

**UNIVERSITE DE STRASBOURG**  
**FACULTE DES SCIENCES DU SPORT**

**MEMOIRE / PROJET DE RECHERCHE**

**Présenté pour l'obtention du**

**Master Langage, Culture, Société**

**Mention Sciences du Sport**

**Spécialité professionnelle « Entraînement, préparation physique  
et management du sportif »**

**Impact du Stretching Global Actif sur la performance en sprint  
chez des athlètes féminines de niveau national**

M. Sébastien PEIX  
Août 2013

Directeur de recherche : M. Stéphane DUFOUR

**UNIVERSITE DE STRASBOURG**  
**FACULTE DES SCIENCES DU SPORT**

**MEMOIRE / PROJET DE RECHERCHE**

**Présenté pour l'obtention du**

**Master Langage, Culture, Société**

**Mention Sciences du Sport**

**Spécialité professionnelle « Entraînement, préparation physique  
et management du sportif »**

**Impact du Stretching Global Actif sur la performance en sprint  
chez des athlètes féminines de niveau national**

M. Sébastien PEIX  
Août 2013

Directeur de recherche : M. Stéphane DUFOUR



## **Remerciements :**

A Monsieur Stéphane DUFOUR, maître de conférences à l'université de Strasbourg. Je vous remercie pour vos encouragements, vos judicieux conseils et votre disponibilité tout au long de cette année. Vous m'avez sensibilisé aux exigences d'une recherche appliquée et méthodique pour ce mémoire. Soyez assuré de ma reconnaissance.

A Monsieur Frédéric LECHELON, directeur interdépartemental des routes ouest, ingénieur en chef des ponts et chaussées au ministère de l'Ecologie. Je vous suis infiniment reconnaissant de m'avoir permis de réaliser cette année d'étude dont vous connaissiez tout l'enjeu pour moi.

A Monsieur Alain DROGUET, professeur d'EPS, ancien international du 400 m haies, responsable et véritable pygmalion des jeunes sportifs de la section athlétisme du lycée de Cesson Sévigné. Ton œil d'expert sur le sprint et nos communications au cours de cette saison sportive m'ont permis d'effectuer un aller-retour permanent entre pratique et théorie.

A Monsieur Pascal PREVOST, docteur en neurophysiologie et biomécanique de la performance sportive, pour sa vision actualisée des études sur les étirements ainsi que pour sa relecture éclairée.

A Monsieur Ugo MARCHESSEAU, conseiller technique fédéral et départemental au comité 35 athlétisme, responsable du Pôle Espoir athlétisme, en particulier pour son entregent auprès des instances dirigeantes de la Ligue de Bretagne.

A l'ensemble des sujets-athlètes ayant participé à mes expérimentations. Ils ont toute ma gratitude et mon respect pour leur investissement, leur sérieux et leurs efforts physiques en musculation et stretching qui auront apporté le petit « plus » en compétition.

A ma compagne et ma fille : votre présence, votre patience et votre soutien immenses m'ont été et me seront toujours indispensables.

## Sommaire :

1. Cadre d'étude.....	3
1.1. Description technique des phases du 100 m.....	3
1.2. Principaux facteurs de performance en sprint.....	4
1.3. Eléments de biomécanique du sprint.....	8
1.4. Quel travail de souplesse pour les sprinters ?.....	12
1.5. Des résultats d'études incitatifs sur la pratique d'étirements réguliers .....	15
2. Problématique et hypothèse.....	16
3. Expérimentation .....	17
3.1. Méthode (protocole).....	17
3.1.1. Sujets étudiés .....	17
3.1.2. Calendrier de l'étude.....	18
3.1.3. Dispositif et matériel .....	19
3.1.4. Tâches et procédures.....	20
3.1.5. Variables étudiées.....	21
3.1.6. Analyse des données.....	23
3.2. Résultats .....	23
4. Discussion .....	27
5. Conclusions et perspectives.....	29
6. Références.....	31
7. Annexes.....(documents extra-mémoire)	
I. Fiche mémo des étirements SGA	
II. Tableau de Brzycki	
III. Clichés photographiques traités sur logiciel vidéo Kinovéo ®	

## **Introduction :**

D'aucuns soutiennent que l'on peut naître « vite » mais qu'on devient sprinter. Cette considération d'experts est devenue une antienne mettant d'accord de prestigieux coachs, de J. Maigrot, entraîneur national en athlétisme dans les années 1960, en passant par L. Seagrave ou encore J. Smith, tous « dénicheurs » de talentueux athlètes internationaux. Force est de constater que le 100 m demande quelques qualités naturelles influencées par la génétique, mais une analyse plus fine nécessite une approche poly-factorielle pour en connaître les tenants et les aboutissants. Dufour (2009) rappelle que le pattern de foulée « courir vite » est naturel mais le fait de sprinter au sens athlétique fait appel à une organisation motrice apprise. Ainsi, point d'espoir de performance sans coordination générale acquise au cours de la formation du jeune athlète mais aussi et surtout sans développement d'une coordination spécifique à la course de très haute vitesse.

A cette réalité technique, s'ajoute l'indispensable soutien de qualités physiques catalysant l'action motrice du sprinter. Ainsi, force, élasticité, puissance sont souvent cités comme faisant partie du répertoire physique des meilleurs sprinteurs de la planète (Aubert, 2003; Coh et al., 2010; Letzelter, 2006). La vitesse du sprinter est ainsi tributaire d'un générateur musculaire puissant (i.e., un système nerveux central régulateur de la commande motrice, à l'origine des contractions musculaires et des mouvements articulaires) capable de créer des forces de réaction au sol suffisamment importantes pour projeter le corps du sportif vers l'avant de façon efficiente. Son amplitude de foulée doit lui permettre un déplacement horizontal important, mais si cette foulée se transforme en bondissement, l'action au sol se raréfie et la vitesse décroît (Rega et Natta, 2002). Par conséquent, il s'agit de trouver le compromis idéal dans le produit de la fréquence d'appui par l'amplitude de foulée, produit qui détermine la vitesse du sprinter. L'expérience du coach peut repérer les améliorations à apporter à son athlète dans ce rapport optimal fréquence/amplitude par le média technique, et peut s'adjoindre parfois les compétences d'un préparateur physique dans la gestion des qualités physiques de soutien.

A cet égard, lorsque les athlètes ont déjà acquis une coordination technique satisfaisante à l'âge de 17/18 ans et qu'ils atteignent un niveau « France », il peut être intéressant de stimuler leur potentiel physique en proposant une préparation physique axée en particulier sur le développement de la souplesse et de la force.

La souplesse est un terme générique désignant les capacités de mobilité liée en partie à la forme des articulations et aux propriétés des structures musculo-tendineuses de l'individu. Le terme de compliance cible plus précisément les capacités d'extensibilité-élasticité de ces structures. La raideur est le contraire de la compliance et dépend des capacités de tonicité (i.e., de la partie contractile du muscle et des qualités d'innervation) mais aussi en partie des possibilités élastiques des structures tendino-musculaires. La production de force d'un muscle est intimement liée à ces propriétés qui se retrouvent en interdépendance.

Dans l'optique du développement de la performance via un travail approfondi sur la souplesse, est né le projet en septembre 2012 de faire évoluer vers de nouveaux horizons un groupe de 4 sprinteuses double-championnes de France UNSS (Union Nationale du Sport Scolaire) du relais 4 x 100 mètres 2012 et 2013. Ce groupe a été complété par la présence d'une hurdleuse sur 60 m et 100 m haies et deux hurdlers sur 400 m haies, tous trois participant aux championnats de France UNSS et FFA (Fédération Française d'Athlétisme). Avec ce groupe d'athlètes de niveau qualifié, il a été proposé de tenter d'augmenter leur vitesse au moyen d'un programme développant la souplesse et la force avec l'intention assumée d'accroître en particulier le facteur «amplitude» de la foulée.

L'axe central de ce travail de mémoire est ainsi bâti sur une programmation d'étirements statiques réguliers sur huit semaines dans le but d'améliorer les performances en sprint, souplesse et force, idée fondée sur les résultats positifs issus en particulier des études de Shrier (2004) ou des résultats des études de Kokkonen et al. (2007) et Ryan et al. (2011). Nous avons voulu vérifier si une souplesse statique plus élevée augmentait la performance de sprint sur un 50 m, en déterminant si les facteurs de vitesse et / ou de force étaient à l'origine de ce gain, sachant que certaines études suggèrent que la force influence la performance sur sprint court (Delecluse, 1997; Pauley et Perrey, 2003; Young et al., 1995).

Nous avons circonscrit volontairement la présente étude à l'analyse et au développement de la souplesse des membres inférieurs sachant que les membres supérieurs jouent un rôle non négligeable dans la performance en sprint (Hinrichs et al., 1987).

