

MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

DE NANCY

**ETUDE COMPARATIVE DES EFFETS DE
DEUX TECHNIQUES D'ETIREMENTS
ACTIFS SUR LA PERFORMANCE
MUSCULAIRE LORS D'UN SPRINT CHEZ
DES FOOTBALLEUSES EVOLUANT AU
NIVEAU NATIONAL**

Mémoire présenté par **Julie RAMPANT**

étudiante en 3^{ème} année de kinésithérapie de masso-kinésithérapie

en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat

de masseur-kinésithérapeute

2013/2014

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	1
2.	CADRE THEORIQUE	1
2.1	Description anatomique et physiologique du muscle squelettique strié :	1
2.2	Effets physiologiques des étirements :	3
2.3	Quels effets pour quels types d'étirement?	5
2.3.1	<i>Etirements activo-dynamiques :</i>	5
2.3.2	<i>Etirements Raisonnes Actifs Myotendineux (ERAMT) :</i>	6
2.3.3	<i>Différences fondamentales entre les 2 techniques :</i>	6
2.4	Le sprint :	7
2.4.1	<i>Biomécanique du sprint :</i>	7
2.4.2	<i>Place du sprint lors d'un match de football :</i>	9
2.5	Problématique	10
3.	MATERIEL ET METHODE	10
3.1	Méthode de recherche bibliographique	10
3.2	Population :	11
3.3	Protocole expérimental et matériel :	12
3.3.1	<i>Description des sessions :</i>	12
3.3.2	<i>Description du protocole :</i>	13
3.3.2.1	<i>Description de l'échauffement</i>	13
3.3.2.2	<i>Première mesure : évaluation de la vitesse de sprint avant étirements</i>	15
3.3.2.3	<i>Protocole d'étirements</i>	16
3.3.2.3.1	<i>Etirements activo-dynamiques</i>	16
3.3.2.3.2	<i>Etirements raisonnés actifs myotendineux (ERAMT) :</i>	20
3.3.2.4	<i>Deuxième mesure : évaluation de la vitesse de sprint après étirements</i>	23
3.3.3	<i>Protocole de réalisation :</i>	24
3.3.3.1	<i>Matériel utilisé :</i>	24
3.3.3.2	<i>Disposition du test :</i>	24
3.4	METHODE STATISTIQUE	25
4.	RESULTATS	25
5.	DISCUSSION	28
6.	CONCLUSION.....	30
	BIBLIOGRAPHIE	
	ANNEXES	

RESUME

Introduction : Depuis plusieurs années, la pratique des étirements actifs s'est largement développée. Cependant, de nombreux auteurs s'interrogent sur les bénéfices attendus notamment au sujet de l'amélioration de la performance. Cette étude ne cherche pas à justifier l'intérêt des étirements, mais à mettre en évidence le type d'étirement actif qui serait le plus favorable pour améliorer un effort sportif, parmi lesquels les étirements activo-dynamiques et les étirements actifs raisonnés myotendineux.

Objectif : L'objectif de ce travail de recherche est de comparer les effets des étirements activo-dynamiques et les effets des étirements raisonnés actifs myotendineux sur la performance musculaire mesurée lors d'un sprint de 10 mètres chez des footballeuses évoluant au niveau national.

Matériel et méthode : 30 footballeuses de l'Association Sportive Nancy Lorraine (ASNL), évoluant en 2^{ème} division (niveau national), ont effectué des sprints sur une distance de 10 mètres à la suite d'un échauffement standardisé qui comportait soit des étirements activo-dynamiques, soit des étirements raisonnés actifs myotendineux, soit aucun étirement. Chaque joueuse participe aux 3 sessions. Les outils utilisés sont des cellules photoélectriques, permettant des mesures précises au centième de secondes.

Résultats : Pour la population étudiée, nos résultats ne permettent pas de prouver significativement qu'il existe une corrélation entre la qualité de la performance et ces 2 techniques d'étirements actifs. Toutefois, les étirements raisonnés actifs myotendineux semblent moins défavorables à la performance que les étirements activo-dynamiques.

Discussion : Nous pouvons penser qu'un sprint sur une distance de 10 mètres chez des footballeuses qui ne sont pas spécialistes de ce type d'effort n'est pas assez discriminatif. De plus, les meilleurs résultats étant en faveur de la session sans étirement, nous nous interrogeons sur la nécessité ou non de les pratiquer avant une compétition.

Mots-clés : étirement actif, échauffement, performance, muscle, sprint

Key words: dynamic stretching, warm up, performance, muscle, sprint

1. INTRODUCTION

Les étirements sont un phénomène de mode depuis une vingtaine d'années. Le milieu sportif en général et le football en particulier ne font pas exception. En effet, les étirements actifs sont devenus incontournables chez les footballeurs amateurs et professionnels avant une compétition. Ils participeraient à l'amélioration de la performance mais la littérature n'est pas unanime à ce sujet.

Nous n'alimenterons pas le débat en cherchant à répondre à la question « pour ou contre les étirements » mais nous tenterons de comparer, par l'intermédiaire de l'analyse de mesures chronométrées, l'impact de deux techniques d'étirements actifs dans l'objectif d'améliorer un effort sportif. L'effort retenu est un sprint de 10 mètres évalué chez une population de footballeuses évoluant à un niveau national. Nous avons fait ce choix car c'est l'effort le plus répété et le plus déterminant au cours d'un match de football. Les deux techniques comparées sont les étirements activo-dynamiques, très pratiqués et les étirements raisonnés actifs myotendineux, plus méconnus. Ces derniers, qui n'engendrent ni fatigue ni ischémie musculaire (1), seraient-ils plus efficaces ? Nous essaierons de répondre à cette question.

2. CADRE THEORIQUE

2.1 Description anatomique et physiologique du muscle squelettique strié : (annexe III)

Le muscle est composé d'un corps musculaire et de 2 tendons. (2) (3) (4) Le corps musculaire comporte des fibres musculaires enveloppées individuellement et maintenues ensemble par différentes gaines de tissu conjonctif (2) (3) :

- L'épimysium recouvre le muscle.
- Le périmysium entoure les faisceaux de fibres musculaires.
- L'endomysium enveloppe chaque fibre musculaire.

Ces gaines de tissu conjonctif constituent un ensemble continu incluant les tendons qui relient les muscles aux os. Lorsqu'elles se contractent, les fibres musculaires tirent donc sur leurs différentes gaines, lesquelles, à leur tour, transmettent le mouvement à l'os.

Chaque fibre musculaire comporte une multitude de myofibrilles qui contiennent les éléments contractiles du muscle appelés sarcomères. Chaque myofibrille est composée de mille à deux millions de sarcomères en série. (4) Ces derniers sont constitués de protéines contractiles d'actine et de myosine qui sont disposées de façon à s'interconnecter les unes par rapport aux autres lors de la contraction (comme le montre la **figure 1** ci-dessous). (2) (3) (4)

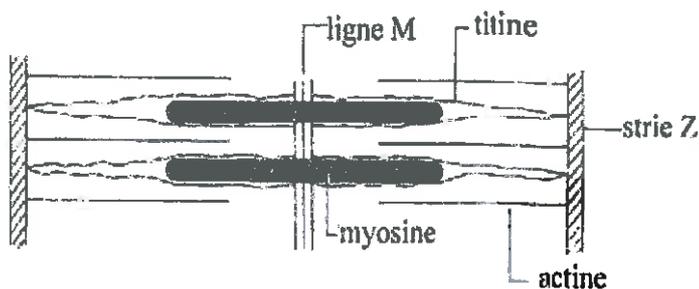


Figure 1 : Organisation du sarcomère. (5)

Description de l'unité myotendineuse schématisée sous forme de 3 ressorts en série :

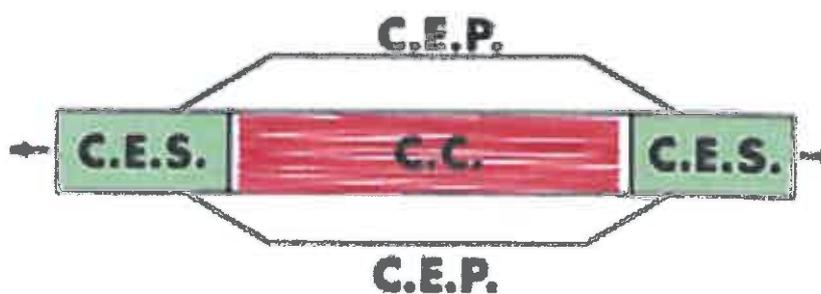


Figure 2: Modèle de HILL. (6)

La composante élastique parallèle (CEP) comprend les enveloppes de tissu conjonctif et constitue la charpente du muscle.

La composante contractile (CC) est représentée par l'ensemble des sarcomères (filaments d'actine et de myosine) et constitue le moteur du muscle.

La composante élastique série (CES) comprend les tendons et constitue l'union entre le moteur musculaire et les leviers osseux.

Le muscle possède quatre propriétés : (2)

- **L'excitabilité** : c'est la capacité à percevoir un stimulus et d'y répondre par une contraction musculaire.
- **La contractilité** : c'est la capacité à se contracter avec force en présence de la stimulation appropriée.
- **L'élasticité** : c'est la possibilité qu'ont les fibres musculaires de se rétracter et de reprendre leur longueur de repos lorsqu'on les relâche.
- **L'extensibilité** : c'est la capacité d'étirement. On peut étirer les fibres musculaires au-delà de leur longueur de repos.

