



Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'IFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : secretariat@kine-nancy.eu

Liens utiles

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
RÉGION GRAND EST
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINÉSITHÉRAPIE DE NANCY

**ETUDE COMPARATIVE DES QUALITÉS PROPRIOCEPTIVES DE LA CHEVILLE
DES SÉDENTAIRES, DES COUREURS MACADAM/PISTE ET DES TRAILERS,
OBJECTIVÉE PAR LE SEB TEST MODIFIÉ**

Mémoire présenté par **Julien DROUOT**,
étudiant en 4^{ème} année de Masso
-Kinésithérapie, en vue de l'obtention du
Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute
2015-2019



UE 28 - MÉMOIRE DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e),

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Nancy, le Signature

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la rédaction de ce mémoire et au succès de ma formation.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon directeur de mémoire M. David SOMNARD, Kinésithérapeute Libéral sur Neuves-Maisons, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont alimenté ma réflexion.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'IFMK de Nancy et plus particulièrement Mme BUATOIS pour ses précieux conseils de rédaction et d'analyse ; Mme ROYER « la maman » pour sa disponibilité et sa bienveillance ; Mme MARINHO pour son aide lors de l'établissement de la problématique ; Mr CORDIER pour son pragmatisme et ses recadrages permanents sur les points essentiels de la formation ; Mr GOUILLY pour son accompagnement, sa compréhension, ses mails de soutien et son aide bibliographique.

Je remercie tous les intervenants professionnels de ma formation, pour avoir assurés la partie théorique et pratique de celle-ci, ainsi que Mme FRANOUX et Mme MANGIN pour leur dévouement et leur implication dans la gestion de mes dossiers administratifs et Mr JACQUOT pour sa disponibilité et sa bonne humeur.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes :

Monsieur Benoit THOUVENOT, docteur en biologie moléculaire et responsable bio-informatique, qui m'a beaucoup appris dans l'analyse statistique des données de ce mémoire.

Messieurs Nicolas POUPIN, Bertrand CHATEAU et Sébastien MARCHAL, de m'avoir supporté durant ces 4 années et m'avoir soutenu dans les moments difficiles.

Ma sœur, Alyn, pour avoir relu et corrigé ce mémoire. Ses conseils de rédaction ont été très précieux.

Mes parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Je remercie mon fils Paul d'avoir cru en son père et en sa reconversion, d'avoir accepté d'être conduit à l'école dans une vieille voiture, de ne pas avoir honte de dire à ses copains que son père était encore à l'école à 37 ans et d'avoir appris à jouer tout seul afin de me laisser réviser.

Et surtout, je souhaiterais remercier ma femme, Carène, pour sa confiance, son amour, sa fidélité et son soutien sans faille. Je la remercie de m'avoir épaulé, coaché et fait réviser des week-ends entiers sans ronchonner, d'avoir cumulé deux emplois pour me permettre de réaliser mon rêve et d'avoir accepté de mettre sa vie entre parenthèse durant ces cinq longues années.

A vous tous, et pour tout cela, je tâcherais d'être un excellent thérapeute, d'aider autant que j'ai été aidé et de vous rendre fier autant que je le suis de vous.

***Chaque homme a le devoir de donner au monde
au moins l'équivalent de ce que le monde lui a donné.***

-Albert Einstein-

Résumé :

Introduction : Le trail représente plus d'un million d'adeptes en 2019. Cette volonté de se rapprocher de la nature, fait migrer les coureurs des villes au cœur de nos forêts. Pourtant, l'exigence de ce nouveau terrain de jeu, génère un risque accru de blessure, notamment au niveau de la cheville. Malgré tout, la littérature n'accorde que très peu de blessure au trail comparativement à la pratique sur route. Semblables en tous points, ces deux disciplines se distinguent néanmoins par la conformation du pattern de pose de pied à la surface d'appui. En ce sens courir sur terrain instable génère un mécanisme d'adaptation proprioceptive. De nombreuses études rapportent d'ailleurs que la réalisation d'exercices de proprioception dynamique permettrait de limiter les entorses de cheville. Ainsi, pratiquer le trail plusieurs fois par semaine, favoriserait le développement du contrôle postural. L'objet de cette étude consiste à vérifier s'il existe un écart entre les trailers, les coureurs macadam/piste et les sédentaires sur ces dites qualités et si le trail en serait l'origine.

Matériel et méthode : Étude comparative portant sur un échantillon de 111 sujets répartis en un groupe de « CDT », un groupe « CDMP » et un groupe de « S ». Les performances au SEBTm sont normalisées puis analysées en fonction des variables « types de pratique, sexe, âge et plans ». Les différences entre groupes ont été vérifiées grâce à une Analyse en Composante Principale (ACP) et au test de Wilcoxon-Mann-Whitney.

Résultats : Nous constatons un écart de +10% (p-value < 0,01) entre le groupe « CDT » et les deux autres groupes. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les groupes CDMP et S. Plusieurs relations positives établies indiquent que la pratique du Trail influencerait les performances au SEBTm, tout comme l'âge, la dorsiflexion et la dominance.

Discussion : Aucune étude antérieure, à notre connaissance n'a établi de lien entre le trail et les qualités proprioceptives des chevilles. Les résultats suggèrent que les CDT possèdent une proprioception supérieure aux CDMP et S, de par l'activité qu'ils pratiquent.

Mots clés : Trail – Proprioception – Cheville – Contrôle postural – Entorse cheville

Abstract :

Introduction: As of 2019, trail running has gained more than one million followers. This desire to be closer to nature transports the city runner to the heart of our forests. However, the elevated physical demands of this new playground generate an increased risk of injury, especially for the ankles. Nevertheless, the scientific literature provides very few examples of trail injuries compared to road running. Similar in all respects, these two disciplines are, nevertheless, distinguished by different feet patterns and the ways in which these patterns interact with the support surface. In this sense, running on unstable ground generates a proprioceptive adaptation mechanism. Numerous previous studies have also reported that performing dynamic proprioception exercises may reduce the risk of an ankle sprain. Thus, trail running several times a week should favor the development of postural control. The purpose of this study is to understand if there is a gap between trail runners, riders macadam/track, and sedentary people for these factors and if the trail is the origin.

Materials and methods: A comparative study involving a sample of 111 subjects were divided into a groups referred to as "CDT," "CDMP," and "S." Performance during the SEBTm was standardized and analyzed based on several variables, such as types of practice, sex, age, and plans. Group differences were verified using Principal Component Analysis (PCA) and the Wilcoxon-Mann-Whitney Test.

Results: We observed a difference of +10% (p-value < 0.01) between the "CDT" group and two other groups. No significant differences were found between the CDMP and S groups. Several established positive relationships indicate that trail running influences SEBTm performance, as well as age, dorsiflexion, and dominance.

Discussion: To our knowledge, no previous study has established a link between trail running and the ankles proprioceptive qualities. Our results suggest that CDTs possess greater proprioception than people that are CDMP and S because of the activity they perform.

Keywords: Trail, Proprioception, Ankle, Postural control, Ankle sprain

SOMMAIRE :

1. INTRODUCTION	1
2. CADRE THEORIQUE.....	3
2.1 Place du Running et du Trail en France	3
2.1.1. Le running en chiffre	3
2.1.2. Explosion du Trail	4
2.2 Impact du Trail sur la cheville	4
2.2.1. Les différents pattern de course	5
2.2.2. Le Pattern en course à pied à dominante « Macadam »	5
2.2.3. Le Pattern en Trail	6
2.2.4. Le Trail et la cheville	6
2.3 La proprioception et la cheville	7
2.3.1. La proprioception en quelques mots.....	7
2.3.2. Les mécanorécepteurs	8
2.3.3. Le contrôle moteur statique et dynamique.....	9
2.4 Rôle de la proprioception dans la protection de la cheville	11
2.4.1. Impact fonctionnel sur la cheville.....	11
2.4.2. L'entorse de cheville	12
2.4.3. Intérêt de la proprioception dans la rééducation de l'entorse de cheville	13
2.4.4. Evaluer la proprioception de la cheville	15
2.5 Problématique :	16
3. MATERIELS ET METHODES	19
3.1 Stratégie de recherche	19
3.2 La population	20
3.3 Les critères d'inclusion	20
3.4 Les critères de non inclusion	21
3.5 Les critères d'exclusion	21
3.6 Matériels nécessaires	22
3.6.1. Le petit matériel :	22
3.6.2. La bâche SEBTm :.....	22
3.6.3. Le Myolux™ Medik	23

3.7 Méthodes	24
3.7.1. Le Weight Bearing Lunge test (WBLT)	24
3.7.2. Le Star Excursion Balance Test modifié (SEBTm)	24
3.8 Protocole	25
3.8.1. Administratif et recueil d'information	25
3.8.2. Les tests	25
3.8.2.1 Le WBLT	25
3.8.2.2 Le SEBTm.....	26
3.9 Méthodes statistiques	29
4. RESULTATS	30
4.1 L'échantillon	30
4.2 Statistiques descriptives et inférentielles	31
4.2.1. L'Analyse en Composante Principale (ACP)	31
4.2.2. Les données de normalisation (NSC) du SEBTm.....	33
4.2.2.1 La normalisation par population	33
4.2.2.2 La normalisation par dominance	34
4.2.2.3 La normalisation par branche	35
4.2.2.4 La normalisation par Plans (Stable et Instable)	37
4.2.2.5 La normalisation par âge	37
4.2.2.6 La normalisation par sexe.....	38
4.2.3. Les données du WBLT « Lunge Test »	39
5. DISCUSSION	40
5.1 Analyse des résultats	40
5.1.1. Les écarts constatés entre les trois populations	40
5.1.2. Les relations entre les résultats et la pratique du trail.....	42
5.1.3. Les résultats et l'influence du pied dominant.....	42
5.1.4. Les relations entre les résultats et le sexe.....	43
5.1.5. Les effets de l'âge sur les résultats	44
5.1.6. Les écarts constatés entre le plan stable et instable	45
5.1.7. Les performances du WBLT	46

5.2 Biais et limites	46
5.2.1. Indicateurs de suivis	46
5.2.2. Biais liés aux matériels	47
5.2.3. Biais de méthode	47
5.2.4. Biais de mesure	48
6. OUVERTURE FONCTIONNELLE.....	49
7. CONCLUSION.....	50
DECLARATION D'INTERETS	
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

LISTE DES ABRÉVIATIONS :

ACP : Analyse en Composante Principale

CDMP : Coureurs à dominante Macadam

CDT : Coureurs à dominante Trail

FFS : ForeFoot Strike (Pose de l'avant Pied)

FNM : Faisceau Neuro-Musculaire

HAS : Haute Autorité de Santé

IMC : Indice de Masse Corporelle

IRP : Indicateur Rétroactif de Performance

ITRA : International Trail Running Association

LLE : Ligament Latéral Externe`

MFS : MidFoot Strike (Pose du milieu du Pied)

NSC : Normalisation du Score Composite

PMG : Programme Moteur Général

QPC : Qualités Proprioceptives des Chevilles

RFS : RearFoot Strike (Pose du Talon)

S : Sédentaires

SC : Score Composite SEBTm

SEBT : Star Excursion Balance Test

SEBTm : Star Excursion Balance Test Modifié

SNC : Système Nerveux Central

UTMB : Ultra Trail du Mont Blanc

WBLT : Weight Bearing Lunge test

**« La persévérance est nécessaire, pour ne pas se rebuter,
mais pour aller jusqu'au bout »**

**Laurent Pierre DE JUSSIER
Simon de Nantua 1829**

1. INTRODUCTION

« Le sport consiste à déléguer au corps quelques-unes des vertus les plus fortes de l'âme : l'énergie, l'audace, la patience. C'est le contraire de la maladie. » -

Jean GIRAUDOUX (1)-

Selon l'EUROBAROMETRE de 2018, 54% des français pratiquent une activité physique régulière pour « améliorer leur santé et pour être en meilleure forme ». Ils souhaitent ainsi prévenir l'apparition de maladies (2). En ce sens, ils sont plus de 61% à déclarer pratiquer une activité sportive régulièrement et 25% à chausser leurs baskets pour s'adonner à la course à pied.

Accompagnée d'un véritable engouement national depuis les années 2000, la course à pied s'est imposée, comme l'activité la plus pratiquée en France. D'abord réalisée au cœur des villes sur macadam ou sur le tartan des pistes d'athlétisme, elle a progressivement migrée sur les sentiers des forêts et des montagnes. Il s'est alors opéré un changement de modalités de pratique et une modification des profils physiques de ces nouveaux adeptes au Trail-Running.

Ce glissement des coureurs à dominante macadam/piste vers les sols souples et instables des forêts, ne s'est pas fait sans adaptations physiologiques. Les contraintes imposées par la pratique du Running sur revêtements durs, stables et réguliers se différencient de celles imposées par la pratique du Trail.

En effet, au contraire du Running, le Trail place en permanence le coureur dans des situations d'instabilités posturales. Les racines, les cailloux ou les chemins de terre, constituent ces éléments perturbateurs, inexistantes sur le macadam ou sur les pistes d'athlétisme.

Ces déséquilibres répétés conduisent souvent à une réduction de la vitesse de déplacement, à une augmentation du risque de chutes ou de lésions des membres inférieurs (entorse de cheville, du genou, ...). Afin de limiter ces risques et de produire une propulsion adaptée et équilibrée, le « Trailer » doit conserver un contrôle postural optimal. Pour cela, il peut compter sur un ensemble de capteurs proprioceptifs placés dans ses muscles, ses

tendons ou sous sa peau. Sollicités lors des déséquilibres, ils renseignent le cortex sur la position du corps dans l'espace et lui permettent ainsi, d'agir et/ou de réagir afin d'éviter la chute ou la lésion.

Ce contrôle moteur réactif et proactif, limiterait les risques d'entorse, seulement s'il fait l'objet d'une sollicitation régulière. Selon, Thonnard pour protéger la cheville d'une inversion forcée, les fibulaires (muscles éverseurs), ne disposeraient que de 30mms pour produire un mouvement contraire au mouvement lésionnel (3). Or, il est admis que, sans entraînements spécifiques, les éverseurs réagiraient avec une latence de 70ms. Un écart trop important pour éviter la blessure.

En d'autres termes, si le coureur souhaite être efficient dans sa pratique sans risque de blessure, il devra optimiser son contrôle moteur. Pour cela il « entrainera » ses capteurs proprioceptifs à reconnaître plus rapidement et plus précisément les instabilités pour permettre au cortex de proagir et réagir plus rapidement.

Dans cette logique, si la confrontation à des instabilités répétées améliore le contrôle moteur et postural, le trailer devrait posséder des capacités proprioceptives supérieures à celles des coureurs sur terrain stable ; le coureur macadam, aurait quant à lui un risque accru de traumatisme au niveau des chevilles, s'il décidait de courir sur des terrains instables.

Et que penser du sédentaire, qui ne pratique que très rarement une activité physique ? S'il décidait de courir pour se remettre en forme et ainsi respecter ses bonnes résolutions de début d'année, aurait-il les capacités de pratiquer sur terrains instables sans risque ? Devrait-il courir sur macadam avant de se mettre au trail ? Ou faudrait-il anticiper cette reprise et réaliser des exercices de proprioception préventifs ?

En ce sens, le kinésithérapeute dans ses missions de soins et de prévention, peut jouer un rôle prépondérant dans le « dépistage proprioceptif ». Afin de limiter les risques de blessure ou d'accompagner au changement de pratique, il pourrait tester ses patients. Ainsi il serait en mesure d'identifier s'ils possèdent les qualités proprioceptives requises à la pratique du trail sans risque de blessure.

L'idée majeure de notre étude consiste donc à identifier dans un premier temps s'il existe un écart entre les qualités proprioceptives des trailers, des coureurs macadam/pistes et des sédentaires. Puis dans un second temps de proposer un protocole de mesure accompagné d'un outil statistique permettant d'identifier le profil de la personne et ainsi proposer ou non un accompagnement pré-trail préventif.

Pour cela, nous allons consacrer notre deuxième partie au cadre théorique et la mise en évidence des éléments incontournables de cette étude. Puis dans la partie « matériel et méthode » nous aborderons la méthode de recherche bibliographique ainsi que le protocole de mesure expérimental. Les deux dernières parties quant à elles seront consacrées aux résultats obtenus et à leurs discussions.

2. CADRE THEORIQUE

2.1 Place du Running et du Trail en France

2.1.1. Le running en chiffre

En 2015, selon une étude de la Fédération Française d'Athlétisme, 16,5 millions de français pratiquent le « running », le « jogging », « la course à pied » ou encore « le trail ». La course à pied est l'activité la plus pratiquée en France devant la randonnée et la natation. En effet, pour paraphraser William « Bill » Henry Rodgers « N'importe qui peut être un coureur. Nous sommes faits pour courir. Nous devrions courir. C'est le sport le plus facile. »

Ainsi, courir, ne demande pas d'enceinte sportive particulière, de matériel hors de prix ou encore de licence sportive. La course à pied peut se pratiquer en intérieur, en extérieur, à tout moment de la journée, seul ou à plusieurs, sur route, chemins, en forêt ou en montagne et même dans l'eau. Cette facilité et cette multitude de possibilités de pratiques permettent à la course à pied d'être le sport préféré des Français en 2015. Le « jogging » ou « le running » est au cœur d'un engouement national et international depuis le début des années 2000. Les événements de course de masse, sont en plein essor et se multiplient. On dénombre un peu plus de 2500 courses sur route organisées en France en 2018, avec des manifestations regroupant plus de 50 000 athlètes comme le Marathon de Paris.

2.1.2. Explosion du Trail

En marge de ces événements urbains, se développent des « courses nature dites Trails », loin de la pollution et du bruit de la ville. Selon l'International Trail Running Association (ITRA), « ce sont des compétitions pédestres qui se déroulent dans un environnement naturel (montagne, désert, forêt, plaine...) avec un minimum de routes goudronnées (moins de 20% de la distance totale) et sur des terrains très variés (routes de terre, chemins forestiers, sentier monotrace...) ».

Le rapprochement avec la nature, la sensation de liberté et de découverte de l'inconnu, sont autant de facteurs qui font migrer les coureurs urbains au cœur des forêts. Bien que courir en pleine nature ne soit pas une invention de l'Homme moderne, le Trail a connu un essor important depuis les années 2000; un véritable engouement, se matérialisant par une explosion du nombre de compétitions (Trails ou Ultra-Trails) en France sur les quinze dernières années. Avec plus de 2500 Trails organisés en 2018 en France (150 en 2001), cette activité « Nature » est en voie de dépasser le « Running ».

Cependant, si le nombre de Trailers n'est pas quantifiable, du fait de l'ouverture des courses aux non licenciés, la Fédération Française d'Athlétisme estime son nombre à plus d'un million en 2018. Notons par exemple, l'Ultra-Trail du Mont-Blanc® (UTMB, Chamonix) qui a vu son nombre de participants passer de 700 en 2003 lors de sa première édition à 10 000 en 2018.

2.2 Impact du Trail sur la cheville

Pour beaucoup, la pratique du Trail, limiterait les traumatismes articulaires (genou, hanche et rachis) imposés par la dureté du macadam ou des pistes d'athlétisme. Toutefois, courir en forêt ou en montagne, sur des terrains instables et/ou accidentés (cailloux, racines, pierriers, neige, sable, boue, ...), modifie ou perturbe le pattern de course et peut générer d'autres pathologies (4).

2.2.1. Les différents pattern de course

Depuis plusieurs années, beaucoup de chercheurs se sont intéressés à la décomposition biomécanique et analytique de la foulée des coureurs à pied et à leur pattern de course. Ainsi, trois techniques de pose de pied ont été identifiées (4,5):

- Pattern RFS : attaque du talon, suivi d'un déroulement du pied (The RearFoot Strike),
- Pattern MFS : contact au sol quasi-simultané du talon et des métatarses (The MidFoot Strike),
- Pattern FFS : attaque par les métatarses suivis d'une lente descente du talon au sol, (The ForeFoot Strike).

2.2.2. Le Pattern en course à pied à dominante « Macadam »

Une étude menée en 2007, sur 283 coureur de niveau international, lors d'un semi-marathon, a montré que 74,9% des coureurs de type Macadam, avaient un pattern RFS, contre 23,7% en MFS et seulement 1,4% en FFS (6). Une autre étude de 2011, menée par Pater Larson sur 983 coureurs de semi-marathon et de marathon, a montré les mêmes valeurs avec une utilisation du pattern RFS à plus de 88,9%(7).

Autrement dit, lors d'une course sur route ou piste, au delà de 3000m, le coureur attaque le sol avec le bord latéral du calcaneus, en position de varus de l'arrière pied et de dorsiflexion de cheville(8). Le pied va ensuite se dérouler au sol (phase d'appui), en réalisant une pronation de la sub-talaire (9). La phase de propulsion débute lorsque la pronation est maximale et se termine par l'extension du bloc métatarsien. L'hallux sera le dernier à quitter le sol. Cette configuration débutant par le bord postéro-latéral du calcaneus et se terminant via l'extension de l'hallux, se réalise autour d'un axe permettant les mouvements d'inversion et d'éversion de la cheville, définit par Henke en 1859.

Notons toutefois que les sprinters et les demi-fondeurs (jusqu'au 3000m) utilisent majoritairement le pattern FFS afin de diminuer le temps d'appui au sol et d'augmenter la qualité propulsive (4). Ainsi et au vu de la littérature, le pattern des coureurs à dominante Macadam serait vitesse et distance dépendante.

2.2.3. Le Pattern en Trail

Le trail est une activité caractérisée par des terrains irréguliers, par des différences de dénivelé importantes ou par des longues distances amenant une fatigue neuromusculaire sévère. Afin de surmonter cela, les coureurs sont obligés d'adapter et de changer leur cinématique de foulée.

Selon Kasmer and al en 2014, 83,9% des coureurs adoptent un pattern RFS lors des courses de trail running (10). Toutefois, dans son étude sur l'adaptation des patterns de course des trailers en fonction de la variété des surfaces, du dénivelé et de la fatigue musculaire, Giandolini en 2015, a montré qu'ils utilisaient les 3 patterns de pose de pied de façon cumulative (4). Ainsi, lors des ascensions ou lors de segments rapides peu accidentés, ils privilégieront la pose en FFS ; lors de descentes accidentées ou dans des segments légèrement accidentés, ils attaqueront par le talon, en RFS alors que dans des sections plus irrégulières et beaucoup moins stables, ils auront tendance à poser le pied à plat, en MFS.

Cette notion de « terrain dépendant » permet au trailleur de conserver le meilleur compromis possible entre amorti et propulsion, tout protégeant ses articulations et notamment ses chevilles.

2.2.4. Le Trail et la cheville

De par la diversité des lieux de pratique (chemins, plaines, montagnes, sentiers,...), des revêtements(terre, sable, cailloux, pierres, roches, boue, écorces,...), des conditions (soleil, pluie, neige,...), des durées(Course Nature – de 21km aux Ultras Trails de plus de 200km), le trail impose à la cheville des déstabilisations régulières. Il ne s'agit plus de courir en ligne sur un revêtement lisse et linéaire, mais bien de se conformer à la particularité de la discipline en adaptant sa foulée, la pose de ses appuis et sa propulsion, à la configuration du terrain.

A l'inverse des courses sur route ou sur piste, le Trail demande une certaine vigilance proprioceptive et des prises d'informations centrées sur le terrain afin de limiter les entorses de cheville notamment. En effet, lors d'une course sur terrain stable, le pattern de pose de pied ne subira aucune déformation. Il sera efficace de l'attaque du talon à la propulsion des orteils. Or, en Trail running, la réalisation des patterns de pose de pied se voit modifiée par

les déformations du terrain irrégulier et instable. L'axe de transfert des masses et des forces, ne se fait plus forcément selon l'axe d'Henke. Autrement dit, dans ce moment de contact avec le sol, le pied va épouser la forme du terrain, composer avec la vitesse de déplacement du segment jambier afin d'offrir la meilleure propulsion possible en fin d'appui.

Il existe donc une réelle différence entre les deux activités de course à pied sur terrain stable et instable, même si ces dernières utilisent majoritairement le pattern de pose de pied en RFS. Le Runner adapte son pattern à sa vitesse et à sa distance alors que le Trailier adapte son pattern au terrain en composant avec tous les capteurs proprioceptifs et extéroceptifs dont il dispose.

2.3 La proprioception et la cheville

2.3.1. La proprioception en quelques mots

La proprioception (formée de proprio- tiré du latin Proprius = « propre », et de [ré]ception tiré du latin Recipere = « recevoir ») ou sensibilité profonde, désigne la capacité de notre corps à recevoir ses propres informations. La proprioception signifie donc « la perception de soi ».

Charles Scott Sherrington, médecin, scientifique et prix Nobel de médecine en 1932, a introduit le terme de «proprioception» en 1906, en le décrivant comme «*la perception des mouvements des articulations et du corps ainsi que la position du corps, ou de ses segments, dans l'espace*». On parle donc d'informations permettant à notre cerveau d'identifier la position du corps ou d'un segment de celui-ci, dans l'espace mais également d'informations liées au mouvement de ceux-ci.

Le rôle premier de cette sensibilité profonde serait donc de moduler la représentation du corps dans l'espace en s'appuyant sur les informations fournis par l'ensemble des mecanorécepteurs présents dans les muscles, les tendons, les articulations et dans la peau (11).

Au delà de ce rôle informatif, elle permettrait de réaliser un rétrocontrôle sur la réalisation d'une action motrice en permettant la comparaison entre par exemple la position finale d'un pied posé au sol et la position programmée par le SNC. On parle alors de boucle

de rétroaction ou de rétrocontrôle. Ces informations ainsi collectées permettent de réguler les réponses motrices et ainsi favoriser l'efficacité du geste par adaptation du schéma moteur. Elle renseigne donc sur la partie sensorielle du contrôle moteur.

On la retrouve alors, dans le contrôle de la motricité volontaire ou involontaire, dans les mécanismes de reflexe ou encore dans la gestion de l'équilibre statique ou dynamique (12). Les afférences proprioceptives participent donc, au contrôle de la posture, à la stabilité des articulations et des segments corporels, et jouent un rôle indispensable dans les mécanismes d'équilibration.

2.3.2. Les mécanorécepteurs

Avant d'être transformées en signaux afférents nerveux par le système lemniscale et véhiculées jusqu'aux aires cortico-pariétales 2 et 3a, pour être traitées et analysées, les informations mécaniques sont collectées par un large réseau de mécanorécepteurs proprioceptifs.

Ces propriocepteurs sont principalement situés au niveau musculaire (fuseaux neuromusculaires et récepteurs de Golgi) et au niveau musculo-articulaire (corpuscules de Pacini et de Ruffini). La multiplication des sites informatifs et la spécificité de chacun de ces mécanorécepteurs, permettent au SNC d'analyser la position et les mouvements du corps de façon très précise.

Ainsi pour percevoir l'allongement du muscle, lors d'un étirement, il fera appel aux fuseaux neuromusculaires. Ces derniers sont constitués de petites fibres musculaires intrafusales placées parallèlement aux fibres musculaires extrafusales, dans chaque muscle squelettique de notre corps. Elles sont sensibles à la longueur du muscle dans des paramètres d'amplitude et de vitesse et constituent de fait le récepteur du réflex myotatique.

Les informations relatives à la mesure et au contrôle de la force musculaire appliquée par le muscle sur l'articulation, seront quant à elles collectées par les organes tendineux de Golgi. Localisés au niveau de la jonction myo-aponévrotique, ce sont de petits corpuscules sensoriels encapsulés et contenant des fibres de collagène en série. Ils sont surtout considérés comme des petits « capteurs de force » qui protègent le muscle d'un étirement excessif, d'une lésion myo-aponévrotique ou d'un arrachement tendineux.

Au delà de ces notions de force et d'allongement exercées sur la structure musculaire, d'autres récepteurs vont être sensibles à la vitesse, la direction et l'amplitude des mouvements articulaires. Ainsi les corpuscules de Pacini et de Ruffini, qui se trouvent dans les couches profondes de la peau mais également au niveau de la capsule et des ligaments articulaires, vont détecter les déformations cutanées (intensité et accélération). Ils détectent la pression, l'intensité et la direction des étirements de la peau. Ils ont pour mission d'informer le SNC, sur les forces et les directions des cisaillements cutanés accompagnant un mouvement articulaire. Ils répondent à la fois aux indications de mouvement et de position.