# 1. Cadre d'étude :

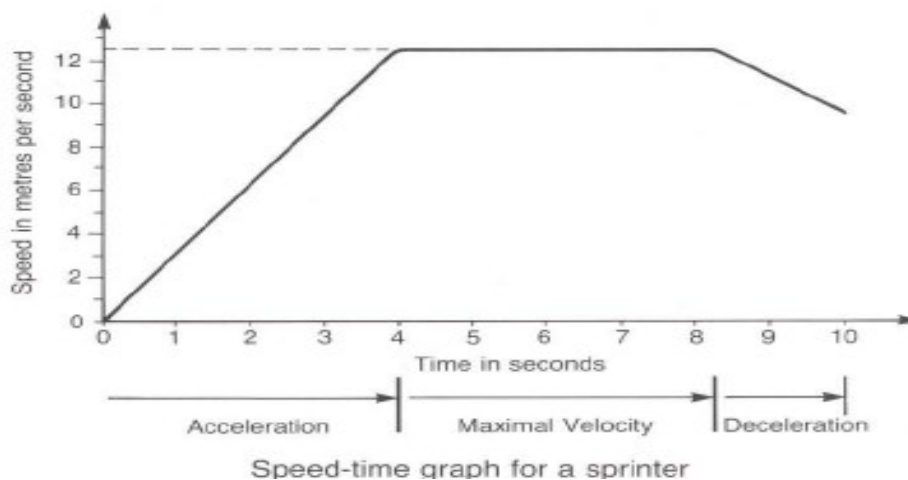
## ***1.1. Description technique des phases du 100 m :***

Le 100 m à haut niveau est classiquement composé de 3 phases majeures (Mero et Komi, 1992 ; Moravec et al., 1988) :

- de 0 à 30 / 40 m : mise en action et phase d'accélération
- de 40 à 70 / 80 m : phase de vitesse maximum
- de 80 à 100 m : décélération relative du pic de vitesse maximum

Ae et coll. (1992) repèrent le pic de vitesse maximale à 50 / 60 m chez les athlètes entraînés et à 70 / 80 m au plus haut niveau mondial chez les hommes.

Les athlètes féminines construisent leur course quasiment de la même façon, avec cependant une foulée significativement plus courte que les hommes entre 10 et 30 m, due à une puissance moins élevée (Debaere et al., 2013).



**Figure 1 : évolution de la vitesse au cours des 3 phases du 100 m**

Pour réaliser ce type de profil au décours d'un 100 m, le sprinter doit être doté de qualités physiques spécifiques en interaction, qualités différemment mises en jeu dans chacune de ces trois phases.



## 1.2. Principaux facteurs de performance en sprint :

Letzelter (2006) décrit les différentes aptitudes mobilisées par le sprinter mettant en relief les paramètres de performance sur 100 m :

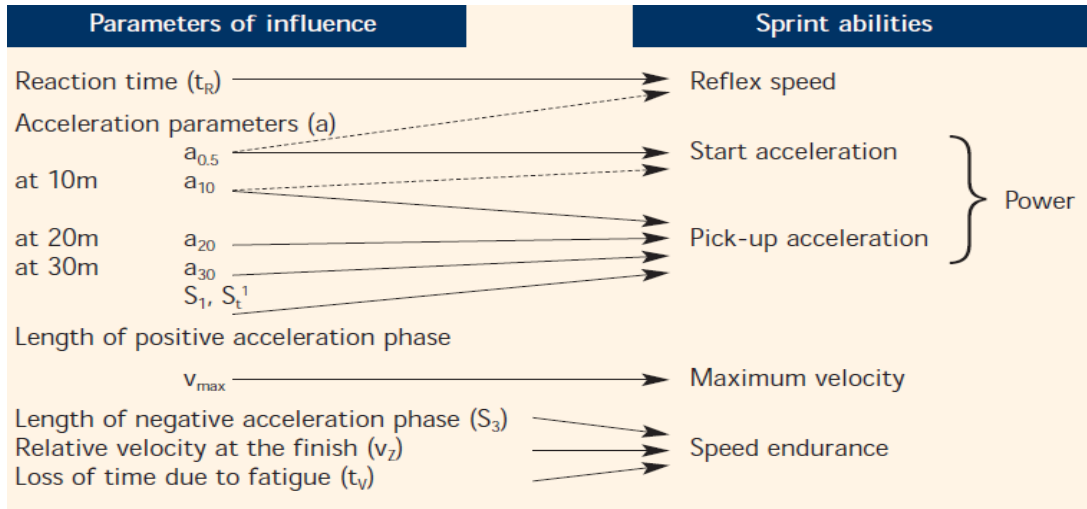


Figure 2 : aptitudes mises en jeu par le sprinter et leurs paramètres d'influence

Coh et al. (2010) quant à eux, distinguent les qualités de force sur chaque phase de course, repérant au-delà des 30 mètres la nécessité de disposer à la fois d'une élasticité et d'une raideur musculaires non négligeables.

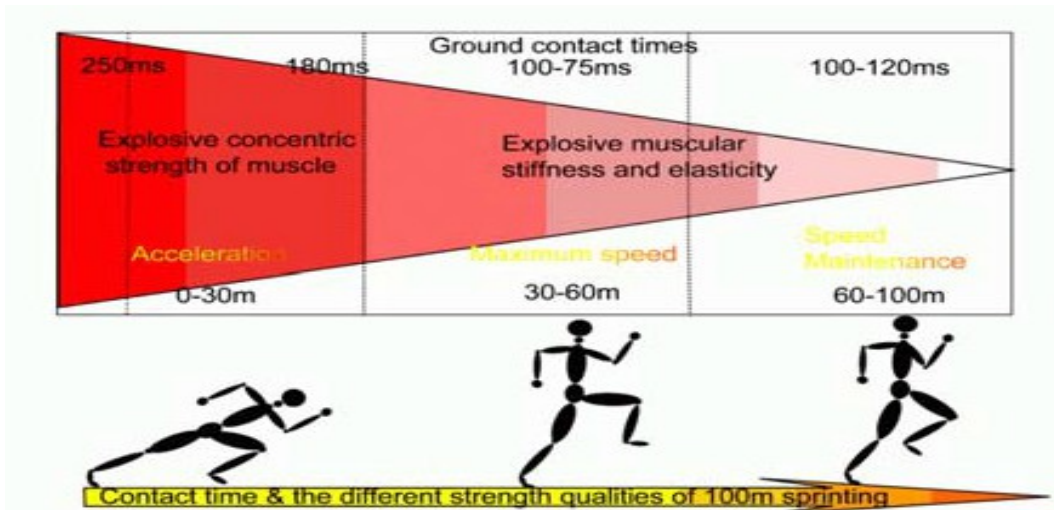


Figure 3 : temps de contact et différentes qualités de force sur un 100 m

Nous voyons déjà que se profile la double nécessité de posséder une certaine souplesse et un certain niveau de force musculaire.

Nous distinguerons ces différentes phases afin de dégager les qualités technico-physiques requises par le sprinter de 100 m et d'en déduire *in fine* le degré d'importance d'une forme de souplesse.

- **MISE EN ACTION (0 / 40 m) : liée au temps de réaction et à la force explosive :**

**\* La vitesse de réaction simple :**

Améliorable de 0 à 15 % selon Matveiev (1983), elle entre peu en jeu dans la performance finale sauf si le départ est vraiment raté d'après Mero et coll. (1992).

Les plus réactifs ont un temps de réaction autour de 120 / 135 ms mais le meilleur partant peut cependant arriver dernier (e.g., cas du 100 m aux J.O. de Montréal en 1976).

**\* La force explosive :**

Exprimée lors de la mise en action en particulier sur les dix premiers mètres lorsque le sprinter doit vaincre l'inertie de départ (c'est-à-dire sa masse corporelle) dans une position qui requiert une bonne maîtrise du déséquilibre. Lors du départ en starting-blocks et sur les premiers appuis, l'athlète utilise la force concentrique explosive des muscles des membres inférieurs pour générer la première accélération : celle-ci est tributaire d'un niveau de force maximale élevé mais non maximal, les sprinteurs les plus forts en musculation n'étant pas les plus rapides selon Miller (1997). Au-delà de 10 m, la gain de vitesse se poursuit et le sprinter doit développer une puissance élevée avec la recherche d'une orientation vers l'avant des forces appliquées au sol, en maintenant cette orientation le plus longtemps possible, avec une augmentation progressive de sa fréquence de foulée selon les travaux de Morin et al. (2012).

- **PHASE DE VITESSE MAXIMALE (40 / 80 m) : liée à la force réactive et au produit de la fréquence par l'amplitude :**

**\* Force réactive pliométrique :**

Certains auteurs assimilent le membre inférieur à un système masse-ressort (e.g., Chelly et Denis, 2001; Kuitanen et al., 2002). Il s'agit d'un système mécanique possédant une certaine raideur afin d'éviter une trop grande perte d'énergie au sol.