C'est cette dernière propriété, particulièrement exploitée dans les étirements, que nous allons détailler dans la partie suivante.

2.2 Effets physiologiques des étirements :

L'étirement touche l'ensemble des tissus mous qui habitent le squelette osseux, de la superficie à la profondeur. (7) Chronologiquement, la tension de l'étirement se transmet de la jonction os-tendon, au tendon, à la jonction myotendineuse, aux aponévroses (= structures élastiques) et, enfin, aux structures intra-musculaires, quel que soit l'étirement. (6) (8) C'est la modification de l'organisation interne de ces tissus qui explique le gain de longueur obtenu à la suite d'une séance d'étirements, (6) mais tous ces tissus ne se déforment pas de la même façon.

Le tendon, constitué de nombreuses fibres de collagène, présente une réserve d'allongement faible de 3%. Les enveloppes conjonctives sont légèrement plus extensibles tandis que les tissus contractiles le sont beaucoup plus ajoutant ainsi entre 20 et 50% à la longueur de repos du muscle.

L'allongement de l'unité myotendineuse, selon le mode d'étirement, est illustré par la **figure 3** ci-dessous :

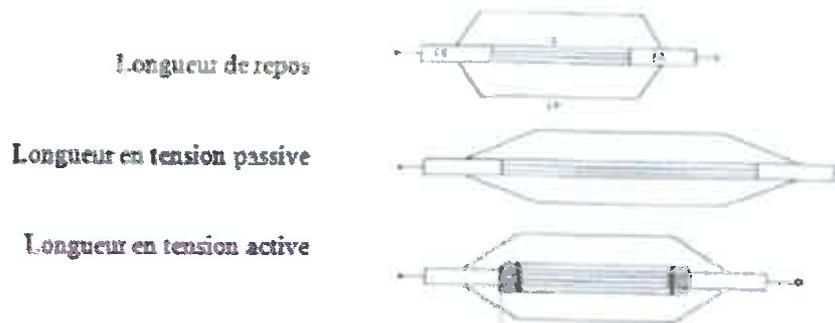


Figure 3 : Etirement en tension passive et en tension active. (9)

Lors des étirements, de nombreux récepteurs kinesthésiques et proprioceptifs sont sollicités :

- Les corpuscules de Ruffini sont situés dans le derme, le tissu sous-cutané et les capsules articulaires. Ils captent les pressions intenses sur la peau et détectent son étirement. (2) La peau, tissu conjonctif lâche, se déforme jusqu'à 80%. (10)
- Les fuseaux neuro-musculaires sont des propriocepteurs disséminés dans le pérимыsium des muscles squelettiques. Ils détectent l'étirement du muscle. (2)
- Les organes musculotendineux de Golgi sont intégrés au tendon, près du point d'insertion du muscle squelettique. Ils sont activés par compression quand les fibres des tendons sont étirées au cours d'une contraction musculaire. (2)
- Les récepteurs kinesthésiques des articulations (= corpuscules de Pacini et de Ruffini notamment) mesurent l'étirement dans les capsules articulaires entourant les articulations synoviales. Ils informent le système nerveux central de la position et du mouvement des articulations. (2)

Plus la vitesse d'étirement est rapide, plus la résistance élastique et la raideur du tissu conjonctif du muscle augmentent. Inversement, si l'étirement est effectué à vitesse lente, le tissu conjonctif se laisse faire plus aisément. (10) Pour les raisons évoquées ci-dessus et afin de ne pas déclencher le réflexe myotatique, les étirements proposés dans ce protocole sont réalisés à vitesse lente.

Les paragraphes suivants évoqueront les effets en fonction du type d'étirement.

2.3 Quels effets pour quels types d'étirement?

2.3.1 Etirements activo-dynamiques : (3) (6) (11) (12)

Selon C. GEOFFROY, « l'étirement activo-dynamique est la combinaison d'un allongement (inférieur à la longueur maximale) avec un travail statique isométrique d'un groupe musculaire complété, après relâchement, par un travail dynamique enchaîné de ce même groupe musculaire ». (11) (12)

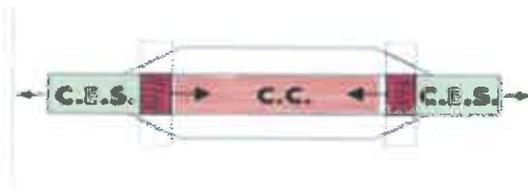


Figure 4 : La partie ciblée est la zone myotendineuse. (6)

Ce type d'étirement s'intéresse principalement au tendon et à la jonction myotendineuse (**Figure 4**). (1) (6) (11) (12) (13) (14) En effet, le fait d'étirer et de demander une contraction du tissu contractile permet d'obtenir une double traction sur le tendon et la zone myotendineuse : une première par l'étirement dans le sens de l'allongement, et une seconde par la traction de l'unité contractile due à l'accrochage des filaments d'actine et de myosine dans le sens du raccourcissement. (6)

- Les étirements activo-dynamiques permettraient d'augmenter la chaleur interne du muscle. (1) (11) (12) (14) (15) Grâce à l'association étirement-contraction, le recrutement des unités motrices est maximum et favorise l'échauffement des muscles et tendons de 1 à 1,5°C en 10 minutes. (12)

- Ils stimulent l'unité contractile, ils augmentent les tensions sur le tendon, ils sollicitent le système neuro-musculaire (en sollicitant les récepteurs musculaires, tendineux et articulaires, ils renforcent la vigilance musculaire) et ils préparent psychologiquement

l'organisme à l'effort (en permettant de sentir les groupes musculaires qui vont travailler, le sportif se rassure physiquement et mobilise son attention). (11) (12)

Cependant, ces étirements auraient l'inconvénient de fatiguer le sportif avant un effort (1) (14) et d'entraîner une ischémie due aux contractions isométriques. (1) (5) (16)

2.3.2 Étirements Raisonnés Actifs Myotendineux (ERAMT) : (1)

Pour REY, VAILLANT et HUGONNARD (2002), « les étirements raisonnés actifs myotendineux consistent en la réalisation de mouvements freinateurs suivis par une contraction concentrique lente. » (1). Cette méthode utilise donc à la fois le mode excentrique et le mode concentrique. La contraction excentrique consiste à demander une contraction du muscle en course externe. Le muscle se contracte en s'étirant. On obtient alors une stimulation de la composante contractile du muscle, mais aussi de la composante élastique. (17) Selon ces auteurs, les ERAMT permettraient d'augmenter la chaleur interne du muscle, d'éveiller les récepteurs kinesthésiques en les étirant, d'améliorer le glissement entre les structures et de préparer le tendon et la jonction myotendineuse à tous types de sollicitations y compris les plus intenses. Ils seraient également propices à la mise en condition psychologique du sportif avant une compétition ainsi qu'à l'intégration motrice. (1)

2.3.3 Différences fondamentales entre les 2 techniques :

- Les ERAMT sont utilisés dans le cadre de mouvements et d'amplitudes physiologiques, avec une alternance de contractions excentriques-concentriques que l'on retrouve au cours du sprint notamment. (17) Dans les étirements activo-dynamiques, l'amplitude d'allongement est plus importante et le régime de contraction, en course externe, est isométrique.

- Les contractions isométriques seraient génératrices d'ischémie musculaire donc elles seraient peu favorables à l'amélioration des performances ; ce que ne produisent pas (1) (5) (16) les ERAMT.

- Dans les étirements activo-dynamiques, l'alternance d'étirement et de contraction statique en course externe aurait l'effet néfaste de fatiguer excessivement le sportif. (1) (14)
Les ERAMT ne sont pas concernés par cela.

En conclusion, les ERAMT bénéficieraient des mêmes avantages que les étirements activo-dynamiques sans pour autant présenter les inconvénients d'ischémie et de fatigue musculaire, tout en restant dans des amplitudes physiologiques propices à l'amélioration des performances en sprint.

2.4 Le sprint :

Nous avons choisi d'évaluer la performance des sujets au cours d'un sprint sur 10 mètres car c'est l'effort le plus répété par le footballeur au cours d'un match. (18)

2.4.1 Biomécanique du sprint :

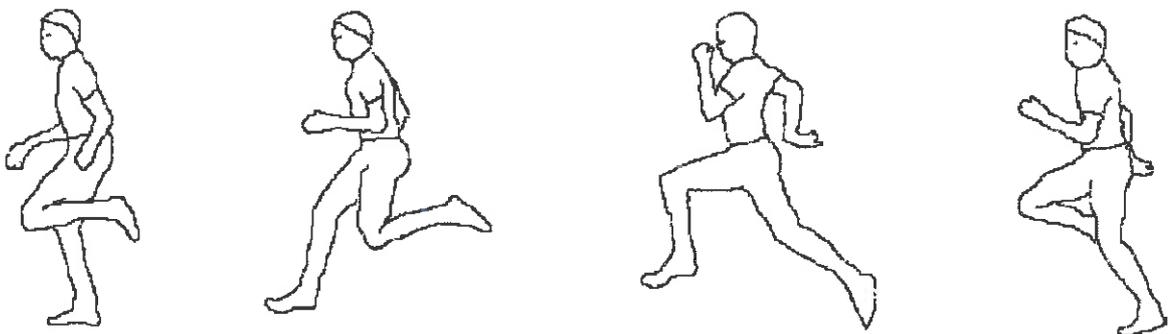


Figure 5 : Schéma d'un cycle de foulée de sprinter. (17)

La course, comme tout déplacement du corps humain, est une succession de déséquilibres maîtrisés, rattrapés, permettant d'éviter la chute.

