'MELIA M.J., LUND A.W., THOMAS S.N. (2019) The Biophysics of Lymphatic Transport: Engineering Tools and Immunological Consequences. *iScience* 22, 28-43
- PALMER A., MACCHIAVERNA J., BRAUN A., HENDRIX R., MILLER A.J. (1991) Compression Therapy of Limb Edema Using Hydrostatic Pressure of Mercury. *Angiology* 42(7), 533-542
- PASCOE R., KNOTTENBELT D. (2009) Principles and practice of equine dermatology, 2nd edition. ed. Edinburgh, Saunders Elsevier, pp 5-10
- POWELL H., AFFOLTER V.K. (2012) Combined decongestive therapy including equine manual lymph drainage to assist management of chronic progressive lymphoedema in draught horses: Management of equine chronic progressive lymphoedema. *Equine Vet. Educ.* 24(2), 81-89
- PROCTOR-BROWN L., HICKS R., COLMER S., et al. (2018) Distal limb pathologic conditions in horses treated with sleeve-style digital cryotherapy (285 cases). *Res. Vet. Sci.* 121, 12-17
- RABE E., CARPENTIER P., MAGGIOLI A. (2018) Understanding lower leg volume measurements used in clinical studies focused on venous leg edema. *Int. Angiol.* 37(6), 437-443
- RICHMAND D.M., O'DONNELL T.F., ZELIKOVSKI A. (1985) Sequential Pneumatic Compression for Lymphedema. *Arch. Surg.* 120, 1116-1119
- ROSZKOWSKA K., WITKOWSKA-PILASZEWCZ O., PRZEWOZNY M., CYWINSKA A. (2018) Whole body and partial body cryotherapies – lessons from human practice and possible application for horses. *BMC Vet. Res.* 14(1), 394
- SANTAMBROGIO L. (2018) Chapter 4 : The Lymphatic Fluid. In *International Review of Cell and Molecular Biology*. Oxford, Elsevier, pp 111-133
- SCOTT D.W., MILLER W.H. (2011a) Structure and Function of the Skin. In *Equine Dermatology*. Maryland Heights, Mo, Elsevier Saunders, pp 1-34
- SCOTT D.W., MILLER W.H. (2011b) Bacterial Skin Diseases. In *Equine Dermatology*, 2<sup>e</sup> ed. Maryland Heights, Mo, Elsevier Saunders, pp 149-151
- SKOBE M., DETMAR M. (2000) Structure, Function, and Molecular Control of the Skin Lymphatic System. *J. Investig. Dermatol. Symp. Proc.* 5(1), 14-19

- SMOOT B., CHIAVOLA-LARSON L., LEE J., MANIBUSAN H., ALLEN D.D. (2015) Effect of low-level laser therapy on pain and swelling in women with breast cancer-related lymphedema: a systematic review and meta-analysis. *J. Cancer Surviv.* 9(2), 287-304
- STOUT N., PARTSCH H., SZOLNOKY G., et al. (2012) Chronic edema of the lower extremities: international consensus recommendations for compression therapy clinical research trials. *Int. Angiol.* 31(4), 15
- SUN J., KWAN R.L.-C., ZHENG Y., CHEING G.L.-Y. (2016) Effects of pulsed electromagnetic fields on peripheral blood circulation in people with diabetes: A randomized controlled trial: PEMF on Circulation in People With Diabetes. *Bioelectromagnetics* 37(5), 290-297
- THIBERT S. (2007) L'expression cutanée des affections systémiques chez le cheval. Thèse Méd. Vét. Ecole nationale vétérinaire de Lyon
- ZELIKOVSKI A., MELAMED I., Kott, Manoach, Urca (1980) the « Lymphapress »-A New Pneumatic Device for the Treatment of Lymphedema : Clinical Trial and Results. *In Folia Angiologica.* pp 165-169
- ZELIKOVSKI A., MANOACH M., GILER S., URCA I. (1980) Lympha-press , a new pneumatic device for the treatment of lymphedema of the limbs. *Lymphology* , 68-73