Il permet aussi de conserver la trajectoire du centre de gravité (CG) sur une direction proche de l'horizontale autorisant le renvoi optimal des forces d'appui sur des temps très courts (i.e., de 80 à 120 ms à haut niveau). On passe donc d'appuis longs sur les premières foulées (i.e., de 250 ms à 180 ms) pour agir davantage sur l'accélération du CG, à une réalisation d'appuis avec un haut niveau de force sur une fenêtre temporelle très courte. Cette « tension-renvoi » devra permettre d'entretenir la vitesse maximum, atteinte entre 40 et 80 m, et la maintenir à son plus haut niveau en fin de course. Selon Tidow et Wiemann (1995), le régime musculaire prédominant est un régime pliométrique focalisé principalement sur les muscles propulseurs : triceps sural, ischio-jambiers, grands fessiers, adducteurs et quadriceps. Ce régime musculaire est matérialisé par le principe du « cycle étirement-détente » ou CED décrit par Cavagna et al. (1968/1975) et Bosco et al. Il permet d'accumuler de l'énergie élastique (i.e., dans les composants élastiques-séries, notamment les tendons) et de la restituer lors de la contraction volontaire. Ce cycle, défini par l'enchaînement d'une contraction excentrique suivie immédiatement d'une contraction concentrique mettant en jeu à la fois des mécanismes réflexes et d'élasticité musculaire, est cependant lié en course à vitesse maximale à l'application d'une force élevée sur un temps d'appui très court. A ce sujet, Coh et al. (2010) précisent le comportement élastique des muscles propulseurs au moyen d'analyses EMG au moment de la phase d'amortissement. Ils évoquent d'abord un phénomène de pré-activation des gastrocnémiens, augmentant la raideur active et induisant un angle minimum de cheville pour un résultat de haut rendement d'énergie élastique, rendement rendu possible également par l'intervention du réflexe myotatique qui s'ajoute à la contraction volontaire. Puis ils évoquent la co-activation des agonistes / antagonistes de la foulée avant l'impact au sol (i.e., vastes du quadriceps / biceps fémoral et gastrocnémiens / tibial antérieur) favorisant l'augmentation de la raideur active de ces muscles, les rendant plus réactifs lors de l'impact au sol. Une augmentation de raideur de ces muscles aurait ainsi pour rôle de diminuer l'énergie chimique (i.e., les stocks d'ATP et de PCr) consommée pour la contraction selon Komi, Kuitanen et Kyrolainen (2002).

D'autre part, de nombreux auteurs définissent la vitesse lors de cette phase par le produit de l'amplitude par la fréquence (e.g., Bruggemann et al., 1999; Delecluse et al., 1998; Donati, 1995; Ferro et al., 2001; Gajer et al., 1999; Mann et Hermann, 1985).

- **Vitesse égale au produit de la fréquence par l'amplitude :**

La fréquence ou vitesse cyclique est liée à la maîtrise des cycles de foulée à pleine vitesse. Pour certains auteurs (e.g., Ae et al., 1992; Bezodis et al., 2008; Mann et Hermann, 1985), elle serait la composante majeure de la vitesse.

Cette vitesse cyclique dépend du degré de commande volontaire du système nerveux central, des coordinations inter et intra-musculaires acquises et du degré de fatigue centrale et périphérique en fin de course selon Coh et al. (2010). Intégrée à cette vitesse cyclique, la vitesse acyclique du pied est également importante : un retour rapide du pied au contact du sol caractérise le sprinter expert selon certaines études (e.g., Rega et Natta, 2002). Cette action de « griffé - tracté » permettrait d'ailleurs de limiter les forces de freinage à l'appui.

A haut niveau, les fréquences observées sont assez similaires chez les hommes et les femmes : 4,5 foulées/s femmes et 4,6 foulées/s hommes d'après Moravec et al. (1988), la différence se fait donc sur l'amplitude : 2,53 m en moyenne / 100 m hommes, 10 % de moins chez les femmes.

Par ailleurs, l'influence de l'amplitude sur la vitesse dans le produit semble déterminante pour certains auteurs (Gajer et al., 1999 ; Mackala, 2007; Mackala et Mero, 2013; Shen, 2000). Gajer et al. (1999) remarquent qu'une plus grande amplitude autorise une plus grande puissance dans les phases d'accélération et de maintien de la vitesse. Nous avons relevé au travers de ces études que l'amplitude de foulée est souvent appréciée en prenant comme repère l'articulation coxo-fémorale. La souplesse dynamique de hanche y est donc évoquée comme l'un des facteurs influençant fortement l'amplitude de foulée.

- ***PHASE DE MAINTIEN DE LA VITESSE (80 / 100 m) : liée au maintien de la coordination et à l'énergétique musculaire :***

Cette phase est cruciale pour rester bien placé sur la ligne d'arrivée. Elle est conditionnée par le maintien de la coordination du système nerveux central selon Coh et al. (2010), la mobilisation du système ATP-PCr et parallèlement la possibilité d'activer rapidement la glycolyse d'après Di Prampero et al. (2005).

Semmler et Enoka (2000) constatent une diminution conséquente de l'activité des centres corticaux et sous-corticaux affectant la coordination. La fatigue périphérique, par chute des stocks de PCr et une compétition engagée sur les sites de troponine entre les ions  $Ca_{2+}$  et les ions  $H^+$ , semble être un facteur expliquant la perte de vitesse d'après Bongbele (1990). En outre, Hautier et al. (1994) estiment que la part de la glycolyse anaérobie dépasse les 55 % sur 100 / 200 m, ce qui suppose donc une intervention rapide et efficace de cette voie énergétique.

Dans cette dernière partie de course, le niveau de coordination devrait donc être maintenu à son plus haut degré mais on observe tout de même une chute relative de vitesse maximum entre 1 à 9 % chez les meilleurs spécialistes mondiaux, décélération inexorable relevée par certains auteurs (e.g., Moravec et al., 1992)

Afin d'identifier correctement les possibilités d'amélioration de mobilité du membre inférieur, il nous faut à présent explorer et différencier les actions musculaires selon les étages de la machinerie articulaire.

### **1.3. *Éléments de biomécanique du sprint :***

Wiemann and Tidow (1995) ainsi que Novachek (1994) ont identifié les fonctions des principaux muscles moteurs du sprint :

- les grands fessiers (gluteus maximus) sont co-extenseurs de la hanche avec les ischio-jambiers en phase aérienne et lors des premiers instants de la phase d'appui.
- les grands adducteurs (adductor magnus) participent à l'extension de la hanche et neutralisent par leurs faisceaux moyen et inférieur la rotation externe du fémur causée par le grand fessier. Ils participent aussi à la flexion de la hanche par leur faisceau supérieur. Une raideur excessive des faisceaux inférieurs et moyens pourrait entraîner mécaniquement une flexion de hanche limitée, donc une pose d'appui vers l'avant plus raccourcie.
- le groupe des ischio-jambiers : ils sont les principaux contributeurs de la vitesse maximale du sprinter, ils agissent en synergie avec les grands fessiers lors de l'extension de hanche (i.e., retour du membre inférieur en arrière).

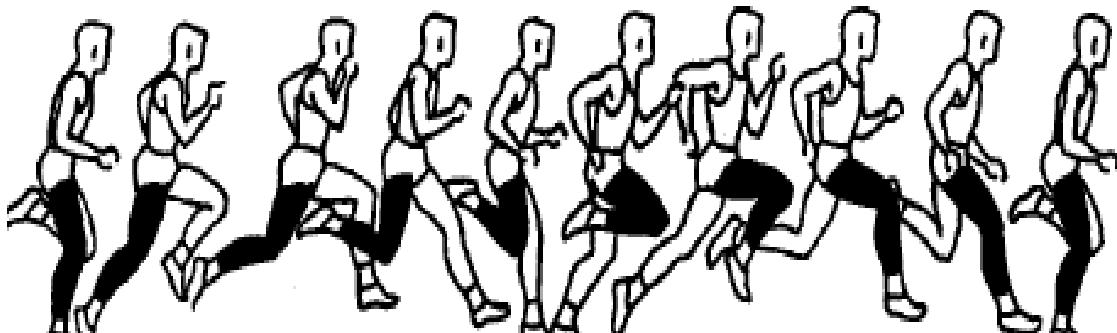
Ils participent aussi à l'extension du genou avec les quadriceps lors de la phase d'appui en « co-activation » selon Tidow et Wiemann (1995). Ils sont également mis à contribution de façon élastique lorsque le sprinter amorce son « griffé » : l'extension de la jambe sur la cuisse provoque un allongement rapide de ces muscles, en particulier du biceps fémoral selon Thelen et al. (2005).