La vitesse de sprint dépend de la fréquence et de la longueur de chaque foulée. La foulée est provoquée par la mise en jeu des trois articulations majeures du membre inférieur. (18) Chaque foulée s'organise selon 2 phases : une période de suspension (à partir du moment où les orteils quittent le sol), et une période d'appui (à la reprise du contact avec le sol). (17) (19)

Cette phase d'appui se traduit par une phase d'amortissement, le mouvement du corps est alors freiné, puis une phase d'impulsion qui correspond à la poussée de la jambe. Plus l'individu va vite, plus ce temps d'appui est réduit. (19)

Une vingtaine de muscles participent à la foulée lors d'un sprint. Nous allons voir quand et comment interviennent les principaux. (19)

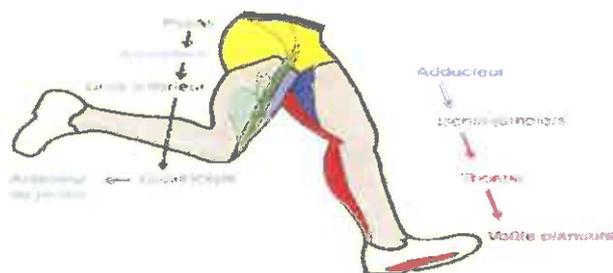


Figure 6 : Groupes musculaires mis en jeu lors d'une foulée. (19)

- **Phase d'impulsion/propulsion ou poussée** : La hanche est en extension. Le triceps est le premier et le principal propulseur du membre inférieur. Il travaille en concentrique en association avec les ischio-jambiers et le grand fessier. Le quadriceps termine sa contraction excentrique et laisse alors fléchir le genou.
- **Phase de suspension** : Les orteils ont quitté le sol. Les IJ travaillent en concentrique pour maintenir le membre inférieur surélevé. Les vastes contrôlent la flexion du genou en excentrique.

- **Phase de préparation de l'appui** : Le droit antérieur commence la flexion de hanche, aidé du psoas iliaque, du TFL et des adducteurs. A l'approche du pied au sol, s'engage alors une grande phase frénatrice initiée par le grand fessier suivi des IJ. Le quadriceps démarre l'extension du genou et le tibial antérieur se contracte pour préparer la réception.
- **Phase de pose du pied** : le triceps sural et les IJ interviennent pour amortir et permettre un meilleur verrouillage du genou. Le quadriceps complète cette action.
- **Phase d'appui** : Le genou est verrouillé par le triceps sural et les IJ en postérieur et par le quadriceps en antérieur.

Cette analyse montre que les muscles prégnants de la foulée sont le triceps sural, les ischio jambiers et le quadriceps. C'est pourquoi nous avons choisi d'étirer ces trois groupes musculaires.

2.4.2 Place du sprint lors d'un match de football :

Le football est une activité intense et intermittente. Lors d'un match, 95% des efforts sont exécutés avec une intensité moyenne ou faible, et 5% sont des efforts explosifs c'est-à-dire réalisés à intensité élevée. Pour COMETTI, ce ne sont pas les 95% d'efforts moyens ou lents qui sont déterminants dans un match de football mais les 5% d'actions explosives. (22) (35) En effet, les joueurs effectuent une action de haute intensité toutes les 50 à 90 secondes et, c'est souvent lors d'une de ces actions que le joueur fait la différence et est décisif car les sprints interviennent quasiment toujours à proximité du ballon et aboutissent à une phase technique majeure (réception de balle, interception, frappe, duel). Les efforts en haute intensité constituent environ 10% de la distance totale parcourue au cours d'un match. La distance et la durée des courses rapides dépassent rarement 20 mètres et 4 secondes. (18) (20) Il existe 3 types de sprints en football : - Sprint en ligne droite (pour faire un appel, rattraper un adversaire). - Sprint avec changement de direction. - Sprint avec ballon. (18)

Pour COLOMBO (1996), une vitesse de sprint élevée fait partie des 4 points qui expliquent la réussite dans le domaine athlétique. (18) Pour CHATARD (1998), il est indispensable de développer les qualités de vitesse de course tant celles-ci sont déterminantes pour la performance en football. (18)

2.5 Problématique

Face au manque de consensus autour des effets des étirements avant une compétition, nous nous sommes intéressés à l'influence des étirements activo-dynamiques et des étirements raisonnés actifs myotendineux sur la performance de sportives, illustrée par un sprint de 10 mètres. (18)

L'objectif de cette étude est de savoir lequel de ces deux modes d'étirements actifs est le plus efficace par rapport à cette performance.

Notre hypothèse de recherche est la suivante : Pour un même échauffement, les étirements actifs raisonnés myotendineux permettent de meilleures performances dans le cadre d'un sprint que les étirements activo-dynamiques.

La partie qui suit présente la méthodologie de cette étude.

3. MATERIEL ET METHODE

3.1 Méthode de recherche bibliographique

Les recherches bibliographiques ont été réalisées par l'intermédiaire de différentes bases de données électroniques : Pubmed, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), EM Consulte, « Kinésithérapie, la Revue », « Kinésithérapie Scientifique ». Nos recherches se sont étendues sur une période de 1985 à 2014. La plupart des références citées dans l'introduction et dans le cadre théorique ont été extraites de la littérature anglo-saxonne à partir des mots clés suivants que nous avons combiné : « *stretching* », « *dynamic stretching* »,

« *contract relax stretching* », « *warm up* », « *dynamic warm up* », « *sprint* », « *football* », « *performance* ». Les mêmes mots-clés, traduits en français, ont été utilisés pour les moteurs de recherche francophone : « étirement », « étirement dynamique », « contracté-relâché », « échauffement », « échauffement dynamique », « sprint », « football », « performance ». Nous avons sélectionné les articles dont le titre, le résumé et les mots-clés étaient en lien direct avec notre sujet. Nos recherches ont été complétées par d'autres références bibliographiques et noms d'auteurs figurant dans les articles que nous avons sélectionnés.

3.2 Population :

La population est composée de 30 joueuses, toutes licenciées à l'Association Sportive Nancy Lorraine (ASNL), en catégorie sénior. Cette équipe évolue en 2^{ème} division (niveau national). Les sujets sont âgés de 15 à 29 ans, avec une moyenne d'âge de 21 ans. Elles s'entraînent 3 fois par semaine : le mardi, mercredi et vendredi de 18H15 à 20H au centre de formation de la forêt de Haye et jouent en compétition le dimanche ; ce qui représente environ 8 heures de football par semaine.

Il ne s'agit pas de footballeuses professionnelles, la plupart des joueuses sont lycéennes et étudiantes ou sont dans la vie active. Le groupe de cette étude est constitué de 3 gardiennes de but, 11 défenseurs, 4 attaquantes et 12 milieux.

Critères d'inclusion :

- Femme de 15 ans minimum.
- S'entraîner avec l'équipe sénior de l'ASNL.

Les joueuses ont donné leur accord pour participer à cette étude en signant le formulaire de consentement éclairé (annexe I).

Critères de non inclusion :

- Personnes présentant des pathologies des membres inférieurs ou des douleurs pouvant gêner la réalisation du protocole.
- Personnes ayant réalisé un effort physique intense la veille ou le jour du test.

Critères d'exclusion :

- Personnes développant des pathologies ou des douleurs au cours de l'étude.
- Personnes ne respectant pas les consignes.

3.3 Protocole expérimental et matériel :

3.3.1 Description des sessions :

L'étude se déroule, pour chaque sujet, en 3 sessions. Ces 3 sessions ont lieu à une semaine d'intervalle le même jour (vendredi) et à la même heure (18H30), pour un maximum de reproductibilité. En effet, l'activité de la journée et les variations horaires peuvent avoir une influence sur la physiologie du corps et donc sur les performances. Le vendredi a été choisi car c'est lors du dernier entraînement, 48H avant la compétition, qu'il est le plus opportun de travailler la filière anaérobie alactique (21), grâce au phénomène de surcompensation. (22)

Toujours dans ce souci de reproductibilité, les sessions se sont déroulées sur un terrain en pelouse synthétique, couvert. Ces deux derniers paramètres nous ont permis de réaliser les tests dans des conditions météorologiques et climatiques identiques (pas de vent, pas de pluie, température extérieure semblable) et de ne pas être dépendant de l'état du terrain (terrain gras/sec).