Selon Wang et al. en 2016 (13), ces mécanorécepteurs musculaires et musculo-articulaires peuvent être lents ou rapides. Ainsi, les récepteurs rapides, incluant les corpuscules de Pacini, réagissent aux stimuli dans un délai assez court. Ils détectent les différences d'accélération et de décélération en début et fin de mouvement. Alors que les récepteurs lents, dans lesquels s'intègrent les corpuscules de Ruffini, les organes tendineux de Golgi et les Fuseaux Neuro-Musculaires, vont détecter des changements de position assez précis tout au long du geste. Mais dans un délai beaucoup plus long.

2.3.3. Le contrôle moteur statique et dynamique

Ces différents propriocepteurs fournissent des informations complémentaires (vitesse d'étirement, position angulaire...) qui vont ensuite être transmises aux aires pariéto-corticales via des voies sensibles afférentes, pour y être traitées. D'un point de vue anatomique, la perception consciente et inconsciente repose sur la voie lemniscale et la voie spinocérébelleuse. Ces deux voies interagissent de façon complémentaire.

Sur le plan fonctionnel par contre, les informations provenant de la voie lemniscale participeraient au contrôle rétro-actif des mouvements des membres ainsi qu'au maintien de la posture. Elles permettent de suivre la progression de la réalisation du mouvement et de le corriger si besoin. Les informations provenant du système spinocérébelleux, permettraient quant à elles, de comparer le programme moteur instancier à sa réalisation effective, par ce qu'appelle R.A.Schmidt, les indicateurs rétroactifs de performance (IRP) (14). Pour lui, la motricité humaine s'organise autour de la notion d'adaptabilité, avec la mise en œuvre de Programmes Moteurs Généralisés (PMG) rendus spécifiques à l'action à réaliser. Il précise

que « le PMG consiste en un pattern stocké. Cependant ce pattern peut être légèrement modulé quand le programme est exécuté, permettant au mouvement d'être ajusté en fonction d'une altération de la demande environnementale. »

On parle alors de « contrôle moteur » qui correspondrait ni plus, ni moins qu'au versant « moteur » de la proprioception. Pour Le Cavorzin en 2012, il s'organiserait au travers du SNC selon une organisation hiérarchisée, une organisation parallèle et une organisation en boucles de rétroaction (15). En effet, afin de produire une action motrice, le cortex va instancier un PMG répondant à la demande ; courir par exemple. L'objectif est alors de rendre ce PMG spécifique à la situation en l'adaptant à l'environnement. Pour cela, il faut prélever des informations relatives à la vitesse, l'amplitude, l'accélération et la force, mais également à la position du corps et des segments du coureur dans l'espace. Une fois ces informations collectées, la commande motrice nécessaire à la réalisation du mouvement programmé (courir) est envoyée aux effecteurs moteurs par l'intermédiaire du cortex moteur primaire, le long de la voie pyramidale. En parallèle de cette action motrice volontaire, se programme également une action motrice involontaire (voie extra-pyramidal) permettant d'agir sur la posture et sur l'équilibre du corps. Ainsi, le cortex anticipe en programmant un « ajustement postural préparatoire » afin d'assurer les appuis, l'orientation et la coordination du geste et du déplacement.

Il s'agit d'un contrôle moteur en boucle fermée avec la possibilité d'émettre des corrections. Aussi, lorsque le PMG est envoyé aux effecteurs moteurs, une copie est adressée au cervelet. Ce dernier pourrait prédire les signaux sensoriels attendus des propriocepteurs comme conséquence du mouvement programmé (circuit anticipatif). Il serait capable d'estimer l'écart entre le mouvement programmé et celui réellement réalisé, puis de corriger la commande motrice, en l'adaptant.

Ainsi, on retrouverait d'une part, un maintien postural lié à l'équilibre statique permettant d'anticiper le mouvement et ses perturbations, et d'autre part, une stabilisation posturale liée à l'équilibre dynamique contrôlant les écarts de réalisation. Ce contrôle statique et dynamique du corps dans l'espace s'appuie sur le contrôle rétroactif (feedback) et le contrôle proactif (feedforward). Ce dernier aurait un rôle de protection articulaire par anticipation de l'activité musculaire (pré-tension) permettant une amélioration de l'arc reflexe grâce à son action sur un muscle contracté.

Pour résumer, lorsque l'on marche ou lorsque l'on court, le système sensori-moteur permet à l'individu de rester équilibré malgré les déstabilisations générées par l'action motrice et son interaction avec l'environnement. La proprioception va permettre au SNC d'ajuster la commande motrice à la spécificité de l'environnement, tout en anticipant sur les déstabilisations générées par le mouvement et par le sol. Ce mécanisme de protection par anticipation et/ou par réaction réflexe ou non, doit permettre d'éviter les entorses de cheville. On comprend dès lors l'importance de la proprioception dans la prévention des troubles liés aux déstabilisations posturales non contrôlées et non anticipées.

2.4 Rôle de la proprioception dans la protection de la cheville

2.4.1. Impact fonctionnel sur la cheville

Afin de conserver une certaine stabilité, le corps va associer le contrôle postural et le contrôle des perturbations et/ou déséquilibres. Sur le plan fonctionnel, il s'agit donc de lutter contre la gravité afin de maintenir un équilibre statique et dynamique; d'anticiper, de préparer et de corriger le mouvement en fonction du monde extérieur. Pour cela, il s'agit de conserver le centre de gravité au centre du polygone de sustentation. Aussi les membres inférieurs, vont jouer un rôle prépondérant, en se comportant comme un bras oscillant autour de l'axe des chevilles. Gouzland en 2015, évoquera le terme de « pendule inversé » (16). On comprend dès lors l'importance de l'articulation de la cheville dans les informations qu'elle va transmettre au SNC afin de conserver cet équilibre.

Ainsi le contrôle moteur doit être initié par le système sensori-moteur pour contrer les déséquilibres, notamment grâce à des adaptations au niveau des articulations des membres inférieurs. Ce mécanisme initié en grande partie par les afférences provenant des propriocepteurs des chevilles induit une régulation (ajustements posturaux) et une coordination importante de tout le système sensori-moteur. Ce mécanisme permet alors de faire face aux forces antigravitaires et de lutter contre les déstabilisations de la cheville.

De plus, Crue-diaz and coll en 2015, considère la stabilité posturale comme un facteur prédictif d'instabilité chronique de cheville (17). En effet, comme nous avons pu le voir précédemment, les FNM jouent un rôle important dans la gestion de l'équilibre en informant le SNC sur des modifications de longueurs ou tension musculaire. Ainsi, lors d'une

mise en tension anormale, ces derniers alertent le SNC sur une éventuelle perte d'équilibre, enclenchant de fait un mécanisme de sauvegarde par une contraction réflexe de ce même muscle. Dans le cas où ce muscle aurait été étiré au delà de sa longueur fonctionnelle, les FNM aurait été abimés. Ils ne rempliraient donc plus leur rôle de protecteurs proprioceptifs, engendrant de fait des troubles de la posture.

D'autre part, Steib and coll en 2016, évoquent dans leurs travaux l'étroite relation entre la stabilité dynamique et le risque de blessure aux membres inférieurs et la stabilité dynamique comme un facteur intrinsèque de risque de blessure aux membres inférieurs (18). Autrement dit, un mauvais contrôle postural associé à un mauvais contrôle moteur occasionnerait un risque accru d'entorse de la cheville.

Toutefois, Thonnard a démontré, dès 1988, qu'il ne fallait que 30 ms pour se faire une entorse de cheville alors que l'activation des fibulaires, lors d'une boucle de rétroaction, nécessitait 60 à 70 ms (3). Ce qui précise que le contrôle sensitivo-moteur engendré par le déséquilibre segmentaire et postural, ne soit pas suffisamment rapide pour éviter la lésion.

Nous nous interrogeons dès lors sur la performance de ce système adaptatif lorsque la vitesse de réaction est inférieure à la vitesse de lésion. Comment éviter l'entorse ?

2.4.2. L'entorse de cheville

Comme nous venons de le voir, c'est grâce à de nombreux récepteurs périphériques que la proprioception de la cheville est possible. Le contrôle moteur assure quant à lui, en s'appuyant sur les informations reçues de ces propriocepteurs, l'équilibre postural statique et dynamique afin d'éviter l'entorse.

L'entorse de cheville est le premier des traumatismes en France. Il y en a 1 pour 12 000 habitants par jour. Elles correspondent à 90% des entorses du membre inférieur. Ce qui en fait la pathologie la plus fréquente en matière de traumatologie de l'appareil locomoteur. Le coût de santé publique de l'entorse de cheville dépasse les 2 millions d'euros par jour.

Selon la HAS en 2012, elle reste la pathologie la plus fréquente en traumatologie du sport. Ainsi, 85 % des traumatismes de la cheville sont des entorses et 40,8% d'entre elles sont des entorses du ligament latéral externe (LLE ou ligament collatéral fibulaire) (19). On parle d'entorse externe de cheville (atteinte du LLE), lorsqu'il y a mise en tension supra-maximale du système ligamentaire collatéral fibulaire, consécutivement à un mécanisme de varus équin de l'arrière pied. Non seulement l'entorse de cheville est le traumatisme le plus fréquent en France, et dans le monde du sport mais elle représente un pourcentage important des blessures en running.

Dans son étude portant sur 16 754 traumatismes (toutes localisations confondues) relevés en 6 ans et demi dans 19 sports différents, Garrick évalue l'incidence des traumatismes de cheville à 25 %(20) . Spécifiquement, en course à pied, l'entorse de cheville représente entre 9% à 20% des blessures du membre inférieur selon la revue épidémiologique proposée par Willem Van Mechelen en 1992 (21), confirmé par la revue systématique de Van Gett and All en 2007 (22) et celle de Francis and All en 2018 (23).

La cheville est très vulnérable au début de la phase d'appui, car elle dépend de l'angle d'attaque du talon au sol et qu'elle ne bénéficie pas à ce moment d'une protection musculaire. Elle est également très vulnérable à la fin de cette phase avant la propulsion des orteils, car elle est soumise à la rotation externe du membre inférieur engendrée et amplifiée par l'inversion active du pied.

2.4.3. Intérêt de la proprioception dans la rééducation de l'entorse de cheville

Dans la continuité de ses travaux, Thonnard parle de verrouillage anticipateur des fibulaires lors d'actions motrices qui contraignent particulièrement la cheville (16). Autrement dit, si l'on s'apprête à descendre un escalier, à courir, ou à poser le pied sur une surface instable, le SNC va programmer une contraction des fibulaires de façon à anticiper la déstabilisation.

Forestier et Toschi en 2005 (24), puis Julia and coll en 2012 (16), précisent que les fibulaires sont activés 77 ms avant la pose du talon au sol. Cette pré-activation permettrait de marcher ou de courir naturellement en verrouillant la cheville avant l'impact du talon au sol

(évitant ainsi un étirement en varus-équin). Ils évoquent également qu'en cas de déstabilisation importante (par exemple la pose du pied sur une racine), une proactivation de l'ordre de 70 à 80 ms ne serait pas suffisante pour éviter la lésion. Cette anticipation, permettrait toutefois d'augmenter la raideur musculaire et de diminuer le temps de réaction des fibulaires (boucles de rétroaction), mais n'éviterait pas une éventuelle inversion forcée.

Afin d'éviter ce mécanisme lésionnel en varus-équin forcé, il s'agirait donc d'optimiser la boucle de préactivation, ainsi que la voie sensori-motrice. Pour cela, il est indispensable que le SNC apprenne à collecter les informations utiles à l'identification et à la nature du danger potentiel pour la cheville (type de surface, vitesse d'exécution, position du corps dans l'espace,...). En d'autres termes, il serait nécessaire de multiplier les expériences motrices via des situations d'apprentissage moteur (plan stable, instable, intérieur, extérieur, yeux ouverts ou fermés,...) afin de développer et affiner des programmes moteurs généraux.

C'est en ce sens que la rééducation représente un enjeu majeur dans la réhabilitation fonctionnelle. Elle doit permettre de renforcer les fibulaires et de restaurer la vigilance proprioceptive indispensable à l'intégration sensorielle lors de situation d'instabilité ou de déstabilisations. A ce sujet, la HAS a publié en 2000 « les recommandations de prise en charge de l'entorse du LLE de la cheville » à destination des Masseurs-Kinésithérapeute, afin d'orienter le traitement et ainsi de le standardiser (25). S'appuyant sur une revue systématique de la littérature, elle propose un guide de rééducation. Elle consacre ses dernières séances à la reprogrammation neuro-musculaire, par la réalisation d'exercices en situation de déstabilisation. La proprioception apparaît dès lors comme un objectif de traitement indispensable et incontournable. Cette rééducation proprioceptive éviterait les récurrences et assurerait un meilleur contrôle moteur lors des activités de la vie quotidienne et des loisirs sportifs.

Le kinésithérapeute pourra alors proposer à son patient des exercices de contrôle proprioceptif en le plaçant sur des plans instables tels qu'un trampoline, un plateau de Freeman®, des plaquettes Propriofoot® ou dans la botte Myolux®. L'utilisation de ces outils de rééducation se fera tout au long de la prise en charge, mais de façon progressivement complexifiée(26). Ainsi, en le confrontant à des situations de résolution de problème basées sur les phénomènes de feed-forward et de feedback proprioceptifs, le thérapeute va

progressivement permettre son patient de s'adapter, de créer et de mémoriser de nouveaux PMG anticipateurs et régulateurs.

Toute prise en charge thérapeutique débute par un bilan afin d'identifier les objectifs et les lignes directrices du traitement. En ce sens la HAS précise que la proprioception doit faire partie de l'évaluation initiale et du bilan final. Le thérapeute pourra donc s'appuyer sur des tests proprioceptifs dans un but préventif ou curatif ; ceci afin d'éviter les entorses de cheville, d'orienter le traitement ou de limiter les récives.

2.4.4. Evaluer la proprioception de la cheville

L'entorse de cheville est la hantise de tout sportif. Elle peut en effet, mettre fin à sa compétition, perturber ses périodes d'entraînement ou ralentir sa progression. Il apparaît indispensable pour tout thérapeute s'occupant de sportif, de prévenir l'accident et d'éviter la récive. Pour cela, il doit réaliser un bilan qualitatif des chevilles de ses patients et les orienter vers une prise en charge adaptée en fonction des déficits identifiés (développement, renforcement ou entretien). Il existe un grand nombre d'outil d'évaluation, mais seulement quelques-uns sont spécifiques à la cheville.

Selon Forestier et al., l'évaluation proprioceptive doit être envisagée selon quatre niveaux : histologique, neurophysiologique (seuils, vitesse de transmission et intégration), clinique, et fonctionnel. En ce sens, Bruyneel en 2013, propose une synthèse des outils d'évaluation les plus utilisés au travers d'une revue de la littérature (27). Elle y présente des tests relatifs au bilan cutané, à la statesthésie, à la kinésthésie et à la proprioception fonctionnelle. Ces tests doivent permettre de réaliser des bilans fiables et reproductibles.

Plus récemment, Laurent en 2017, a mis en évidence plusieurs tests permettant l'évaluation proprioceptive des patients à des vues préventives et curatives (28) (annexe 7).

On retrouve:

- Le Star Exclusion Balance Test
- Le Y-Balance Test® (version simplifiée et modifiée du SEB test)
- Le Time in Balance
- Le Figure-of-8 hop test
- Le Side-Hop test
- Le Balance Error Scoring System

Tous ces tests proprioceptifs (présentés en annexe), évaluent le membre inférieur dans sa globalité. Aucun d'entre eux ne spécifie suffisamment la cheville. Il est en effet, possible d'utiliser le genou ou la hanche pour compenser un déficit proprioceptif de la cheville. C'est pourquoi Terrier and all, en 2015 (29), ont montré que le seul moyen d'agir sur le contrôle sensitivo-moteur (feed-foward et feedback) de la cheville était de la déstabiliser selon l'axe de Henké. Selon eux, une déstabilisation spécifique, localisée uniquement sous l'arrière pied, permettrait de contraindre la cheville de manière ciblée, alors qu'une déstabilisation multidirectionnelle sur plan stable, plateau instable ou sur mousse solliciterait davantage le genou, la hanche et la région lombaire.

En 2005, Forestier et Toschi avait montré qu'avec le chausson Myolux™ Medik les fibulaires s'activaient en moyenne 77 millisecondes avant la pose du talon au sol (24). Alors qu'en l'absence de déstabilisation les fibulaires s'activaient 144 ms après la pose du talon au sol. Autrement dit, lorsque le SNC prend conscience d'une éventuelle déstabilisation générée par un sol accidenté (semelle du Myolux™ par exemple), il activerait les everseurs afin de stabiliser l'arrière pied. Utiliser ce dispositif de déstabilisation de l'arrière pied lors de la rééducation, reviendrait donc à stimuler le SNC pour lui permettre de fixer de nouveaux apprentissages moteurs relatifs à la gestion du déséquilibre (PMG).

En ce sens, Terrier and all, ont associé le dispositif Myolux™ Medik au SEBT modifié pour le rendre plus sensible à la cheville. Il s'agissait de placer le pied équipé du chausson instable au centre de l'étoile du SEBT modifié (Y-BALANCE® test). Le patient devait alors conserver un équilibre unipodal dynamique afin de pointer la distance la plus grande possible sur les 3 branches de l'étoile malgré une instabilité en inversion et en éversion. Le déséquilibre ainsi généré par le Myolux™ permettrait, selon eux, d'évaluer de façon élective la capacité du patient à gérer une déstabilisation lors d'une action motrice dynamique.

2.5 Problématique :

Le running et le trail running sont aujourd'hui les activités les plus pratiquées en France. Considérées par beaucoup comme deux activités bien distinctes, elles présentent néanmoins quelques similitudes comme le pattern de pose du pied. Qu'il soit « runner » ou « trailer », le coureur va attaquer majoritairement le sol avec le bord latéral du talon. Il va

ensuite moduler le déroulé de son pied en fonction de la surface, de la vitesse ou de la distance de course. Le « trailer » va adapter sa foulée et sa propulsion à la variabilité du terrain alors que le « runner » va adapter ces paramètres à la distance et la vitesse de course. Cette adaptation au terrain, permet de conserver une plus grande efficacité motrice et de protéger les chevilles.

Pour conserver une propulsion équilibrée, malgré les déstabilisations générées par le terrain, le « trailer » peut compter sur son système sensori-moteur. Ce réseau complexe de propriocepteurs, répartis dans les articulations, les muscles, les tendons et la peau, renseigne le SNC afin d'anticiper et réguler l'action stabilisatrice. Ainsi, le « trailer » peut compter sur les mécanismes feed-forward et feedback afin d'éviter l'entorse de cheville.

Toutefois, la pré-activation des muscles éverseurs dans le contrôle de la cheville lors de l'attaque du talon au sol, s'effectue avec un délai supérieur à celui de la lésion en mécanisme d'inversion forcée. Le mécanisme de protection par anticipation n'est alors pas en mesure de protéger la cheville en cas de déstabilisation importante de l'arrière pied. Pour réduire ou inverser cet écart, certains auteurs parlent de l'utilité d'un entraînement proprioceptif dynamique. Ce dernier devrait être orienté vers la gestion de l'équilibre lors d'une déstabilisation contrôlée en varus-équin de l'arrière pied.

Cette sollicitation des boucles feed-forward et feedback répétées permettraient de réduire le délai d'activation des éverseurs et de la rendre antérieure à la pose du talon au sol. Ainsi les systèmes proprioceptifs anticipatif et réactif seraient en mesure de gérer les déstabilisations importantes sans risque de lésion du ligament latéral externe de la cheville.

Partant de ces constats, nous nous interrogeons sur l'incidence du trail sur ces mécanismes de protection et de sauvegarde de la cheville. En effet, nous savons que la pratique du trail sur des terrains instables et variables, impose à la cheville des déstabilisations importantes et répétées. Nous savons également que les déstabilisations sur plan instable et plus particulièrement les déstabilisations au niveau de l'arrière pied dans un mécanisme d'inversion, constituent le plus haut niveau de prévention et de rééducation d'une cheville traumatique. C'est pourquoi, nous pensons que la pratique du trail permettrait d'améliorer les qualités proprioceptives des chevilles.

Pour cela, il serait intéressant de mesurer s'il existe un écart entre les qualités proprioceptives des chevilles des « runners » (coureurs à dominante macadam/piste) et des « trailers » (coureurs à dominante trail) afin d'identifier si malgré un risque plus important de se faire une entorse de cheville en pratiquant la course à pied sur terrains instables, ces derniers possèdent une meilleure proprioception due à la pratique de cette même discipline.

Si le trail, de par son terrain si particulier, impose à la cheville des situations d'instabilité répétées, le coureur à dominante « Trail » possède-t-il des qualités proprioceptives de cheville supérieures à celles des coureurs à dominante « macadams/piste » et/ou à celles des « sédentaires » ?

Est-ce que la pratique du trail améliore les qualités proprioceptives des chevilles des trailers en comparaison aux coureurs macadam ?

La pratique du trail , sur terrains instables a-t-elle un impact sur les mécanismes proprioceptifs de la cheville ?

Afin de tenter de répondre à ces questions, nous avons choisi de formuler la question de recherche suivante :

Observe-t-on un écart dans les qualités proprioceptives dynamiques de la cheville, objectivé par le SEBT modifié, entre des sédentaires, des coureurs à dominante « Macadam/Piste » et des coureurs à dominante « Trail » ?

L'objectif de notre étude sera donc de comparer les qualités proprioceptives dynamiques des chevilles des sédentaires, des coureurs à dominante « Macadam/Piste » et des coureurs à dominante « Trail », en utilisant le SEBT modifié, associé à un plan stable puis à un plan instable comme outil d'évaluation. La notion de « dominance » sera perçue comme la réalisation d'au moins 80% du temps de pratique hebdomadaire consacré à la discipline. Car beaucoup de coureurs pratiquent les deux disciplines avec des proportions différentes, ce qui en fait une pratique majeure et une pratique mineure.

Pour orienter notre travail nous émettons les hypothèses suivantes:

- Hypothèse n°1 : La proprioception des chevilles des coureurs à dominante Trail est supérieure à celle des sédentaires et des coureurs à dominante Macadam/Piste
- Hypothèse n°2 : La proprioception des chevilles des coureurs Macadam/Piste est supérieure à celle des sédentaires
- Hypothèse n°3 : La pratique du trail améliore la proprioception de la cheville

Afin de vérifier ces hypothèses, nous allons mettre en œuvre une étude clinique portant sur la mesure des capacités proprioceptives des chevilles de ces trois populations, sur plan stable puis sur plan instable. Nous prendrons soin de bien sélectionner les populations en fonction de critères nous permettant de répondre aux hypothèses.

3. MATERIELS ET METHODES

3.1 Stratégie de recherche

Les recherches bibliographiques ont été réalisées par l'intermédiaire de différentes bases de données : Pubmed, Research Gate, Physiotherape Evidence Database (PEDro), le site de la Haute Autorité de Santé, des principales revues kinésithérapiques françaises et suisses. Nous tenions également à préciser qu'un grand nombre d'articles scientifiques sont ressortis de nos recherches dans la littérature grise. Nos recherches principales se sont étendues sur une période de 2008 à 2018. La plupart des références citées dans notre introduction sont issues de la littérature anglo-saxonne à partir des mots clés suivants : « Sport* », « Trail Or Trail Running Or Ultra Trail Or Cross Country or Single Track Or Off Road Or Downhill », « Ankle », « Pattern of course » « Proprioception », « postural control », « motor control », « proprioception test ».

Pour effectuer une recherche précise en lien avec notre problématique, nous avons combiné certains thèmes entre eux sur Pubmed : « ("cross-country") AND ("ankle") (n=20) » ; (« ("cross-country runners") AND ("ankle") (n=3) ; (« ("cross-country") AND ("proprioception") (n=0) ; (« ("cross-country runners") AND ("proprioception") (n=0) ; (« ("Trail running") AND ("ankle") (n=0) ; (« ("Cross country Runners") AND ("Injury") (n=17) ; (« ("Cross Country Runners") AND ("Injury") AND ("Ankle") (n=2) ; (« ("Trail Runners") AND ("Injury") (n=4) ; (« ("Trail Runners") AND ("Injury") AND ("Ankle") (n=0) ; (« ("Runners") AND ("Injury")

(n=592) ; (("Runners") AND ("Injury") AND ("Ankle")) (n=124) ; (("Star Excursion Balance Test") AND ("Ankle")) (n=122) ; (("SEBT") AND ("Ankle")) (n=68) ; (("Lunge Test") AND ("Ankle")) (n=42).

Nous avons ensuite sélectionné les articles dont les titres, les résumés et/ou les mots clés étaient en lien avec notre problématique. Nos recherches ont également été complétées par certaines références bibliographiques et noms d'auteurs figurant dans les articles sélectionnés. Au travers de cette démarche prospective, nous avons pu constater que la littérature concernant le Trail running et la proprioception de cheville était peu abondante, voir absente. De plus, le terme « Trail Running » est souvent associé au ski de fond, ou à de la course à obstacle, ce qui a compliqué le filtrage des informations.

3.2 La population

L'étude a débuté le 10 septembre 2018. Les participants résident tous en Lorraine. La taille de l'échantillon requise pour estimer la distance moyenne d'atteinte du SEBTm avec un niveau de confiance (IC) de 95% a été calculée en utilisant un écart type de 7 cm et une erreur acceptable de 2,5 cm au-dessus et au-dessous de la moyenne. Ce calcul a révélé une taille d'échantillon requise de 60 participants. En considérant que le taux de réponse serait supérieur ou égal à 30%, nous avons contacté et rencontré 182 personnes, issues principalement de l'IFMK de Nancy, des clubs de trail, d'athlétisme et de remise en forme nancéen. Chaque sujet a été informé de l'objectif de l'étude ainsi que des modalités de sa mise en oeuvre avant de signer le formulaire de consentement éclairé (annexes 1 et 2).

3.3 Les critères d'inclusion

En respect de la littérature à ce sujet et afin d'atteindre les objectifs de notre étude, les critères d'inclusion retenus sont les suivants :

- Avoir signé le formulaire de consentement et retourné le questionnaire
- Homme ou femme âgé(e) entre 18 et 60 ans (30,31).
- Pratiquer la course à pied sur Macadam et/ou piste d'athlétisme sur au moins 80% du temps de pratique.
- Pratiquer le Trail-Running sur chemins forestiers (plus ou moins accidentés) sur au moins 80% du temps de pratique

- Ou pratiquer moins de 120 minutes d'activité physique par semaine à hauteur de 4 METS (marche rapide)(32).

3.4 Les critères de non inclusion

Selon les critères proposés par « L'international Ankle Consortium » cités par Gribble et Al en 2013 (33), et ceux mis en évidence par Mouchnino & Blouin en 2013 (34), les sujets retenus ne doivent pas :

- Avoir eu une ou plusieurs entorses de cheville dans les 12 derniers mois
- Avoir eu une ou plusieurs entorses de genou dans les 12 derniers mois
- Avoir subi une blessure musculo-squelettique d'une ou plusieurs des autres articulations du membre inférieur moins de trois mois avant le début de l'étude (33).
- Présenter des troubles neurologiques, vestibulaires, de sensibilité profonde ou d'équilibre.
- Avoir des troubles de la vision (correction forte)

Nous avons décidé d'ajouter un ultime critère de non inclusion spécifique à notre étude :

- Avoir réalisé des exercices de proprioception isolés en parallèle de leur éventuelle pratique sportive

3.5 Les critères d'exclusion

Les critères d'exclusion représentent les éléments survenus avant ou durant le protocole et qui compromettent la viabilité du test. Ainsi, la fatigue musculaire, les vertiges, et les douleurs à la réalisation sont autant de critères qui altère la prise de mesure. En ce sens, nous décidé d'exclure toute personne ayant:

- Participé à un entraînement moins de 24h avant le passage du test
- Participé à une compétition moins de 48h avant le passage du test
- Des douleurs à la réalisation du test
- Des problèmes proprioceptifs ou vestibulaires survenant lors du test

3.6 Matériels nécessaires

Deux tests distincts et complémentaires sont envisagés lors de cette étude : le WBLT pour mesurer la dorsiflexion des chevilles et le SEBTm pour évaluer les qualités proprioceptives. Chacun de ces tests, nécessite un protocole et des matériels spécifiques.

3.6.1. Le petit matériel :

- Un mètre ruban souple gradué en mm de 0 à 200cm (Protocole du WBLT et du SEBTm)
- Du ruban adhésif pour fixer le mètre ruban au sol (protocole du WBLT)
- Un crayon dermographique pour tracer les repères sur les Epines Iliaque Antéro-Supérieures (EIAS), sur les pointes inférieures des malléoles médiales et sur les pieds des sujets (protocole du SEBTm)

3.6.2. La bâche SEBTm :

Afin de permettre une plus grande reproductibilité inter-participant, de favoriser la rapidité de mise en œuvre et de réduire l'espace utile de mesure, l'étoile du SEBTm a été imprimée sur une bâche souple de 60cm x 200cm (figure 1). A son extrémité proximale, se trouve un cercle gradué de 0° à 359°, découpé en 8 afin de faciliter la pose du pied. Sur son axe médian, est matérialisée une règle graduée au centimètre de 0 à 140cm, dont le 0 est situé au centre du cercle. Une touche à l'intérieure d'un des 2 carrés bordant la règle sera validée. En revanche, une touche réalisée en dehors de cette « zone autorisée » sera considérée comme nulle.