Leur raccourcissement couplé à celui des grands fessiers et des pelvi-trochantériens, ainsi que celui de la chaîne dorso-lombaire obligerait le sprinter à diminuer sa flexion de hanche et son extension de genou (i.e., amorce du griffé), réduisant donc l'énergie mécanique potentielle de sa jambe libre (Grau, 2002).

- les ilio-psoas (psoas major et iliacus) sont les moteurs principaux de la flexion de hanche, à 88 % selon Mann (1985), ils pilotent le genou vers l'avant notamment en phase d'accélération. En phase de vitesse maximale, on cherche à ramener très vite cet appui postérieur avec le genou fléchi « talon sous la fesse » pour réduire les moments mécaniques des forces. Ce retour de la jambe d'appui se fait aussi grâce à l'élasticité des muscles mis en tension à l'extension de la hanche. Une raideur excessive de ces muscles pourrait nuire à cette extension naturelle lors de l'appui au sol, impliquant une rupture des alignements cheville-genou-bassin, préjudiciable à la transmission des forces (Dufour, 2009).
- le groupe des quadriceps : ils agissent surtout en phase d'accélération (i.e., en poussée sur 20 à 40 m), lorsque le buste est encore penché en avant, au moyen de puissantes extensions des genoux. Leur action se prolonge à vitesse maximale sur chaque appui pour contre-carrer les forces verticales de tassement dues à la masse de l'athlète. Muscles de constitution moins fibreuses que leurs antagonistes (i.e., les ischio-jambiers) et moins sollicités dans la propulsion après 30 ou 40 m, les quadriceps disposent d'une meilleure compliance que leurs antagonistes, à entretenir cependant régulièrement.
- la région lombaire est située au-dessus du bassin, zone charnière de transmission des forces au Centre de Gravité (CG) de l'athlète. Des lombaires rétractés induisant une hyperlordose entraîneraient un placement incorrect du tronc traduit par un recul des épaules, ce qui perturberait la position du CG (Grau, 2002) surtout si les muscles abdominaux, par manque de tonicité, ne rééquilibraient pas les tensions en rétroversant le bassin.

Au plan articulaire, la plupart des études (e.g., Chelly et Denis, 2001; Kuitunen et Komi, 2002) ont identifié une grande raideur des muscles mobilisant les articulations de la cheville et du genou (i.e., mollets et quadriceps principalement). Cette raideur semble favoriser la conservation de vitesse de l'athlète grâce à une tension mécanique plus élevée. Au niveau de l'articulation de la hanche, deux comportements musculaires sont observables selon les phases du cycle de foulée. Sur le segment à l'appui, ilio-psoas et droit antérieur doivent être suffisamment compliants pour permettre une extension naturelle de la hanche et effectuer un « retour élastique » rapide du segment fémoral vers l'avant. Sur le segment libre, un retour rapide du pied vers l'arrière (griffé - tracté) prépare à un appui actif et fort au sol (Weyand et al., 2000). Préalablement à cet appui, une phase d'extension du tibia sur la cuisse met en tension « l'élastique musculaire » du biceps fémoral qui doit avoir une bonne compliance dans ce cas, pour éviter les blessures sur cette phase (Thelen et al., 2005). Des ischio-jambiers rétractés pourraient gêner cette extension. Ceci diminuerait alors le potentiel d'énergie élastique disponible pour le retour en arrière actif du pied au sol. Un autre inconvénient serait d'avoir un genou qui monterait alors un peu plus haut pour compenser son manque d'extension, induisant une rétroversion plus prononcée de l'hémibassin, avec une modification des courbures vertébrales sus-jacentes.

Une synthèse de ces actions est présentée sur le kinogramme suivant :



**Figure 4 : kinogramme des phases de course**

Sur le second schéma, psoas et droit antérieur doivent favoriser une progression normale du bassin grâce à une compliance suffisante. Parallèlement, le retour rapide du genou vers l'avant est conditionné par une certaine raideur active de ces muscles à très haute vitesse.

Sur l'antépénultième et avant-dernière images, on observe l'extension tibiale sur le fémur. Les ischio-jambiers doivent être à cet instant à la fois relativement raides pour un retour rapide du pied en arrière et compliants pour accumuler de l'énergie potentielle.

Ces remarques au plan bio-mécanique ne doivent pas nous faire oublier que le plan physiologique a son importance pour soutenir l'idée d'une bonne souplesse musculaire. Ainsi, Abe et Kumagai (2000) rapportent que les tensions excentriques, pouvant être créées par la pratique d'étirements, augmenteraient le nombre de sarcomères en séries. Ils constatent chez les meilleurs spécialistes mondiaux en sprint une forte corrélation entre la longueur des fascicules et l'augmentation de vitesse. Duclay et al. (2011) confirment le rôle des tractions excentriques sur cette corrélation. Au niveau de l'articulation de la cheville, Kumagai et al. (2001) ont étudié plus précisément l'influence de l'architecture musculaire des gastrocnémiens et des soléaires sur leur possibilité de compliance. Ainsi, les jumeaux dotés de fibres longues, muscles de « vitesse » car dotés d'un angle de pennation moins marqué que les soléaires, bénéficieraient de sarcomères en séries supplémentaires. Les soléaires, muscles à structure penniforme, produisant grâce à cette structure une grande force, auraient tendance au raccourcissement du fait d'un angle de pennation avec l'aponévrose assez élevé. De plus, dans un cadre plus préventif, une étude publiée en 2003 par Witvrouw et al. menée sur deux ans avec un groupe de footballeurs a permis d'observer un lien significatif entre déficit de souplesse et blessures aux ischio-jambiers. D'autres auteurs (e.g., Jamtvedt et al., 2009; Mc Hugh et Cosgrave, 2010) se prononcent également en faveur du stretching dans une intention prophylactique.

Un compromis raideur-compliance semble donc nécessaire non seulement dans un objectif de conservation, voire d'amélioration de la technique de course mais aussi dans un but de prévention des lésions de nature musculaire.

Des observations précédentes, nous pouvons déduire que la souplesse du sprinter est relativement spécifique à certaines régions articulaires (i.e., l'articulation coxo-fémorale), qu'elle est plutôt de nature dynamique et pliométrique et que son amélioration pourrait faire l'objet de méthodologies d'étirements applicables à l'ensemble des zones articulo-musculaires des membres inférieurs.



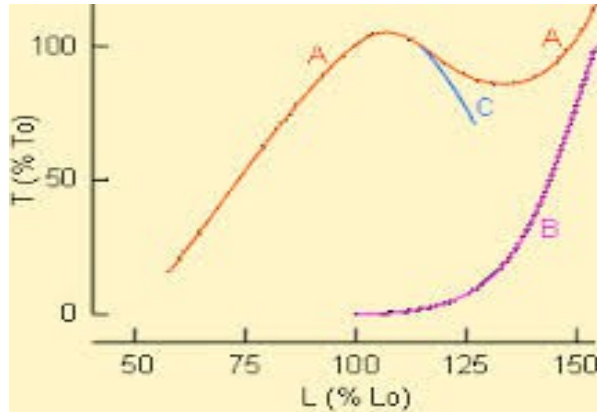
## **1.4. Quel travail de souplesse pour les sprinters ?**

Résumons la souplesse du sprinter en deux points :

- Elle est spécifique à certaines régions articulaires. La souplesse générale concerne toutes les articulations du corps et permet d'apporter une certaine aisance gestuelle. Une souplesse spécifique est circonscrite à quelques articulations souvent hypersollicitées par la pratique sportive et se révèle un atout pour la performance (articulations de l'épaule du lanceur de javelot). Dans le cas du 100 m cependant, nous nous éloignons un peu de cette définition *stricto sensu*. La mobilité de l'articulation coxo-fémorale doit être optimale et non maximale, c'est-à-dire autorisant une amplitude « viable » techniquement et individualisée, donc sans dégradation de la technique (i.e., pas de foulées bondissantes ni *a contrario* de foulées étriquées) .

- Elle est de nature dynamique et pliométrique : le sprint se fait à vitesse maximale, l'athlète n'a par conséquent pas le temps d'étirer passivement ses muscles. Cette souplesse dynamique met en jeu l'étirement à grande vitesse d'un muscle antagoniste par le biais de la contraction de son agoniste et de l'élan induit par la force de celui-ci, générée au départ du mouvement. Elle requiert surtout une alternance paramétrée de contractions agonistes - antagonistes : quand l'agoniste se contracte, l'antagoniste doit se relâcher pour maintenir la fréquence gestuelle. Ce sont des contractions suivies d'inhibitions inter-musculaires très fines qui sont alors mises en jeu. Ces coordinations spécifiques se développent bien souvent au moyen de combinaisons de gammes de courses (éducatifs) effectuées rapidement et dans des conditions de plus en plus proches de la technique complète de sprint. Cependant et malgré la force des muscles dirigeant le mouvement, certains auteurs (Grau, 2002; Souchard, 2011) affirment qu'une tension passive trop élevée, située pour eux dans les tissus aponévrotiques musculaires, pourrait être un frein à la fluidité du mouvement.