# Annexe 1 : plaquette de présentation

**EOLIANCE  
THERA** 

**ETUDES DE CAS VÉTÉRINAIRES**  
En collaboration avec  
la Clinique Equine de l'ENVA

**La première guêtre  
de drainage mécanique  
à compression dégressive par  
EOLIANCE THERA®**

*Améliorer la prise en charge des lymphangites chroniques et aiguës pour soulager le cheval et permettre une meilleure récupération*

Projet reconnu par les experts de la filière équine

2<sup>e</sup> prix du Village des Startups Hippolia à EQUITA LONGINES LYON

EOLIANCE THERA sur le podium du Prix du Jury



La première guêtre de drainage mécanique à compression dégressive

## LA THÉRAPEUTIQUE HUMAINE AU SERVICE DU CHEVAL

### LES RAISONS DE LA PERFORMANCE

#### La PRESSOTHÉRAPIE MERCURIELLE (1976)

- 30 ans de pratique en médecine vasculaire
- 2 millions de patients humains traités avec succès
- Cotation Sécurité Sociale FCBP001

### RÉSULTATS EN MEDECINE HUMAINE

- 75% de réduction des œdèmes d'origine lymphatiques persistants
- Raccourcit de 30% les délais d'incapacité au travail de l'entorse de cheville (Dr BOISSIER et FARIZON, CHU de St Etienne, juin 1992)
- Cicatrisation des plaies ulcérées persistantes de cause veineuse sur terrain artériel
- Diminue de 30% l'acide lactique sanguin après effort (étude sur sportifs de haut niveau, INSEP)
- Récupération physique accrue sur Equipes de France de cyclisme et de ski alpin

Lymphoedème secondaire, vieux de 7 ans



Avant / Après

### INDICATIONS

- Œdèmes séquellaires des lymphangites
- Pathologies inflammatoires et œdèmes des tendons et mollettes
- Pathologies inflammatoires, œdèmes et hématomes post-traumatiques



### ACTION

- Désinfiltrer, draine et assouplit les tissus superficiels et profonds
- Diminue les contraintes tissulaires
- Réveille le retour veineux et lymphatique
- Vasodilate les territoires en cause localement et en amont
- Réduit la douleur, allège le membre, améliore la locomotion
- Favorise la revascularisation

### Aide le corps à enclencher lui-même le processus de guérison

Une technologie non-invasive		Pressions réglables
	Sans apport médicamenteux	Guêtre adaptable à toute morphologie



La première guêtre de drainage mécanique à compression dégressive

## LA GUÊTRE DE DRAINAGE MÉCANIQUE EOLIANCE THERA®

### PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT

La guêtre applique une compression dégressive via un gradient de pression sur le membre avec, entre autres, de l'air comprimé

- Principe : **compression** ascendante progressive de la jambe
- Composition : gaine textile pneumatique + moniteur
- Hauteur de la gaine sur le membre : 45 cm, couvrant le paturon, le boulet et le canon
- Pressions dégressives variables : au choix de 0,2 à 0,8 bar au paturon (0,02 à 0,15 bar à l'extrémité supérieure du canon)

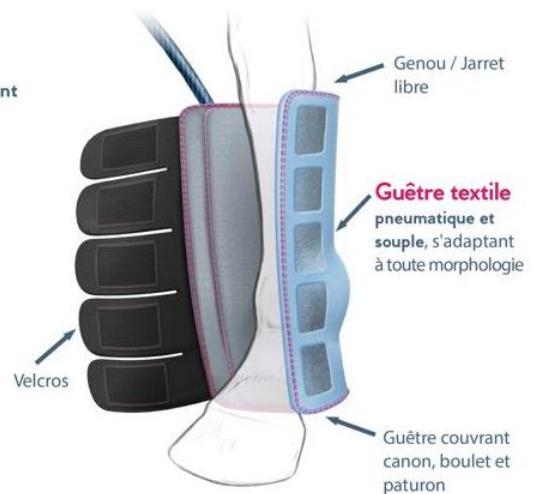
### DÉROULEMENT D'UNE SÉANCE :