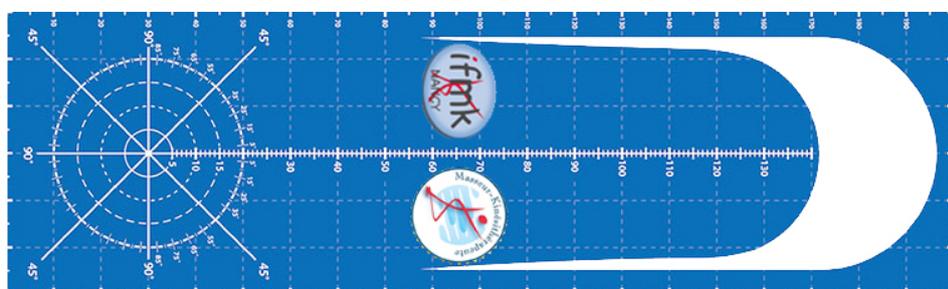


Figure 1: Bâche support du SEBT modifié

3.6.3. Le Myolux™ Medik

Myolux™ Medik est un dispositif breveté pour la rééducation musculaire et proprioceptive de la cheville. Le principe de cette botte de rééducation est d'offrir une mise en éveil ciblée des muscles et des capteurs proprioceptifs de la cheville. Il atteint son objectif grâce à son articulateur breveté fixé sous le chausson médical, qui offre une déstabilisation spécifique inspirée de la physiologie articulaire de l'arrière-pied tout en autorisant un travail en locomotion.

Ainsi, le chausson offre au rééducateur la possibilité de jouer sur les libertés articulaires, dans les mécanismes d'inversion et d'éversion autour de l'axe d'Henke. Pour l'étude, nous avons décidé d'offrir à l'arrière pied 45° de liberté en inversion et 0° de liberté en éversion.

L'avant pied quant à lui sera fixé sur « la pelote d'avant pied » de 3 cm et légèrement inclinée sur son bord latéral. Ceci permettra d'accentuer le mécanisme de varus de l'arrière pied et de supination de l'avant pied, mouvement à l'origine de l'entorse latérale de cheville. Ainsi équipé le sujet devra lutter contre le mécanisme d'inversion engendré par la botte, en s'équilibrant de la meilleure des façons, pour toucher le plus loin possible (figure 2).



Figure 2: Botte Myolux™ Medik placée sur la bâche

3.7 Méthodes

3.7.1. Le Weight Bearing Lunge test (WBLT)

Le WBLT est un outil d'évaluation qui permet de mesurer les qualités de dorsiflexion de cheville en charge (figure 3). Il est économique en temps et en matériel. Dans notre étude, nous l'utilisons conformément aux procédures décrites par Bennell en 1998(35). Ce test montre une bonne fiabilité intra-examineur avec un coefficient de corrélation interclasse CCI = 0.90 (0.65-0.99) et une fiabilité inter-examineur avec un CCI = 0.93 (0.80-0.99), quelques soient les différences entre les examinateurs.

3.7.2. Le Star Excursion Balance Test modifié (SEBTm)

Le Star Excursion Balance Test modifié est utilisé comme critère de jugement principal de cette étude. D'après la revue réalisée par Gribble et al., en 2012 et plus récemment dans celle de Picot et al. en 2018, le SEBTm est reconnu comme étant un outil de mesure validé et fiable du contrôle postural dynamique (Indice intra-évaluateur pour les adultes = 0,85 à 0,89 et l'indice inter-évaluateur pour les adultes = 0,80 à 1,00) (36–38). Il est largement utilisé à des fins cliniques par les professionnels de santé et les chercheurs.

De façon pragmatique, c'est un test fonctionnel à trois branches tracées au sol et partant d'un point central, avec 120° d'angulation entre chaque branche (antérieure, postéro-médiale, postéro-latérale) (36). Ce test simplifié a été démontré tout aussi efficace que le test normal (SEBT à 8 branches) tout en étant plus rapide à effectuer et moins fatiguant pour les sujets (39). Il consiste à se positionner au centre de l'étoile en appui unipodal et à toucher avec la pointe du pied du membre non portant, un point le plus loin possible sur chacune des branches sans perdre l'équilibre (40). Les distances atteintes sont dépendantes de la longueur des membres inférieurs des sujets. Afin d'éviter le biais de la taille du membre inférieur, l'ensemble des résultats est normalisé et exprimé en pourcentage de la longueur de membre inférieur du patient selon la formule suivante : % de Normalisation = (Moyenne des trois essais / taille du membre inférieur) *100 (41).

Il a été démontré par Terrier and coll en 2012, que le SEBTm pouvait être rendu plus sensible et spécifique à la cheville, s'il était associé à un dispositif de déstabilisation de l'arrière pied. Pour cela, il est possible de choisir parmi les matériels utilisés pour rééduquer

les entorses de la cheville : carré de mousse, Myolux®, Propriofoot®, sable, escarpolette de Dotte, Plateau de Freeman, etc. Dans leur étude, Terrier end coll (42) utilisent la botte Myolux™ Medik, nous avons donc fait le choix de nous inscrire dans la continuité de leurs travaux.

3.8 Protocole

3.8.1. Administratif et recueil d'information

Un formulaire de consentement éclairé, une lettre d'information et un questionnaire d'informations devront être envoyés par mail plusieurs jours avant le test. Le jour des tests, les patients seront accueillis seuls ou en groupe (3 maximum) dans une salle lumineuse. Ils auront la possibilité de se changer afin de revêtir une tenue adaptée. Ils recevront ensuite une explication précise du protocole de mesure. L'examineur devra durant ce temps d'accueil répondre à l'ensemble des questions.

3.8.2. Les tests

3.8.2.1 Le WBLT

Le patient se place face au mur, en position de fente avant, avec le pied dominant disposé en avant, de façon à ce que l'axe « hallux - centre du talon » soit perpendiculaire au mur. Les deux pieds doivent rester immobiles lorsque le praticien demande au patient d'accentuer la fente, à vitesse contrôlée et de telle sorte que le genou se plie et vienne toucher le mur (figure 3).



Figure 3: WBLT pour mesurer la dorsiflexion du pied droit en cm

Au cours du mouvement, le praticien doit vérifier l'alignement du pied avant, surveiller le contact du pied au sol et le contact du genou avec le mur en fin de flexion. La pronation ou la supination du pied ne sont pas contrôlées. Une tentative est considérée comme réussie si le participant est capable de toucher le mur avec le genou tout en maintenant le bon alignement des pieds et le contact du talon au sol.

Après avoir réussi à toucher le mur avec le genou du membre testé, le praticien propose au pratiquant de reculer son pied, afin de déterminer la plus grande distance d'éloignement permettant à la fois de conserver l'alignement du pied au sol, et le contact avec le sol du talon du pied mesuré. Il s'agit dès lors d'atteindre la plus grande distance « d » possible pour chaque membre inférieur. En utilisant le mètre ruban posé sur le sol, le praticien mesure la distance entre le mur et la partie la plus distale de l'hallux. Cette distance est enregistrée en millimètres pour indiquer une valeur unique de Flexion Dorsale de cheville. A l'issue des mesures réalisées pour le membre dominant, le praticien procède à l'évaluation du membre non dominant.

3.8.2.2 Le SEBTm

Le test débute par la mesure des membres inférieurs en décubitus dorsal au moyen du mètre ruban. Les repères utilisés sont : l'EIAS et la pointe inférieure de la malléole médiale. L'évaluateur va ensuite réaliser deux repères sur chaque pied à l'aide d'un crayon dermatographique afin de faciliter leur positionnement au centre de l'étoile (figure 4).

Une démonstration commentée est réalisée par l'examineur avant toute évaluation. Comme recommandé dans la littérature, les sujets effectuent quatre essais d'entraînement par branche, de façon à stabiliser leurs performances (43) et d'éviter l'effet d'apprentissage (36). Une fois ces douze essais réalisés, le praticien effectue trois prises de mesure sur chacune des branches, avec le pied dominant positionné au centre de l'étoile puis avec le pied non dominant. Il est demandé à l'évaluateur de commencer par la prise de mesure sur plan stable, puis de le renouveler sur plan instable (pied portant équipé de la botte Myolux™ Medik : figure 5). Une pause de cinq minutes est demandée entre les deux sous protocoles. Au total, les participants réaliseront 42 essais par jambe, soit 84 essais en tout, pour une durée d'environ 30 minutes.

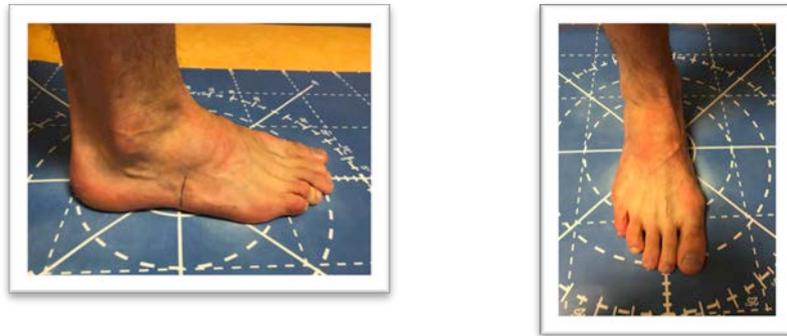


Figure 4: Marquage des repères osseux (axe du deuxième rayon et styloïde du 5^{ème} métatarse) pour faciliter le placement du pied au centre de l'étoile. Aligner l'axe sagittal dans l'axe de la branche considérée et l'axe transversal perpendiculaire à la branche)

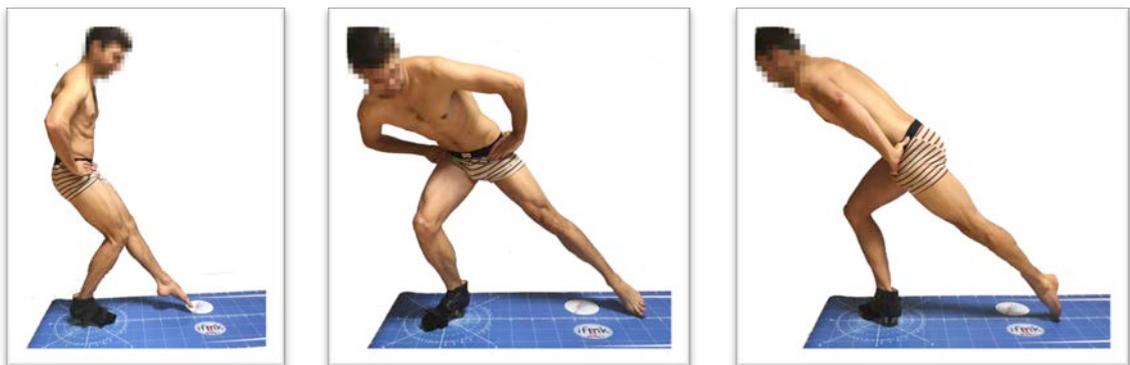


Figure 5: Réalisation du SEBT modifié pour les branches Antérieure, Postéro-Médiale et Postéro-Latérale, équipé de la Botte Myolux™ Medik

Instructions à donner aux patients:

« Le test est à effectuer pied nu, puis chaussé de la botte Myolux™Medik. Tout au long du test, vous devrez respecter trois règles :

- Règle n°1 : Les mains doivent toujours être positionnées sur vos hanches
- Règle n°2 : Une fois votre pied placé par l'examineur au centre de l'étoile, vous ne devrez plus le bouger. Il est interdit de le déplacer vers la droite ou la gauche, ou de soulever le talon dans quelques conditions que ce soient
- Règle n°3 : Vous devrez « pointer » sur la règle imprimée, à l'aide de votre gros orteil et de la façon la plus brève possible, la distance la plus éloignée, sans transgresser les règles 1 et 2, sans reprendre appui au sol et sans faire glisser

le membre non portant le long de la règle. Pour paraphraser Mohamed Ali, vous serez léger comme un papillon et vous piquerez le sol comme une abeille.

Si vous transgressez l'une de ces trois règles, votre essai sera considéré comme nul, et vous devrez le réitérer. Dans la position de départ, vous essayerez de toucher avec la pointe du pied non portant un point le plus loin possible sur la Branche Considérée (A, B ou C), sans transgresser les trois règles précisées plus tôt. Puis sans poser entièrement le pied au sol, ramenez votre jambe dans le cercle, à côté du membre portant (figure 5).

Vous êtes prêt(te) ? Mettez les mains sur les hanches, pliez le genou et mettez vous sur un pied, allez-y ».

Remarque : Dans la description du SEBT, Gribble and Al, précise que le centre du pied doit être placé au centre de l'étoile (41). Pour cela, nous avons identifié le centre du pied comme étant l'intersection du deuxième rayon des métatarsiens et de la ligne passant par l'axe de l'articulation de Lisfranc. Aussi, l'évaluateur devra tracer sur le pied à l'aide d'un crayon dermatographique les repères comme précisé sur la figure 4 afin de faciliter le positionnement du pied et la reproductibilité de celui-ci.

Attention l'évaluateur devra veiller à ce que le patient respecte les trois règles :

- *le talon ou la pointe du pied d'appui ne sont pas décollés du sol lors du test*
- *les mains ne doivent pas être décollées des hanches*
- *le pied non portant ne touche pas le sol afin de recréer un appui*

Le patient effectuera 3 essais mesurés par branche et par jambe avec 15 secondes de repos entre chaque essai (pied non portant posé dans le cercle), 2 minutes entre chaque branche, et 5 minutes de repos entre les essais sur plan stable et instable (43). Les tests doivent se dérouler en intérieur afin de proposer des conditions identiques et optimales à tous les patients. Trois mesures par branches sont réalisées et une moyenne de ces trois mesures est calculée. La mesure de la distance atteinte se fait par l'examineur au point précis de touche. Cette mesure est réalisée pour chaque essai et pour chaque branche sur plan stable puis sur plan instable.

3.9 Méthodes statistiques

Pour chaque sujet, plusieurs paramètres ont été enregistrés (âge, sexe, taille, poids, IMC, expérience de pratique, volume horaire de pratique,...) et mesurés (Longueur des membres inférieurs, dosiflexion, performances au SEBTm Stable et instable). Ceux-ci seront reportés dans un tableau et anonymisés (annexe 4). Pour chaque performance réalisée au SEBTm, trois formules ont été appliquées:

- La moyenne des 3 essais réalisés sur chacune des branches (MB) exprimée en cm
- Le Score Composite (SC) qui correspond à la moyenne des MB, exprimé en cm
- La Normalisation du SC (NSC) relative à la longueur des MI dominant et non dominant (NSCMID et NSCMIND), exprimé en %

Des analyses descriptives ont été réalisées pour présenter les caractéristiques de notre population ainsi que les différents résultats obtenus durant nos épreuves en utilisant les moyennes et les écarts types. Une fois toutes les informations condensées dans un tableau de résultats, nous avons utilisé l'Analyse en Composante Principale (ACP) de manière à retirer les relations vraiment caractéristiques (proximités entre les variables et les individus). Cet outil statistique permet d'isoler les données expliquant le mieux les différences entre les trois populations étudiées, pour ensuite les évaluer et les analyser.

Dans la continuité de l'ACP, nous avons testé la normalité de nos données en utilisant le Test de Shapiro-Wilk avec un niveau Alpha de 0,05 (seuil de tolérance de rejeter l'hypothèse). Selon ce dernier, notre distribution ne suivrait pas une Loi Normale. Par conséquent, pour déterminer si nos données provenaient de plusieurs populations distinctes et ainsi identifier celles qui méritaient d'être analysées, nous avons utilisé le test de Kruskal-Wallis. En obtenant un p-value < 0.05, les pourcentages de Normalisation des scores composites et les scores obtenus sur le WBLT, présentaient un manque d'homogénéité.

En utilisant le test de Wilcoxon-Mann-Whitney sur les variables identifiées comme non homogènes, nous avons vérifié si elles présentaient des différences significatives. Ont été considérées comme significatives, les valeurs ayant un p-value < 0.05 et comme tendances significatives les valeurs $0.10 < p\text{-value} < 0.05$. Pour structurer et représenter l'information contenue dans nos données nous avons utilisé plusieurs outils statistiques, tels que les Logiciels EXCEL® et AIR® (annexe 5).

4. RESULTATS

4.1 L'échantillon

Au final, l'échantillon comprend 111 sujets, 57 femmes et 54 hommes, âgés de 18 à 60 ans mesurant entre 151cm et 192cm et pesant entre 43kg et 110kg. Leur IMC est compris entre 16.8 et 35.5 (Tableau I et annexe 5p).

Pour répondre à nos objectifs, cette population a été distribuée en trois sous groupes: les Coureurs à Dominante Trail (CDT), les Coureurs à Dominante Macadam/Piste (CDMP) et les Sédentaires (S),

Puis dans un deuxième temps, différenciée hommes/femmes, et enfin classée en trois catégories d'âge 18-30 ans, 31-45 ans et 46-60 ans (Tableaux II et III). Dans une première lecture, il apparaît que cet échantillon est réparti de façon homogène dans les trois groupes (CDT, CDMP et S). Nous remarquons toutefois, que les groupes « CDT » et « CDMP » se distinguent du groupe « S », de par leur IMC, leur nombre d'années de pratique et leur temps de pratique hebdomadaire. Ils (CDT et CDMP), ont d'ailleurs des valeurs relativement similaires dans l'ensemble des catégories observées. Ces éléments sont donc déterminants pour l'analyse et la comparaison des valeurs futures.

Tableau I: Caractéristiques des participants – hommes et femmes – par catégorie Sédentaire, CDMP et CDT

Variables	S			CDMP			CDT		
	♂	♀	Gender	♂	♀	Gender	♂	♀	Gender
	n=15	n=22	n=37	n=19	n=18	n=37	n=20	n=17	n=37
	Mean ± SD								
Age	38.4 ± 14.4	38.1 ± 12.7	38.1 ± 13.2	36.6 ± 13.0	37.7 ± 12.5	37.1 ± 12.6	37.2 ± 12.2	40.2 ± 12.5	38.6 ± 12.2
Poids (kg)	73.2 ± 10.5	61.6 ± 13.7	66.3 ± 13.6	72.1 ± 8.2	57.8 ± 7.0	65.2 ± 4.3	68.9 ± 8.3	56.5 ± 4.0	63.2 ± 9.0
Taille (m)	1.78 ± 0.06	1.63 ± 0.06	1.69 ± 0.09	1.78 ± 0.08	1.67 ± 0.05	1.72 ± 0.08	1.77 ± 0.07	1.66 ± 0.04	1.71 ± 0.08
IMC (kg/m ²)	22.9 ± 2.8	23.1 ± 4.6	23.0 ± 4.0	22.8 ± 2.4	20.7 ± 2.0	21.8 ± 2.5	22.0 ± 2.0	20.6 ± 1.4	21.4 ± 1.8
MID (cm)	92.9 ± 3.4	84.2 ± 2.9	87.7 ± 5.2	93.2 ± 3.9	87.3 ± 3.7	90.3 ± 4.8	91.6 ± 5.3	87.7 ± 5.2	88.8 ± 5.1
MIND (cm)	93.0 ± 3.6	84.1 ± 2.9	87.7 ± 5.4	93.2 ± 4.0	87.3 ± 3.6	90.3 ± 4.8	91.6 ± 5.3	84.4 ± 7.5	88.8 ± 5.1
Exp.	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	8.5 ± 6.7	8.7 ± 6.5	8.6 ± 6.5	7.9 ± 5.1	8.0 ± 6.6	8.0 ± 5.8
Ent.	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	4.4 ± 1.4	4.1 ± 1.3	4.3 ± 1.4	4.5 ± 1.4	4.1 ± 1.2	4.3 ± 1.3

MID : Longueur du Membre Inférieur Dominant ; MIND : Longueur du Membre Inférieur Non Dominant ; Exp. : Nombre d'année de pratique ; Ent.: Nombre d'heure de pratique par semaine

Tableau II: Caractéristiques des femmes – par catégorie Sédentaire, CDMP et CDT – Répartis par âge

Variables	S♀			CDMP♀			CDT♀		
	18-30	31-45	46-60	18-30	31-45	46-60	18-30	31-45	46-60
	n=8	n=8	n=6	n=6	n=6	n=6	n=5	n=5	n=7
	Mean ± SD								
Age	24.9 ± 3.3	38.7 ± 3.8	54.5 ± 6.3	23.2 ± 3.2	38.3 ± 5.0	51.5 ± 3.8	26.2 ± 2.3	37.3 ± 4.5	55.0 ± 2.8
Poids (kg)	57 ± 5.7	65.2 ± 19.9	63.0 ± 11.5	57.3 ± 5.0	58.2 ± 10.6	58.0 ± 5.1	56.2 ± 1.6	55.5 ± 5.7	57.6 ± 3.6
Taille (m)	1.64 ± 0.06	1.63 ± 0.04	1.62 ± 0.09	1.70 ± 0.05	1.66 ± 0.05	1.65 ± 0.05	1.67 ± 0.04	1.66 ± 0.04	1.64 ± 0.02
IMC (kg/m ²)	21.3 ± 2.1	24.4 ± 6.7	23.8 ± 3.5	19.9 ± 1.1	21.0 ± 3.0	21.3 ± 1.6	20.2 ± 0.7	20.2 ± 1.4	21.3 ± 1.6
MID (cm)	84.8 ± 3.0	83.9 ± 1.6	84.0 ± 4.2	88.8 ± 4.1	86.7 ± 3.0	86.3 ± 3.9	84.6 ± 2.7	86.4 ± 2.5	85.4 ± 1.7
MIND (cm)	84.6 ± 3.0	83.7 ± 1.6	84.0 ± 4.3	88.7 ± 4.1	86.7 ± 3.0	86.6 ± 3.7	84.8 ± 2.6	86.4 ± 2.7	85.3 ± 1.8
Exp.	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	9.8 ± 6.0	3.2 ± 2.0	13.0 ± 6.6	7.9 ± 5.1	8.0 ± 6.6	8.0 ± 5.8
Ent.	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	4.3 ± 1.2	3.3 ± 1.0	4.3 ± 2.0	4.0 ± 1.5	5.0 ± 1.4	3.5 ± 0.5

MID : Longueur du Membre Inférieur Dominant ; MIND : Longueur du Membre Inférieur Non Dominant ; Exp. : Nombre d'année de pratique ; Ent. : Nombre d'heure de pratique par semaine

Tableau III: Caractéristiques des hommes – par catégorie Sédentaire, CDMP et CDT – Répartis par âge

Variables	S♂			CDMP♂			CDT♂		
	18-30	31-45	46-60	18-30	31-45	46-60	18-30	31-45	46-60
	n=5	n=4	n=6	n=7	n=6	n=6	n=7	n=6	n=7
	Mean ± SD								
Age	21.4 ± 1.5	38.0 ± 3.4	52.8 ± 5.6	23.4 ± 4.9	36.8 ± 5.0	51.6 ± 6.2	23.3 ± 2.8	38.0 ± 4.3	50.4 ± 1.7
Poids (kg)	64.8 ± 5.2	74.3 ± 13.8	79.5 ± 7.5	66.4 ± 5.0	77.1 ± 6.8	73.8 ± 9.5	60.3 ± 5.0	72.5 ± 3.5	74.4 ± 6.8
Taille (m)	1.76 ± 0.04	1.77 ± 0.06	1.81 ± 0.06	1.77 ± 0.06	1.81 ± 0.06	1.76 ± 0.06	1.73 ± 0.10	1.78 ± 0.04	1.79 ± 0.04
IMC(kg/m ²)	20.9 ± 1.9	23.4 ± 3.3	24.3 ± 2.6	21.2 ± 1.1	23.6 ± 2.0	23.9 ± 3.1	20.1 ± 1.1	22.8 ± 1.0	23.2 ± 2.0
MID (cm)	92.0 ± 3.6	92.2 ± 3.6	93.9 ± 3.5	93.1 ± 3.4	95.8 ± 3.7	90.8 ± 3.5	89.2 ± 6.3	92.9 ± 5.0	92.8 ± 4.1
MIND (cm)	92.0 ± 3.7	92.1 ± 3.7	94.4 ± 3.6	93.1 ± 3.3	95.9 ± 3.6	90.6 ± 3.7	89.1 ± 6.3	93.0 ± 4.9	92.8 ± 4.1
Exp.	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	8.3 ± 5.8	7.2 ± 3.4	10.0 ± 10.2	8.4 ± 5.1	9.0 ± 6.6	6.4 ± 3.8
Ent.	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	5.3 ± 1.9	3.5 ± 1.3	4.5 ± 0.5	5.0 ± 2.2	4.3 ± 1.2	4.5 ± 1.3

MID : Longueur du Membre Inférieur Dominant ; MIND : Longueur du Membre Inférieur Non Dominant ; Exp. : Nombre d'année de pratique ; Ent. : Nombre d'heure de pratique par semaine

4.2 Statistiques descriptives et inférentielles

4.2.1. L'Analyse en Composante Principale (ACP)

On dispose d'un tableau de 111 lignes en ordonnées (patients) et de 84 colonnes en abscisse (valeurs), soit 9324 données. Afin d'explorer les liaisons entre les variables et les ressemblances entre les individus, nous avons fait le choix d'utiliser l'Analyse en Composante Principale (ACP). Cette méthode permet de condenser l'information du tableau de manière à retirer les relations caractéristiques sur un plan à deux dimensions.

La description de ces 2 dimensions (figure 6) révèle que la variable dont les modalités séparent au mieux les individus dans le plan 1:2 (dimension 1 en Abscisse et dimension 2 en Ordonnée), est la modalité de pratique. Autrement dit, l'ACP met en évidence que les valeurs qui expliquent le mieux la singularité des participants de notre étude est la modalité de pratique (probabilité critique du test de Wilks p -value = 2,688206e-10).

Ainsi « la modalité de pratique » serait la donnée qui expliquerait le mieux les différences retrouvées entre les pratiquants sur le SEBTm.

Les ellipses figurant sur la figure 6, montrent la zone autour du barycentre du groupe où 99 % des données appartiennent à ce groupe. On remarque d'ailleurs que les ellipses CDMP et S se chevauchent, ce qui met en évidence une certaine similitude dans les données de ces 2 groupes.

L'observation de la première dimension oppose fortement des individus appartenant au groupe CDT à des individus appartenant aux groupes CDMP et S. Les variables les plus importantes sont les résultats des différents tests résumés par les scores associés (score composite et sa valeur normalisée), la flexion dorsale de cheville. La longueur des membres a aussi une importance dans cette première dimension. A l'opposé se trouvent les variables Age et IMC (annexes 5a, 5b, 5c et 5d).

La seconde dimension apporte moins d'informations que la première et ne sera pas détaillée. Elle permet tout de même de séparer les S des CDMP notamment du fait des variables heures de pratique et années de pratique.

Pour résumer cette analyse en composante principale, les données montrent que le groupe CDT est très différent des 2 autres populations qui montrent moins de différences entre elles. Il se singularise au travers de variables telles que, les scores composites réalisés au SEBTm modifié, la normalisation réalisée en fonction de la longueur des membres inférieurs, mais également dans les scores de dorsiflexion de cheville réalisés au Lunge Test (WBLT).