En outre, la relation force - longueur isométrique d'un muscle nous montre que la tension maximum de sa composante contractile apparaît pour une longueur égale à environ 120 % de sa longueur de repos. La figure 5 indique en A la tension totale produite par le muscle; en B la tension passive produite par les éléments élastiques du muscle; en C la tension active produite par les sarcomères.



**Figure 5 : relation force-longueur d'un muscle**

Pour cette même longueur (120 % de  $L_0$ ) et surtout à des longueurs supérieures, la composante passive s'accroît de façon exponentielle et pourrait alors constituer une résistance non négligeable aux étirements de type dynamique imposés par la foulée du sprinter. Ainsi, un muscle actif qui aurait perdu en compliance par manque d'étirements réguliers pourrait aussi perdre la faculté de générer des tensions importantes. Néanmoins, il faut nuancer ces conjectures car la relation force - longueur présentée ici concerne le comportement d'un muscle *in situ* et dans une situation d'isométrie.

L'un des objectifs des étirements statiques serait cependant d'accroître la longueur de repos afin d'augmenter les tensions musculaires dynamiques. Ce principe a ses limites puisque les liaisons actine - myosine sont plus nombreuses pour une longueur de sarcomères de 2 à 2,2  $\mu\text{m}$ , soit au sommet de la courbe tension - longueur, donc proche de leur longueur de repos.

Le caractère pliométrique est mis en exergue lors de la phase d'appui au sol : il faut rebondir activement grâce à des muscles à la fois raides pour une transmission maximale des forces et compliants pour emmagasiner de l'énergie élastique qui se cumulera à l'effort volontaire (Cavagna et al., 1975; Wathen et al., 1993).

Quelles modalités d'étirements alors choisir pour améliorer cette souplesse ? Nous en avons répertorié quatre utilisées couramment en pratique sportive :

- la souplesse statique passive matérialisée par la pratique des étirements passifs statiques (type Anderson) est mise en jeu à des vitesses de mobilisation segmentaires très basses voire nulles, permettant de ne pas éveiller le réflexe myotatique.

L'inconvénient serait que le pratiquant augmente son seuil de tolérance à la douleur lors des étirements de longue durée, ce qui pourrait l'inciter à augmenter inconsidérément l'amplitude des ses étirements et serait source potentielle de lésions tendino-musculaires.

- la souplesse statique active permet de solliciter le phénomène d'inhibition réciproque en contractant un groupe musculaire, ce qui relâche la musculature antagoniste, principe utilisé dans les étirements actifs posturaux. Cette méthodologie est intéressante du fait du contrôle tonique de la posture du mouvement par l'agoniste mais il est permis de douter des améliorations importantes de mobilité sans étirer passivement le muscle. En effet, une position « tenue » activement implique une moins grande amplitude qu'une position aidée par une « manoeuvre » passive.

- la technique du Contracté-Relâché-Etiré (CRE) a acquis ses lettres de noblesse avec le Docteur Solvborn dans les années 1980 : il s'agit de faire intervenir le réflexe myotatique inverse au moyen d'une contraction relativement intense et courte sur un muscle. Cela a pour effet d'inhiber le réflexe myotatique et d'aller un peu plus loin dans l'étirement. Soulignons d'emblée le caractère séduisant mais probablement pernicieux de cette technique qui risque d'inciter le pratiquant à dépasser des amplitudes raisonnables en ayant shunté les circuits réflexes de défense du muscle.

- la souplesse dynamique de type étirements balistiques (i.e., l'étirement rapide de muscles provoqué par la mise en action de leurs antagonistes, souvent avec un élan) : les données de la littérature sont assez contradictoires quant à leurs effets immédiats sur la performance, certains auteurs (Wallman et al., 2012) n'en concluent aucun rôle dans l'amélioration de la vitesse, d'autres en revanche (Turki et al., 2012) plébiscitent ce genre de pratique à visée de potentialisation de la vitesse, en cherchant encore le dosage approprié. Turki et al. (2012) tendraient à montrer que les étirements dynamiques améliorent immédiatement la force explosive.

Nous avons souhaité plutôt opter pour une technique qui semblait plus respectueuse de l'intégrité articulaire avec le Stretching Global Actif, héritage indirect de la méthode Mézières, et dérivé de la Rééducation Posturale Globale (RPG).

Cette méthode a été créée par P.-E. Souchard et est développée en France par N.Grau. L'un de ses principes fondamentaux est d'étirer les chaînes musculaires « en tension active excentrique » : créer une légère tension par une contraction volontaire du muscle placé en situation d'étirement de façon prolongée et sur une amplitude non maximale.

Ceci aurait pour effet de faire intervenir le réflexe myotatique inverse (Carlos, 2008). Les aponévroses s'allongeraient alors pour un moindre niveau de force appliquée au tissu musculaire (Soucard, 2011) et ce à froid afin que la plasticité du muscle soit conservée plus longtemps (Sapega et al., 1981). Un des avantages majeurs du SGA par rapport aux autres méthodes est qu'elle ne contraindrait pas le muscle à des tensions élevées, utilisant le facteur temps plutôt qu'une force élevée appliquée pour étirer les trames musculaires. Elle permettrait aussi de corriger les déviations de postures parfois remarquées au cours de l'utilisation d'autres méthodes, tout en prétendant étirer l'ensemble des muscles reliés entre eux par des chaînes musculo-aponévrotiques (Busquet, 1994 ; Paoletti, 2002) ; elle obligerait ainsi le pratiquant à traiter ses zones de raideur plus directement sans tricherie.

### ***1.5. Des résultats d'études incitatifs sur la pratique d'étirements réguliers :***

Un certain nombre d'études viendraient apporter des éléments de corrélation intéressants entre capacités de souplesse et performance en vitesse et / ou en force lors d'une programmation à court terme (i.e., de 4 à 10 semaines) :

- Shrier (2004) à l'issue d'une revue de littérature conclut à une progression de la force, de la hauteur de saut et de la vitesse par le biais d'étirements statiques réguliers (il ne fournit pas les modalités précises des protocoles) sans que l'économie de course ne soit impactée.
- Kokkonen et al. (2007) concluent après un programme régulier d'étirements statiques actifs et passifs sur dix semaines (trois fois par semaine à raison de quarante minutes sur les groupes musculaires principaux des membres inférieurs) à une augmentation des performances significative en souplesse (18.1 %), saut en longueur sans élan (2.3 %), saut vertical (6.7 %), sprint sur 20 m (1.3 %), ainsi qu'en force de flexion et d'extension du genou (plus de 30 %). Dans leur protocole, pas moins de quinze étirements de quinze secondes suivies de quinze secondes de repos étaient répétés trois fois à chaque séance, en espaçant les étirements d'une minute.
- Nelson et coll. (2012) déduisent l'impact d'un programme d'étirements statiques de dix semaines du mollet droit sur la force des deux mollets par un effet contro-latéral, avec une fréquence de pratique de trois fois par semaine, à raison de quatre étirements statiques de trente secondes espacés de trente secondes de repos.

- Grau (2007), kinésithérapeute du sport, constate une nette amélioration de la souplesse passive et un très léger progrès en détente verticale, à la suite d'une expérimentation « SGA » avec une seule posture d'étirements de la chaîne postérieure, effectuée trois séances par semaine sur un période de treize jours pour un groupe de trente-quatre sujets sportifs. Les résultats ont montré un gain de souplesse significatif sur un « sit and reach » (caisson horizontal) de 2,69 cm dès la fin de la première séance et de 4,36 cm lors du test final par rapport au test initial.
- Ryan et al. (2011) montrent qu'un programme de quatre semaines d'étirements passifs sur les fléchisseurs plantaires aboutit à une augmentation de force de 14 % de ces muscles, sur un groupe expérimental de dix-sept hommes en bonne santé. Le protocole était basé sur une durée totale de neuf minutes d'étirements à chaque séance avec des étirements passifs maintenus cent trente-cinq secondes espacés de cinq à dix secondes de repos, trois fois par semaine.

## **2. Problématique et hypothèse :**

Nous souhaitons, au regard des ces études, vérifier le bien-fondé d'une pratique régulière d'étirements statiques, c'est-à-dire sur une période de plusieurs semaines avec une fréquence qui puisse permettre une réelle progression de la souplesse. Nous avons aussi souhaité savoir si les étirements statiques s'avéreraient pertinents pour améliorer un certain nombre de facteurs de performance en sprint.