Chaque session est consacrée à un type d'étirement, sauf une qui représentera la session témoin. Lors de cette dernière, le protocole est identique hormis que le temps réservé aux étirements est remplacé par du repos. La session témoin nous permettra d'affirmer si oui ou non, les différentes techniques d'étirement ont eu un impact sur la performance. L'ordre de réalisation des sessions (étirements activo-dynamiques, ERAMT ou session témoin) est déterminé par tirage au sort. Chaque sujet bénéficie d'une séance avec étirements activo-dynamiques, d'une séance avec ERAMT et d'une séance sans étirement. Lors de l'exploitation des résultats, chaque joueuse pourra donc être comparée à elle-même.

Les consignes et le déroulement du protocole d'étirement sont expliqués et démontrés en début de séance, puis mis en pratique par les joueuses. Afin d'éviter les temps d'attente et

qu'une période réfractaire ne s'installe entre la fin de l'échauffement et les étirements, nous avons constitué 6 groupes de 5 joueuses réparties aléatoirement qui réaliseront le protocole à l'identique mais de façon décalée dans le temps. Cinq personnes (3 entraîneurs, un préparateur physique et moi-même) sont chargées de les guider et de les corriger.

3.3.2 Description du protocole :

Le protocole (30 minutes) est le suivant :

1. Echauffement : 15 minutes

2. 1^{ère} série de sprints : chaque sujet réalise un sprint sur une distance de 10 mètres (18) immédiatement après la fin de l'échauffement.

3. Etirements activo-dynamiques, ERAMT ou repos pendant 5 minutes, 2 fois par muscle. (1) (12)

4. 2^{ème} série de sprints : chaque sujet réalise un sprint sur une distance de 10 mètres immédiatement après la fin des étirements.

3.3.2.1 Description de l'échauffement

Selon MAFFIULETTI, le rôle de l'échauffement est de préparer physiologiquement et psychologiquement l'organisme pour qu'il soit capable d'optimiser sa performance dès les premiers instants et sans qu'il y ait accumulation de fatigue au préalable. (21) Il est primordial car il permet de préparer l'organisme sur le plan cardio-respiratoire et il permet également de préparer le muscle à l'effort en améliorant ses capacités contractiles (1) et en diminuant la visco-élasticité du muscle et du tendon. (11)

L'effort demandé étant explosif et maximal, l'échauffement doit être rigoureux et conséquent afin d'éviter toute blessure. Cependant, il ne doit pas être trop intense pour ne pas porter préjudice à la performance qui va suivre. (37)

L'échauffement décrit ci-dessous est l'échauffement habituel de l'équipe féminine de l'ASNL avant une séance de vitesse. Nous ne l'avons pas modifié pour que les joueuses restent dans leur « routine » de travail.

Il se compose de :

1. Un travail aérobic pendant 10 minutes (1) (3) (11) à allure modérée autour du terrain. (23) On y associe des mouvements de tronc et de bras car la coordination de l'action des jambes, des bras et du tronc est importante pour être performant en sprint. (24)
2. Exercices dynamiques, avec un maximum d'amplitude (23), pour travailler spécifiquement les groupes musculaires les plus sollicités dans le sprint, à savoir, dans l'ordre chronologique :
 - Exercices de sauts rapides pieds joints pour les triceps suraux.
 - Exercices de « montées de genoux » rapides pour les fléchisseurs de hanche.
 - Exercices de flexion/extension de hanche genoux tendu pour les quadriceps et les fessiers.
 - Exercices de « talons-fesses » rapides pour les ischio-jambiers.
 - Exercices de « pas chassés » rapides pour les adducteurs.

Les joueuses réalisent chaque exercice 2 fois, sur une distance de 20 mètres, avec un retour en footing à allure modérée.

3. Exercices de changements de rythme (23) : car le sprint nécessite la mise en jeu d'une puissance musculaire très élevée ainsi que des contractions musculaires explosives. (25)
 - Accélération progressive sur 20 mètres. Retour en marchant. X2

- > 2 accélérations brèves (sur 3 mètres) sur une distance de 20 mètres, entrecoupées de footing à allure modérée : afin de préparer les groupes musculaires à un effort explosif. Retour en marchant.
- > 2 sprints à allure submaximale : afin que la joueuse prenne la mesure du test qu'on lui demande.

3.3.2.2 Première mesure : évaluation de la vitesse de sprint avant étirements

Une mesure initiale est réalisée afin de connaître la vitesse de sprint sur 10 mètres départ arrêté du sujet échauffé, sans étirements.

Position de départ : La joueuse se tient debout et arrêtée derrière une ligne rouge matérialisée au sol, jambes semi-fléchies avec appuis décalés : la jambe dite forte se trouvant généralement devant. (**Figure 7**)



Figure 7 : Position de départ.

Consignes : Les joueuses partent quand elles veulent, le passage devant la première cellule déclenchant le chronomètre. L'objectif est de courir en ligne droite le plus vite possible sur une distance de 10 mètres.

3.3.2.3 Protocole d'étirements (1) (11) (12)

Pour chaque type d'étirement, nous avons choisi d'étirer 3 groupes musculaires : les quadriceps, les ischio-jambiers et les triceps suraux car ce sont les muscles les plus sollicités lors d'un sprint (19) ainsi que dans l'activité football. (26)

Chacun des protocoles d'étirement suivants sont réalisés debout, dans le calme et sans provoquer de douleurs. (1) (12) Chaque muscle sera étiré à 2 reprises (1) (12) La mise en tension est progressive et lente afin d'éviter que se déclenche le réflexe myotatique. (8) (10) (11) (12) La durée des étirements est la même pour tous les groupes musculaires. L'étirement ne s'effectue pas en apnée. (1) (11) (13)

3.3.2.3.1 Etirements activo-dynamiques (11) (12)

A noter que cette technique d'étirements est réalisée par les joueuses de l'ASNL à la fin de chaque échauffement, avant une compétition. Elles connaissent donc bien le protocole expliqué ci-dessous.

Pour la description de cette technique, nous nous inspirons du protocole mis en place par C. GEOFFROY :

1. Etirer lentement, progressivement et sans à coup jusqu'à la sensation de « tiraillement », sans aller jusqu'à l'allongement maximal. Cette étape s'effectue sur le temps expiratoire car il favorise la détente.
2. Positionner correctement votre bassin, afin de favoriser l'allongement.
3. Contracter le groupe musculaire en position statique pendant 8 secondes, afin de donner le maximum de tension à l'intérieur du muscle (sensation de chaleur).
4. Relâcher.
5. Enchaîner de suite par la phase dynamique en replaçant le groupe musculaire dans sa fonction.

On passe à la phase dynamique une fois que le muscle droit et gauche ont été étirés puis contractés.

Ce protocole sera réalisé 2 fois sur chaque groupe musculaire.

TRICEPS SURAL (gastrocnémien médial et latéral, soléaire) :

Il est fléchisseur plantaire de la cheville en chaîne ouverte et fléchisseur du genou en chaîne fermée grâce aux gastrocnémiens qui sont bi articulaires. (27) On l'étire donc en flexion dorsale de cheville et en extension de genou.

1. Position de départ : debout, en fente avant, le pied arrière est dans le même axe que le pied avant.

2. Phase d'étirement : en fente avant, le genou de la jambe arrière doit être tendu. Basculer le bassin vers l'avant et tirer les fesses vers le haut. Le talon arrière doit se soulever de quelques millimètres seulement. Continuer l'allongement jusqu'à la sensation de « tiraillement » et non de douleur. (Figure 8)

3. Phase de contraction : fléchir le genou avant jusqu'à ce que le talon arrière se décolle du sol. Pousser sur l'avant pied en gardant le talon à quelques centimètres du sol. Maintenir la contraction 8 secondes. (Figure 8)

4. Phase dynamique : sauts pieds joints sur place rapides pendant 10 secondes. (Figure 9)

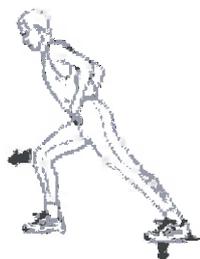


Figure 8 : Position d'étirement et contraction du triceps sural.



Figure 9 : Phase dynamique pour le triceps sural.

ISCHIO-JAMBIERS (semi-membraneux, semi-tendineux, biceps fémoral) :

Ils sont fléchisseurs de genou en chaîne ouverte et extenseurs de la hanche en chaîne fermée. (27) On les étire donc en extension de genou associée à une flexion de hanche.

1. Position de départ : debout, en fente avant, le genou avant est tendu.

2. Phase d'étirement : plier le genou arrière. Basculer le bassin vers l'avant et tirer les fesses vers le haut. Remonter la pointe du pied avant. Continuer l'allongement jusqu'à la sensation de « tiraillement » sans aller jusqu'à la douleur. Attention : le bas du dos doit être plat. (**Figure 10**)

3. Phase de contraction : enfoncer le talon dans le sol. Descendre la poitrine/buste vers le sol. Maintenir la contraction 8 secondes. Attention : le bas du dos doit être plat. (**Figure 10**)

4. Phase dynamique : talons-fesses rapides pendant 10 secondes. (**Figure 11**)



Figure 10 : Position d'étirement et contraction des ischio jambiers.



Figure 11 : Phase dynamique pour les ischio-jambiers.

QUADRICEPS (droit fémoral, vaste intermédiaire, vaste médial et latéral) :

Il est extenseur de genou en chaîne ouverte et fléchisseur de hanche en chaîne fermée grâce au droit fémoral. (27) On l'étire donc par une extension de hanche accompagnée d'une flexion de genou.