1. Environ 25 pulsions compressives de bas en haut
2. 30 minutes de séance, suivies de bandages à demeure pour conserver l'effet d'une fois sur l'autre.
3. Après le dernier traitement, bandage à laisser en place quelques jours pour stabiliser l'action
4. **TRAITEMENT D'ATTAQUE :**  
6 séances de 30 minutes (de 2 par jour à 1 tous les 2 jours), en fonction de la pathologie
5. **TRAITEMENT D'ENTRETIEN :** 1 séance par semaine ou par mois 3 mois, puis 1 séance tous les 3 à 6 mois si besoin

Appareil mobile et non-opérateur dépendant



Réglage de la pression et du temps de compression





La première guêtre de drainage mécanique à compression dégressive

### ETUDE DE CAS N°1

TRAITEMENT D'UNE LYMPHANGITE unilatérale de 18 mois



J0 (22/06/2018)



J1(23/06/2018)

3 séances

**Résultats :** réapparition des tendons, assouplissement des tissus, réduction de l'œdème

### ETUDE DE CAS N°2

LYMPHANGITE BILATÉRALE : TRAITEMENT POSTÉRIEUR GAUCHE

J3 (13/06/2018)

6 séances de 30 min

Séquelles œdémateuses globales de lymphangite aux 2 postérieurs depuis 1 an, maximale à gauche



**Résultats :** Diminution de 1,5cm à 3cm de circonférence suivant la région du membre traité.

### ETUDE DE CAS N°3

TRAITEMENT D'UNE TÉNOSYNOVITE unilatérale de 18 mois

Œdème localisé, séquelle de lymphangite responsable d'une importante ténosynovite secondaire chronique depuis 18 mois au post. gauche

Protocole = 6 séances de 30 minutes, groupées sur 3 jours

J0 (10/04/2018)



J1 (11/04/2018)

1 séance



J2 (12/04/2018)

6 séances



**Résultats :**

- Diminution de 8cm au dessus du boulet au point le plus fort, de 34cm à 26cm de circonférence (le membre sain est à 25,5cm)
- Diminution de 4cm au paturon , de 26 à 22cm de circonférence (le membre sain est à 23cm)

AC & CO TECHNOLOGIES SAS SAS au capital de 60 000€ SIREN 801 329 848 – RCS Châteauroux  
3, rue Victor Hugo 36120 Ardentes [www.eoliancethera.com](http://www.eoliancethera.com) Mob. 06 31 21 72 76

# Annexe 2 : tableaux des données de mesure

**Cheval A**

		S1				S2							
		Membre test		Membre témoin		Observations		Membre test		Membre témoin		Observations	
		MP pré séance	MP post séance	ME pré séance	MP pré séance			MP pré séance	MP post séance	MP pré séance			
1		31,1	30,6			26		30,6	30,2	25,3			
	2	27,5	27	0,86	25,6			25,9	26	25,2			
	3	28,8	28,3	1,01	26,1			26,8	27	25,5	a bougé au bout		
	4	34	34,6	1,5	33,8			33,6	33,8	32,5	de 20 minutes,		
	5	26,5	24,5		26,1			24,3	24,5	23,3	P=0,9 bar		
		S3				S4				S5			
		Membre test		Membre témoin		Observations		Membre test		Membre témoin		Observations	
		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance	
		30,7	31	25,8		31	29,4	25,2		31,2	30,3	25,5	
		26,5	26,5	25,1		26,3	26,5	24,9		26,5	26,1	25	
		27,3	27,2	27,7		27,5	27,3	25,7		27	27,1	25,5	
		34	33,6	32,8		34	34	32,8		33,3	33,2	32,6	
		24,5	24,4	24,1		25	24,7	24		24,5	24,1	25	
		S6				Contrôle 1							
		Membre test		Membre témoin		Observations		Membre test		Membre témoin		Observations	
		MP pré séance	MP post séance	ME post séance	MP pré séance			MP	ME	MP			
		31	31,4			25,5		31,5			25,7		
		26,4	26,2	0,65	25,1			27,9	1,4	25,5			
		26,9	26,9	0,74	25,4			29,5	1,31	26,3			
		33,6	33,8	1,15	32,8			35,4	1,6	33,2			
		25	24,4		24,2			24,9		25,1			noté une grande amélioration visuelle