La souplesse dynamique étant mise en jeu au cours des éducatifs de sprint , un programme d'étirements de type statique (SGA) a été proposé afin d'améliorer principalement la souplesse des muscles du train porteur, sans oublier ceux des membres supérieurs et du tronc. Compte-tenu des résultats plutôt encourageants de la littérature rapportés auparavant, nous formulons ainsi notre hypothèse : une souplesse statique optimale, c'est-à-dire favorable à une aisance dynamique gestuelle, pourrait conduire à l'amélioration de l'amplitude de foulée de notre groupe expérimental. Ce bénéfice d'amplitude, s'il s'accompagne d'un accroissement de la vitesse de course pourrait nous conduire à suggérer fortement que la souplesse statique du sprinter est un facteur significatif et non secondaire de la performance en sprint court.

### **3. Expérimentation :**

#### **3.1. Méthode (protocole) :**

Le programme d'étirements type SGA a porté principalement sur les groupes musculaires du membre inférieur, notamment lors d'un travail personnel à faire chez soi. Une séance d'au moins trente minutes par semaine devait être réalisée sur deux à trois postures travaillant principalement les extenseurs et fléchisseurs de hanche. Une fiche de travail a donc été remise à chaque athlète (annexe 1) En parallèle à ce travail personnel, une séance hebdomadaire de quarante-cinq minutes à une heure avait lieu le vendredi midi. Sur cette séance étaient passé en revue les mollets, ischio-jambiers, adducteurs, fessiers, pelvi-trochantériens, quadriceps, ilio-psoas et paravertébraux, les muscles du tronc et des membres supérieurs avec les rétropulseurs (i.e., principalement grands dorsaux / grands ronds) et antépulseurs des bras (i.e., principalement deltoïdes antérieurs, portion claviculaire du grand pectoral, long biceps). Les postures devaient être maintenues entre une et deux minutes, avec une progression sur l'amplitude et n'étaient réalisées qu'une fois au cours de la séance.

En musculation, il était prévu majoritairement des séances de développement de la puissance - explosivité et un rappel de force maximale. Les deux premières semaines du protocole correspondant aux vacances scolaires de ces athlètes en internat, ils ont été quasiment au repos complet après une saison hivernale très longue, hormis deux sujets qui étaient en période d'affûtage.

##### **3.1.1. Sujets étudiés :**

Le groupe était composé de 7 athlètes de niveau interrégional tous qualifiés aux championnats de France cadets 2012 (5 filles, 2 garçons), et scolarisés au lycée de Cesson Sévigné (35). Ce groupe d'athlètes listés « Espoir » ou « CLE » (Centre Labellisé d'Entraînement) a donc réalisé 6 à 7 entraînements hebdomadaires dont 2 séances en musculation/haltérophilie de 1h00 à 1h30 les lundi et jeudi midis et une séance d'étirements de 45' à 1h00 le vendredi midi :

- Maëlle M. 100 / 200 m : 12"16 au 100 m ; 26"32 au 200 m : niveau N4 normes FFA, demi-finaliste France sur 100 m cadette 1<sup>ère</sup> année en 2012.

- Charleyne C. 100 / 200 m : 12"20 au 100 m ; 24"91 au 200 m : niveau N4, finaliste France 200 m, cadette en 2012, blessée en fin de saison 2013.
- Ronan R. 400 m H : 55"14 en 2013 soit niveau N4 (junior 1).
- Léa L. 100 / 200 M : 12"21 au 100 m en 2013 ; 25"34 au 200 m : niveau N4, finaliste France 200 m.
- Coralie C. 100 m haies : 14"70 sur 100 m haies, niveau N4 en 2012.
- Valentine L. 400 m haies (listée Centre Labellisé d'Entraînement) : 69"40 en 2012 et 7"93 sur 50 m haies cadette soit niveau IR1.
- Romain M. 400 m haies, finaliste France cadets 2012 sur 400 m haies en 57"20, niveau IR2, blessé avant les re-tests. **Nous avons donc considéré que le groupe expérimental était au total constitué de 6 sujets.**

### 3.1.2. Calendrier de l'étude :

La période de l'étude s'est étendue sur huit semaines, encadrée par deux moments consacrés aux tests. Un intervalle d'une semaine a été ménagé pour la passation afin d'éviter une interaction négative des tests avec l'entraînement des sportifs : pré-tests du 18 au 22 février 2013 et post-tests du 15 au 19 avril 2013.

PRE-TESTS du 18 au 22/02/2013	
Semaines 1 et 2	Repos relatif (congés scolaires) : fiche de travail sur les étirements (connus de chacun) à travailler 30 à 45' deux fois par semaine, pas de musculation
Semaines 3 et 4	Puissance - force à 60/70 % : 4 à 6 séries de 8 répétitions et une récupération passive de 3 minutes - Lundi midi sur presse oblique et ¼ de squat - Jeudi midi : mouvements combinés légers de 30 à 50 % du maxi en haltérophilie (séance de 45') - Vendredi midi : 45' d'étirements SGA + séance 30' par semaine
Semaines 5 et 6 :	Explosivité avec 4 à 6 séries sur la presse oblique à 80% du maxi alterné avec 8 sauts concentriques sur banc (r = 3') - Lundi midi 1h30 - Jeudi midi : mouvements combinés légers de 30 à 50 % du maxi en haltérophilie (séance de 45') - Vendredi midi : 45' d'étirements SGA + séance 30' par semaine
Semaine 7	1 rappel de force maxi le 4 avril en excentrique à 105 % à la presse oblique (3 à 4 séries de 3 suivies de travail concentrique à 50 % du maxi) 45' d'étirements SGA + séance 30' par semaine
Semaine 8 : Pas de musculation (pas accès à la salle)	
POST-TESTS du 15 au 19/04/2013	

**Tableau I : protocole d'entraînement sur 8 semaines**

Précisons que les séances du lundi midi étaient consacrées en semaines 5 et 6 à des exercices de développement de l'explosivité - puissance en musculation, celles du jeudi midi étaient dévolues à la pratique de l'haltérophilie sur environ 1h00 de la semaine 3 à la semaine 6. La durée du protocole en SGA s'est étendue sur les huit semaines.

### **3.1.3. Dispositif et matériel :**

Les tests ont été réalisés en gymnase, piste d'athlétisme, salle de musculation et praticable de gymnastique avec les dispositions de planning suivantes :

Le lundi midi nous avons utilisé une presse à cuisses oblique à 45° avec système de poulie et de charges directes sur plateau pour prédire la « 1 répétition maximale » des muscles extenseurs des membres inférieurs à partir d'une performance de 5 à 6 reps maxi (correspondant à 85 % du maxi) via une extrapolation à partir de la formule de Brzycki (annexe 2). Le mardi soir : test de détente horizontale pour explosivité des membres inférieurs) sur tapis de gym avec décimètre. La mesure a été effectuée du bord du tapis (étalon = 0) à l'arrière du talon du sujet. Le jeudi midi : utilisation d'un Myotest ® étalonné et intégrant les poids et taille de chaque sujet sur un test de Contre-Mouvement Jump pour dresser un profil « hauteur, puissance, force et vitesse » puis un test de 6 bonds successifs verticaux « en pied » pour relever des mesures de hauteur, temps de contact, indice de réactivité et coefficient de raideur. Le jeudi soir : utilisation de cellules photo-électriques pour chronométrage au centième de seconde sur un 50 m plat, sur piste synthétique, avec starting-blocks et en chaussures à pointes afin d'établir une corrélation plus forte avec les conditions réelles de compétition (Fourchet et al., 2007; Stacoff et al., 1991). Les temps obtenus ont été classés sur un barème FFA. Un décimètre a été également utilisé pour mesurer l'amplitude de foulée dans le secteur entre 15 et 40 m, sachant que l'amplitude de foulée maximale était atteinte, selon l'entraîneur, à partir de 15 m. C'est donc une estimation indirecte de l'amplitude de foulée moyenne qui était prise. Le vendredi : utilisation d'un caisson gradué cm par cm pour la souplesse globale de la chaîne musculaire postérieure en « penché avant ». Le logiciel d'exploitation vidéo Kinovéo ® a été utilisé après avoir placé des repères (i.e., sparadraps) au niveau de l'épine iliaque antéro-supérieure et au niveau rotulien pour mesurer l'angle entre la cuisse droite et la cuisse gauche (annexe 3).



### 3.1.4. Tâches et procédures :

L'ordre de passation des tests dans la semaine était celui décrit au paragraphe précédent, avec un intervalle de temps évitant donc au possible des interactions négatives entre eux pour ne pas fausser les résultats. Pour chaque test l'échauffement était standardisé de la manière suivante :

- musculation : 5 min de rameur et 6 reps à 50 % du maxi (référence : tests de décembre), 6 reps à 60 % du maxi, 6 reps à 70 % du maxi (R = 3').
- long jump : 5 min de jogging suivi de 5 min d'éducatifs
- CMJ et réactivité : 5 min de rameur
- sprint : 5 min de jogging suivi de 20 min d'éducatifs et de 3 accélérations sur 40 m
- souplesse : pas d'échauffement ; faire le test de souplesse active en premier.