1. Position de départ : debout, en bipodal, pieds au même niveau, écartés de la largeur du bassin.
2. Phase d'étirement : attraper le pied avec la main. Basculer le bassin vers l'arrière. Pour cela, serrer les fessiers et contracter les abdominaux sans que le genou remonte en avant. Tout en maintenant le bassin basculé en arrière, ramener le pied contre la fesse. Attention : les 2 cuisses doivent rester parallèles et verticales. Ne pas creuser le bas du dos. (**Figure 12**)
3. Phase de contraction : pousser avec le pied sur la main qui résiste : le genou cherche à se tendre comme pour shooter. Maintenir la contraction 8 secondes. Les 2 cuisses doivent toujours rester parallèles et le bas du dos ne doit pas être creusé. Si la joueuse a des difficultés pour se maintenir en équilibre, elle peut se stabiliser d'une main avec le mur. (**Figure 12**)
4. Phase dynamique : alternance rapide de flexion – extension du genou. (**Figure 13**)



Figure 12 : Position d'étirement et contraction du quadriceps.



Figure 13 : Phase dynamique pour le quadriceps.

3.3.2.3.2 *Etirements raisonnés actifs myotendineux (ERAMT) : (1)*

Pour décrire cette technique, nous nous basons sur une étude de 2002 de REY, VAILLANT et HUGONNARD.

Consignes générales :

- L'étirement est un mouvement lent, non douloureux.
- Les ERAMT sont réalisés selon un protocole strict incluant des mouvements aller-retour qui durent 8 secondes : cette durée est préconisée par ESNAULT car elle concilie les impératifs d'efficacité d'étirement des structures (28) et de préservation de la contractilité musculaire.
- La respiration est lente.
- Chaque groupe musculaire est étiré 2 fois.

TRICEPS SURAL:

1. Position de départ : appuyer les mains contre un mur, à une distance telle que les talons ne décollent pas du sol et que les genoux soient tendus. (Figure 14)
2. Phase d'aller / retour : dans cette position, effectuer une alternance assez rapide de flexion plantaire en fléchissant le genou et de flexion dorsale en tendant le genou. (Figure 15)

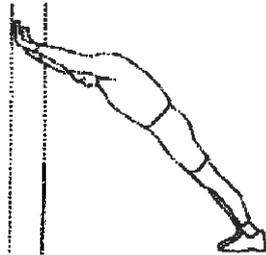


Figure 14 : Position de départ pour triceps sural.

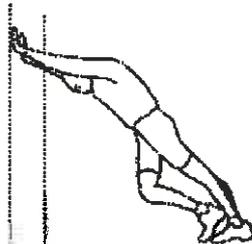


Figure 15 : Mouvements alternatifs d'une jambe sur l'autre.

ISCHIO JAMBIERS :

1. Position de départ : en position debout, les bras le long du corps, les pieds espacés de la largeur du bassin.

2. Phase aller : placer les bras tendus vers l'avant, amener les fesses vers l'arrière en fléchissant les genoux sans décoller les talons. Ce mouvement dure 4 secondes. (**Figure 16**)
3. Phase retour : sans décoller les talons, revenir à la position initiale. Ce mouvement dure également 4 secondes. (**Figure 17**)

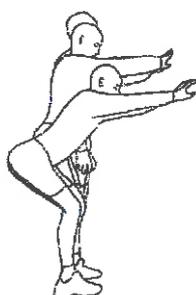


Figure 16: Phase aller (4 secondes).



Figure 17 : Phase retour (4 secondes).

QUADRICEPS :

1. Position de départ : en position debout, un pied positionné en avant l'autre en arrière. Les 2 genoux sont en extension et les 2 pieds sont à plat au sol.

2. Phase aller : basculer le poids du corps vers l'avant afin de faire fléchir le genou avant et de décoller le talon du pied arrière. Le genou arrière ne touche pas le sol. Ce mouvement dure 4 secondes. (**Figure 19**)
3. Phase retour : revenir à la position initiale. Ce mouvement dure également 4 secondes. (**Figure 18**)

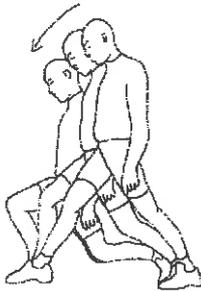


Figure 18 : Phase retour (4 secondes).



Figure 19 : Phase aller (4 secondes).

3.3.2.4 Deuxième mesure : évaluation de la vitesse de sprint après étirements

Une seconde mesure de la vitesse de sprint sur 10 mètres est réalisée, à la suite des étirements. Elle s'effectue exactement de la même façon que la mesure initiale.

3.3.3 *Protocole de réalisation :*

3.3.3.1 *Matériel utilisé : (38)*

Il s'agit de cellules photoélectriques de la marque SMARTSPEED. C'est un système de chronométrage adapté au sport, fiable au centième près. Il permet d'analyser la vitesse, le temps de réaction, l'accélération, la décélération et les changements de direction. Tous les résultats sont sauvegardés instantanément sur ordinateur.

Cet outil apporte donc fiabilité et précision à notre étude.

Il est composé de 2 cellules, 2 réflecteurs et d'un boîtier récepteur qui donne le temps de passage du sujet lorsque celui-ci passera dans la « porte » constituée par une cellule et un réflecteur. (**Figure 20**)

3.3.3.2 *Disposition du test :*



Figure 20 : Une cellule face au réflecteur.

Chaque cellule et chaque réflecteur sont positionnés l'un en face de l'autre à une distance de 2 mètres et à une hauteur correspondant à la hauteur moyenne du bassin des sujets.

La première paire cellule/réflecteur est positionnée sur la ligne de départ. Cette première paire correspond au départ. Le chronomètre se déclenche dès que le sujet franchit cette porte.

La deuxième paire cellule/réflecteur est positionnée 10 mètres plus loin et correspond à l'arrivée. Le chronomètre s'arrête et le temps est instantanément enregistré lorsque la joueuse franchit cette deuxième porte.

3.4 METHODE STATISTIQUE

Notre étude cherche à déterminer si l'un de ces deux types d'étirements (étirements activo-dynamiques et ERAMT) permet d'améliorer de manière significative le temps sur un sprint de 10 mètres chez des footballeuses.

Pour chaque session, nous avons effectué deux mesures (exprimées en secondes) : une mesure initiale avant traitement et une mesure finale après traitement. La différence entre ces deux mesures a été calculée à l'aide de la formule : mesure finale – mesure initiale.

Pour comparer les trois sessions, nous avons utilisé la moyenne des différences entre le temps final et le temps initial et leurs intervalles de confiance (IC 95%). « L'IC 95% est l'intervalle autour de la moyenne dans lequel vous pouvez être sûr à 95% que les valeurs autour de la moyenne s'étendent. » (29) La notion d'intervalle de confiance renvoie donc au degré de précision d'une moyenne ou d'un pourcentage.

Nous pouvons utiliser les intervalles de confiance car nous avons évalué la normalité du paramètre étudié (= le temps) à l'aide des tests de SKEWNESS et KURTOSIS qui ont confirmé qu'il suivait une loi normale.

4. RESULTATS

Les temps et les différences sont exprimés en secondes.

T1 correspond au temps mesuré avant traitement.

T2 correspond au temps mesuré après traitement.

DIFF = différence

EAD = Etirements Activo-Dynamiques.

ERAMT = Etirements Raisonnés Actifs Myo Tendineux.

TEMOIN = sans traitement.

A noter que, lors de l'analyse de nos résultats, nous avons retrouvé chez l'un des sujets un temps nettement supérieur à ses 5 autres performances. En effet, la moyenne des 5 premiers temps est de 2,106 avec un minimum de 2,099 et un maximum de 2,122 tandis que la valeur jugée « extrême » est de 2,99. Afin que le groupe reste homogène et pour ne pas biaiser les données, nous avons choisi de supprimer les performances de ce sujet. Les résultats de l'étude porteront donc sur un échantillon de 29 personnes.

Tableau I : Présentation des valeurs moyennes, écart-type et mini/maxi mesurés avant et après chaque session ainsi que leur différence.

	T1 EAD	T2 EAD	DIFF EAD	T1 ERAMT	T2 ERAMT	DIFF ERAMT	T1 TEMOIN	T2 TEMOIN	DIFF TEMOIN
Moyenne	2,09	2,11	0,02	2,08	2,09	0,01	2,12	2,10	-0,02
Ecart type	0,07	0,10	0,03	0,08	0,09	0,01	0,19	0,09	-0,10
Minimum	1,93	1,94	0,01	1,89	1,92	0,03	1,91	1,93	0,02
Maximum	2,27	2,39	0,12	2,27	2,28	0,01	2,99	2,32	-0,67

La session à la suite des étirements activo-dynamiques montre une augmentation du temps de 0,02 secondes.

A la suite des étirements raisonnés actifs myotendineux, le temps a été augmenté de 0,01 secondes.

La session témoin montre une diminution du temps de -0,02 secondes.