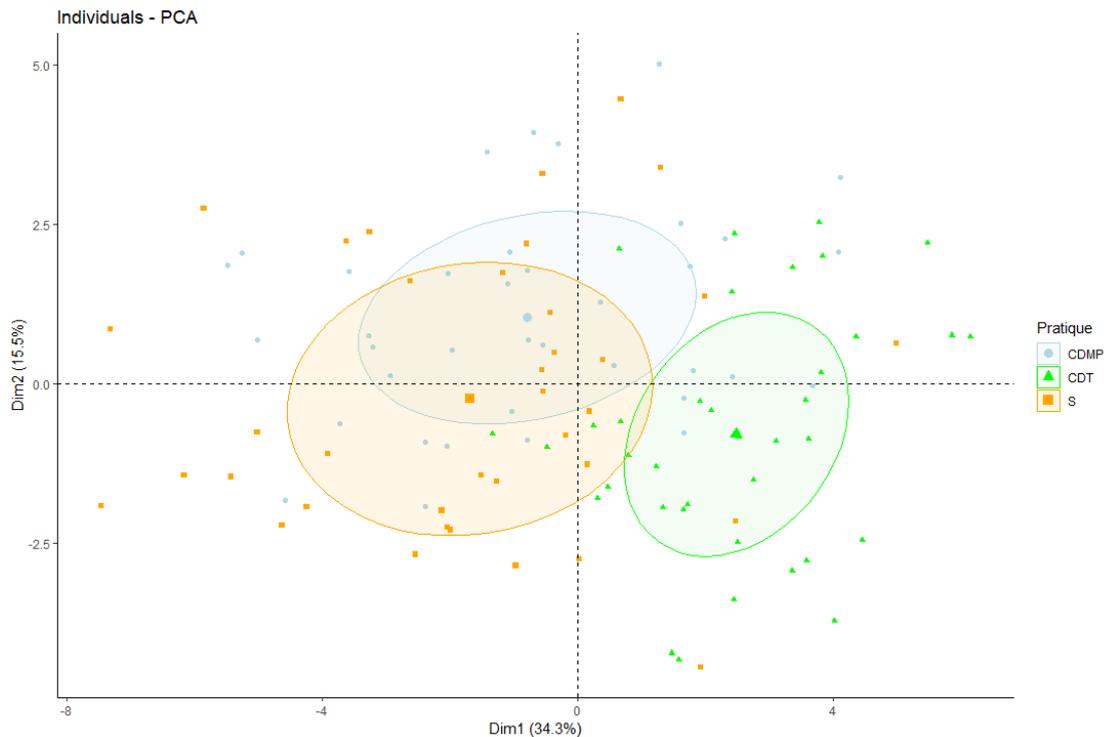


Figure 6: ACP des dimensions 1 et 2; les individus libellés sont ceux ayant la plus grande distribution à la construction du plan. Les individus sont colorés en fonction de leur appartenance au groupe de "pratique".

4.2.2. Les données de normalisation (NSC) du SEBTm

Grace à l'ACP, nous savons que les données sont singulières et significatives et qu'elles permettent de mettre en évidence 3 populations. Aussi nous souhaitons décrire de façon plus précise les résultats de ces 3 groupes obtenus au SEBTm sur plan stable et sur plan instable.

4.2.2.1 La normalisation par population

La figure 7, montre le pourcentage moyen de normalisation réalisé au SEBTm sur plan stable et sur plan instable, pour chaque groupe de pratique. Ce pourcentage a été obtenu en divisant le score composite (moyenne des 3 branches) par la longueur des membres inférieurs de chacun individu (annexe 5e).

On remarque que le groupe CDT a obtenu des résultats supérieurs aux 2 autres groupes :

- Sur plan stable, la différence est de 8,95% avec les S ($p\text{-value} = 2.36^e-09$) et de 8,96% avec les CDMP ($p\text{-value} = 3.23^e-11$)
- Sur plan instable, la différence est de 11,71% avec les S ($p\text{-value} = 6.53^e-13$) et de 10,16% avec les CDMP ($p\text{-value} = 9.75^e-10$)

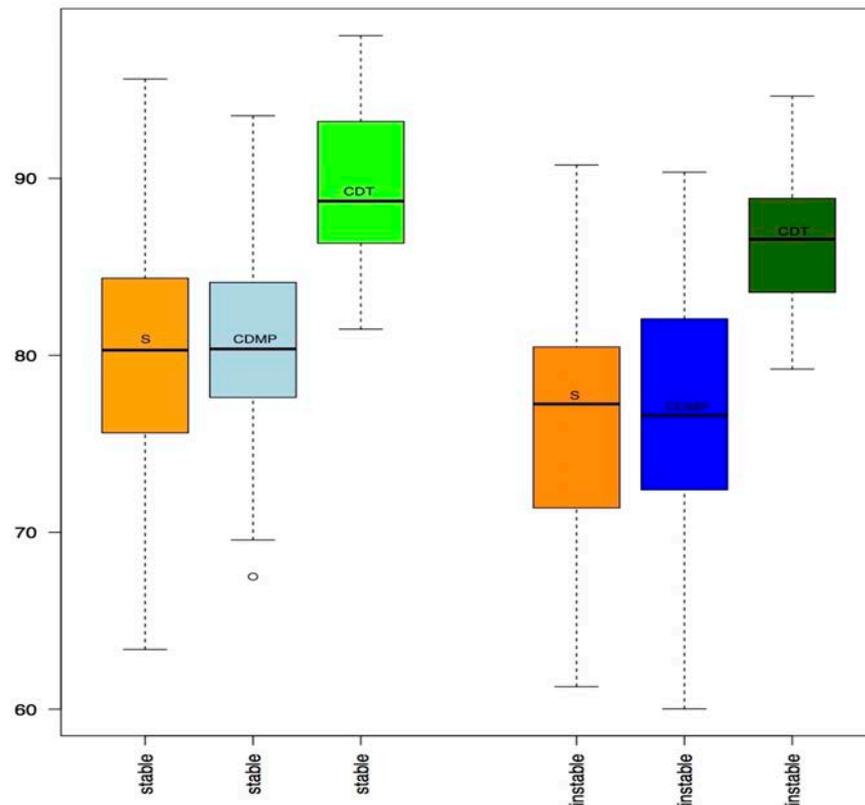


Figure 7 : Pourcentage moyen de la Normalisation du Score Composite réalisé sur SEBTm associé à un plan stable et instable, pour chaque groupe de pratique

4.2.2.2 La normalisation par dominance

La figure 8, présente la NSC par dominance. Les groupes « S » et « CDMP » ont obtenu des résultats supérieurs avec leur membre inférieur « Non Dominant » alors que le groupe des « CDT » se sont démarqués avec leur membre « Dominant » (annexes 5n et 5o). Ces différences de performance ne sont toutefois pas significatives ($p\text{-value} > 0.05$). Par ailleurs, ces NSC par dominance, confirment les résultats précédents.

Le groupe CDT présente une nette supériorité quant aux groupes S et CDMP quel que soit la dominance. Les écarts sont très largement significatifs, avec respectivement des $p\text{-value}$ de 9.10^{-14} et 1.06^{-09} pour le membre inférieur dominant et des $p\text{-value}$ de 3.9^{-11} et 1.15^{-08} pour le membre inférieur non dominant. La différence entre les S et les CDMP n'est quant à elle pas significative ($p\text{-value} > 0.05$).

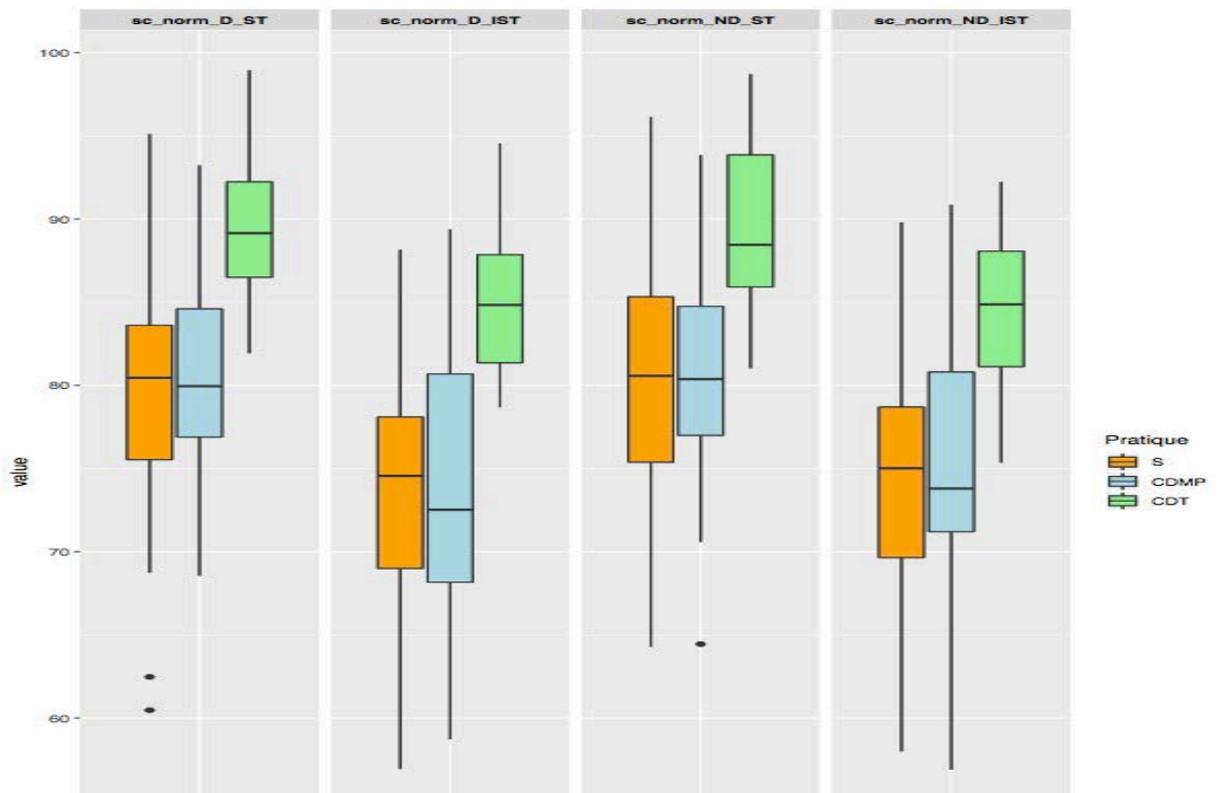


Figure 8: Pourcentage de Normalisation du Score Composite réalisé au SEBTm, sur plan stable et instable pour chaque groupe, organisé par Pied Dominant (D) et Non Dominant (ND).

4.2.2.3 La normalisation par branche

Le tableau IV, présente la NSC de chaque branche du SEBTm sur Plan Stable (PS) pour les trois populations (S, CDMP et CDT), ainsi que la mesure des différences. On peut y voir que les CDT ont obtenu des résultats supérieurs aux S et aux CDMP sur les trois branches du SEBTm (annexe 5f).

L'écart le plus important se situe sur la branche postéro-latérale avec une valeur dépassant les 10.8% ($p\text{-value} < 0.01$). Ce tableau nous renseigne également sur les valeurs relevées pour les CDMP et les S. Les variables normalisées présentent un écart statistiquement peu significatif ($p\text{-value} > 0.05$).

Tableau IV: Score Normalisé obtenu au SEBTm sur Plan Stable, pour les 3 populations, exprimé en % de Longueur de Jambe

Variables Normalisées en % PLAN STABLE	S	CDMP	CDT	CDMP-S	CDT-S	CDT-CDMP
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean Difference	Mean Difference	Mean Difference
Antérieureⁿ						
Dom	80.7 ± 6.8	79.9 ± 4.3	87.1 ± 5.9	0.8	6.4*	7.2*
Non-Dom	80.9 ± 6.3	80.2 ± 4.1	86.2 ± 5.3	0.7	5.3*	6.0*
Moyenne ^m	80.8 ± 6.5	80.1 ± 4.2	86.6 ± 5.6	0.7	5.8*	5.5*
Postéro-Médialeⁿ						
Dom	82.8 ± 9.3	84.4 ± 7.5	93.5 ± 5.1	1.6	10.7*	9.1*
Non-Dom	84.6 ± 8.2	84.6 ± 7.9	94.2 ± 5.4	0.0	9.6*	9.6*
Moyenne ^m	83.7 ± 8.7	84.5 ± 7.7	93.8 ± 5.2	0.8	10.1*	9.3*
Postéro-Latéraleⁿ						
Dom	77.2 ± 10.2	76.6 ± 8.7	88.4 ± 5.7	0.6	11.2*	10.6*
Non-Dom	77.1 ± 9.0	77.4 ± 9.3	87.4 ± 6.3	0.3	10.3*	10.0*
Moyenne ^m	77.1 ± 9.6	77.0 ± 9.0	87.9 ± 6.0	0.1	10.8*	10.8*

^m Moyenne des 2 jambes ; ⁿ Normalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; Dom : Membre Inférieur Dominant; Non-Dom : Membre Inférieur Non-Dominant ; *Différence Significative (p value < 0.01)

Le tableau V quant à lui, présente la NSC par branche du SEBTm sur Plan Instable (PI), pour les 3 populations. On constate que comparativement au PS, les valeurs obtenues ont diminué en moyenne de 10.9±2.1% alors que les écarts entre les 3 populations ont augmenté en moyenne de 1.9±0.8%. Les CDT ont accentué leur supériorité sur les 3 branches avec des écarts de NSC s'échelonnant de 9.2% à 13.8% (p-value < 0.01). Contrairement au PS, les écarts les plus importants sont identifiés sur la branche Postéro-médiale. Les écarts constatés entre les CDMP et les S ne sont pas statistiquement significatifs (p-value > 0.05).

Tableau V: Score Normalisé obtenu au SEBTm sur Plan Instable, pour les 3 populations, exprimé en % de Longueur de Jambe

Variables Normalisées en % PLAN INSTABLE	S	CDMP	CDT	CDMP-S	CDT-S	CDT-CDMP
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean Difference	Mean Difference	Mean Difference
Antérieureⁿ						
Dom	67.1 ± 7.6	67.6 ± 6.3	78.1 ± 4.7	0.5	11.0*	10.5*
Non-Dom	68.6 ± 6.4	69.1 ± 7.0	77.1 ± 4.3	0.5	8.5*	8.0*
Moyenne ^m	67.8 ± 7.0	68.4 ± 6.6	77.6 ± 4.5	0.5	9.8*	9.2*
Postéro-Médialeⁿ						
Dom	79.3 ± 8.8	81.8 ± 8.8	93.1 ± 5.5	2.5	13.8*	11.3*
Non-Dom	80.9 ± 9.3	82.2 ± 8.4	93.6 ± 5.4	1.3	12.7*	11.4*
Moyenne ^m	80.1 ± 9.0	82.0 ± 8.6	93.3 ± 5.4	1.9	13.2*	11.3*
Postéro-Latéraleⁿ						
Dom	70.8 ± 11.2	73.0 ± 10.2	83.9 ± 5.2	2.2	13.1*	10.9*
Non-Dom	71.8 ± 10.1	74.1 ± 9.7	83.8 ± 5.9	2.3	12.0*	9.7*
Moyenne ^m	71.3 ± 10.6	73.6 ± 10.0	83.8 ± 5.5	2.3	12.5*	10.2*

^m Moyenne des 2 jambes ; ⁿ Normalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; Dom : Membre Inférieur Dominant; Non-Dom : Membre Inférieur Non-Dominant ; *Différence Significative (p value < 0.01)

4.2.2.4 La normalisation par Plans (Stable et Instable)

Le tableau VI, présente les écarts mesurés entre les valeurs normalisées du SEBTm sur Plan Stable et sur Plan Instable. On constate que les CDT ont obtenu des valeurs nettement inférieures aux deux autres populations sur les branches Antérieure et Postéro-Latérale (p-value < 0.01). Les écarts constatés sur la branche Postéro-Latérale ne permettent pas d'identifier la supériorité d'un groupe plus que l'autre, même si les CDMP se détachent quelque peu. En revanche, lorsque l'on analyse la moyenne du score normalisé, on remarque que les CDT ont globalement un écart PS-PI moins important que les S et les CDMP. La différence entre les CDT et les S est d'ailleurs proche des 3.0% (annexe 5m).

Tableau VI: Score Normalisé obtenu au SEBTm sur Plan Stable et Instable et écart constaté entre les 2 plans, pour les 3 populations, exprimé en % de Longueur de Jambe

Variables Normalisées en %	S			CDMP			CDT		
	PS	PI	PS-PI	PS	PI	PS-PI	PS	PI	PS-PI
	n=37	n=37	n=37	n=37	n=37	n=37	n=37	n=37	n=37
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean Diff.	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean Diff.	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean Diff.
Antérieureⁿ									
Dom	80.7 ± 6.8	67.1 ± 7.6	13.6*	79.9 ± 4.3	67.6 ± 6.3	12.3*	87.1 ± 5.9	78.1 ± 4.7	9.0*
Non-Dom	80.9 ± 6.3	68.6 ± 6.4	12.3*	80.2 ± 4.1	69.1 ± 7.0	11.1*	86.2 ± 5.3	77.1 ± 4.3	9.1*
Moyenne ^m	80.8 ± 6.5	67.8 ± 7.0	13.0*	80.1 ± 4.2	68.4 ± 6.6	11.7*	86.6 ± 5.6	77.6 ± 4.5	9.0*
Postéro-Médialeⁿ									
Dom	82.8 ± 9.3	79.3 ± 8.8	3.5*	84.4 ± 7.5	81.8 ± 8.8	2.6*	93.5 ± 5.1	93.1 ± 5.5	0.4
Non-Dom	84.6 ± 8.2	80.9 ± 9.3	3.7*	84.6 ± 7.9	82.2 ± 8.4	2.4*	94.2 ± 5.4	93.6 ± 5.4	0.6
Moyenne ^m	83.7 ± 8.7	80.1 ± 9.0	3.6*	84.5 ± 7.7	82.0 ± 8.6	2.5*	93.8 ± 5.2	93.3 ± 5.4	0.5
Postéro-Latéraleⁿ									
Dom	77.2 ± 10.2	70.8 ± 11.2	6.4*	76.6 ± 8.7	73.0 ± 10.2	3.6*	88.4 ± 5.7	83.9 ± 5.2	4.5*
Non-Dom	77.1 ± 9.0	71.8 ± 10.1	5.3*	77.4 ± 9.3	74.1 ± 9.7	3.3*	87.4 ± 6.3	83.8 ± 5.9	3.6*
Moyenne ^m	77.1 ± 9.6	71.3 ± 10.6	5.8*	77.0 ± 9.0	73.6 ± 10.0	3.4*	87.9 ± 6.0	83.8 ± 5.5	4.1*
Score Normalisé^s									
Moyenne ^m	80.5 ± 8.3	73.1 ± 8.9	7.4*	80.5 ± 7.0	74.7 ± 8.4	5.8*	89.4 ± 5.6	84.9 ± 5.1	4.5*

^m Moyenne des 2 jambes ; ^s Score Moyen des Normalisation ; ⁿ Normalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; Dom : Membre Inférieur Dominant ; Non-Dom : Membre Inférieur Non-Dominant ; *Différence Significative (p value < 0.01)

4.2.2.5 La normalisation par âge

La normalisation par groupe d'âge (tableau VII), rapporte que le groupe CDT présente des résultats supérieurs aux 2 autres groupes, dans l'ensemble des catégories d'âge (18-30, 31-45 et 46-60) et pour les deux membres évalués. Lorsque l'on compare l'ensemble des résultats du groupe CDT aux deux autres groupes, on observe des écarts importants allant de 7.2% à plus de 15%. D'ailleurs il est intéressant de préciser que l'écart augmente en fonction de l'âge des pratiquants (tableau VIII). Ainsi, on retrouve les écarts les plus importants lorsque l'on compare les CDT de 46 à 60ans aux S et CDMP du même âge. Il est à noter que l'ensemble de ces résultats présentent un p-value < 0.01 et sont donc très significatifs. Les écarts entre les S et les CDMP ne sont quant à eux pas significatif (p-value > 0.05) (annexes 5j, 5h et 5l).

Tableau VII: Score normalisé du SEBTm (en%) – Par catégorie Sédentaire, CDMP et CDT – Répartis par âge

Variables Normalisées en %	S ♂-♀			CDMP ♂-♀			CDT ♂-♀		
	18-30	31-45	46-60	18-30	31-45	46-60	18-30	31-45	46-60
	n=13	n=12	n=12	n=13	n=12	n=12	n=12	n=11	n=14
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Plan Stableⁿ									
Dom	83.9 ± 6.9	81.2 ± 5.5	75.2 ± 8.7	83.9 ± 4.9	79.7 ± 3.6	77.0 ± 5.4	92.6 ± 4.3	89.3 ± 2.3	87.5 ± 4.4
Non-Dom	83.4 ± 6.9	81.1 ± 5.8	77.9 ± 7.5	84.2 ± 5.5	80.5 ± 5.0	77.3 ± 5.7	92.6 ± 4.0	88.3 ± 3.9	87.1 ± 4.1
Moyenne ^m	83.6 ± 6.9	81.2 ± 5.6	76.5 ± 8.1	84.0 ± 5.2	80.1 ± 4.3	77.1 ± 5.5	92.6 ± 4.1	88.8 ± 3.1	87.3 ± 4.2
Plan Instableⁿ									
Dom	78.6 ± 5.0	70.1 ± 7.6	67.9 ± 8.4	78.7 ± 7.0	73.3 ± 6.1	70.0 ± 7.4	87.0 ± 4.2	84.7 ± 3.4	83.1 ± 3.6
Non-Dom	79.5 ± 5.4	71.4 ± 6.6	69.9 ± 7.5	79.8 ± 7.1	73.2 ± 6.2	72.0 ± 6.8	87.6 ± 3.1	84.3 ± 3.7	82.4 ± 4.6
Moyenne ^m	79.0 ± 5.2	70.7 ± 7.1	68.9 ± 7.9	79.2 ± 7.0	73.2 ± 6.1	71.0 ± 7.1	87.3 ± 3.6	84.5 ± 3.5	82.7 ± 4.1

^m Moyenne des 2 jambes ; ⁿ Normalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; Dom : Membre Inférieur Dominant ; Non-Dom : Membre Inférieur Non-Dominant ; *Différence Significative (p value < 0.01)

Tableau VIII: Ecart de normalisation entre les groupes de pratique – Répartis par âge

Écart Variables Normalisées en %	CDT - S ♂-♀			CDT - CDMP ♂-♀		
	18-30	31-45	46-60	18-30	31-45	46-60
	Mean Difference	Mean Difference	Mean Difference	Mean Difference	Mean Difference	Mean Difference
Plan Stableⁿ						
Dom	8.7*	8.1*	12.3*	8.7*	9.6*	10.5*
Non-Dom	9.2*	7.2*	9.2*	8.4*	7.8*	9.8*
Moyenne ^m	8.9*	7.6*	10.8*	8.6*	8.7*	10.2*
Plan Instableⁿ						
Dom	8.4*	14.6*	15.2*	8.3*	11.4*	13.1*
Non-Dom	8.1*	12.9*	12.5*	7.8*	11.1*	10.4*
Moyenne ^m	8.3*	13.8*	13.8*	8.1*	11.3*	11.7*

^m Moyenne des 2 jambes ; ⁿ Normalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; Dom : Membre Inférieur Dominant ; Non-Dom : Membre Inférieur Non-Dominant ; *Différence Significative (p value < 0.01)

4.2.2.6 La normalisation par sexe

A la lecture des tableaux IX et X, on s'aperçoit que les écarts de performance au sein de chaque groupe de pratique, sont relativement faibles (S < 2.1% ; CDMP < 4.3% ; CDT < 1.8%). En revanche, les écarts se creusent lorsque l'on compare les résultats obtenus par sexe et par groupe de pratique. En effet, que ce soient les femmes ou les hommes CDT, les écarts sont compris entre 7.6% et 11.8% (p-value < 0.01). Enfin, nous ne notons pas d'écart significatif entre les résultats normalisés Pied Dominant/Non Dominant pour les 2 sexes et pour l'ensemble des groupes de pratique (Tableau IX et annexes 5g, 5h et 5i).

Tableau IX: Score Normalisé pour les 3 populations – Répartis par sexe

Variables Normalisées en %	S		CDMP		CDT	
	♂ Mean ± SD	♀ Mean ± SD	♂ Mean ± SD	♀ Mean ± SD	♂ Mean ± SD	♀ Mean ± SD
Plan Stableⁿ						
Dom	79.9 ± 7.7	80.4 ± 8.3	81.6 ± 5.4	78.9 ± 5.2	90.2 ± 4.2	89.2 ± 4.6
Non-Dom	81.4 ± 7.4	80.5 ± 6.9	82.7 ± 5.9	78.6 ± 5.5	89.6 ± 5.4	88.3 ± 3.9
Moyenne ^m	80.6 ± 7.5	80.4 ± 7.6	82.1 ± 5.6	78.7 ± 5.3	89.9 ± 4.8	88.7 ± 4.2
Plan Instableⁿ						
Dom	73.8 ± 6.3	71.4 ± 9.5	76.6 ± 8.1	71.6 ± 6.2	85.8 ± 3.3	83.8 ± 4.5
Non-Dom	74.8 ± 6.0	73.1 ± 8.7	76.8 ± 7.1	73.3 ± 7.6	85.4 ± 4.4	83.9 ± 4.3
Moyenne ^m	74.3 ± 6.1	72.2 ± 9.1	76.7 ± 7.6	72.4 ± 6.9	85.6 ± 3.8	83.8 ± 4.4

^mMoyenne des 2 jambes ; ⁿNormalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; Dom : Membre Inférieur Dominant ; Non-Dom : Membre Inférieur Non-Dominant ; *Différence Significative (p value < 0.01)

Tableau X: Ecart entre les Scores Normalisés pour les 3 populations – Répartis par sexe

Variables Normalisées en %	♂-♀			♂			♀		
	S	CDMP	CDT	CDMP-S	CDT-S	CDT-CDMP	CDMP-S	CDT-S	CDT-CDMP
	Mean Diff.								
Plan Stableⁿ									
Moyenne ^m	0.2	3.4	1.2	1.5	9.3*	7.8*	-1.7	8.3*	10.0*
Plan Instableⁿ									
Moyenne ^m	2.1	4.3	1.8	2.4	11.3*	8.9*	0.2	11.6*	11.4*

^mMoyenne des 2 jambes ; ⁿNormalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; Dom : Membre Inférieur Dominant ; Non-Dom : Membre Inférieur Non-Dominant ; *Différence Significative (p value < 0.01)

4.2.3. Les données du WBLT « Lunge Test »

Le tableau XI présente les résultats obtenus sur le WBLT:

- Les CDT ont des résultats Pied Dominant et Non Dominant, supérieurs aux S et CDMP, avec en moyenne un écart de +2cm (p-value < 0.009) (annexe 5q).
- Les femmes obtiennent de meilleurs résultats sur chaque pied, quel que soit le groupe de pratique comparativement aux hommes (+ 0.9cm en moyenne ; p-value < 0.05).
- Les femmes CDT ont une plus grande flexion dorsale de cheville avec un score moyen de + 2.5cm (p-value < 0.007).

Tableau XI: Résultats du WBLT en cm pour les 3 populations – Répartis par sexe

Variables Au WBLT en cm	♂-♀			♂			♀		
	S	CDMP	CDT	S	CDMP	CDT	S	CDMP	CDT
	Mean ± SD								
Pied Dominant	11.0	10.9	13.1	9.8	11.6	12.9	11.8	10.2	13.1
Pied Non Dominant	11.6	10.9	13.2	10.8	11.3	13.0	12.1	10.5	13.2

5. DISCUSSION

Aucune étude antérieure, à notre connaissance n'a établi des recherches de corrélations entre la pratique du Trail et la proprioception de cheville. Les résultats de ce travail d'initiation à la recherche sont donc à prendre avec le plus de recul possible. Nous avons pour objectif d'identifier s'il existait un écart entre les QPC des Sédentaires (S), des Coureurs à Dominante Macadam/Piste (CDMP) et des Coureurs à Dominante Trail (CDT). Pour cela, trois hypothèses de recherche ont été formulées en début de travaux, mais seulement deux d'entre elles ont pu être vérifiées lors de la lecture des résultats.

5.1 Analyse des résultats

5.1.1. Les écarts constatés entre les trois populations

Au sein du groupe de Coureurs à Dominante Trail ($n = 37$), la performance normalisée (NSC), est, d'un point de vue clinique et statistique, significativement supérieure à celle des groupes Sédentaires et Coureurs à Dominante Macadam/Piste. L'écart constaté sur plan instable, entre les CDT et les CDMP est de 10.2% ($p\text{-value} < 1.15 \times 10^{-8}$) et celui entre les CDT et les S est de 11.7% ($p\text{-value} < 3.9 \times 10^{-11}$) (Tableau XII). Autrement dit, les CDT possèderaient des QPC supérieures à celles des deux autres populations. L'hypothèse n°1 est donc vérifiée. Les résultats des CDMP et des S sont quant à eux relativement proches, et ne permettent pas de justifier d'une quelconque supériorité des CDMP. Par conséquent, l'hypothèse 2 est rejetée.