Quand plusieurs essais étaient prévus, les sujets faisaient une rotation complète pour attendre leur tour, avec une période de récupération de 6 à 7 minutes, propice à une restauration physiologique complète des stocks de phosphorylcréatine. Le tableau II résume les tâches et procédures utilisées.

<b>TESTS</b>	<i>Définition de la tâche à effectuer</i>	<i>Nombre d'essais</i>	<i>Consignes données au sujet</i>
<b>PRESSE OBLIQUE A 45 °</b>	Réaliser un effort de force maximale indirecte (mesure approchée) en flexion-extension des membres inférieurs à un angle spécifique au starting-blocks (repère = 90° au niveau des genoux)	3	Effectuer 6 flexions-extensions maximales en descendant à 90° au niveau des genoux. Vérification par co-évaluateur.
<b>LONG JUMP</b>	Réaliser un saut horizontal avec la force des membres inférieurs, avec élan des bras.	3	Effectuer le plus long saut possible vers l'avant, avec l'aide des bras.
<b>CMJ</b>	Réaliser 5 sauts au bip sonore imposé par le Myotest, en gardant les mains fixées aux hanches. Flexion et extension des membres inférieurs le plus rapide possible.	2	Effectuer 5 sauts verticaux au moment du bip mains fixées aux hanches, bien attendre le signal sonore pour chaque saut
<b>SAUTS EN PIED</b>	Réaliser 6 sauts « en pied » à compter du bip sonore de départ imposé par le Myotest, en gardant les mains fixées aux hanches. Seule l'articulation de la cheville est mobilisée.	2	Effectuer 6 sauts enchaînés à partir du signal sonore seulement, les genoux verrouillés, juste avec les mollets
<b>SPRINT 50 m</b>	Réaliser un 50 m en sprint, avec pointes et départ en starting-blocks	2	Effectuer un 50 m le plus vite possible
<b>SOUPLESSE GLOBALE CHAINE POSTERIEURE</b>	Sur le caisson gradué, se pencher le plus bas possible sur la graduation et bloquer la position au moins deux secondes (vérification par co-évaluateur)	1	Sur le caisson gradué, se pencher le plus bas possible, genoux restant verrouillés, poser les mains au moins deux secondes
<b>SOUPLESSE ACTIVE ISCHIO-JAMBIERS</b>	Allongé sur tapis, un membre inférieur au sol, si besoin fixé par un tiers, élévation le plus proche possible de la verticale du membre opposé pour étirer les ischio-jambiers. Bloquer la posture au moins 2 secondes	1	Garder une jambe au sol bien tendue, tendre complètement l'autre jambe en hauteur, rester 2 secondes en position.

Tableau II : tâches et procédures utilisés lors du protocole

### 3.1.5. Variables étudiées :

- Variables indépendantes : les variables indépendantes exogènes sont en général l'âge et le sexe des sujets, et le climat météorologique pour les mesures sur piste. Les deux premiers paramètres sont stables. Comparativement à février, la température extérieure du mois d'avril 2013 a légèrement augmenté (+ 3° C).
- Variables dépendantes :
  - **Force maximale des extenseurs de hanche, genou et cheville :**  
Relevée au cours d'un test de 6 répétitions maximales à la presse oblique. Ce test indirect permettrait d'obtenir la 1 rep maxi (100 %) donnant un indicateur sur la force maximale. Les pratiquants ayant 4 mois de pratique en musculation, la prise de risque a été minimisée en pré-test avec une commande de « 6 reps maxi et pas une de plus », le post-test ayant été fait dans les mêmes conditions. Les angles demandés au niveau des genoux devaient être très proches de 90°, vérifiés *de visu* par un co-évaluateur. Pour une question de pertinence, il s'agissait de reproduire ici les angles fidèles à ceux que les athlètes adoptent dans les starting-blocks.
  - **Force explosive des membres inférieurs (extenseurs de hanche, genou et cheville)** avec la réalisation d'un saut pieds joints sans élan. L'inertie de départ étant importante, l'explosivité des extenseurs du membre inférieur est fortement mise en jeu. Une bonne corrélation existe dans la littérature entre ce test et l'explosivité manifestée lors du départ en starting-blocks (Peterson et al., 2006).
  - **Temps sur 50 m** : les conditions les plus fidèles possibles ont été réunies sur ce test : départ en starting-blocks, cellules photo-électriques et chaussures à pointes. Les calculs de la vitesse de chacun ont ensuite été faits dans un tableau Excel ® à partir de ce chronométrage. Les athlètes devaient partir légèrement en retrait de la ligne de départ pour ne pas déclencher les cellules par un mouvement d'épaules. Les résultats du chronométrage sont donc légèrement affectés par ce décalage.
  - **Amplitude de foulée** : il s'agissait de faire une prédiction de l'amplitude moyenne à partir de mesures prises entre 15 et 40 m car l'entraîneur a estimé qu'à ce niveau de pratique, les athlètes sont relevés à 15 m et produisent une amplitude de foulée optimale (le maximum ayant lieu en fin de course selon Moravec et al., 1988).

Le nombre de foulées réalisé par l'athlète du 1<sup>er</sup> appui à l'intérieur au dernier appui à l'extérieur de cet intervalle de 25 m était mesuré. Puis on divisait cet intervalle par le nombre de foulées pour obtenir une estimation de l'amplitude moyenne sur un 100 m (test empirique utilisé par de nombreux entraîneurs de sprint, croisé avec une autre formule empirique de la foulée moyenne : 1,2 fois la taille de l'athlète).

- **Fréquence de foulée** : déduite mathématiquement de la vitesse et de l'amplitude de foulée (fréquence = vitesse / amplitude).
- **Extrapolation du temps sur 100 m** : un second passage sur 50 m avec les cellules installées entre 15 et 25 m a permis aussi empiriquement de noter un « chrono » sur cet intervalle multiplié par 10 pour avoir une prédiction du temps sur 100 m.
- **CMJ** : le Contre-Mouvement Jump mobilisait la puissance de la chaîne des extenseurs du membre inférieur (avec une mise en jeu de l'élasticité musculaire) et représente un test scientifiquement validé (Cormack et al., 2008). L'outil Myotest<sup>®</sup> a été utilisé car il possède une fiabilité importante pour des mesures répétées sur plusieurs sessions de tests (Nuzzo et al., 2011) et dispose d'une bonne validité en comparaison d'autres outils (Castagna et al., 2013). Hauteur (cm), puissance (w/kg), force (N/kg) et vitesse (cm/s) ont été mesurés par cet outil.
- **Test de réactivité des mollets** : à partir de 6 sauts verticaux enchaînés « en pied », le Myotest<sup>®</sup> a recueilli les données suivantes : hauteur (cm), temps de contact (ms), indice de réactivité et coefficient de raideur (k/Nm). Un barème fourni par la société exploitant le Myotest, permettait de visualiser le profil musculaire du sportif et de situer son niveau (de « très faible » à « excellent »).
- **Souplesse passive globale de chaîne postérieure** sur un caisson gradué cm par cm avec un « penché avant » : un indice chiffré a été relevé sur la compliance des muscles propulseurs du sprint (principalement gastrocnémiens, ischio-jambiers et fessiers) mais aussi celle de la chaîne dorso-lombaire qui participe à l'équilibre du tronc. Le « penché avant » évaluait la souplesse globale de la chaîne postérieure.
- **Souplesse statique active des ischio-jambiers** : en décubitus dorsal, une « jambe » tendue au sol, étendre l'autre en hauteur. L'angle était mesuré entre membres inférieurs par l'intermédiaire du logiciel Kinovéa<sup>®</sup> après arrêt sur image. Ce test, caractéristique du relâchement des ischio-jambiers, donnait un aperçu des limites musculaires à l'amplitude de foulée.

Comparativement au précédent test, on avait isolé la souplesse spécifique des muscles autour de l'articulation coxo-fémorale, l'amplitude pouvant être gagnée par une contraction active des antagonistes des ischio-jambiers (ilio-psoas et quadriceps).

Nous avons également prévu un relevé de charges d'entraînement avec un calcul des indices de surentraînement (type Foster) au cours du protocole mais, d'une part les données collectées ont été perdues suite à une panne informatique, et d'autre part celles-ci auraient été quelque peu incomplètes, compte tenu du manque de soin des athlètes à noter leurs charges quotidiennes.

### **3.1.6. Analyse des données :**

Pour le traitement statistique sur le logiciel SIGMASTAT ®, nous avons utilisé un t-test sur données appariées et un test de de Wilcoxon (Signed Rank Test) afin de vérifier les différences de résultats entre les deux sessions. Le choix des tests s'est effectué après vérification de la normalité des distributions et de l'homogénéité des variances. Le seuil de significativité retenu était de 0,05 ( $P < 0,05$ ). Nous avons fait figurer en résultats l'évolution des moyennes de performance du groupe expérimental avec les erreurs standards (graphiques). Des corrélations ont été également calculées entre gain d'amplitude de foulée dynamique et gain de vitesse ainsi qu'entre gain d'amplitude statique (chaîne postérieure) et gain de vitesse, gain en puissance (CMJ) et gain en vitesse.