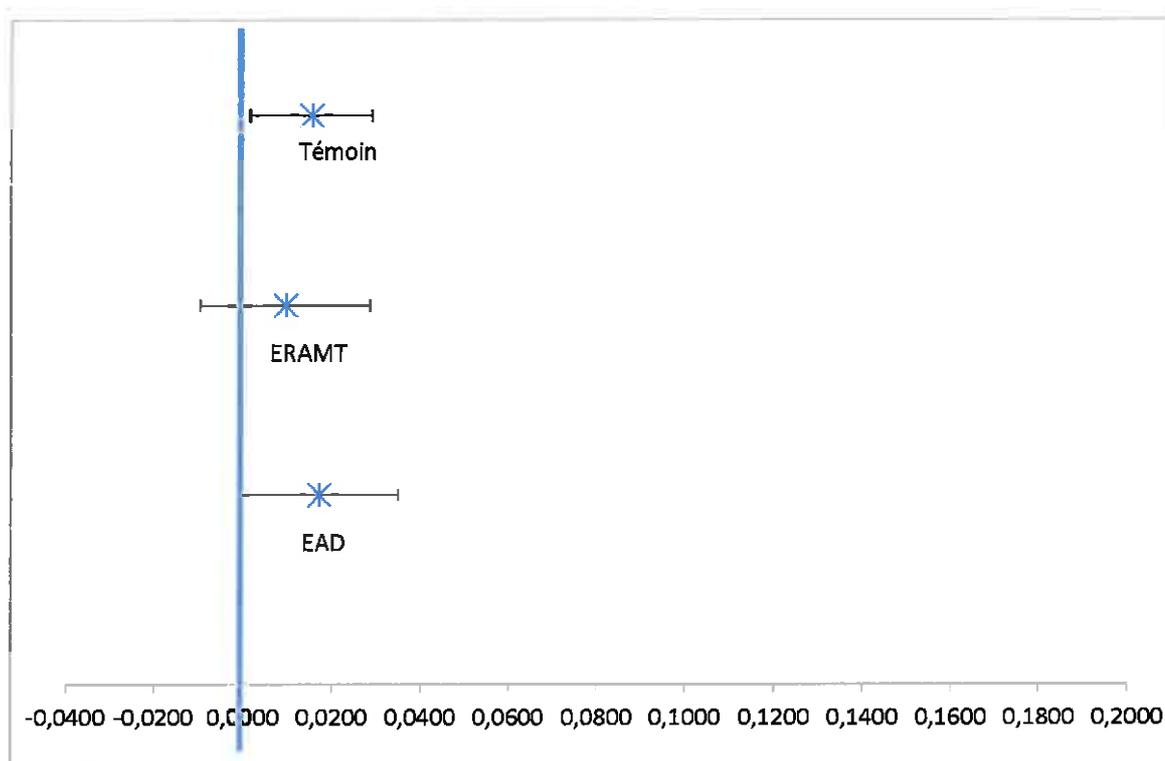


Figure 21 : Représentation de la moyenne des différences et de leurs intervalles de confiance pour chaque session.

La ligne verticale à 0 représente la ligne d'absence d'effet. (29)

Nous observons que les protocoles croisent ou touchent cette ligne d'absence d'effet. Cela signifie qu'aucune session n'a un effet significatif sur la performance.

Groupe TEMOIN : Dans ce groupe, l'amélioration moyenne est de 0,02 centièmes de seconde avec un IC 95% qui se situe entre [0.002-0.03].

Groupe ERAMT : Dans ce groupe, l'amélioration moyenne est de 0.010 avec un IC 95% qui se situe entre [-0.010-0.03].

Groupe EAD : Dans ce groupe, l'amélioration moyenne est de 0.02 avec un IC 95% qui se situe entre [-0.001-0.035].

5. DISCUSSION

Tout d'abord, lorsque nous avons commencé cette étude, nous nous sommes rapidement rendu compte qu'il existait un manque de consensus autour de la définition, de la terminologie et des effets des différentes techniques d'étirement. Si l'on prend l'exemple des étirements myotendineux qui nous ont principalement intéressés ici, ils sont décrits par certains comme étant des étirements passifs (13) (14) et par d'autres comme étant des étirements actifs (1). Le stretching, lui, est décrit par MARTIN (13) comme étant une mise en tension passive du complexe myotendineux. Pour COMETTI (5), ce sont des étirements précédés de contractions isométriques. HERBERT (30) parle d'« étirement contrôlé ».

Les effets des étirements suscitent également un grand nombre de controverses et de multiples débats. On leur prête plusieurs vertus : élévation de la température musculaire (1) (11) (12) (14) (15), amélioration de la performance, prévention des blessures, diminution des courbatures, diminution de la raideur (31)... qui sont régulièrement remises en cause. (5) (8) (30) (32)

De plus, nous avons trouvé peu d'articles s'intéressant spécifiquement aux ERAMT.

Une autre difficulté rencontrée est que chaque joueuse participait aux trois sessions de mesures. Ce choix présente des avantages pour la fiabilité de nos données statistiques mais suppose qu'à la moindre absence d'une joueuse, celle-ci ne peut être incluse à l'étude. Les footballeuses de l'ASNL étant lycéennes, étudiantes ou salariées, nous n'avons pas toujours pu réunir le groupe au complet. Sur les 45 joueuses que compte l'effectif sénior, 30 ont pu participer à cette étude et 29 résultats ont été retenus.

Enfin, ce que nous considérons comme étant la principale limite de notre étude réside dans le fait qu'un temps sur un sprint de 10 mètres n'est pas assez sensible, pas assez discriminatif pour des sportives qui ne sont pas exclusivement spécialistes des efforts anaérobie alactique. En effet, que représente un centième de secondes pour des footballeuses qui ne sont pas entraînées uniquement dans le but d'être rapide et explosive

Le but de notre étude est de tenter de démontrer l'efficacité d'un type d'étirement actif par rapport à l'autre. L'hypothèse de départ était que les étirements actifs raisonnés myotendineux permettent de meilleures performances dans le cadre d'un sprint que les étirements activo-dynamiques.

Or, notre travail de recherche ne permet pas de démontrer les effets bénéfiques d'un type d'étirement par rapport à un autre avant une épreuve de vitesse sur 10 mètres chez une population de footballeuses évoluant à un niveau national.

Cependant, les ERAMT semblent être les moins délétères sur cette performance. Effectivement, la moyenne des différences des temps a été détériorée de 0,01 centièmes de secondes contre 0,02 centièmes pour les étirements activo-dynamiques. ([Tableau I](#))

La rigueur de notre protocole nous encourage à penser que nous pouvons considérer ces résultats comme fiables :

- Les données sont appareillées, c'est-à-dire que chaque sujet a réalisé les trois sessions de mesures et peut donc être comparé à lui-même.
- L'effectif est composé de 30 sujets ce qui permet d'avoir des analyses statistiques relativement puissantes.
- L'outil de mesure utilisé est très précis.
- Le protocole de l'étude est reproductible car décrit en détails et dans sa totalité.

Néanmoins, les meilleurs résultats étant en faveur de la session témoin, nous sommes en droit de nous poser la question concernant la nécessité des étirements dans le but d'améliorer une performance sportive.

Cependant, seuls les étirements actifs permettent de préparer à l'effort la jonction myotendineuse, zone de fragilité car soumise à la force musculaire dans un sens et à la traction tendineuse dans l'autre. (6) (14) (33)

Faut-il continuer de les pratiquer avant une compétition ? Un échauffement cardio-respiratoire et musculaire bien mené ne serait-il pas suffisant pour préparer le muscle à l'effort ?

6. CONCLUSION

Les résultats obtenus par notre étude ne permettent pas de mettre statistiquement en évidence l'impact bénéfique des étirements raisonnés actifs myotendineux par rapport aux étirements activo-dynamiques, sur l'amélioration de la performance (sprint de 10 mètres) chez des footballeuses évoluant au niveau national.

Cependant, compte-tenu des avantages que présentent les étirements raisonnés actifs myotendineux (pas d'ischémie musculaire entraînée par les contractions isométriques ni de fatigue engendrée par la phase dynamique) et les résultats de cette recherche, il semble préférable d'opter pour la pratique des ERAMT avant une compétition.

Toutefois, il convient de souligner que notre travail porte sur un type d'effort donné, évalué auprès d'une population spécifique ; nous ne pouvons donc pas généraliser nos observations à l'ensemble des performances sportives.

Nous avons choisi d'axer notre protocole sur un effort de type anaérobie alactique chez des footballeuses. Nous pouvons nous interroger sur les conclusions de cette même étude au sein d'une population d'athlètes spécialiste du sprint.

Qu'auraient donné les conclusions de cette même étude au sein d'une population d'athlètes spécialistes du sprint ?