Tableau XII: Score Normalisé obtenu au SEBTm pour les 3 populations, exprimé en % de Longueur de Jambe

Variables Normalisées en %	S	CDMP	CDT	CDMP-S	CDT-S	CDT-CDMP
	n = 37 Mean \pm SD	n = 37 Mean \pm SD	n = 37 Mean \pm SD	Mean Difference	Mean Difference	Mean Difference
Plan Stableⁿ						
Moyenne ^m	80.5 \pm 7.5	80.3 \pm 5.4	89.5 \pm 4.5	-0.2	9.0*	9.2*
Plan Instableⁿ						
Moyenne ^m	73.1 \pm 8.1	74.6 \pm 7.5	84.8 \pm 4.2	1.5	11.7*	10.2*

^m Moyenne des 2 jambes ; ⁿ Normalisation = (Score / Longueur de jambe) x 100 ; * Différence Significative ($p\text{ value} < 0.01$)

Selon Terrier et Forestier en 2015, dans ces conditions d'instabilité, la performance globale (ou NSC) des sujets sains est de 84.7% de la longueur du membre inférieur, avec un intervalle de confiance fixé à 95% (44). Si l'on compare avec nos résultats, seul le groupe des CDT (20♂ et 17♀) avec une NSC de 84.8%, est en cohérence avec cette étude (tableau

XII). Cependant, le groupe de sujets étudié dans leurs travaux se compose de 7 hommes et 4 femmes âgés de 19.4 ± 1.4 ans. L'analyse de nos sous-groupes d'âge, révèle que les 18-30 ans (7♂ et 5♀) obtiendraient une performance globale de 87.3% ; que les 31-45 ans (6♂ et 5♀) seraient à 84.5% et les 46-60 ans (7♂ et 5♀) à 82.7%. Autrement dit, les CDT âgés de 18 à 45 ans s'inscriraient dans la continuité des valeurs retrouvées dans leur étude.

De plus, ils considèrent que la performance au SEBTm d'un sujet sain, sur un support instable spécifique à la cheville, doit être au moins équivalente à 82.0% de la longueur du membre inférieur, pour éviter tout risque de lésion de la cheville (29). Si l'on se réfère à cette « norme », nous sommes en mesure d'affirmer que l'ensemble des sous-groupes d'âge composant la population des CDT, possèderaient les qualités requises afin d'éviter tout risque de lésion. En revanche, les résultats des Sédentaires et des CDMP sont bien inférieurs au dit seuil proposé par Terrier & Forestier. Même si l'on envisage de s'intéresser uniquement au sous-groupe 18-30 ans, les performances restent inférieures à 80.0%. Autrement dit, tous les sujets étudiés au sein des groupes S et CDMP placés dans des situations d'instabilité répétées comme le trail, encourraient un risque accru de lésion de la cheville.

Dans leur étude de 2003, Gribble et Hertel, ont proposé des tendances de normalisation du SEBT (plan stable) (45). L'échantillon composé de 30 sujets sains (12♂ et 18♀) âgés de 22.8 ± 2.6 ans, avait réalisé une performance globale normalisée (NSC) de 86.1%. En comparaison avec les résultats de nos S et CDMP âgés de 18 à 30 ans (83.6% et 84.0%), l'écart est considéré comme faible. Par conséquent, nos deux populations seraient en cohérence avec les tendances évoquées il y a seize ans, ce qui n'est pas le cas des deux autres sous-groupes (31-45 ans et 46-60 ans) avec des résultats supérieurs de plus de 3%.

Pour résumer, les CDT possèdent des qualités proprioceptives supérieures à celles des sujets sains, leur permettant de limiter les risques de lésion au niveau de la cheville. En revanche, selon le seuil proposé par Terrier et Forestier en 2015, les S et les CDMP augmenteraient leur risque de blessure s'ils choisissaient de courir sur des terrains instables, bien qu'ils se situent dans les tendances sur plan stable établis par Gribble et Hertel.

5.1.2. Les relations entre les résultats et la pratique du trail

En faisant le choix de ne pas évaluer les coureurs réalisant des exercices de proprioception en complément de leur pratique, nous cherchions à savoir, si l'unique pratique du trail permettrait d'améliorer les QPC. Les résultats évoqués dans le tableau XII, montrent que les CDT ont obtenu des scores beaucoup plus élevés que les deux autres groupes. Sachant que l'ACP, révèle des groupes homogènes sur les principales caractéristiques de comparaison et qu'elle indique « la modalité de pratique » comme la variable qui explique le mieux la différence de résultats sur le SEBTm, nous pourrions en déduire que la pratique du trail serait à l'origine des écarts constatés entre les 3 populations. D'ailleurs, Latour et al en 2010, ont montré qu'un « entraînement dans le sable de sujets sains a un effet positif sur la stabilité de leurs chevilles »(46). Selon eux, le fait de confronter la cheville à des déstabilisations importantes (terrain instable et souple), favoriseraient le renforcement des muscles stabilisateurs de la cheville et améliorerait le temps de réaction au sol. De plus, Bean and Al en 2017, précisent qu'en raison de l'exposition constante à des terrains imprévisibles et souples, les coureurs de Trail présentent une cinématique de course différentes par rapport à leurs homologues sur route (47). Avec des angulations articulaires variables et une distribution plus uniforme de la rigidité de l'articulation de la cheville, facilitée par une pré-activation accrue et une co-activation de la musculature environnante, ils anticipent et adaptent la pose de leur pied au terrain. Selon eux, la variabilité de course peut réduire le potentiel de RRI (running-related injuries), et il est donc supposé que les trailers possèdent des caractéristiques favorables à cet égard. Ainsi, pratiquer plusieurs fois par semaine de la course à pied en milieu naturel, provoqueraient des modifications physiologiques améliorant le contrôle postural et l'équilibre dynamique. L'hypothèse 3 en serait donc vérifiée.

5.1.3. Les résultats et l'influence du pied dominant

La figure 8 montre l'influence de la dominance sur les performances au SEBTm sur plan stable et instable. Les CDT ont obtenu de meilleurs résultats avec leur pied dominant alors que les deux autres groupes ont excellé avec leur pied non dominant. Même si les écarts constatés entre les deux pieds sont relativement faibles et qu'ils ne sont pas statistiquement significatifs, ils soulèvent quelques interrogations.

On parle de dominance lorsqu'un individu sortant de son polygone de sustentation (chute, déséquilibre,...), utilise majoritairement le même appui pour se rééquilibrer. Le pied utilisé est alors considéré comme « Dominant ». En sport, c'est celui sur lequel on s'appuie pour sauter ou pour se réceptionner d'un saut. Guillodo and al en 2005, parleront dans ce cas de «pied d'appel» pour les impulsions préféré au «pied dominant» réservé selon eux à l'exécution des gestes techniques (48).

Lorsque l'on analyse la technique de course des trailers, on remarque qu'ils utilisent leur membre dominant de façon préférentiel pour attaquer les obstacles, accentuer le mouvement freinateur en descente ou tout simplement pour marquer un virage ou un temps d'arrêt. En sollicitant d'avantage leur membre dominant dans un grand nombre de phase de course, l'activité neuro-musculaire, la souplesse et sans doute l'activité proprioceptive seraient améliorées de façon plus importante. De plus, Lammari and al en 2009, dans leur étude sur les différences asymétriques des membres inférieurs des sportifs de haut niveau algériens, ont montré que les coureurs de fond, ne présentaient pas de différences significatives entre membre dominant et non dominant (49). En revanche, ils retrouvaient des différences importantes sur des populations de sauteurs, de footballeurs ou encore de volleyeurs. Ils expliquent ces résultats par la sur-sollicitation du membre inférieur dominant lors de l'activité. Le Trail Running n'est pas envisagé dans cette étude. Néanmoins nous pourrions aisément le caractériser par une alternance de course, sauts, reprises d'appui et changements de direction. Autrement dit, pratiquer le trail, reviendrait à utiliser une multitude de caractéristiques présentes dans les sports étudiés par Lammari and al. Ainsi, nous pourrions en conclure que les trailers, sollicitant davantage leur membre dominant, obtiendraient logiquement de meilleurs résultats au SEBTm avec ce même membre.

5.1.4. Les relations entre les résultats et le sexe

Les tableaux IX et X montre l'influence du sexe des sujets sur les performances posturales sur plan stable et instable. Dans chacun des groupes de pratique, les scores normalisés sont sensiblement les mêmes entre les hommes et les femmes. Le sexe des sujets n'influerait donc pas sur la performance réalisée au SEBTm. Selon Gribble et Hertel, il n'existe aucune différence significative entre les hommes et les femmes lorsque les valeurs relevées au SEBTm sont normalisées à la longueur de la jambe (45). Nos résultats sont donc en cohérence avec la littérature.

5.1.5. Les effets de l'âge sur les résultats

Les NSC des 18-30 ans sont en corrélation avec les tendances proposées par Gribble et Hertel, avec des valeurs comprises entre 83.6% et 92.6% (Tableau VII et VIII) (45). En revanche, il existe une relation linéaire négative entre le SEBT_m et l'âge pour chacune des 3 populations (annexes 5r, 5s, 5t, 5u et 5v). En effet, les performances diminuent d'une catégorie à l'autre (de -3% pour les 31-45 ans à -7.1% pour les 46-60ans). D'ailleurs Bouillon et Backer, concluent en ce sens en 2011, dans leurs travaux sur une population de femmes âgées de 23 à 54 ans (50). Selon eux, il existerait un écart de 7.0% entre la NSC des femmes âgées de 23 à 39 ans et celle des femmes de 40 à 54 ans. Cette régression serait due à la sénescence sensorielle et à une diminution de la force musculaire et de l'amplitude articulaire. Les effets du vieillissement joueraient donc un rôle important sur les qualités d'équilibration dynamique.

Avec une diminution de 7.1% pour les S et de 6.9% pour les CDMP, mesurée entre les 18-30 et les 46-60 ans, et partant du postulat que le sexe du sujet n'influence pas les performances du SEBT (Gribble et Hertel), nous pensons que les NSC de nos sous-groupes mixtes, sont en cohérence avec la littérature. En outre, lorsque l'on évalue ces mêmes sujets sur plan instable, les écarts de régression augmentent. Ils passent de 7.1% à 10.1% pour les S et de 6.9% à 8.2% pour les CDMP. Non seulement les performances au SEBT diminuent avec l'âge, mais elles chutent considérablement lorsque l'on ajoute des déstabilisations de l'arrière pied. Avec l'âge, les capacités proprioceptives diminuent et altèrent les mécanismes d'équilibration. Ce mécanisme physiologique s'accentuerait donc lorsque les sujets sont confrontés à des irrégularités de terrain. Ainsi, pour éviter les risques de lésions, les S et les CDMP âgés de plus de 30 ans, devraient entretenir ou renforcer davantage les muscles stabilisateurs de cheville. Comme l'explique Cattagni en 2015, la diminution de la force des muscles posturaux et stabilisateurs, notamment au niveau des chevilles représente environ 9% par décade (31). Sans renforcement régulier, ils ne permettraient plus d'assurer leurs rôles dans la gestion du contrôle moteur.

En comparaison cette régression linéaire apparaît avec beaucoup moins d'importance chez les CDT. Avec un écart constaté de 5.3% entre les 18-30 ans et les 46-60 ans, les CDT se situent en deçà des valeurs proposées par Bouillon et Baker (50). De plus, les performances atteintes par les 46-60 ans sur PS sont supérieures aux tendances de Gribble

et Hertel (87.3% vs 86.1%), alors que ces dernières ont été réalisées par des sujets âgés de 22.8 ans (45). Sur PIS, les NSC restent également au-dessus des valeurs proposées par Terrier et Col (82.7% vs 82%) (44). Par ailleurs, les NSC obtenues par ce même sous-groupe sont en moyenne supérieures, de 3.3% sur PS et de 3.5% sur PIS, aux performances réalisées par les 18-30 ans S et CDMP. Cela sous-entend, que l'âge impacterait moins les performances du SEBTm lorsque les sujets pratiquent le trail de façon régulière. Ou encore que pratiquer de la course nature aurait des effets bénéfiques sur les effets du vieillissement et notamment sur la diminution des QPC. Ribeiro et Olivera en 2007, précisent d'ailleurs que l'activité physique régulière aurait des effets importants sur la proprioception et sur les facteurs d'affaiblissement de l'équilibre postural (51).

5.1.6. Les écarts constatés entre le plan stable et instable

Les CDT sont fréquemment confrontés à l'instabilité du terrain sur lequel ils évoluent durant leurs entraînements ou leurs courses. Ce qui n'est pas le cas des S et des CDMP. Cette alternance entre les revêtements stabilisés des rues et les chemins irréguliers des forêts, favorisent l'adaptation de la cheville en augmentant ses qualités proprioceptives. Ce phénomène adaptatif est quasiment absent chez les S et les CDMP dans la mesure où ils courent/marchent uniquement sur des sols plats sans différence de relief. Cette capacité d'adaptation à l'instabilité se retrouve dans les performances globales réalisées sur PS et PIS. Avec des écarts inférieurs à 4.5% entre les 2 plans, les CDT se démarquent des 2 autres populations (5.8 pour les CDMP et 7.4% pour les S). D'après les travaux de Cattagni, on sait que l'activité physique joue un rôle important dans le maintien des capacités d'équilibration, ce qui permet sans doute au CDMP de se démarquer des S avec un écart plus faible. Toutefois, comme l'ont précisé Bean et Al en 2017, Latour et Al en 2010 ou encore Terrier et Forestier en 2015, l'entraînement proprioceptif régulier par déstabilisation de l'arrière pied et par sollicitation des muscles stabilisateurs de la cheville, permettrait une meilleure adaptabilité de l'appui au sol (44,46,47). Ceci devrait dès lors éviter les lésions au niveau du LLE. Les écarts mesurés pour les CDT sur PS et PIS vont dans le sens de ces recommandations.

5.1.7. Les performances du WBLT

D'après les travaux de Terada et al., (2014), et plus récemment ceux de Kang et Al. en 2015, il existerait une corrélation entre l'amplitude de flexion dorsale et les scores réalisés au niveau de la branche ANT du SEBTm (52,53). Ces derniers évoquent même le « Weight Bearing DorsiFlexion » (WBDF) comme étant un facteur limitant des performances sur la branche antérieure. Cette corrélation se retrouve à la lecture de nos résultats. En effet, avec une distance moyenne de 13.04 ± 2.84 cm, les CDT ont obtenu sur PS des NSC de $86.6 \pm 5.6\%$; performances bien plus importantes que celle des CDMP (10.89 ± 3.32 cm pour $80.1 \pm 4.2\%$) et des S (11.3 ± 3.00 cm pour $80.8 \pm 6.5\%$). Les CDT ont donc atteint une distance plus éloignée sur la Branche Antérieure sur PS que les 2 autres populations, grâce notamment à une plus grande flexion dorsale. Lorsque l'on passe sur PIS, les écarts mesurés entre les CDT, S et CDMP augmentent au-delà de 10% (de 6.4% à 11% pour les S et de 7.2% à 10.5% pour les CDMP), ce qui précise qu'un déficit de flexion dorsale impacte davantage la performance de la branche antérieure lorsque le plan est instable.

Avec des distances plus importantes sur le WBLT, les CDT se démarquent des autres populations. Toutefois, notre étude ne permet pas d'apporter suffisamment d'explications quant à cette différence. Nous émettrons l'hypothèse que la confrontation régulière à des forts dénivelés solliciterait davantage la cheville dans des mouvements de flexion/extension, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter l'amplitude articulaire et de fait la souplesse du triceps sural.

5.2 Biais et limites

5.2.1. Indicateurs de suivis

Dans l'ensemble de la littérature, le SEBTm est utilisé pour évaluer principalement l'équilibre, la force, la coordination et la proprioception du membre inférieur et non spécifiquement la cheville (54). Seuls quelques articles précisent que le SEBTm peut être utilisé pour la cheville, mais uniquement dans le cadre des Instabilités Chroniques de Cheville (ICC) (55), ce qui n'est pas l'objet de notre étude. Seuls les travaux de Terrier et Forestier en 2015 (29), ont tenté de rendre l'utilisation du SEBTm plus sensible et plus spécifique à la cheville en ajoutant la botte Myolux™Medik au pied portant du sujet. Selon eux, la déstabilisation physiologique de l'arrière pied en inversion générée par le dispositif, permettrait de cibler davantage la cheville. Toutefois la faible taille de leur échantillon (10

patients sains et 10 présentant une ICC), la non randomisation de celui-ci et les conflits d'intérêt reconnus par les auteurs, constituent des éléments discutables de fiabilité. Utiliser le SEBT^m associé à la botte MyoluxTM Medik comme outil principal de notre étude pourrait ainsi constituer un biais dans l'évaluation spécifique de la cheville.

5.2.2. Biais liés aux matériels

Notre protocole a nécessité la création d'un support de 200cm x 60cm sur lequel fût imprimé les 3 branches du SEBT^m, ainsi qu'une règle de mesure graduée tous les centimètres. Cette bâche souple avait pour but de réduire les délais de mise en œuvre et de limiter les biais inter-réalisation. A l'utilisation, nous nous sommes aperçu qu'il était impossible de respecter le protocole décrit par Plisky et al en 2009 (mesures en millimètre) (56). Ce manque de précision peut dès lors constituer un biais. D'autant que dans leurs travaux, Shaffer et al., (2013) et Plisky et al., (2009), montrent qu'il existe une erreur standard de mesure (SEM) en fonction des 3 branches : ANT = 2,0 cm ; PM = 2,6 cm ; PL = 3,1 cm (56,57). Nous pensons donc, que le support créé serait adapté à la prise en charge libérale, mais qu'il devrait faire l'objet d'amélioration pour être utilisé dans le cadre d'études expérimentales et permettre la comparaison avec des études plus précises.

L'utilisation de la botte Myolux MédicTM, a également présenté certaines limites. La sangle de serrage supérieure a dans certains cas, limité la flexion dorsale de cheville sur la branche antérieure. De plus, les participants ayant une pointure inférieure au 36, ont rapporté à l'évaluateur, un problème concernant le maintien du talon au fond de la botte. Enfin, son utilisation a rendu plus difficile le positionnement du pied au centre de l'étoile. En effet, les repères tracés sur les pieds des participants, n'étaient plus visibles lors du chaussage de la botte. Pour pallier à ce problème et ainsi limiter un maximum les biais, nous avons utilisé le bord antérieur de la semelle de la botte comme axe frontal et conserver le 2^{ème} rayon comme axe sagittal.

5.2.3. Biais de méthode

Le « Star Excursion Balance Test » (SEBT) est largement utilisé dans la littérature scientifique pour évaluer l'équilibre dynamique fonctionnel de façon fiable et reproductible (55). Depuis la version de Kinzey et Armstrong en 1998, où il présentait 8 directions, à la version « instable » proposée par Terrier et Forestier en 2015, en passant par la version

commerciale à 3 branches développée par Plisky et Al en 2006, ce test a subi quelques transformations afin d'éviter tout caractère redondant et surtout afin de faciliter sa mise en œuvre (Rapidité et efficacité) ((29,54,58,59). Cette évolution s'est accompagnée de modifications de critères de réalisation, et notamment dans le positionnement du pied portant. Dans une volonté de standardisation, Bruyneel en 2013, a relevé 2 positions différentes entre le SEBT et le SEBTm (ou Y-Balance Test™). Ainsi le premier se réalise avec le centre du pied placé au centre de l'étoile, alors que le second s'effectue avec la pointe de l'hallux sur le 0 de l'étoile. Cette seconde position est confirmée en 2018 par Picot et Al. comme étant la plus représentative des études portant sur l'utilisation du SEBT à 3 branches (37). La difficulté de notre étude était alors de choisir entre les recommandations faites pour le SEBTm sur plan stable et l'article de Terrier et Forestier, qui préconisait de placer le pied chaussé de la botte Myolux™Medik au centre de l'étoile. Dans un objectif de comparaison PS et PIS, et dans le but d'utiliser l'étude de Terrier et Forestier comme support, nous avons décidé de placer le centre du pied au centre de l'étoile. Ce choix méthodologique constitue néanmoins une limite importante dans la mesure où il apparaît difficile de nous rapprocher de la majorité des études portant sur le SEBTm.

5.2.4. Biais de mesure

Le protocole du SEBTm décrit par Gribble and al en 2003 (43), propose de mesurer la longueur des membres inférieurs en prenant comme référence l'EIAS et la pointe inférieure de la malléole médiale (ICC 0.88). Selon nous cette technique peut comporter un biais « morphologique » lorsque les patients présentent des morphotypes et un développement musculaire différents. Lors des mesures, nous avons constaté que les Coureurs à Dominante Trail présentaient des quadriceps et des triceps suraux plus volumineux que les coureurs à Dominante Macadam/Piste et que la plupart des Sédentaires. Toutefois, lors de la prise de mesure, le mètre ruban épouse les masses musculaires des membres inférieurs. Il est donc envisageable que les mesures des CDT soient supérieures à celle des deux autres populations. Par conséquent, avec une longueur de jambes plus importantes, il est probable que le calcul de la NSC du SEBTm manque de fiabilité. En effet, plus la longueur de jambe est grande, plus la valeur normalisée est petite. Afin de limiter ce possible écart de mesure, nous aurions pu utiliser un mètre laser et ainsi supprimer l'incidence des masses musculaires.

6. OUVERTURE FONCTIONNELLE

La pratique du trail et le traileur intéressent de plus en plus la communauté de chercheurs. Toutefois, elle se limite souvent aux pathologies du train porteur (genou ++) survenant sur les épreuves d'ultra-trail. Aucune étude recensée à ce jour, ne parle de l'importance de la proprioception de la cheville dans la pratique du trail et encore moins de l'utilisation du trail comme outil de prévention et/ou de rééducation. Nous avons eu la volonté de vérifier scientifiquement une intuition en choisissant d'étudier ce paramètre. En effet, pour beaucoup, il apparaissait évident de prime à bord que les trailers présentaient des QPC supérieures aux autres types de coureurs. Il nous semblait néanmoins indispensable de les évaluer pour comprendre et percevoir l'écart qu'il pouvait y avoir entre ces différentes populations. En utilisant le SEBTm sur plan stable et instable, avec un échantillon de 111 sujets (37 dans chaque groupe) nous avons pu identifier des écarts significatifs (p -value < 0.01). En effet, les résultats des CDT sur le SEBTm était en moyenne supérieurs de 10% comparativement aux CDMP et S. De plus, il apparaît que le Trail en serait à l'origine. Cette activité très sollicitante pour l'articulation de la cheville, influencerait sur le développement des QPC, permettant ainsi au CDT d'obtenir des résultats aussi supérieurs. D'ailleurs, elle permettrait même de lutter contre les effets du vieillissement sur ces mêmes qualités.

En ce sens, le protocole et le matériel utilisé dans notre étude, apparaissent comme un outil intéressant dans le Bilan Diagnostic Kiné, afin d'identifier les lacunes proprioceptives dynamiques et envisager des axes de progression. Pour favoriser son utilisation et l'exploitation des résultats, nous avons élaboré un algorithme permettant de vérifier statistiquement, si le sujet évalué possède les qualités requises à la pratique du Trail (annexe 6). Cette activité de pleine nature, implique de posséder des capacités d'équilibration et d'anticipation suffisamment importantes pour éviter les lésions du train porteur. Selon les résultats de cette étude, les CDT semblent posséder ces qualités. Aussi, il apparaît important de préparer les « néo-trailers » à ce changement de pratique. En ce sens, nous pourrions établir un protocole de prévention, de transition ou encore de réhabilitation après entorse, en utilisant le trail comme outil et comme moyen.

7. CONCLUSION

Les masseurs-kinésithérapeutes (MK) ont un rôle essentiel à jouer dans la prévention des entorses de la cheville sur la population de coureurs. Qu'ils soient aguerris ou débutants, ces derniers doivent posséder de QPC suffisantes pour appréhender tous types de terrains. Notre étude montre pourtant que les sédentaires et les coureurs à dominante macadam/pistes, ne possèdent pas les qualités proprioceptives requises à la pratique du Trail-Running, sans risque de blessure. De plus, la pratique du trail, aurait tendance à améliorer les qualités anticipatrices et réactionnelles des chevilles des coureurs, ce qui leur permettrait d'obtenir de meilleurs résultats sur le SEBTm.

Cela nous amène à conclure que le MK, devrait évaluer ses patients afin d'identifier s'ils peuvent s'engager dans la pratique sans risque. D'autre part et en complément de ce diagnostic initial, il pourrait établir des programmes de « prévention des blessures » ou de « retour après entorse » en utilisant le trail comme outil et comme moyen de rééducation. Cette association (évaluation + programme) permettrait à tous les athlètes de préférer les bois au bitume des centres ville.

Et, à tout avouer, nous souhaitons donner corps à une intime conviction, en justifiant grâce à notre étude, l'appel « au naturisme » lancé à la fin du XIXème siècle par Georges Hebert (60). Cette thérapeutique médicale reposant sur l'usage des éléments naturels comme outils de développement et d'entretien de la motricité humaine, ou comment utiliser la nature pour améliorer sa santé.

DECLARATION D'INTERETS

Nous ne déclarons aucun conflit d'intérêt avec la société qui a développé le concept Myolux™ Medik, ou le SEBTm (Y-BALANCE Test®). Nous certifions qu'aucun autre conflit d'intérêt n'a pu influencer la conduite de l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

1. Giraudoux J. Le Sport - Notes et Maximes. Paris: Hachette; 1928.
2. The European Commission, Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture and co-ordinated by the Directorate-General for Communication. Eurobaromètre 472 - Sport et Activité Physique. 2018 mars. Report No.: 472.
3. Forestier N, Toschi RTPBP. La cheville : de la prévention des entorses externes à l'optimisation de la performance sportive. Unpublished [Internet]. 2011 [cité 13 janv 2019]; Disponible sur: <http://rgdoi.net/10.13140/2.1.1198.1449>
4. Giandolini M. Gestion de l'impact et de la fatigue neuromusculaire en trail running. :396.
5. Cavanagh PR, Lafortune MA. Ground reaction forces in distance running. *Journal of Biomechanics*. janv 1980;13(5):397-406.
6. Hasegawa H, Yamauchi T, Kraemer WJ. Foot Strike Patterns of Runners at the 15-km Point During an Elite-Level Half Marathon. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007; 21(3):888.
7. Larson P, Higgins E, Kaminski J, Decker T, Preble J, Lyons D, et al. Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *Journal of Sports Sciences*. déc 2011; 29(15):1665-73.
8. Dugan SA, Bhat KP. Biomechanics and Analysis of Running Gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*. août 2005; 16(3):603-21.
9. Nicola TL, Jewison DJ. The Anatomy and Biomechanics of Running. *Clinics in Sports Medicine*. avr 2012; 31(2):187-201.
10. Kasmer ME, Wren JJ, Hoffman MD. Foot Strike Pattern and Gait Changes During a 161-km Ultramarathon: *Journal of Strength and Conditioning Research*. mai 2014; 28(5):1343-50.
11. Gilman S. Joint position sense and vibration sense: anatomical organisation and assessment. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1 nov 2002; 73(5):473-7.
12. Gasq D, Montoya R, Dupui P. Bases théoriques de l'évaluation du système proprioceptif. In: Julia M et coll (éds) *La proprioception*. Montpellier: Sauramps Médical; 2012. p. 9-18. (Sauramps Médical).
13. Wang H, Ji Z, Jiang G, Liu W, Jiao X. Correlation among proprioception, muscle strength, and balance. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28(12):3468-72.

14. Schmidt R.A. Apprentissage moteur et performance. Paris: Vigot; 1993. p. 103. (Sport + Enseignement).
15. Le Cavorzin P. Neurophysiologie de la fonction proprioceptive et récupération postlésionnelle. *Kinésithérapie, la Revue*. août 2012; 12(128-129):7-14.
16. Tourné Y, Mabit C. La cheville instable: de l'entorse récente à l'instabilité chronique [Internet]. 2015 [cité 14 févr 2019]. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9782294714566>
17. Cruz-Diaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez M, Contreras F, Martínez-Amat A. Effects of 6 Weeks of Balance Training on Chronic Ankle Instability in Athletes: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Sports Medicine*. 13 mai 2015; 36(09):754-60.
18. Steib S, Zahn P, zu Eulenburg C, Pfeifer K, Zech A. Time-dependent postural control adaptations following a neuromuscular warm-up in female handball players: a randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* [Internet]. déc 2016 [cité 14 févr 2019]; 8(1). Disponible sur: <http://bmcsportsscimedrehabil.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13102-016-0058-5>
19. Service Evaluation des Dispositifs. :127.
20. Garrick JG. The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains*. *The American Journal of Sports Medicine*. nov 1977; 5(6):241-2.
21. Van Mechelen W. Running Injuries: A Review of the Epidemiological Literature. *Sports Medicine*. nov 1992; 14(5):320-35.
22. Van Gent RN, Siem D, Van Middelkoop M, Van Os AG, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW, et al. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review * Commentary. *British Journal of Sports Medicine*. 8 mars 2007; 41(8):469-80.
23. Francis P, Whatman C, Sheerin K, Hume P, Johnson MI. The Proportion of Lower Limb Running Injuries by Gender, Anatomical Location and Specific Pathology: A Systematic Review. :11.
24. Forestier N, Toschi P. The Effects of an Ankle Destabilization Device on Muscular Activity while Walking. *International Journal of Sports Medicine*. juill 2005; 26(6):464-70.
25. ANAES, Service Recommandations et Références Professionnelles. Rééducation de l'entorse externe de cheville. HAS; 2000.