## Données brutes des mesures chez le cheval A

**Cheval B**

		S1				S2							
		Membre test		Membre témoin		Observations		Membre test		Membre témoin		Observations	
		MP pré séance	MP post séance	ME pré séance	MP pré séance	ME pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance			
1		28	28,1			27,1		28,5	28,5	28			
	2	24,5	24,7	0,33	24,7	0,36		24,9	24,6	24,5			
	3	26,2	26,2	0,29	26	0,41		26	25,8	25,5			
	4	32,6	32,4	0,99	32,2	0,6		32,2	32	32			
	5	25,2	25,1		25,2			25,1	24,5	25,1	20 minutes		
		S3				S4				S5			
		Membre test		Membre témoin		Observations		Membre test		Membre témoin		Observations	
		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance	
		28,8	28,2	27,5		28,4	27,5	27,5		28,7	27,9	26,8	
		25	25	24,6		24,8	24,5	24,5		24,5	24,9	24,4	
		26,1	25,9	25,5		25,5	25,9	25,5		25,7	26,1	26	
		32,2	32	32,2 réaction à la minute 29		31,8	31,9	31,2		31,9	31,5	31,5	
		25,3	24,4	24,2		24,9	24	24,6		24,8	24,6	24,1	
		S6				Contrôle 1							
		Membre test		Membre témoin		Observations		Membre test		Membre témoin		Observations	
		MP pré séance	MP post séance	ME post séance	MP pré séance	ME post séance		MP	ME	MP	ME		
		28,3	28,5		27,3			27,5		27,2			
		24,8	25	0,23	24,5	0,27		24,6	0,27	24,2	0,26		
		25,9	26,3	0,37	25,5	0,3		25,5	0,31	25,2	0,29		
		31,6	31,9	0,76	31,6	0,88		31,4	0,98	31,6	0,73	Bandes de repos au quotidien	
		25,5	25		24,2			25,2		24,5			
		Contrôle 2											
		Membre test		Membre témoin		Observations							
		MP	ME	MP	ME								
		26,5		26,3									
		24,2	0,22	25	0,31								
		24,5	0,28	25,2	0,31								
		31,8	0,59	31,5	0,67								
		25		23,5									

## Données brutes des mesures chez le cheval B

Cheval C	S1					Observations	S2		
	Membre test		Membre témoin				Membre test	Membre témoin	Observations
	MP pré séance	MP post séance	ME pré séance	MP pré séance	ME pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance
1	27,3	27			26,5		26	27	27
2	25,4	25	0,37	25,2	0,32		24,6	25,6	24,9
3	27,1	27,1	0,35	27	0,35		26,7	26,1	26,1
4	33,5	32,9	1,11	32,2	1,08		32,8	33	32,5
5	26	25,7		25,8		20 minutes	25	24,8	25 20 minutes

	S3			S4			S5				
	Membre test		Membre témoin	Membre test		Membre témoin	Membre test		Membre témoin		
MP pré séance	MP post séance	MP pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance		MP pré séance	MP post séance	MP pré séance	
27,7	27,5	27,3		26,9	27,2	27		25,2	27	27,5	
24,6	24,8	24,9		24,5	24,5	25		24,7	24,6	24,8	
26,3	26,2	25,8		25,5	26	25,8		25,8	26,3	26,3	
32,8	32,5	32,2		32,8	32,5	32,1		32,9	32,4	32,5	
24,4	24,6	24,9	30 minutes	23,7	24	24,1		24,5	24,1	24	