BIBLIOGRAPHIE

1. REY S., VAILLANT J., HUGONNARD A. – Echauffement musculaire : comparaison des effets sur la force musculaire des étirements passif et des étirements actifs raisonnés myotendineux (1^{ère} partie). *Kiné Scientifique*, 2002, 425, p. 41-51.
2. MARIEB N., HOEHN K. – Anatomie et physiologie humaine. 8^{ème} éd. Pearson, 2010. 1293 p.
3. WILMORE J.-H, COSTILL D. – Physiologie du sport et de l'exercice : adaptation physiologique à l'exercice physique. 2^{ème} éd. Bruxelles : De Boeck Supérieur, 2002. 736 p.
4. BONNEL F. – La pennation musculaire (sarcomères, fibres, fascicules musculaires et aponévroses) (1^{ère} partie). *Kiné scientifique*, 2013,542, p. 25-33.
5. COMETTI G. – Les limites du stretching. *EPS*, 2003, 304, p. 29-34.
6. GEOFFROY C. – Les étirements (1ère partie) – *Kiné Actualité*, 2008, 1110, p. 18-21.
7. ESNAULT M. – Etirement analytique en kinésithérapie active. Paris : Masson, 1991, 70 p.
8. BARRUE-BELOU S. – Les étirements du sportif : revue de littérature et perspective de recherche. *Kiné Scientifique*, 2010, 511, p.31-43.
9. ESNAULT M., VIEL E. – Récupération du sportif blessé, de la rééducation en chaîne fermée au stretching en chaînes musculaires. Paris : Masson, Collection Sport, 2003, 187 p.
10. GOURIET A. – Les étirements. *Kiné Actualité*, 2007, 1056, p. 18-21.
11. GEOFFROY C. – Etirements les techniques actives (2ème partie). *Kiné Actualité*, 2008, 1111, p.18-21.
12. GEOFFROY C. – Guide des étirements du sportif. 3ème éd. Barcelone : Sagrafic, S.LS, 2000, 192 p.
13. MARTIN E. – Tableau récapitulatif sur les étirements, le stretching, les levées de tension, les postures et les assouplissements. *Kiné Scientifique*, 2011, 518, p.31-34.

14. ESNAULT M., VIEL E., HARRICHAUX P. – La pratique du « stretching », ou étirements raisonnés myotendineux et aponévrotiques, neurophysiologie, anatomie et méthodologie. *Annales de Kinésithérapie*, 1988, t.15, 1-2, p. 3-11.
15. ESNAULT M. – Place de l'entraînement à base d'étirements actifs myotendineux et aponévrotiques « stretching » Rééducation des sportifs. *Annales de Kinésithérapie*, 1988, t.15, 1-2, p. 17-39.
16. ESNAULT M. – Stretching et préparation musculaire à l'effort. *Annales de Kinésithérapie*, 1988, 1-2, p. 49-62.
17. ROLLIN J. – Place du renforcement musculaire excentrique des ischio jambiers dans la préparation des sprinters. *Kiné Scientifique*, 2010, 509, p. 21-26.
18. CHAMPOUILLON J. M. – L'isocinétisme en tant que valeur prédictive de performances de terrain dans le football. *Kiné Scientifique*, 2003, 436, p. 21-30.
19. GRAU N. - Le stretching global actif au service du geste sportif. 2ème éd. Editions Berger, 2008, 167 p.
20. CARLING C. – L'analyse de la performance physique en match. *Vestiaires*, 2010, 18, p. 58-59.
21. CARPENTIER R. – Quel travail la veille d'un match ? *Vestiaires*, 2011, 31, p. 40-41.
22. PREVOST P. – Effets de l'entraînement : la surcompensation. *Sport, santé et préparation physique*, 2003,6.
23. DE LUCA A. – Quel échauffement avant la vitesse ? *Vestiaires*, 2010, 11, p.36.
24. HAY J.-G. -Biomécanique des techniques sportives. Paris : Vigot, 1980, p. 327-47.
25. CHATARD J.C. - La physiologie du footballeur. *Sport Med'*, 1998, p. 4-10.
26. HAUSSLER J.-L. – Que faire à l'échauffement ? *Vestiaires*, 2011, 24, p. 42-43.
27. DUFOUR M. – Anatomie de l'appareil locomoteur. Tome 1, membre inférieur. 2^{ème} éd. Paris : Masson, p.
28. DUREY A. – Stretching : généralités. *Cinésiologie*, 1984, XXIII, p. 186-8.
29. ADA L. –Laissez tomber le petit p. *Kinésithérapie la Revue*, 2009,96, p. 1.
30. HERBERT R. – Le stretching avant ou après l'exercice physique ne réduit pas les courbatures musculaires ni le risque de lésion. *Kinésithérapie la Revue*, 2008, 78, p. 38-40.

31. LAGNIAUX F. – La pratique des étirements chez le senior : intérêts, limites. Kiné Scientifique, 2006, 467, p. 14-20.
32. PREVOST P. – Etirements et performance sportive : une mise à jour. Kiné Scientifique, 2004, 446, p. 5-13.
33. ESNAULT M. – Deux notions distinctes dans l'étirement musculaire de type stretching : la tension passive et la tension active. Annales de Kinésithérapie, 1988, 1-2, p. 69-70.
34. KAMINA P. – Anatomie clinique tome 1. 3^{ème} éd. Paris : Maloine, 2008, 565 p.

Pour en savoir plus :

35. <http://expertise-performance.u-bourgogne.fr/prepaphysique/.pdf>
36. MAFFIULETTI N. - L'échauffement : bases scientifiques et applications concrètes. Colloque international, Dijon, 1999.
37. <http://expertise-performance.u-bourgogne.fr/pdf/Echauffement.pdf>
38. www.fusionsport.com

ANNEXES

Annexe I :

Formulaires d'information et de consentement éclairé.

Annexe II :

Présentation des temps et de leur différence pour chaque sujet et pour chaque session.

Annexe III :

Structure de l'unité myotendineuse. (3)

Annexe IV :

Courbe tension longueur. (6)

Annexe V :

Anatomie des muscles étirés dans cette étude. (34)

ANNEXE I

FORMULAIRES D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT ECLAIRE

**Je soussignée Mme/Mellenée le
.....**

Après avoir reçu oralement et par écrit toute les informations sur les modalités de déroulement de l'étude réalisée par Julie RAMPANT dans le cadre de son mémoire de 3ème année de masso-kinésithérapie :

- **J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions nécessaires à la bonne compréhension de l'étude, et ai pu recevoir des réponses claires et précises à ces questions.**
- **J'ai eu le temps de réflexion nécessaire pour prendre une décision éclairée quant à ma participation à cette étude.**
- **J'accepte librement et volontairement de participer à cette étude dans les conditions qui m'ont été décrites et expliquées.**
- **J'ai conscience que je peux à tout moment quitter cette étude sans qu'aucun préjudice, et pour les raisons qui m'appartiennent.**

Je donne mon accord pour participer à cette étude dans les conditions décrites ci-dessous :

- **Cet accord ne décharge en rien les organisateurs de leur responsabilité.**
- **Toutes les informations et données me concernant resteront strictement confidentielles.**
- **Je pourrai demander, à tout moment, aux organisateurs toutes les informations et données me concernant.**

Fait à Le.....