26. Roebroek ME, Dekker J, Oostendorp RA, Bosveld W. Physiotherapy for Patients with Lateral Ankle Sprains. *Physiotherapy*. sept 1998; 84(9):421-32.
27. Bruyneel A-V. Réflexion sur les tests d'évaluation clinique de la proprioception à partir d'une revue de la littérature. *Kinésithérapie, la Revue*. nov 2013;13(143):36-44.
28. Laurent A. Intérêt de la proprioception dans la rééducation de la cheville du sportif. :118.
29. Terrier R, Forestier N. Quels tests en pratique clinique quotidienne pour diagnostiquer les déficits fonctionnels associés à l'instabilité chronique de cheville ? Intérêts du dispositif Myolux™. 2015; 6.
30. Andrieux C. Contribution à l'étude des différences entre hommes et femmes dans la perception spatiale. *L'année psychologique*. 1955; 55(1):41-60.
31. Cattagni T, Scaglioni G, Cornu C, Berrut G, Martin A. What are the effects of the aging of the neuromuscular system on postural stability? *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillessement*. déc 2015; (4):363–380.
32. Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The Evolving Definition of « Sedentary »: Exercise and Sport Sciences Reviews. oct 2008; 36(4):173-8.
33. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley C, Caulfield B, Docherty C, Fourchet F, et al. Selection Criteria for Patients With Chronic Ankle Instability in Controlled Research: A Position Statement of the International Ankle Consortium. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. août 2013; 43(8):585-91.
34. Mouchnino L, Blouin J. When Standing on a Moving Support, Cutaneous Inputs Provide Sufficient Information to Plan the Anticipatory Postural Adjustments for Gait Initiation. Chacron MJ, éditeur. *PLoS ONE*. 4 févr 2013; 8(2):e55081.
35. Bennell K, Talbot R, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly D, Hall A. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1998; 44(3):175-80.
36. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. mai 2012; 47(3):339-57.
37. Picot B, Terrier R, Forestier N. Le Star Excursion Balance Test: Mise à jour et recommandations sur son utilisation en pratique The Star Excursion Balance Test: Up-date, recommendations and practical guidelines. *Mains Libres*; 2018.

38. Bruyneel A-V, GARD S. Évaluation de la stabilité dynamique : Y balance test. *Kinésithérapie, la Revue*. oct 2018; 18(202):19-20.
39. Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM, Sci M. A Comparison Between Performance on Selected Directions of the Star Excursion Balance Test and the Y Balance Test. *Journal of Athletic Training*. juill 2012; 47(4):366-71.
40. Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability. :6.
41. Gribble PA, Kelly SE, Refshauge KM, Hiller CE. Interrater Reliability of the Star Excursion Balance Test. *Journal of Athletic Training*. oct 2013; 48(5):621-6.
42. Terrier R, Toschi P, Forestier N. Prise en charge des entorses externes de cheville : étude clinique préliminaire sur l'efficacité du dispositif Myolux™. *Journal de Traumatologie du Sport*. juin 2012; 29(2):71-4.
43. Robinson RH, Gribble PA. Support for a Reduction in the Number of Trials Needed for the Star Excursion Balance Test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. févr 2008; 89(2):364-70.
44. Forestier N, Terrier R. Instabilité chronique de cheville et équilibre dynamique : la déstabilisation d'arrière pied, un révélateur de déficits fonctionnels. :4.
45. Gribble PA, Hertel J. Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. juin 2003; 7(2):89-100.
46. Latour MB, Mangione C, Feldheim É. Apport d'un entraînement spécifique dans le sable sur la stabilité de la cheville. *Kinésithérapie, la Revue*. déc 2010; 10(108):41-7.
47. Bean RCR, Schwartz G, Albertus Y, Tam N. Risk of injury in trail running: a preliminary study. 2017;35:4.
48. Guillodo Y, Sébert P, Barthélémy L. Latéralité podale et détente verticale chez le footballeur de haut niveau. *Science & Sports*. oct 1992; 7(2):123-4.
49. Lamari F, Mimouni N, Hannoun D. Etude des asymétries du membre inférieur à partir de mesures anthropométriques et du test sur ergo-jump chez des sportifs algériens de haut niveau. *Revue Institut des Sciences et Techniques Des Activités Physiques et Sportives (RISTAPS)*. déc 2009; N° 06.

50. Bouillon LE, Baker JL. Dynamic Balance Differences as Measured by the Star Excursion Balance Test Between Adult-aged and Middle-aged Women. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. sept 2011; 3(5):466-9.
51. Ribeiro F, Oliveira J. Aging effects on joint proprioception: the role of physical activity in proprioception preservation. *European Review of Aging and Physical Activity*. 11 sept 2007; 4(2):71-6.
52. Terada M, Harkey MS, Wells AM, Pietrosimone BG, Gribble PA. The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability. *Gait & Posture*. mai 2014; 40(1):193-7.
53. Kang M-H, Lee D-K, Park K-H, Oh J-S. Association of Ankle Kinematics and Performance on the Y-Balance Test with Inclinometer Measurements on the Weight-Bearing-Lunge Test. *Journal of Sport Rehabilitation*. févr 2015; 24(1):62-7.
54. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *RESEARCH REPORT*. 2006; 36(12):9.
55. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training*. mai 2012; 47(3):339-57.
56. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The reliability of an instrumented device for measuring components of the Star Excursion Balance Test. 2009; 9.
57. Shaffer SW, Teyhen DS, Lorensen CL, Warren RL, Koreerat CM, Straseske CA, et al. Y-Balance Test: A Reliability Study Involving Multiple Raters. *Military Medicine*. nov 2013; 178(11):1264-70.
58. Kinzey SJ, Armstrong CW. The Reliability of the Star-Excursion Test in Assessing Dynamic Balance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. mai 1998; 27(5):356-60.
59. Hertel J, Braham RA, Hale SA, Olmsted-Kramer LC. Simplifying the Star Excursion Balance Test: Analyses of Subjects With and Without Chronic Ankle Instability. *RESEARCH REPORT*. 2006; 36(3):8.
60. Villaret S, Delaplace J-M. La Méthode Naturelle de Georges Hébert ou « l'école naturiste » en éducation physique (1900-1939). *Staps*. 2004; 63(1):29.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Lettre d'information destinée aux futurs sujets de l'échantillon

ANNEXE 2 : Formulaire de consentement éclairé

ANNEXE 3 : Questionnaire de renseignements sur EXCEL®

ANNEXE 4 : Tableau simplifié de recueil des résultats sur EXCEL®

ANNEXE 5 : Représentations graphiques de l'analyse statistique réalisée par AIRE®

ANNEXE 6 : Algorithme proposé pour identifier le type de patient évalué

ANNEXE 7 : Les différents tests proprioceptifs proposés par Laurent en 2017

ANNEXE 1 : Lettre d'information destinée aux futurs sujets de l'échantillon

Lettre d'information destinée aux patients volontaires et participants à un projet d'initiation à la recherche en masso-kinésithérapie dans le cadre du mémoire de fin d'études.

Madame, Monsieur,

Je m'appelle Julien DROUOT. Je suis étudiant en 4ème année à Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy. Dans le cadre de l'obtention du diplôme d'Etat de Masso-Kinésithérapie, je souhaite réaliser une étude et je vous propose d'y participer. Cette lettre d'information a pour but de vous expliquer en quoi elle consiste.

Veuillez prendre du temps pour lire et comprendre ces informations, pour réfléchir à votre possible participation à cette étude et pour vous poser toutes les questions nécessaires en rapport avec cette dernière.

L'étude consiste à savoir s'il existe un lien entre la pratique de la course à pied ou du trail et la distance mesurée au test de l'étoile (le SEB-TEST). Son but est donc de déterminer s'il existe une différence entre les qualités proprioceptives de la cheville des sédentaires, des coureurs à dominante « Macadam » et les coureurs à dominante « Trail ». En d'autres termes, ce protocole permet d'évaluer les qualités proprioceptives des chevilles sur plan stable et instable à des fins thérapeutiques (préventif et curatif).

Cette étude s'effectue sur un seul rendez-vous. Vous devez répondre à un questionnaire. Suite à ce questionnaire, quelques mesures seront prises pendant le test de l'étoile et des consignes précises vous seront apportées au cours de celui-ci. Votre participation à cette étude prendra au maximum 30 minutes. L'étude ne présente pour vous, aucun danger physique et un masseur-kinésithérapeute et/ou un autre évaluateur pourra être présent en plus de moi-même pendant celle-ci.

Toute information recueillie vous concernant pendant cette étude, sera et restera confidentielle. Votre anonymat sera préservé. Vous êtes libre d'accepter ou de refuser de participer à cette étude. Vous pouvez également décider tout au long de l'étude, d'arrêter ce test sans avoir à vous justifier. Si vous souhaitez participer à l'étude, je vous invite à signer le formulaire de consentement ci joint.

Merci.

ANNEXE 2 : Formulaire de consentement éclairé

Formulaire de consentement éclairé pour la participation à l'étude :

Je soussigné(e) M, Mme (Nom et prénom).

Accepte de participer librement et volontairement à une étude effectuée dans le cadre de la réalisation du mémoire de fin d'étude de Julien DROUOT, étudiant en dernière année de Masso-Kinésithérapie à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy.

J'ai pu recevoir oralement et par écrit toutes les informations nécessaires pour comprendre l'intérêt de cette étude ; ses contraintes, ses risques éventuels, ainsi que ce qu'il me sera demandé de faire dans le cadre de ma participation.

J'ai pu poser les questions que je souhaitais à propos de cette étude et de ses implications sur ma prise en charge et obtenu des réponses.

Je sais que je peux retirer à tout moment mon consentement à ma participation à cette recherche et cela quelles que soient mes raisons sans en supporter aucune responsabilité.

Je sais que les données me concernant à l'occasion de cette étude pourraient faire l'objet d'un traitement automatisé par l'organisateur de la recherche voire d'une publication tout en préservant mon anonymat.

A l'issue de la recherche, je pourrais être informé de ses résultats globaux sur simple demande auprès du l'étudiant kinésithérapeute.

J'accepte d'être pris en photo durant l'étude afin d'illustrer la production écrite, en sachant que les photos seront consultables, floutées et rendues anonymes et que je peux changer d'avis avant, pendant ou après l'étude.

Je n'accepte pas d'être pris en photo durant l'étude.

Fait à

Le

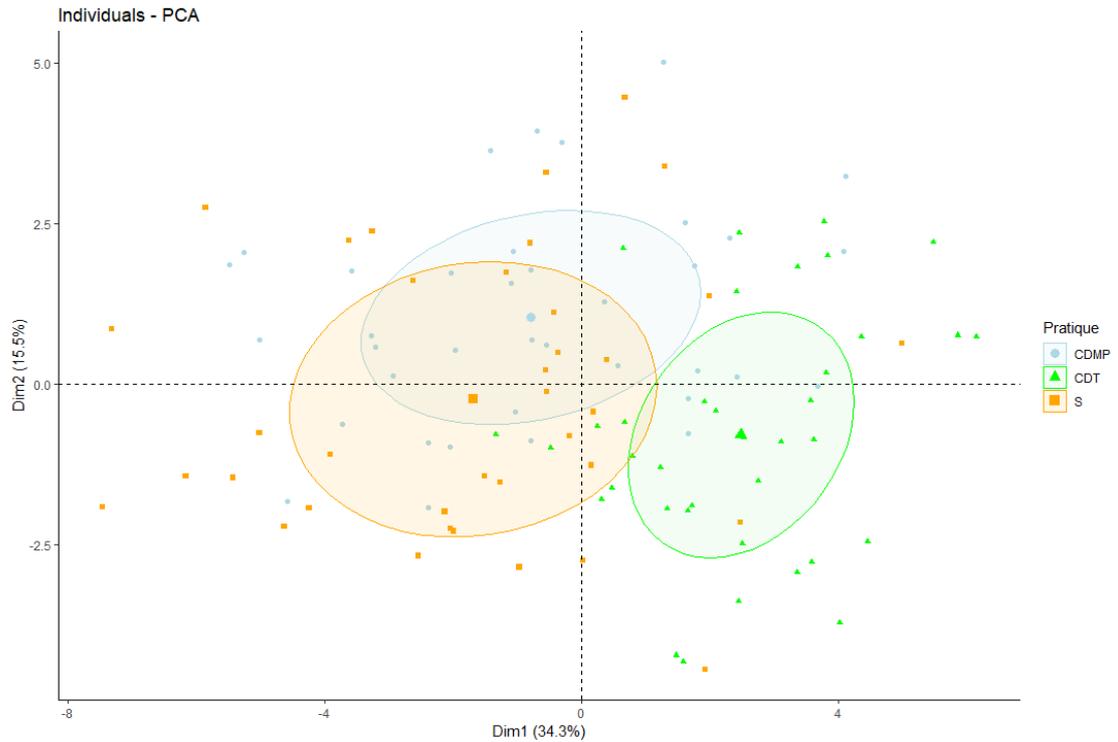
Nom et Signature :

ANNEXE 3 : Questionnaire de renseignement

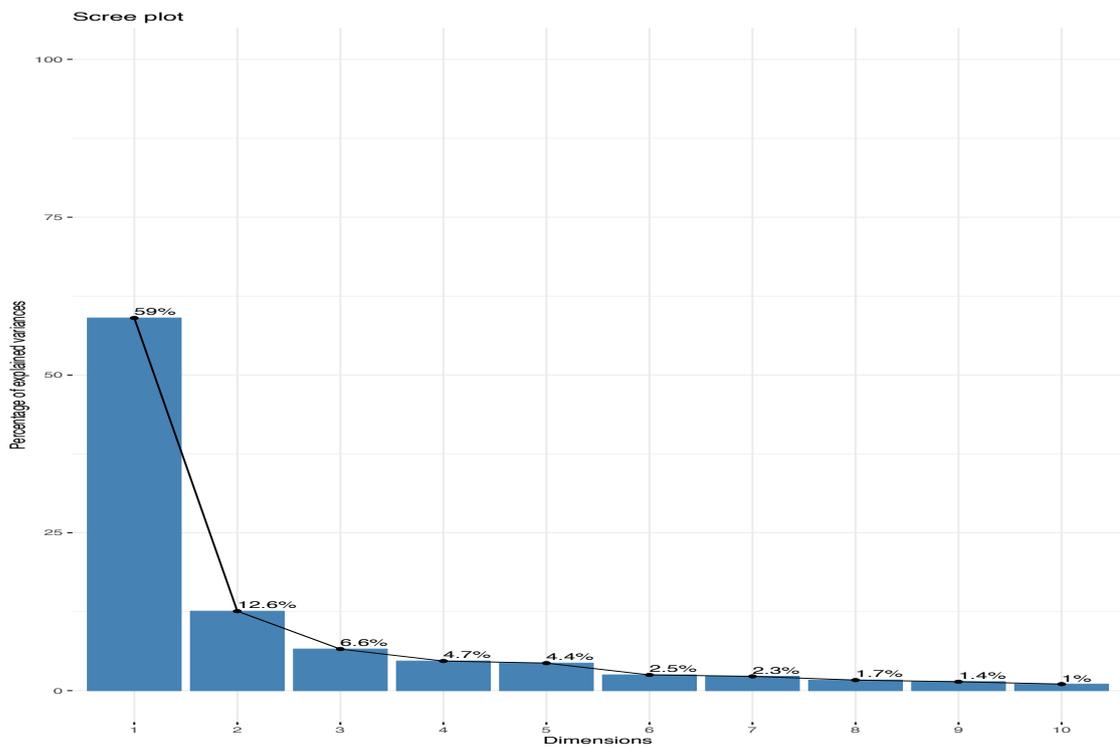
QUESTIONNAIRE D'INFORMATION PRÉ PROTOCOLE					
Age:	Veillez Choisir	Profession:	Veillez Remplir	Téléphone:	Veillez Remplir
Sexe:	Veillez Choisir	Email:	Veillez Remplir		
Taille (cm):	Veillez Choisir	Poids (kg):	Veillez Choisir	IMC:	#VALEUR!
Pratique:	Veillez Choisir		Nb d'heure de pratique:	Veillez Choisir	
Niveau de pratique:	Veillez Choisir		Autre(s) Sport(s):	Veillez Remplir	
Longeur MI G (cm):			Pied d'appui:	Veillez Choisir	
Longeur MI D (cm):			Latéralité:	Veillez Choisir	
F°Dorsale Ch G (cm)			F°Dorsale Ch D (cm)		
Quel(s) type(s) de chaussure utilisez vous?					
Running Classic	Veillez Choisir	Trail	Veillez Choisir	Minimaliste	Veillez Choisir
Avez vous eu une ou plusieurs entorses de la cheville dans les 12 derniers mois?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, combien et quelle cheville?			
Avez vous eu une ou plusieurs entorses du genou dans les 12 derniers mois?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, combien et quelle genou?			
Avez vous des antécédants traumatiques au niveau des membres inférieurs + Kiné?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, combien et où?			
Etes vous porteur de lunettes?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, quelle type de correction ?			
Avez vous des problêmes vestibulaire?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, de quel type ?			
Savez vous ce qu'est la Proprioception?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, avez vous déjà fait des exercices de Proprio ?			
Réalisez vous des exercices de proprioception en complément de votre pratique?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, combien de fois par semaine ?			
Avez vous des semelles Orthopédiques?					
OUI/NON	Veillez Choisir	Si oui, quelle correction ?			

DATE:		NOM et PRÉNOM DE L'ÉVALUATEUR:	
LIEU:		SIGNATURE:	

ANNEXE 5 : Représentations graphiques de l'analyse statistique réalisée par AIRE®

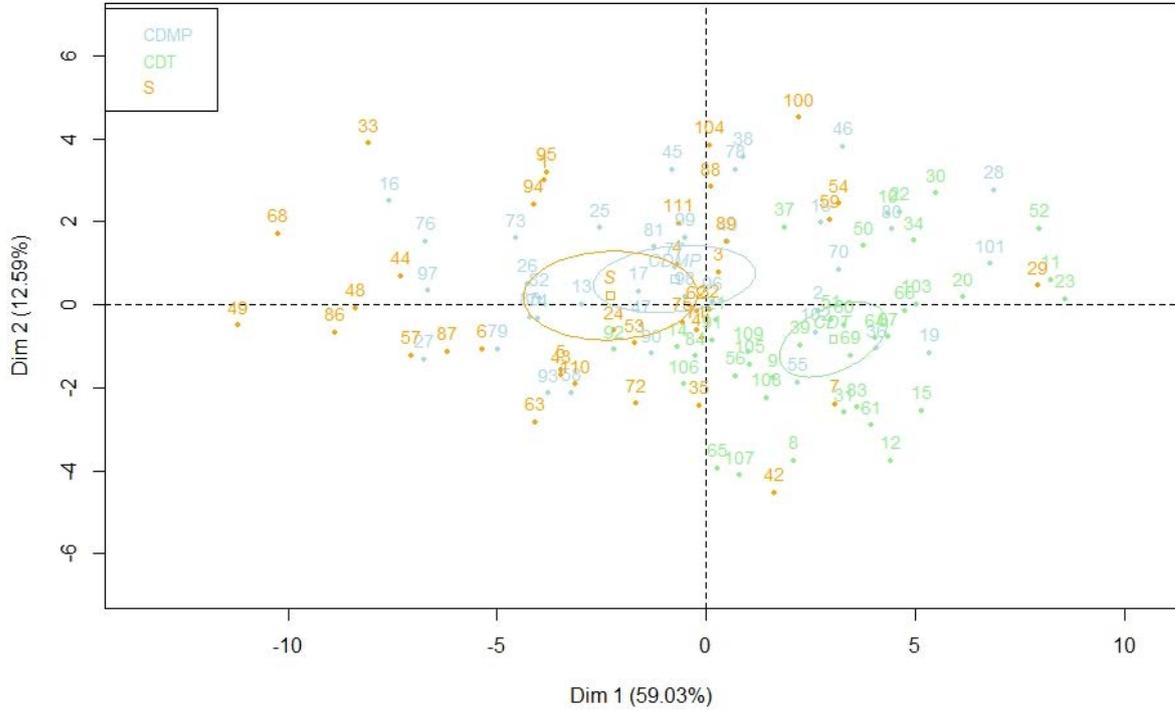


Annexe 5a: Représentation de l'ACP sur les dimension 1 et 2, pour les 3 populations

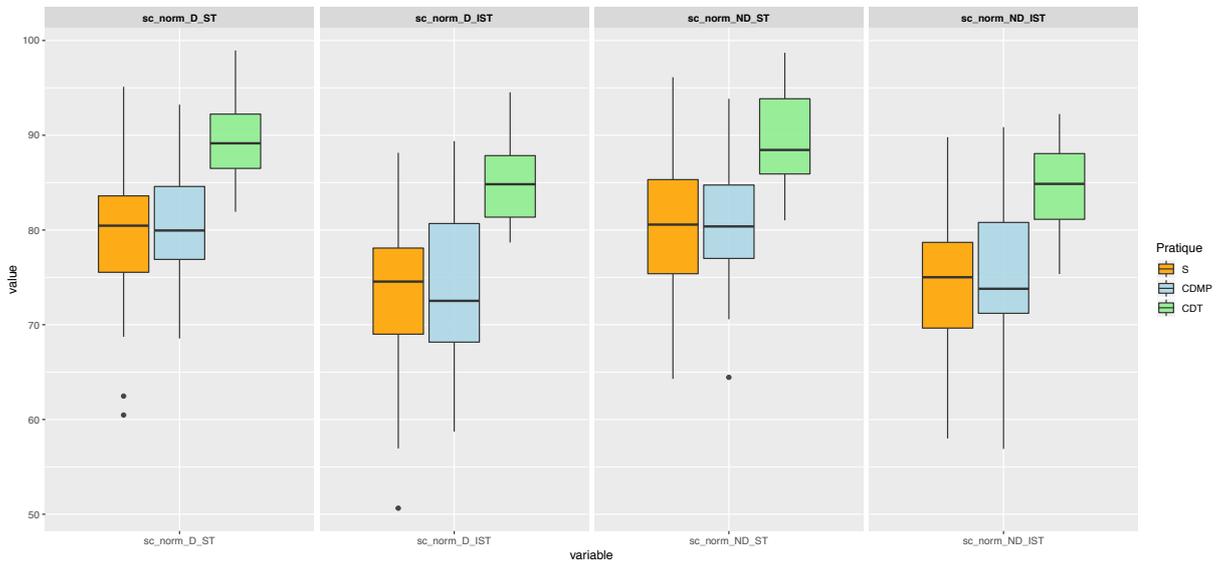


Annexe 5b: Pourcentage de représentativité des dimensions de l'ACP

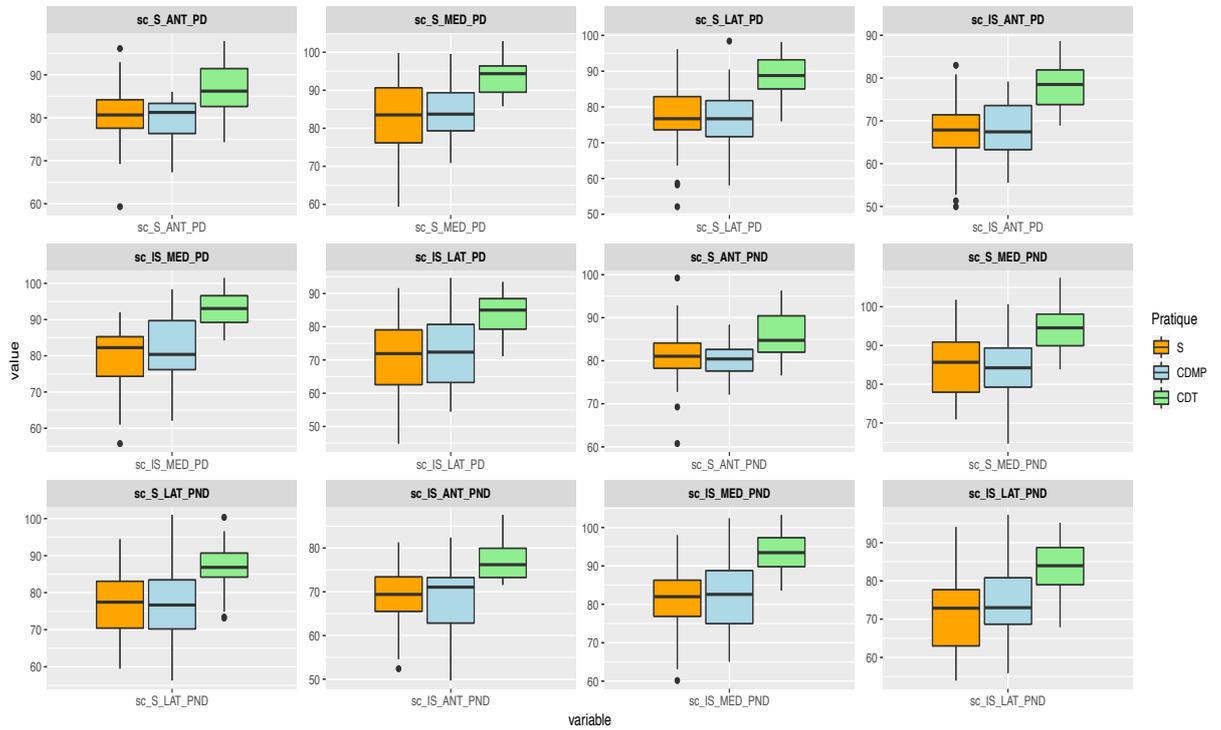
Confidence ellipses around the categories of Pratique



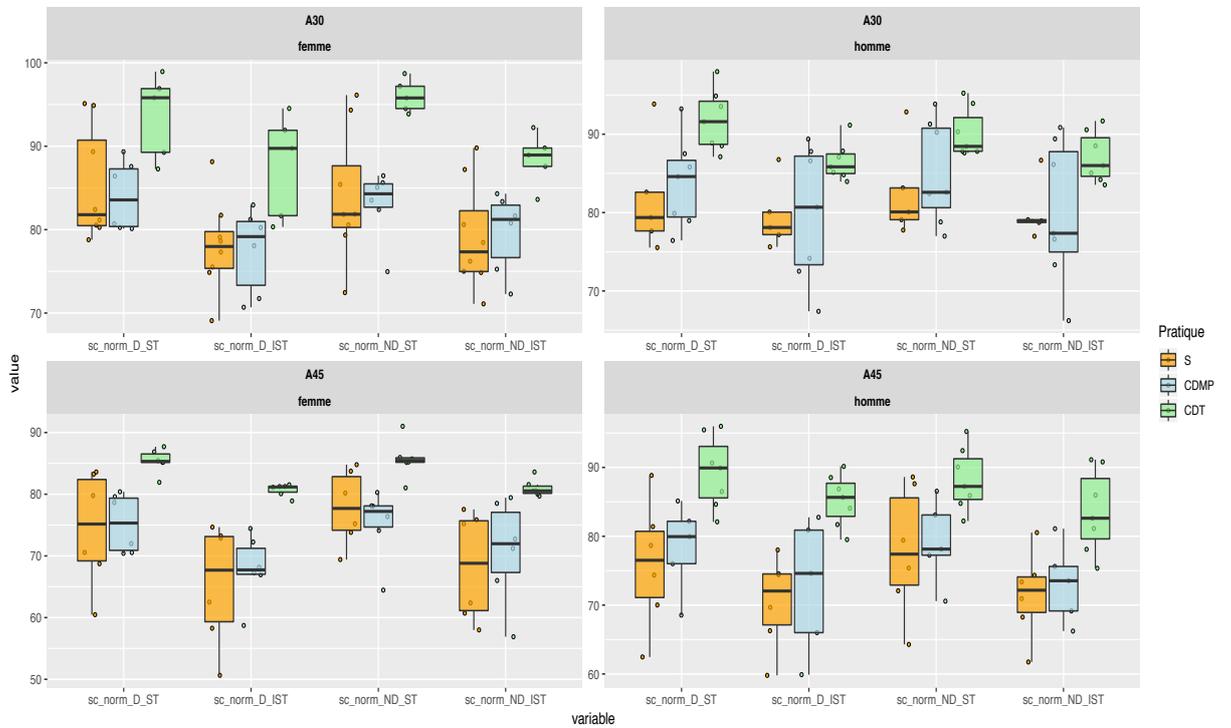
Annexe 5d: Ellipses de confiance autour des catégories de pratique