	S6				Observations	Contrôle 1			
	Membre test		Membre témoin			MP	ME	MP	ME
MP pré séance	MP post séance	ME post séance	MP pré séance	ME post séance					
27	27,3		27,5			27		27,2	
24,3	24,5	0,21	24,8	0,23		24,5	0,33	24,4	0,39
26,3	26	0,25	25,6	0,24		25,6	0,29	25,5	0,31
32,5	32,5	0,83	31,6	0,88		31,8	0,85	32	0,97
24,2	23,9		24			25		24,8	

### Données brutes des mesures chez le cheval C

Zone 1 A	Membre testé	membre témoin	Zone 1B	Membre testé	Membre témoin	Zone 1C	Membre testé	Membre témoin
S2-1	-1,61	-2,69	S2-1	1,785714286	3,32103321	S2-1	-4,761904762	1,886792453
S3-2	0,33	1,98	S3-2	1,052631579	-1,785714286	S3-2	6,538461538	1,111111111
S4-3	0,98	-2,32	S4-3	-1,388888889	0 S4-3	-2,888086643	-1,098901099	
S5-4	0,65	1,2	S5-4	1,056338028	-2,545454545	S5-4	1,115241636	1,851851852
S6-5	-0,64	0	S6-5	-1,393728223	1,865671642	S6-5	-0,735294118	0
C1-S6	1,61	0,784313725	C1-S6	-2,826855124	-0,366300366	C1-S6	0	-1,090909091

### Déférences utilisées pour évaluer l'effet des bandes de repos pour la zone

Zone 2 A	Membre testé	Membre témoin	Zone 2 B	Membre testé	Membre témoin	Zone 2 C	Membre testé	Membre témoin
S2-1	-5,818181818	-1,5625	S2-1	1,632653061	-0,809716599	S2-1	-3,149606299	-1,19047619
S3-2	2,316602317	-0,396825397	S3-2	0,401606426	0,408163265	S3-2	0	0
S4-3	-0,754716981	-0,796812749	S4-3		-0,8	S4-3	-0,406504065	0,401606426
S5-4	0,760456274	0,401606426	S5-4	-1,209677419	-0,408163265	S5-4	0,816326531	-0,8
S6-5	-0,377358491	0,4	S6-5	1,224489796	0,409836066	S6-5	-1,619433198	0
C1-S6	5,681818182	1,593625498	C2-C1	-0,806451613	-1,224489796	C1-S6	0,823045267	-1,612903226

### Déférences utilisées pour évaluer l'effet des bandes de repos pour la zone

Zone 3A	Membre testé	Membre témoin	Zone 3B	Membre testé	Membre témoin	Zone 3C	Membre testé	Membre témoin
S2-1	-6,944444444	-2,298850575	S2-1	-0,763358779	-1,923076923	S2-1	-1,47601476	-3,333333333
S3-2	1,865671642	8,62745098	S3-2	0,384615385	0 S3-2	-1,498127341	-1,149425287	
S4-3	0,732600733	-7,220216606	S4-3	-2,298850575	0 S4-3	-3,041825095	0	
S5-4	-1,818181818	-0,778210117	S5-4	0,784313725	1,960784314	S5-4	1,176470588	1,937984496
S6-5	-0,37037037	-0,392156863	S6-5	0,778210117	-1,923076923	S6-5	1,937984496	-2,661596958
C1-S6	9,665427509	3,543307087	C1-S6	-1,544401544	-1,176470588	C1-S6	-2,661596958	-0,390625
			C2-C1	-3,921568627	0 C2-C1		5,46875	-1,176470588