Signature de l'investigateur

Signature du volontaire

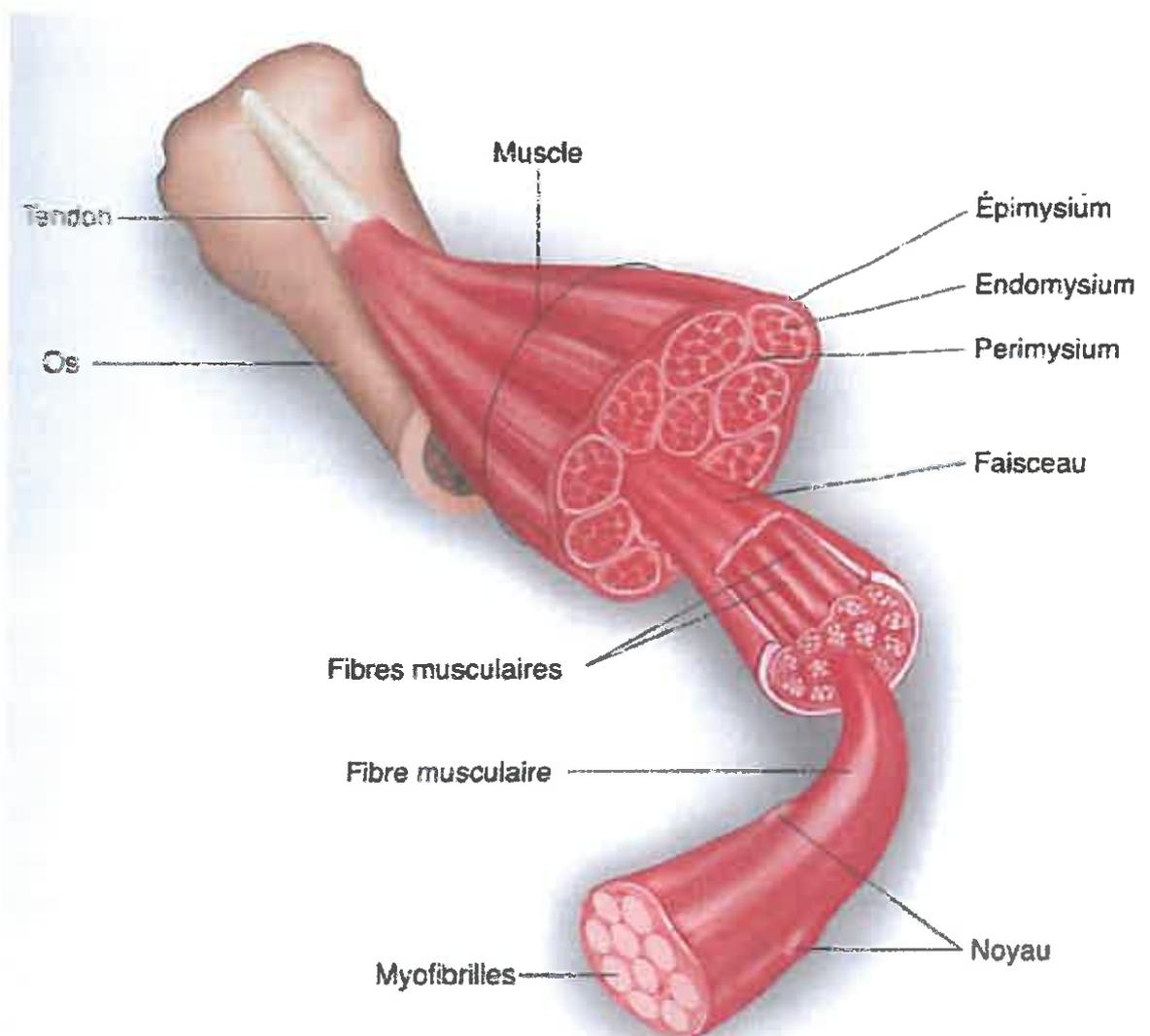
ANNEXE II

PRESENTATION DES TEMPS ET DE LEUR DIFFERENCE POUR CHAQUE SUJET ET POUR CHAQUE SESSION

SUJETS	T1 EAD	T2 EAD	DIFF EAD	T1 ERAMT	T2 ERAMT	DIFF ERAMT	T1 TEMOIN	T2 TEMOIN	DIFF TEMOIN
1	2,081	2,002	-0,079	2,079	1,998	-0,081	2,066	2,085	0,019
2	2,177	2,122	-0,055	2,169	2,221	0,052	2,214	2,169	-0,045
3	2,027	1,991	-0,036	1,988	2,028	0,04	2,021	1,992	-0,029
4	2,106	2,073	-0,033	2,102	2,065	-0,037	2,041	2,077	0,036
5	1,964	1,939	-0,025	1,885	1,922	0,037	1,905	1,967	0,062
6	2,099	2,078	-0,021	2,061	2,122	0,061	2,151	2,183	0,032
7	2,003	1,988	-0,015	1,984	2,028	0,044	2	2,02	0,02
8	2,114	2,105	-0,009	2,118	2,006	-0,112	2,037	2,163	0,126
9	2,053	2,047	-0,006	2,06	2,032	-0,028	2,077	2,122	0,045
10	2,159	2,154	-0,005	2,111	2,104	-0,007	2,142	2,135	-0,007
11	2,145	2,142	-0,003	2,155	2,048	-0,107	2,106	2,137	0,031
12	2,056	2,056	0	2,007	1,995	-0,012	2,031	1,995	-0,036
13	2,084	2,086	0,002	2,057	2,074	0,017	2,039	2,026	-0,013
14	2,071	2,079	0,008	2,073	2,121	0,048	2,072	2,1	0,028
15	2,085	2,096	0,011	2,086	2,098	0,012	2,084	2,097	0,013
16	2,089	2,101	0,012	2,044	2,115	0,071	2,106	2,166	0,06
17	2,141	2,155	0,014	2,134	2,195	0,061	2,146	2,14	-0,006
18	1,932	1,947	0,015	1,928	1,945	0,017	1,93	1,928	-0,002
19	2,118	2,143	0,025	2,115	2,122	0,007	2,117	2,116	-0,001
20	2,154	2,179	0,025	2,132	2,181	0,049	2,135	2,131	-0,004
21	1,964	1,99	0,026	1,921	1,94	0,019	1,948	1,967	0,019
22	2,174	2,22	0,046	2,227	2,275	0,048	2,32	2,316	-0,004
23	2,054	2,107	0,053	2,054	1,991	-0,063	2,076	2,067	-0,009
24	2,123	2,179	0,056	2,091	2,151	0,06	2,14	2,16	0,02
25	2,1	2,156	0,056	2,046	2,061	0,015	2,045	2,052	0,007
26	2,072	2,153	0,081	2,073	2,109	0,036	2,071	2,065	-0,006
27	2,13	2,216	0,086	2,116	2,083	-0,033	2,118	2,222	0,104
28	2,273	2,393	0,12	2,268	2,242	-0,026	2,275	2,269	-0,006
29	2,165	2,308	0,143	2,114	2,198	0,084	2,115	2,105	-0,01

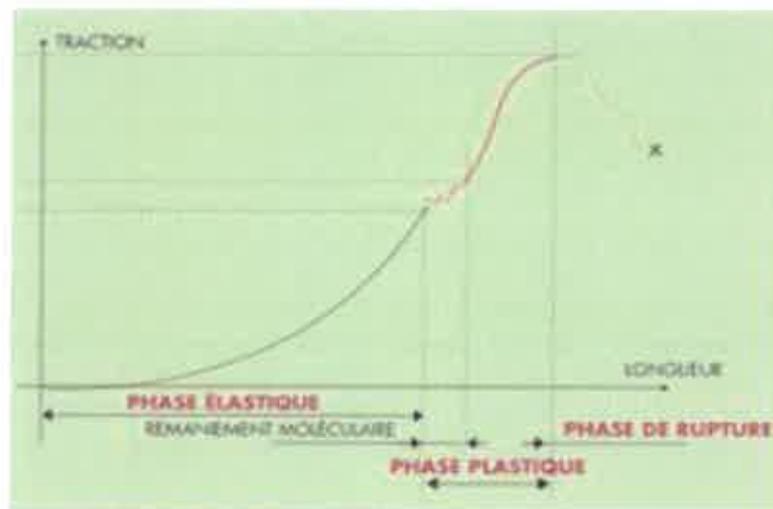
ANNEXE III

STRUCTURE DE L'UNITE MYOTENDINEUSE (3)



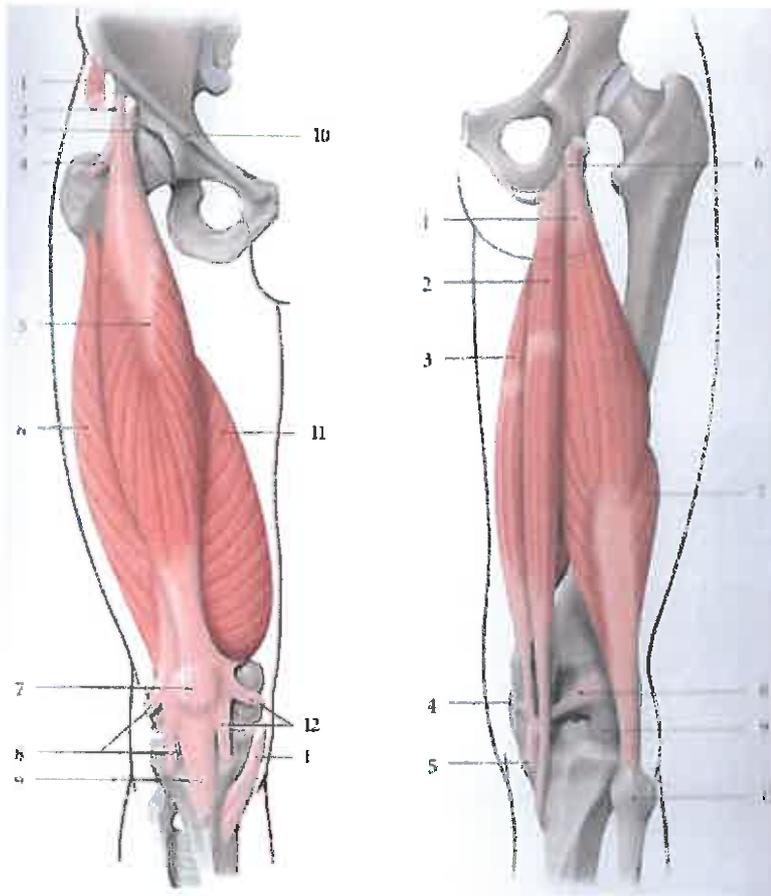
ANNEXE IV

COURBE TENSION / LONGUEUR (6)



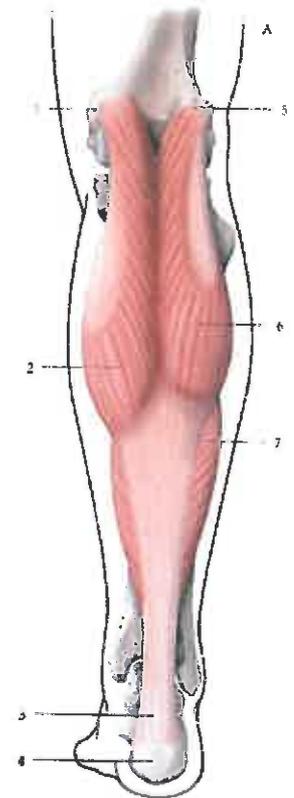
ANNEXE V

ANATOMIE DES MUSCLES ETIRES DANS CETTE ETUDE (34)



Quadriceps

Ischio-Jambiers



Triceps Sural