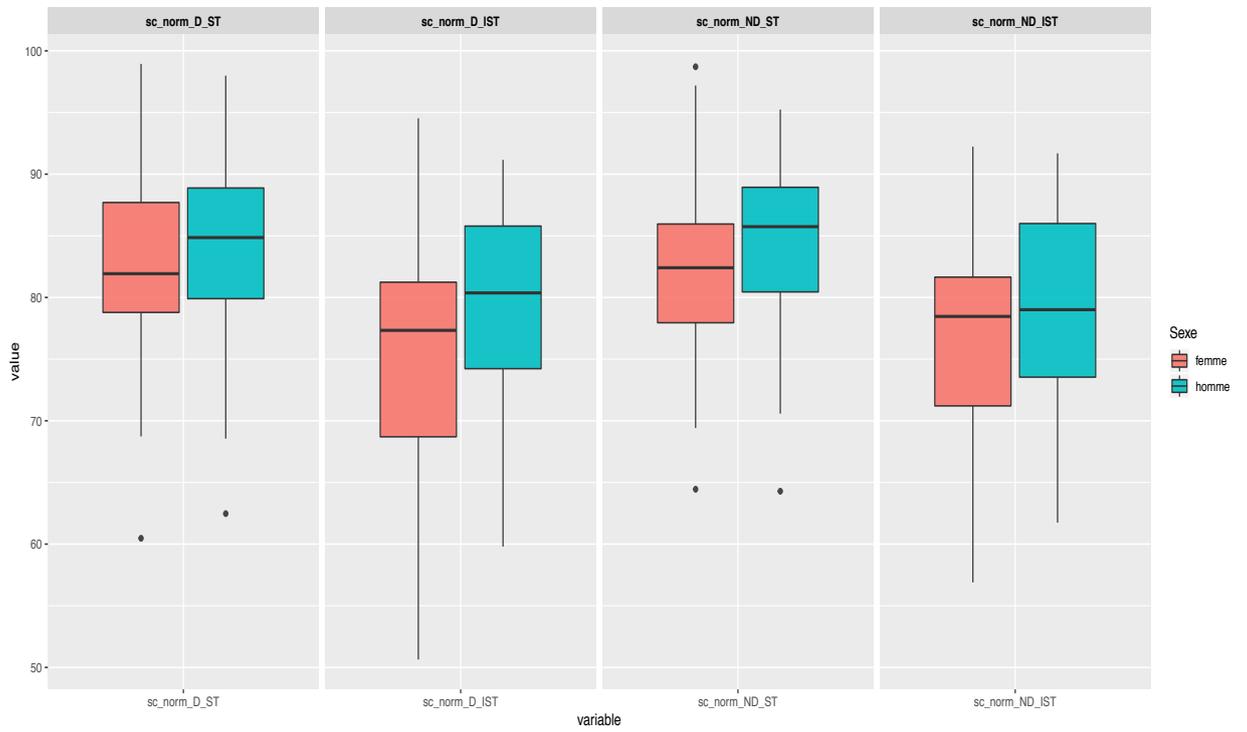
Annexe 5e: NSC sur plan stable et instable pour les 3 types de pratique



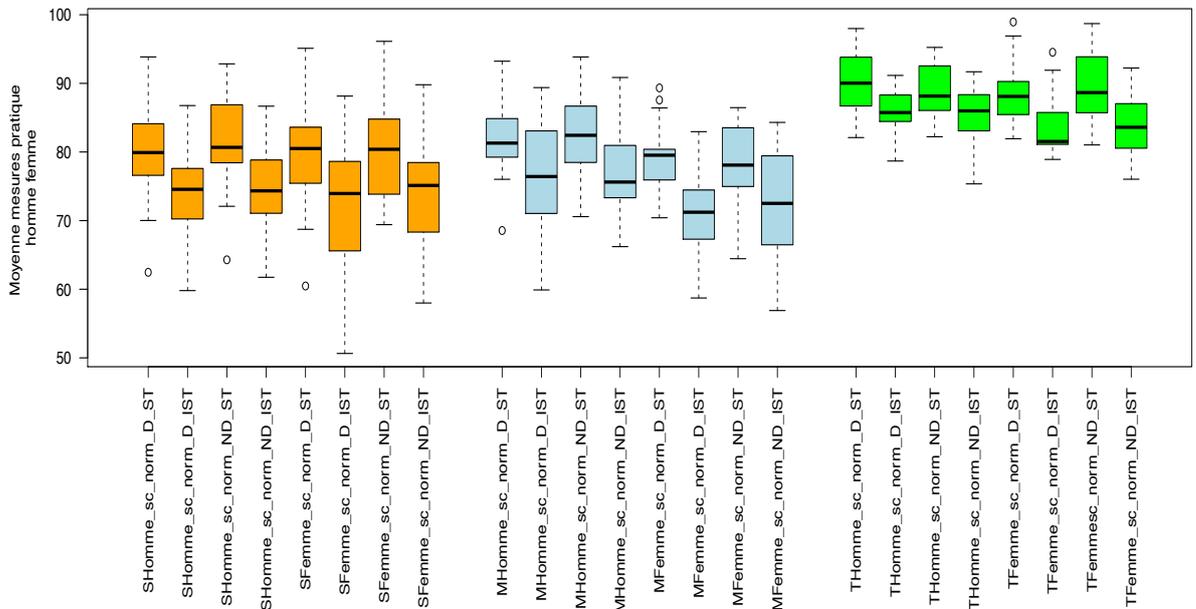
Annexe 5f: SC par branche, sur plan stable et instable, par catégorie



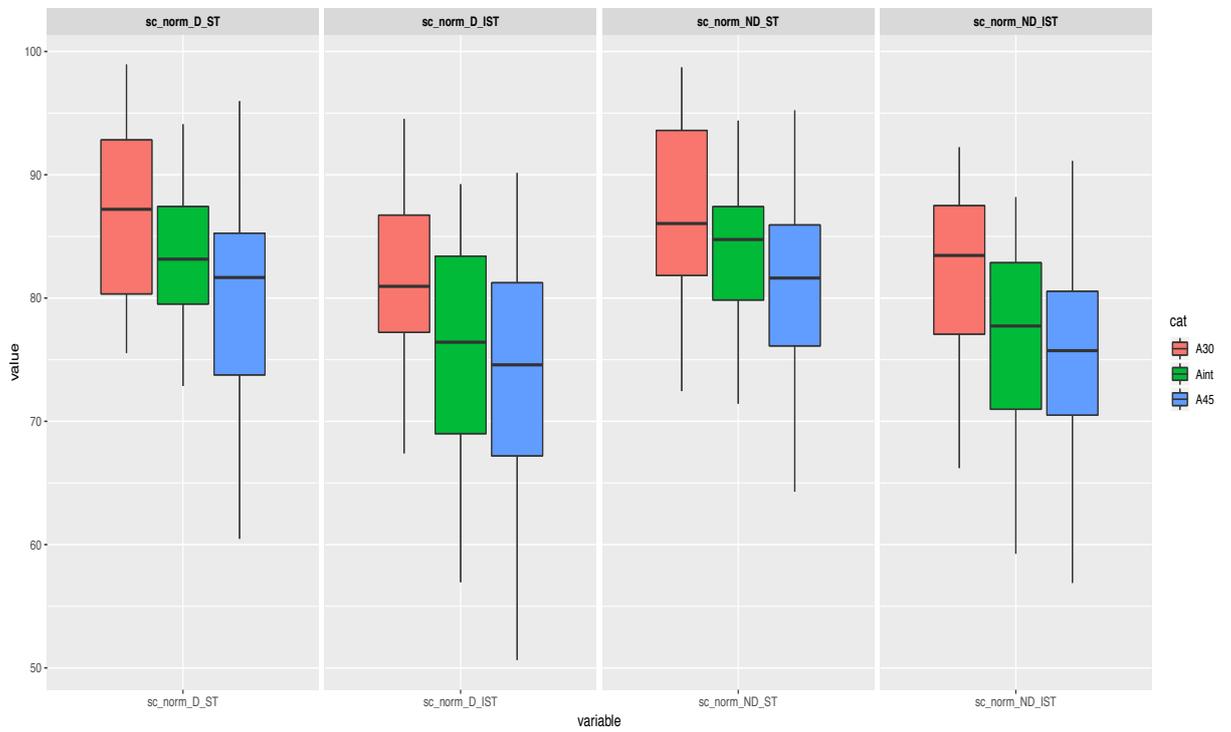
Annexe 5g: NSC plans stable et instable, par âge et par catégorie



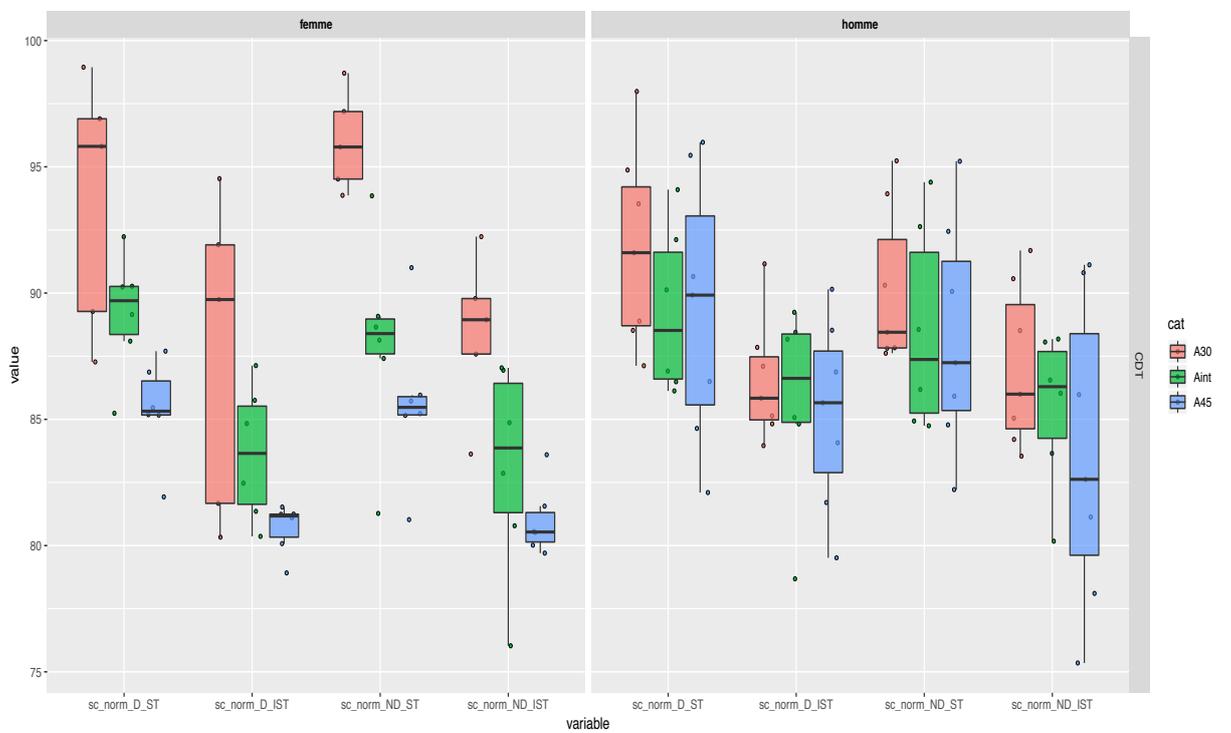
Annexe 5h: NSC sur plan stable et instable, réparti homme/femme



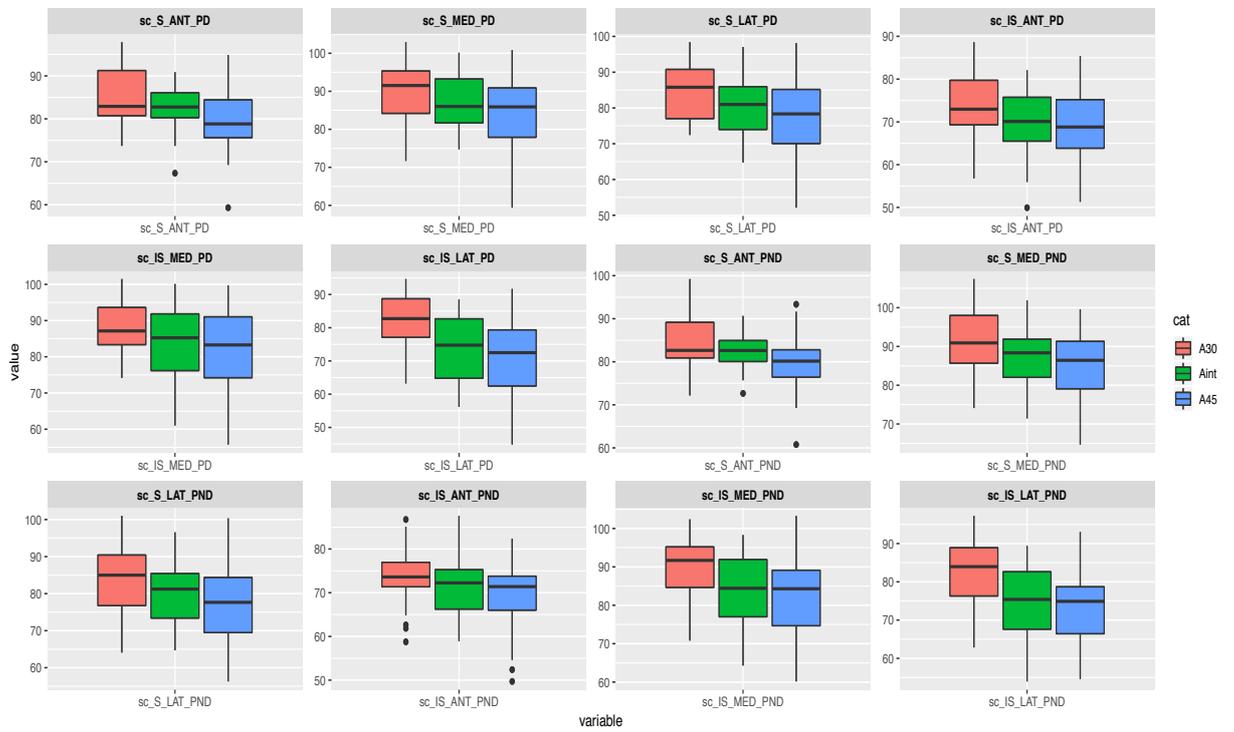
Annexe 5i: NSC plan stable et instable, homme/femme, Pied dominant et Non Dominant, par catégorie



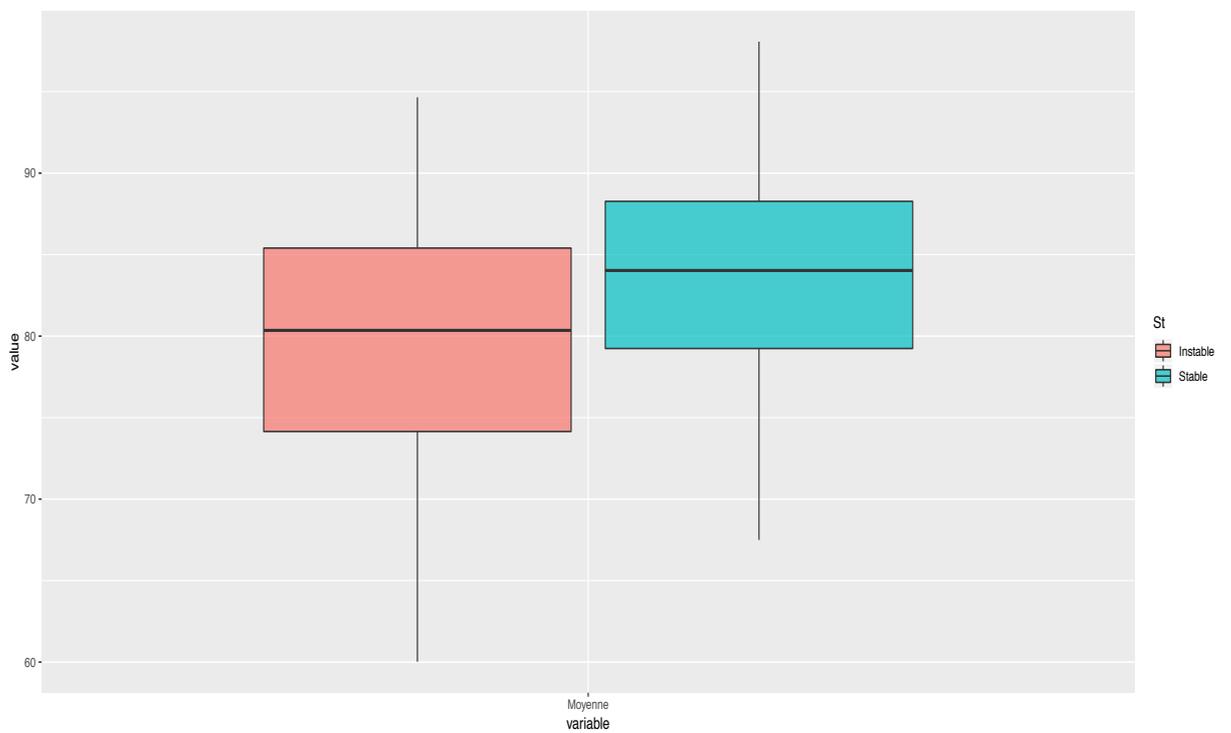
Annexe 5j: NSC sur plan stable et instable, par âge (Avant 30 ans, intermédiaire et après 45ans), par catégorie



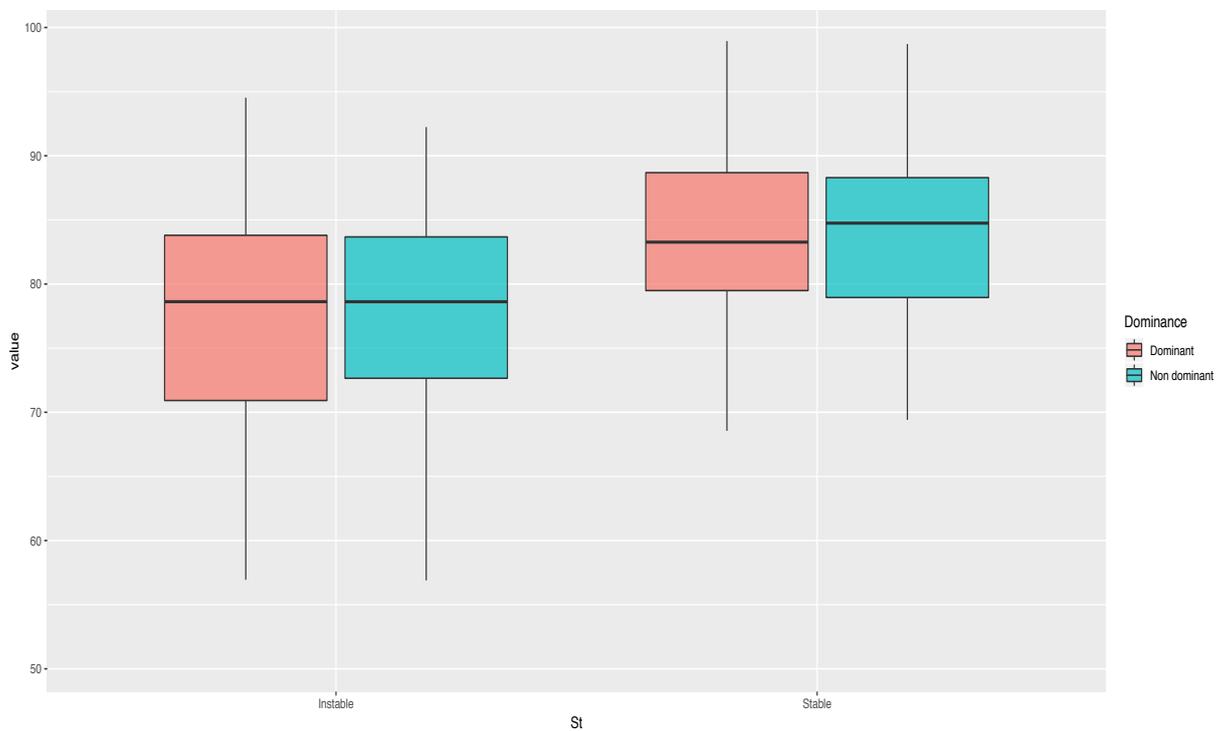
Annexe 5k: NSC sur plan stable et instable, par âge, par sexe et par catégorie



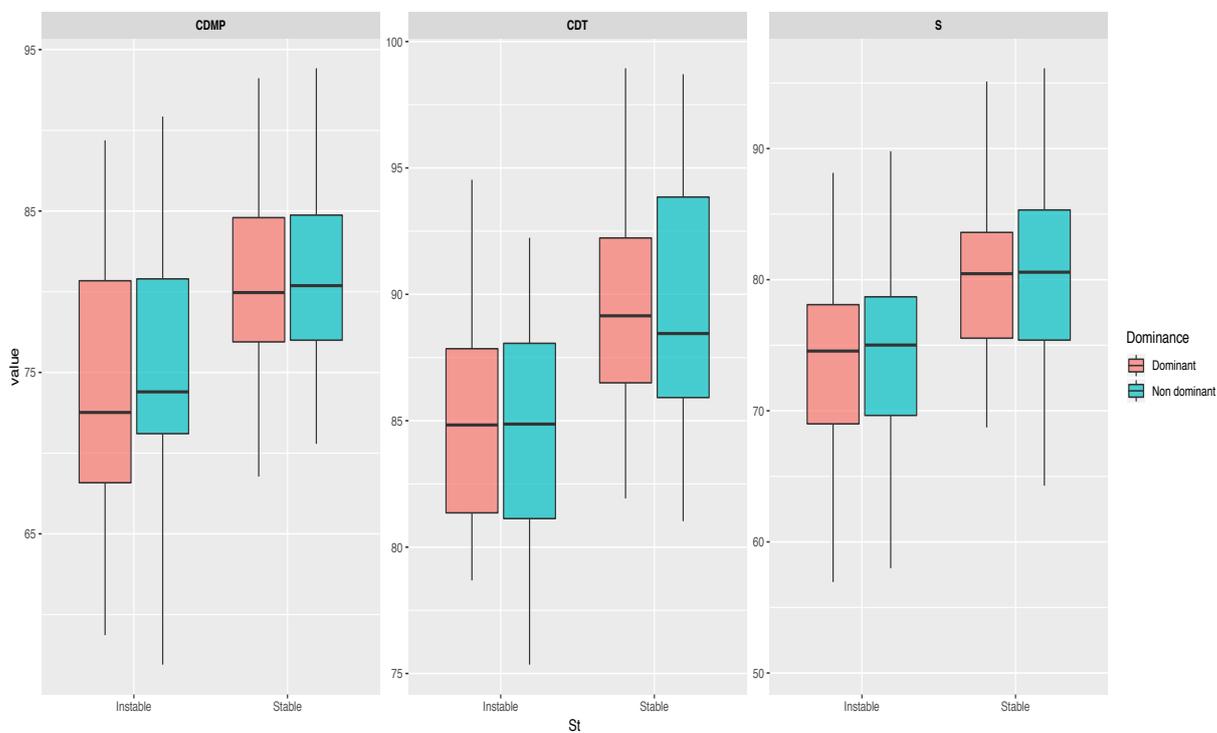
Annexe 5l: SC pour plan stable et instable, par branche, par dominance et par âge.



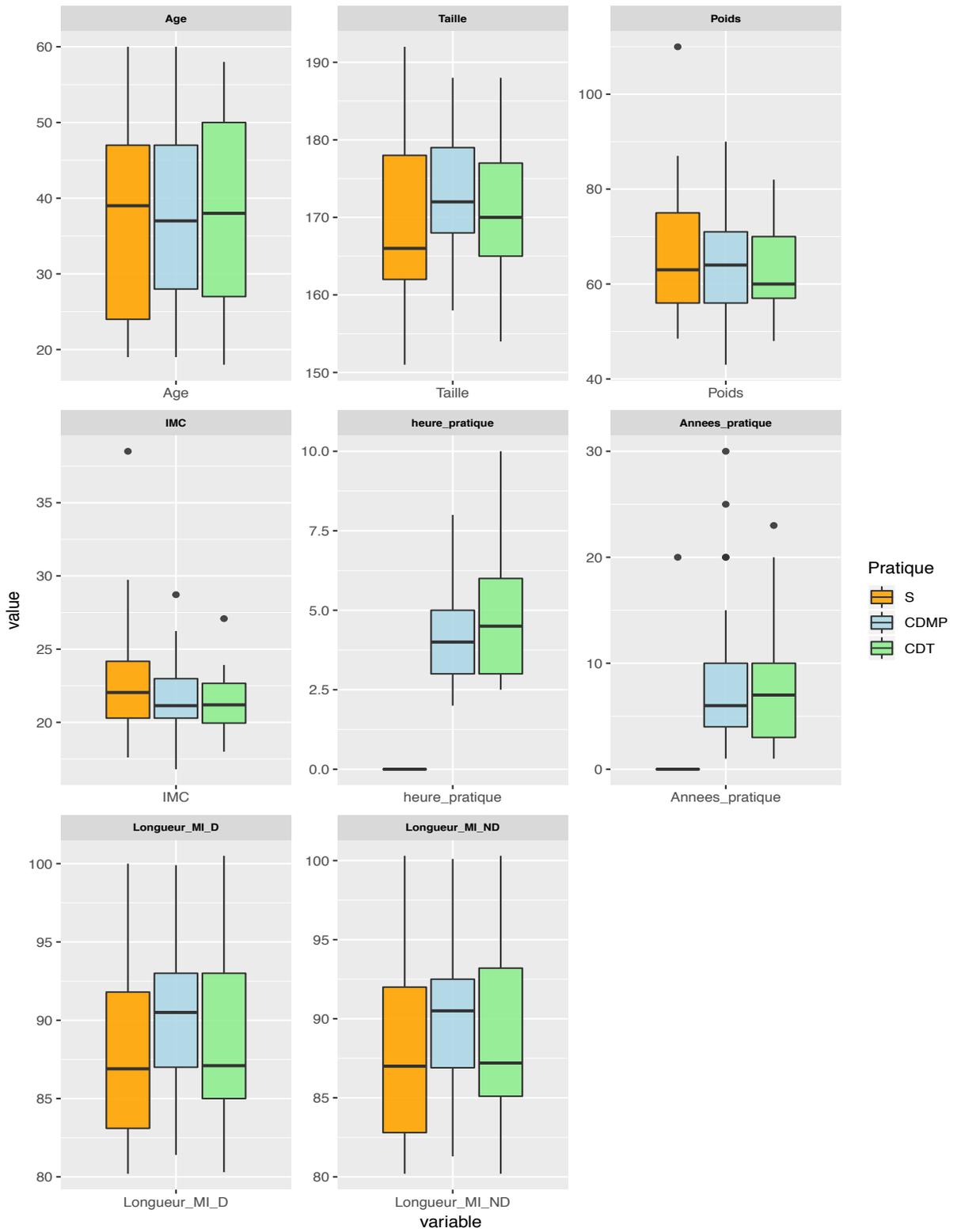
Annexe 5m: NSC par plan (stable et instable)