### Déférences utilisées pour évaluer l'effet des bandes de repos pour la zone

Zone 4A	Membre testé	Membre témoin	Zone 4B	Membre testé	Membre témoin	Zone 4C	Membre testé	Membre témoin
S2-1	-1,176470588	-3,846153846	S2-1	-1,226993865	-0,621118012	S2-1	-2,089552239	0,931677019
S3-2	1,19047619	0,923076923	S3-2	0	0,625	S3-2	0	-0,923076923
S4-3	0	0	S4-3	-1,242236025	-3,105590062	S4-3	0	-0,310559006
S5-4	-2,058823529	-0,609756098	S5-4	0,314465409	0,961538462	S5-4	0,304878049	1,246105919
S6-5	0,900900901	0,613496933	S6-5	-0,940438871	0,317460317	S6-5	-1,215805471	-2,769230769
C1-S6	5,357142857	1,219512195	C1-S6	-0,632911392	0	C1-S6	-2,153846154	1,265822785
C2-C1			C2-C1	1,27388535	-0,316455696	C2-C1	7,547169811	5,625

#### Différences utilisées pour évaluer l'effet des bandes de repos pour la zone

Zone 5A	Membre testé	Membre témoin	Zone 5B	Membre testé	Membre témoin	Zone 5C	Membre testé	Membre témoin
S2-1	-8,301886792	-10,72796935	S2-1	-0,396825397	-0,396825397	S2-1	-3,846153846	-3,100775194
S3-2	0,823045267	3,433476395	S3-2	0,796812749	-3,585657371	S3-2	-2,4	-0,4
S4-3	2,040816327	-0,414937759	S4-3	-1,581027668	1,652892562	S4-3	-2,868852459	-3,212851406
S5-4	-2	4,166666667	S5-4	-0,401606426	-2,032520325	S5-4	3,375527426	-0,414937759
S6-5	2,040816327	-3,2	S6-5	2,822580645	0,414937759	S6-5	-1,224489796	0
C1-S6	-0,4	3,719008264	C1-S6	-1,176470588	1,239669421	C1-S6	3,305785124	3,333333333
C2-C1			C2-C1	-0,793650794	-4,081632653	C2-C1	6	5,64516129

#### Différences utilisées pour évaluer l'effet des bandes de repos pour la zone

Zone 2		ΔBe2	ΔCe2	Zone 3		ΔBe3	ΔCe3
J1		-0,03	0,05	J1		-0,12	0,01
J3		-0,04	-0,02	J3		0,07	0,01
J8		0,01	-0,06	J8		0,02	-0,02
J30		-0,09	0,06	J30		-0,03	-0,27
Zone 4		ΔBe4	ΔCe4				
J1		0,39	0,03				
J3		-0,12	-0,05				
J8		0,25	-0,12				
J30		-0,08	-0,4				

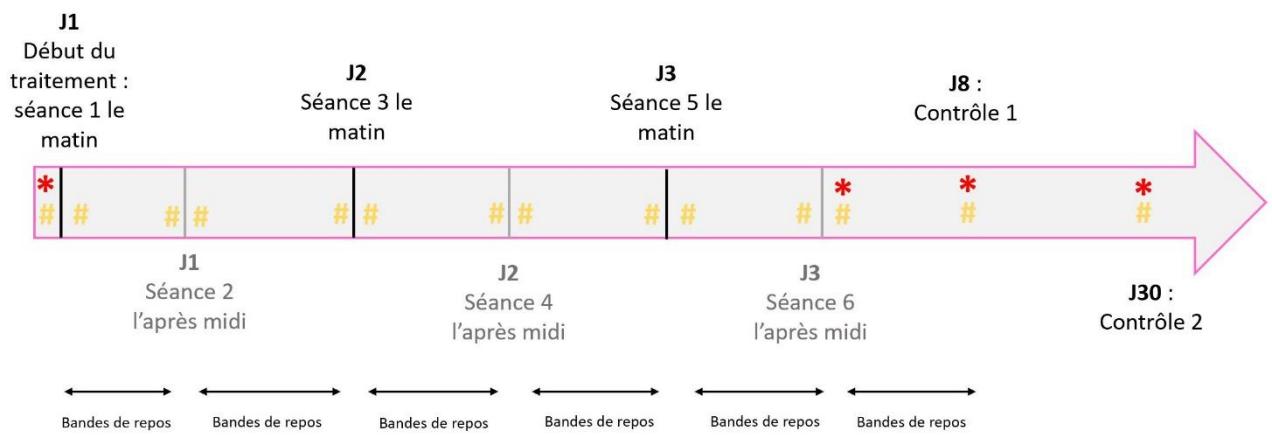
#### Différences utilisées pour évaluer la variation du plan sous-cutané

Zone 1	A	B	C	Zone 2	A	B	C
ΔS1	-1,607717	0,35714286	-1,0989011	ΔS1	-1,8181818	0,81632653	-1,5748031
ΔS2	-1,3071895	-0,3508772	3,85	ΔS2	0,38610039	-1,2048193	4,06504065
ΔS3	0,9771987	-2,0833333	-0,7220217	ΔS3	0	0	0,81300813
ΔS4	-5,1612903	-3,1690141	1,11524164	ΔS4	0,76045627	-1,2096774	0
ΔS5	-2,8846154	-2,7874564	7,14285714	ΔS5	-1,509434	1,63265306	-0,4048583
ΔS6	1,29032258	0,70671378	1,11111111	ΔS6	-0,7575758	0,80645161	0,82304527
Zone 3	A	B	C	Zone 4	A	B	C
ΔS1	-1,7361111	0	0	ΔS1	1,76470588	-0,6134969	-1,7910448
ΔS2	0,74626866	-0,7692308	-2,247191	ΔS2	0,5952381	-0,621118	0,6097561
ΔS3	-0,3663004	-0,7662835	-0,3802281	ΔS3	-1,1764706	-0,621118	-0,9146341
ΔS4	-0,7272727	1,56862745	1,96078431	ΔS4	0	0,31446541	-0,9146341
ΔS5	0,37037037	1,55642023	1,9379845	ΔS5	-0,3003003	-1,2539185	-1,5197568
ΔS6	0	1,54440154	-1,1406844	ΔS6	0,5952381	-1,9607843	0
Zone 5	A	B	C				
ΔS1	-7,5471698	-0,3968254	-1,1538462				
ΔS2	0,82304527	-2,3904382	-0,8				
ΔS3	-0,4081633	-3,5573123	0,81967213				
ΔS4		-1,2	-3,6144578	1,26582278			
ΔS5	-1,6326531	-0,8064516	-1,6326531				
ΔS6	-2,4	-1,9607843	-1,2396694				

#### Différences utilisées pour évaluer l'effet de la guêtre de pressothérapie

# Annexe 3 : Protocole fourni à la Garde Républicaine

Thèse EnvA – Guêtre de pressothérapie Eoliance Thera



# **ÉTUDE ET UTILISATION DE LA PRESSOTHÉRAPIE DÉGRESSIVE DANS LA GESTION DES OEDÈMES DE LA PARTIE DISTALE DES MEMBRES CHEZ LE CHEVAL**

---

**AUTEUR : Oriane VEROUL**

## **RÉSUMÉ :**

L'œdème de la partie distale des membres chez les chevaux, appelé familièrement « engorgement » ou « poteaux », est une affection bien connue par les propriétaires ou les cavaliers. Il est qualifié de lymphœdème car il correspond à une stase du liquide lymphatique et donc à un gonflement des tissus mous. Il existe plusieurs origines dont les plus fréquentes sont un défaut chronique du fonctionnement du système lymphatique dû notamment à l'immobilité ou des séquelles de lymphangites.