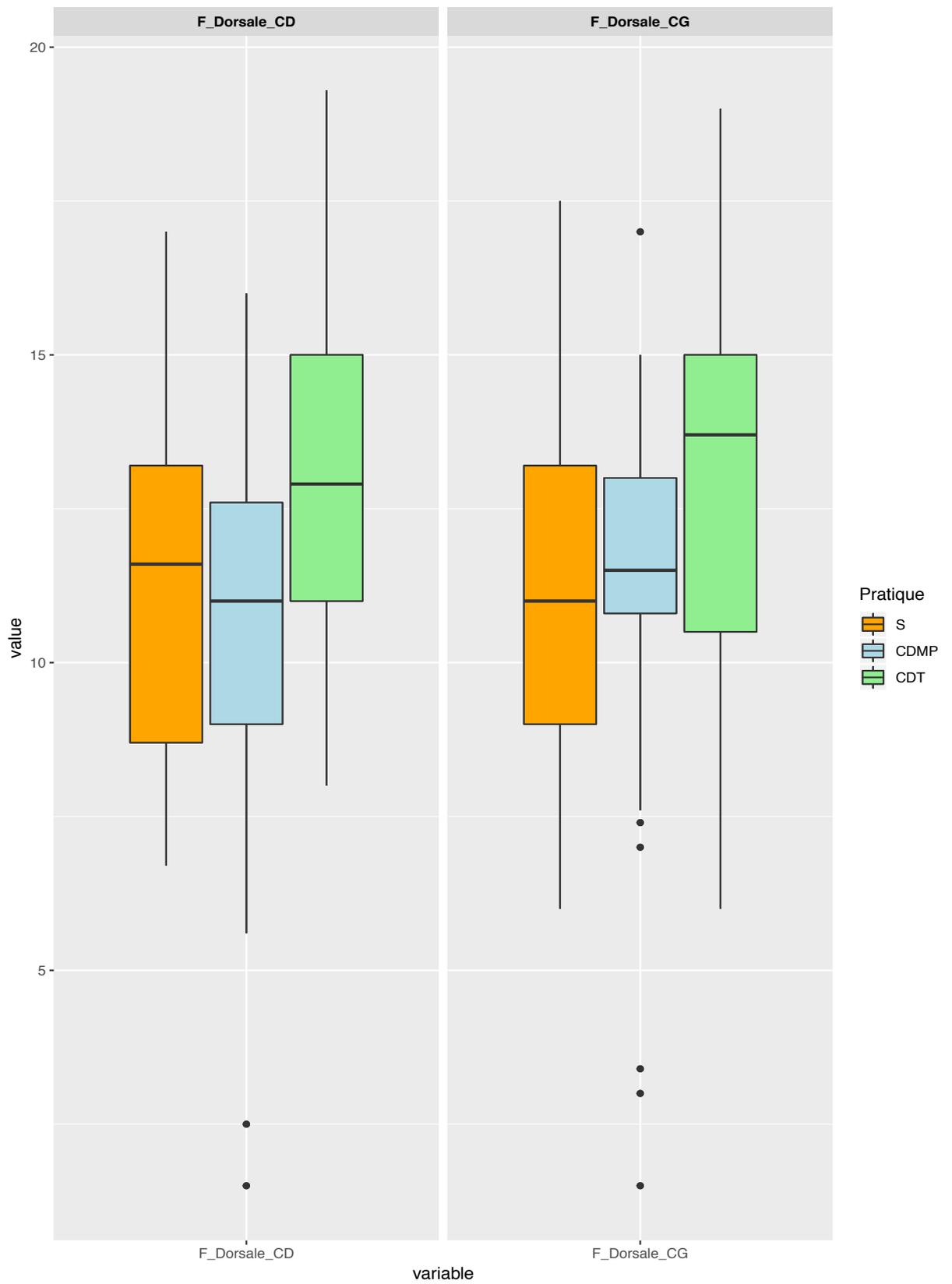
Annexe 5n: NSC sur plan stable et instable par dominance



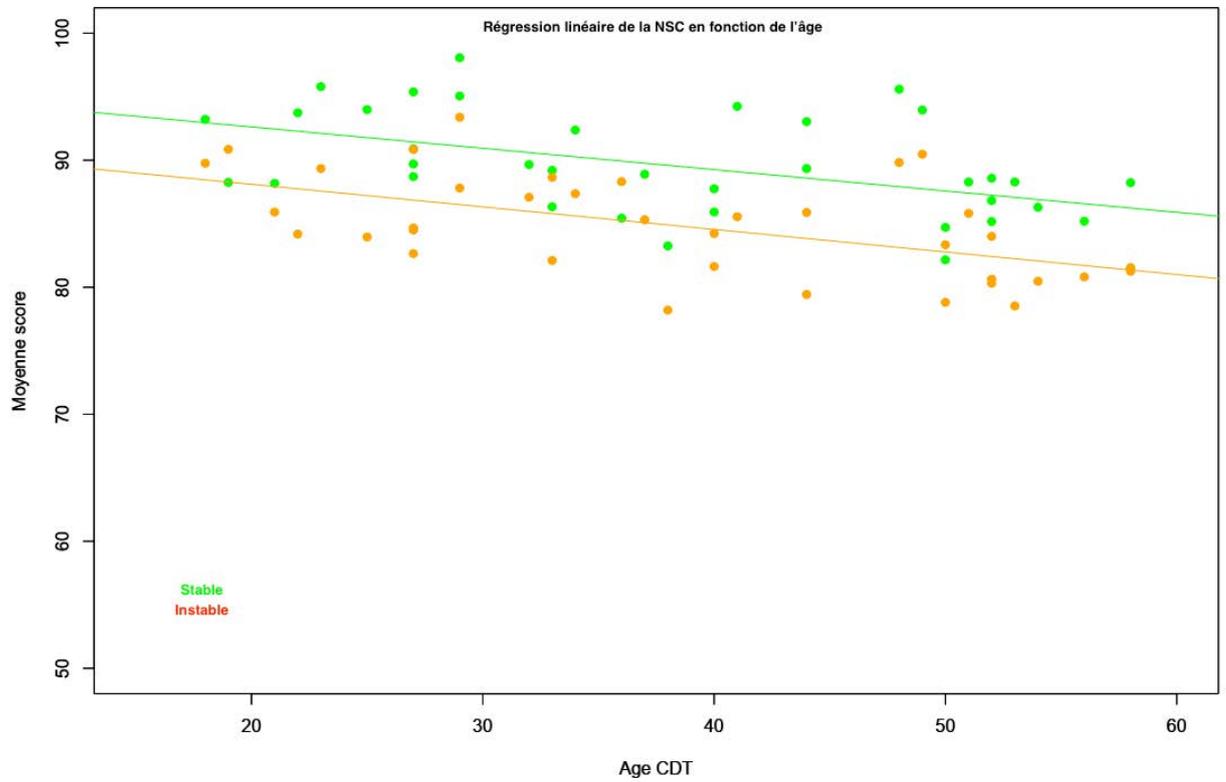
Annexe 5o: NSC sur plan stable et instable, par dominance et par catégorie



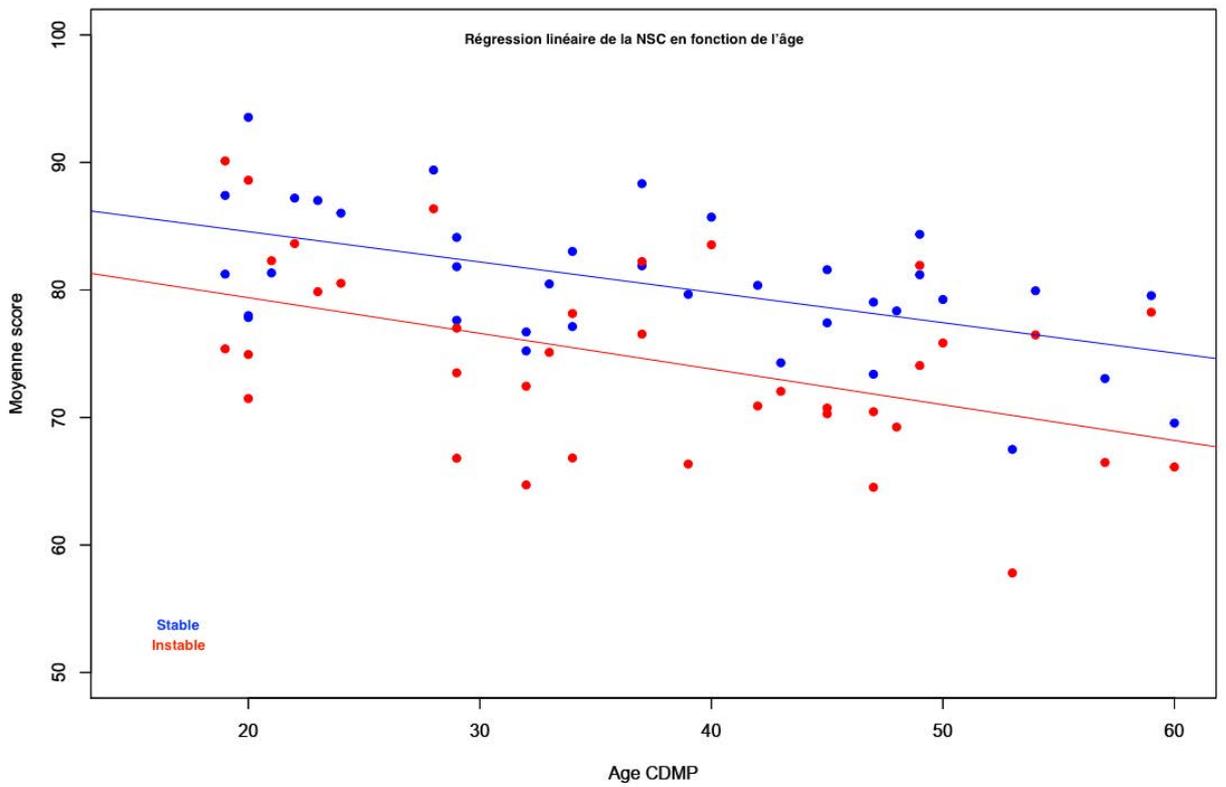
Annexe 5p: Représentation des variables caractéristiques des sujets par catégorie



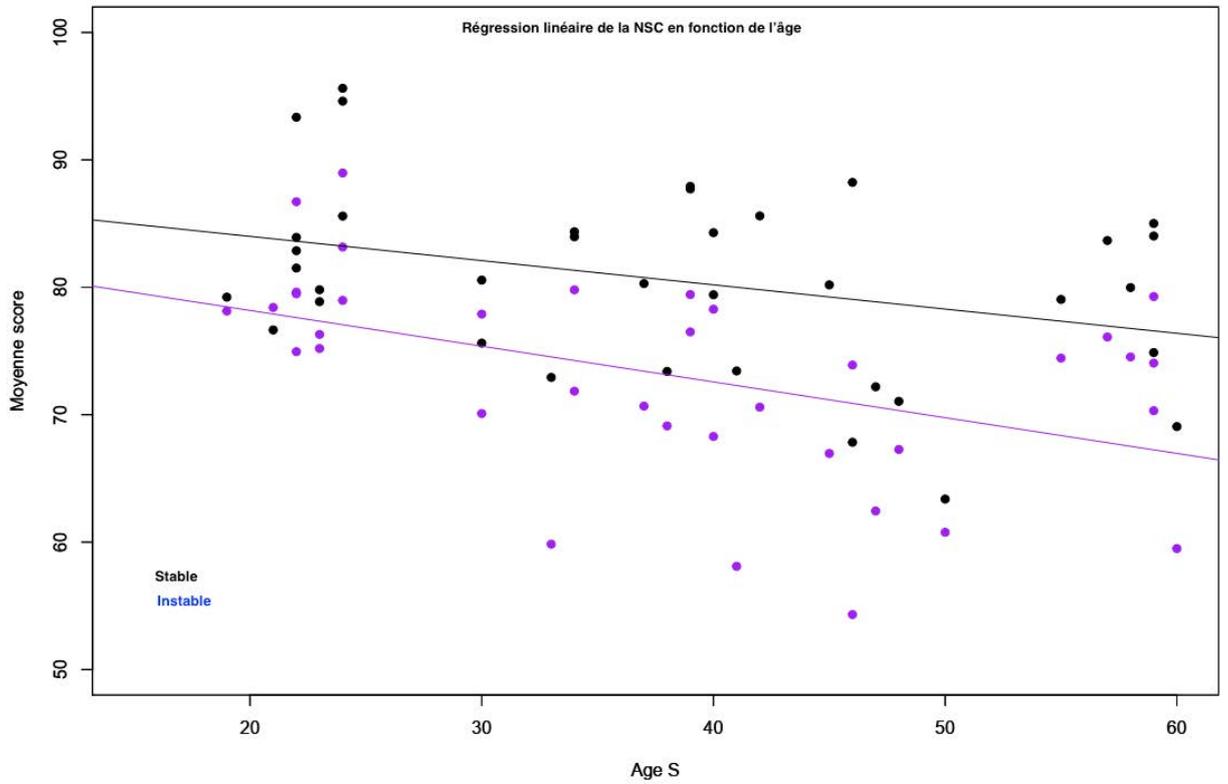
Annexe 5q: Flexion dorsale de cheville obtenue au WBLT en cm, par dominance et par catégorie



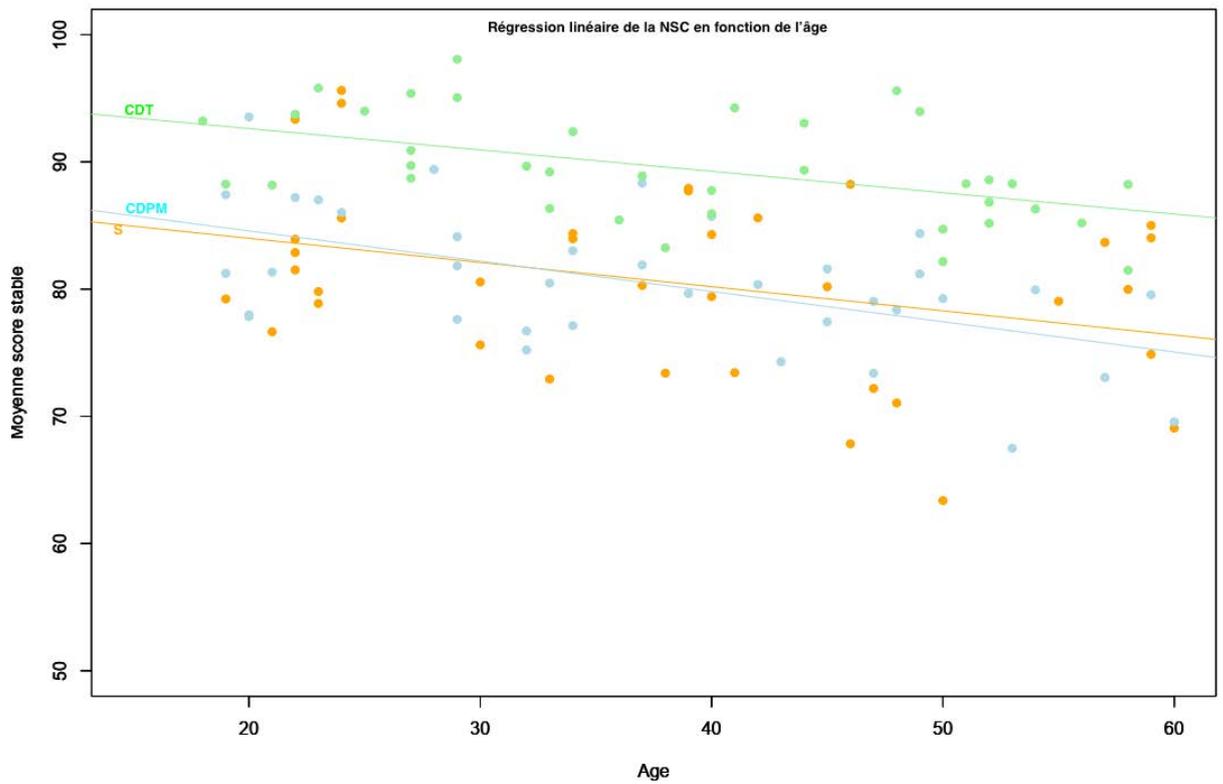
Annexe 5r: régression linéaire de la NSC sur PS et IS, en fonction de l'âge pour les CDT



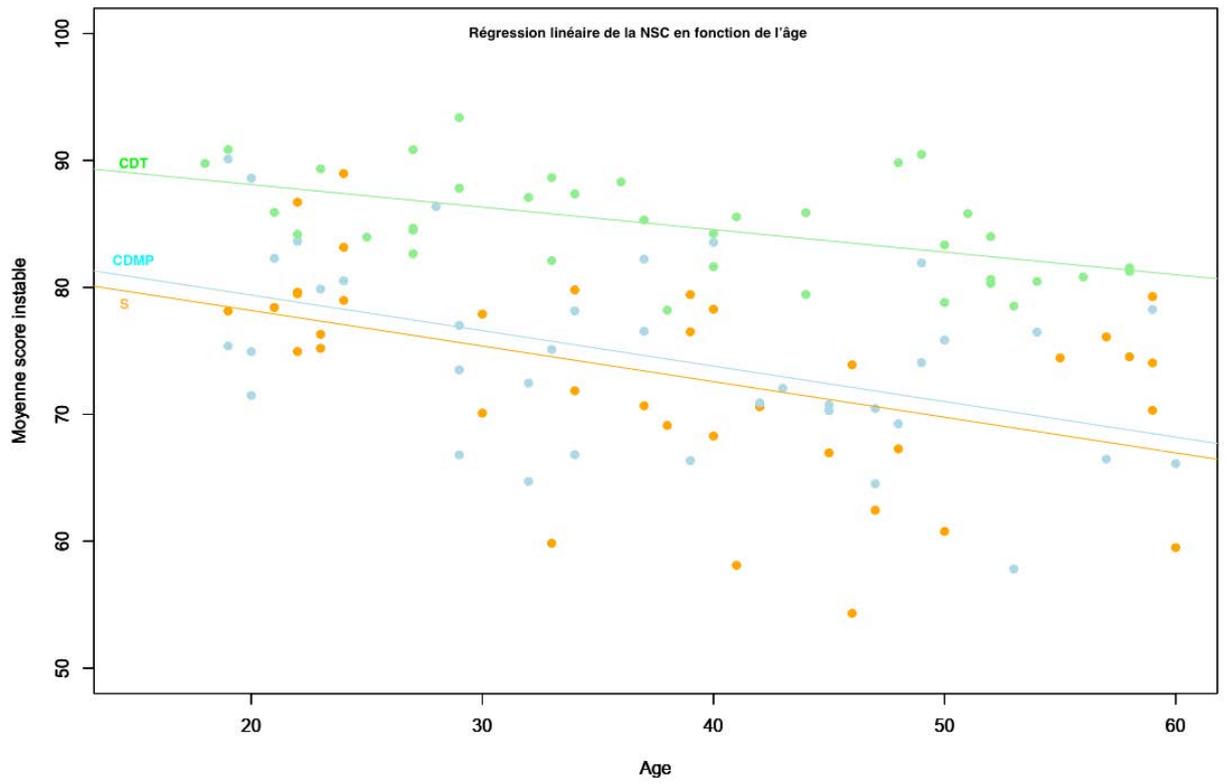
Annexe 5s: Régression linéaire de la NSC sur PS et IS, en fonction de l'âge pour les CDMP



Annexe 5t: Régression linéaire de la NSC sur PS et IS en fonction de l'âge pour les S



Annexe 5u: Régression linéaire de la NSC sur PS en fonction de l'âge pour les 3 catégories



Annexe 5v: Régression linéaire de la NSC sur PIS, en fonction de l'âge pour les 3 catégorie

ANNEXE 6 : Algorithme proposé pour identifier le type de patient évalué

Le protocole «**Eval Trail** » permet d'identifier si le sujet est considéré comme Trailer ou Non Trailer. Pour cela, il faut évaluer les QPC avec le SEBTm sur plan stable et instable, et recueillir certaines informations complémentaires comme :

- "Age"
- "Taille"
- "Poids"
- "IMC"
- "Longueur_MI_D"
- "Longueur_MI_ND"
- "F_Dorsale_CD"
- "F_Dorsale_CG"

Le modèle retenu pour comparer et analyser les données est : **Random Forest**

Lorsque l'on vérifie la viabilité de cet algorithme avec une Matrice de Confusion, on obtient les valeurs suivantes :

- Précision du type d'activité trouvé : 0.8889
- Intervalle de confiance à 95% : (0.7084, 0.9765)
- P-Value: 0.008235
- Kappa : 0.7568
- McNemar's Test P-Value : 1.000000
- Sensibilité : 0.8889
- Spécificité: 0.8889

Ainsi créé cet algorithme est capable de déterminer si le sujet évalué est un Non Trailer (Positive Classe « NT ») avec une précision de 89%, une sensibilité et une spécificité de 89%.

Ceci peut donc servir au MK d'outil diagnostique, lui permettant d'identifier rapidement si le sujet possède les QPC suffisantes pour débiter le trail sans risque, où s'il doit passer par une phase préparatoire.

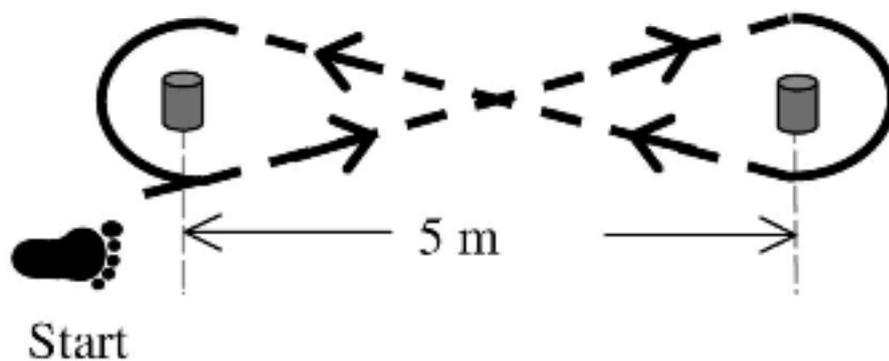
ANNEXE 7 : Les différents tests proprioceptifs proposés par Laurent en 2017

Le Time in Balance : Test qui consiste à chronométrer le temps que reste le patient sur un pied sans perdre l'équilibre. Pieds nus + les mains sur les hanches + yeux fermés + genou à 5° de flexion. Temps de maintien > 25s.



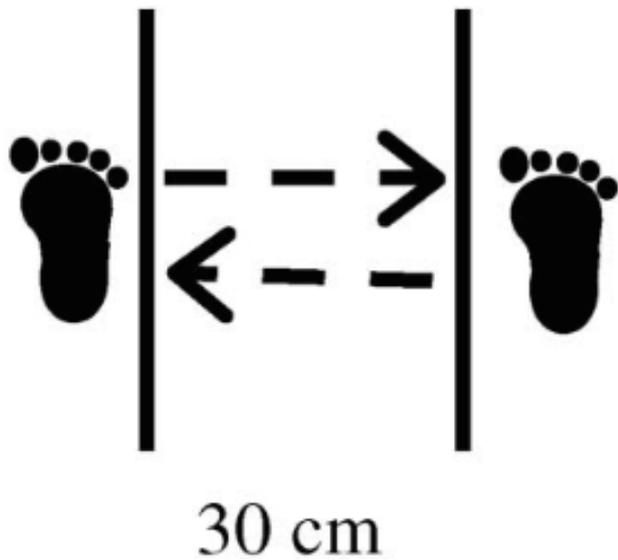
Annexe 7a: Time in balance test (issue du mémoire de Laurent)

Le Figure-of-8 hop test : évalue la stabilité dynamique de la cheville en unipodal. Pieds nus, réaliser un parcours en forme de 8.



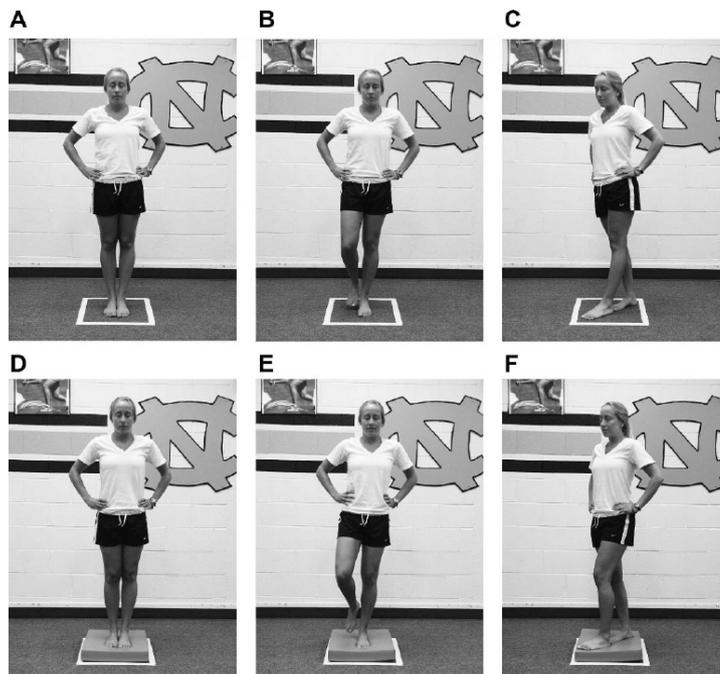
Annexe 7b: Figure of 8 hop test (issue mémoire de Laurent)

Le Side-Hop test : évalue la stabilité latérale de la cheville en dynamique. Réaliser 10 AR pieds nus. Tps < 12,9s.



Annexe 7c: Side hop Test (issue mémoire de Laurent)

Le Balance Error Scoring System : mesure l'équilibre statique sur sol dur et souple. 3 positions à tenir 20s, yeux fermés, mains sur les hanches et pieds nus.



Annexe 7d: BESS (illustration tirée de https://www.researchgate.net/figure/The-6-conditions-of-the-Balance-Error-Scoring-System-A-Double-leg-stance-firm-surface_fig1_23297875)

Introduction : Le trail représente plus d'un million d'adeptes en 2019. Cette volonté de se rapprocher de la nature, fait migrer les coureurs des villes au cœur de nos forêts. Pourtant, l'exigence de ce nouveau terrain de jeu, génère un risque accru de blessure, notamment au niveau de la cheville. Malgré tout, la littérature n'accorde que très peu de blessure au trail comparativement à la pratique sur route. Semblables en tous points, ces deux disciplines se distinguent néanmoins par la conformation du pattern de pose de pied à la surface d'appui. En ce sens courir sur terrain instable génère un mécanisme d'adaptation proprioceptive. De nombreuses études rapportent d'ailleurs que la réalisation d'exercices de proprioception dynamique permettrait de limiter les entorses de cheville. Ainsi, pratiquer le trail plusieurs fois par semaine, favoriserait le développement du contrôle postural. L'objet de cette étude consiste à vérifier s'il existe un écart entre les trailers, les coureurs macadam/piste et les sédentaires sur ces dites qualités et si le trail en serait l'origine. **Matériel et méthode :** Étude comparative portant sur un échantillon de 111 sujets répartis en un groupe de « CDT », un groupe « CDMP » et un groupe de « S ». Les performances au SEBTm sont normalisées puis analysées en fonction des variables « types de pratique, sexe, âge et plans ». Les différences entre groupes ont été vérifiées grâce à une Analyse en Composante Principale (ACP) et au test de Wilcoxon-Mann-Whitney. **Résultats :** Nous constatons un écart de +10% (p-value < 0,01) entre le groupe « CDT » et les deux autres groupes. Aucune différence significative n'a été retrouvée entre les groupes CDMP et S. Plusieurs relations positives établies indiquent que la pratique du Trail influencerait les performances au SEBTm, tout comme l'âge, la dorsiflexion et la dominance. **Discussion :** Aucune étude antérieure, à notre connaissance n'a établi de lien entre le trail et les QPC. Les résultats suggèrent que les CDT possèdent une proprioception supérieure aux CDMP et S, de par l'activité qu'ils pratiquent

Introduction: The trail represents more than one million followers in 2019. This desire to get closer to nature, migrates the runners of cities in the heart of our forests. However, the requirement of this new playground, generates an increased risk of injury, especially in the ankle. Nevertheless, the literature gives very little injury to the trail compared to the practice on the road. Similar in all respects, these two disciplines are nevertheless distinguished by the conformation of the pattern of foot laying to the support surface. In this sense running on unstable ground generates a proprioceptive adaptation mechanism. Many studies also report that performing dynamic proprioception exercises would limit ankle sprains. Thus, to practice the trail several times a week, would favor the development of the postural control. The purpose of this study is to check if there is a gap between trailers, riders macadam / track and sedentary on these qualities and if the trail would be the origin. **Material and method:** A comparative study involving a sample of 111 subjects divided into a group of "CDT", a group "CDMP" and a group of "S". Performances at the SEBTm are standardized and analyzed according to the variables "types of practice, sex, age and plans". Group differences were verified using Principal Component Analysis (PCA) and the Wilcoxon-Mann-Whitney Test. **Results:** We find a difference of + 10% (p-value <0.01) between the "CDT" group and the other two groups. No significant differences were found between the CDMP and S groups. Several established positive relationships indicate that Trail use would influence the performance of SEBTm, as well as age, dorsiflexion, and dominance. **Discussion:** To our knowledge, no previous study has established a link between trail and QPC. The results suggest that CDTs possess greater proprioception than CDMP and S because of the activity they perform.

Mots clés : Trail - Proprioception - Cheville - Contrôle postural - Entorse cheville

Keywords: Trail - Proprioception - Ankle - Postural control - Ankle sprain