Différentes méthodes sont utilisées pour essayer de favoriser le drainage lymphatique et de réduire l'œdème. En médecine humaine, la technique appelée « pressothérapie », c'est-à-dire utiliser une compression avec un gradient de haute pression en région distale et de faible pression en région proximale, a été développée dans les années 70. Deux méthodes ont été mise en place, la pressothérapie mercurielle puis la pressothérapie par compression dégressive pneumatique avec l'utilisation d'une guêtre contenant des poches d'air comprimé.

La société Eolian Thera® souhaite développer une guêtre de pressothérapie dégressive chez le cheval dans le but de réduire les œdèmes de la région distale des membres. Nous avons réalisé l'étude pilote pour le développement de ce projet et mis en place un protocole sur des chevaux présentant des lymphœdèmes sur les membres postérieurs. La guêtre était appliquée sur un des membres postérieurs et le membre controlatéral représentait le membre témoin. Le paramètre évalué était la différence entre le membre testé et le membre témoin. Nous avons pris des mesures périmétriques et échographiques sur cinq zones du membre du cheval, à quatre moments clés. Des mesures périmétriques ont également été prises avant et après chaque séance afin de documenter l'évolution de manière plus précise.

Cette étude est donc le préambule de l'étude statistique qui se fera ultérieurement. Elle nous a permis de mettre en évidence plusieurs points d'amélioration ainsi que certaines limites, ce qui sera utile pour la suite des expériences réalisées par la société.

## **MOTS CLÉS :**

**DRAINAGE LYMPHATIQUE, PRESSOTHERAPIE, GUÊTRE, LYMPHOEDEME, PARTIE DISTALE DU MEMBRE, CHEVAL.**

## **JURY :**

Président : Pr Michèle IMBERT

1<sup>er</sup> Assesseur : Pr Henry CHATEAU

2<sup>nd</sup> Assesseur : Pr Dominique GRANDJEAN

# **STUDY AND USE OF DEGRESSIVE PRESSOTHERAPY IN THE MANAGEMENT OF EDEMAS OF THE DISTAL PART OF HORSE' LIMBS**

---

**AUTHOR:** Oriane VEROUL

## **SUMMARY:**

Edema of the distal limb in horses, commonly called "swollen legs" is a condition well known to owners and riders. It is called lymphedema because it corresponds to a stasis of the lymphatic fluid and therefore to a swelling of the soft tissues. There are several origins, the most frequent being a chronic dysfunction of the lymphatic system due especially to immobility or sequelae of lymphangitis.

Different methods are used trying to promote lymphatic drainage and reduce edema. In human medicine, the technique called "pressotherapy", using a compression with a gradient of high pressure in the distal region and low pressure in the proximal region, was developed in the 1970s. Two methods have been developed, mercurial pressotherapy then pressotherapy by pneumatic degressive compression with the use of a gaiter containing pockets of compressed air.

The company Eoliance Thera® aims to develop a degressive pressotherapy horse boot in order to reduce edema in the distal region of the limbs. We made the pilot study for the development of this product and set up a protocol on horses with lymphoedema in the hind limbs. The horse boot was applied to one of the hind limbs and the contralateral limb represented the control limb. The parameter evaluated was the difference between the tested limb and the control limb. We performed perimeter and ultrasound measurements on five areas of both limbs at four key points of the research protocol. Perimeter measurements were also taken before and after each session in order to document the changes more precisely.

This study is therefore a preliminary study, and will be followed by a larger study in order to try and achieve a statistical evaluation of the treatment efficacy. It allowed us to highlight several points for improvement as well as some limitations of the study, which will be useful for the rest of the trials carried out by the company.

## **KEYWORDS:**

LYMPHATIC DRAINAGE, PRESSOTHERAPY, HORSE BOOT, LYMPHOEDEMA, DISTAL PART OF THE LIMB, HORSE.

## **JURY:**

Chairperson: Pr Michèle IMBERT

1<sup>st</sup> Assessor: Pr Henry CHATEAU

2<sup>nd</sup> Assessor: Pr Dominique GRANDJEAN