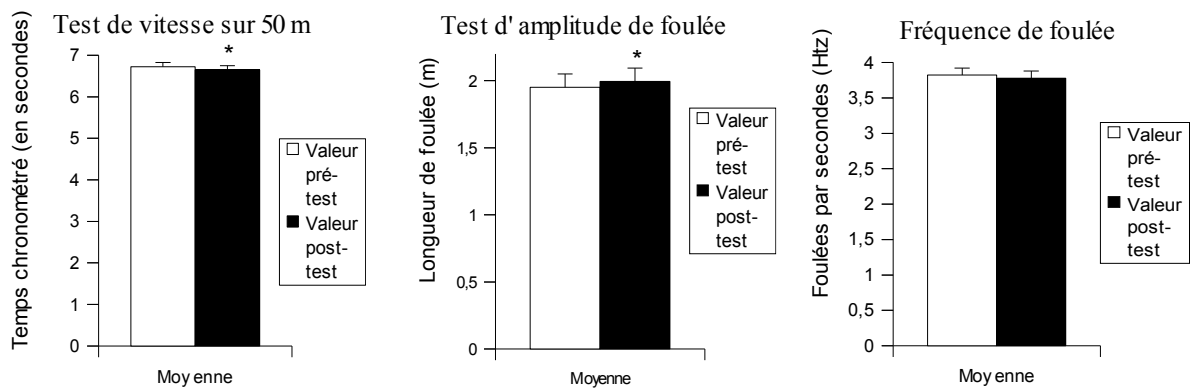
### **3.2. Résultats :**

A l'issue des pré-tests : les deux sprinteuses les plus rapides du groupe, en valeur absolue (classement barème FFA) semblaient être les moins souples du groupe (Maëlle et Charleyne). De plus, elles n'étaient pas les plus fortes du groupe (à la presse oblique et au saut horizontal sans élan) ni celles qui possédaient les plus grandes puissances à l'issue des tests CMJ et réactivité « en pied ». La corrélation puissance / vitesse nous a fourni graphiquement une grande dispersion des valeurs et un coefficient de corrélation très faible.

A l'issue du programme, les moyennes arithmétiques des pré-tests et re-tests ont été calculées sur toutes les variables présentées précédemment.

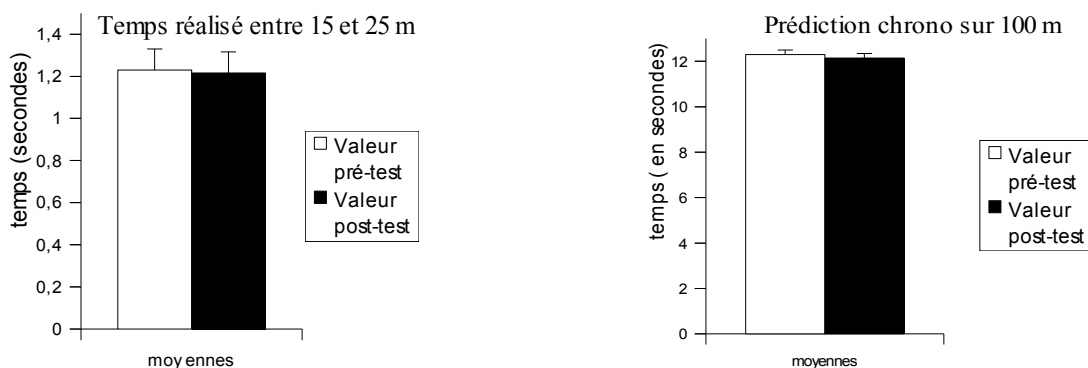
Deux résultats apparaissent statistiquement significatifs à l'issue des huit semaines de protocole : vitesse et amplitude de foulée.

Les résultats sur la vitesse du groupe (graphique 1) révèlent une légère progression mais significative cependant car l'ensemble des 6 sujets ont progressé. La moyenne du groupe passe de 6"73 à 6"65 sur 50 m, soit une amélioration de 1.2 %. Le graphique 2 présente une progression de l'amplitude moyenne de foulée qui passe de 1.95 m à 2.00 m soit une augmentation de 2,5 %. La fréquence de foulée moyenne du groupe semble avoir très légèrement régressé (- 1.05 %) en parallèle (graphique 3).



Graphiques 1, 2 et 3 : évolution des composantes de la vitesse sur 50 m

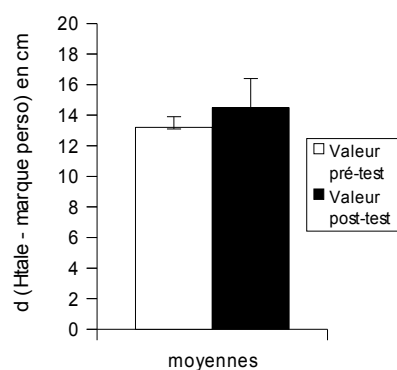
Les deux graphiques suivants nous présentent la prédiction d'un temps sur 100 m à partir du temps relevé entre 15 et 25 m. On observe une grande stabilité des valeurs. La valeur moyenne de prédiction du 100 m (à partir du temps sur l'intervalle 15-25 m multiplié par 10) passe de 12"3 à 12"15 soit une amélioration quasi-similaire de 1.21 %.



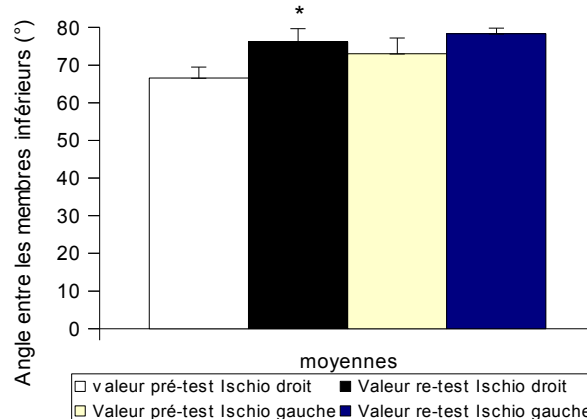
Graphiques 4 et 5 : prédiction du temps sur 100 m

Le test de souplesse globale de la chaîne postérieure (graphique 6) révèle une augmentation de 21.20 %, celui de souplesse statique des ischio-jambiers indiquent une augmentation de 10.82 % pour le côté gauche et de 15.87 % pour le côté droit. Malgré cette forte augmentation, l'exploitation statistique n'a pas permis de donner un résultat significatif sur la souplesse statique hormis pour la souplesse de ischio-jambier droit. Cela est probablement dû au fait que, parmi l'échantillon testé, un sujet était blessé au pré-test et un autre l'était aussi lors du re-test diminuant encore le nombre de sujets analysés et à une dispersion des résultats.

Test de souplesse globale chaîne postérieure

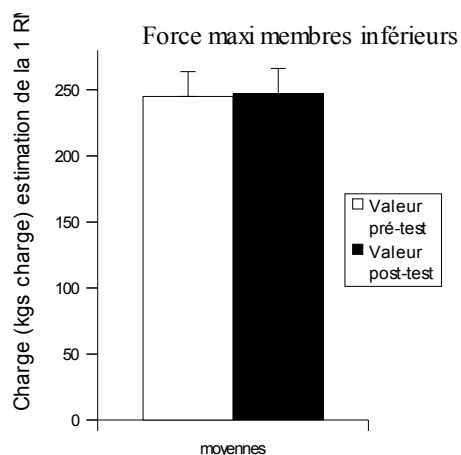


Test de souplesse statique active ischio-jambiers

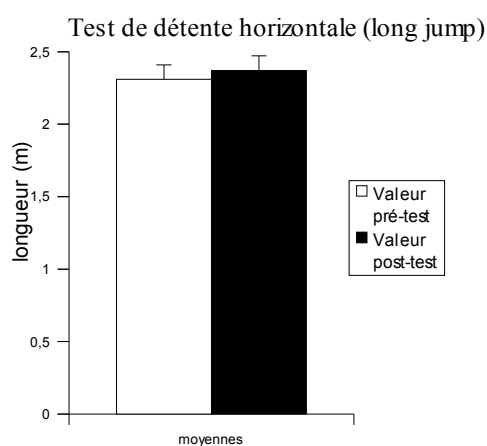


Graphiques 6 et 7 : évolution souplesse globale chaîne postérieure et des ischio-jambiers

Les capacités de force maximale indiquent une relative stabilité des performances. Le test de détente horizontale (long jump) donne une amélioration moyenne de 2.6 % (graphiques 7 et 8).

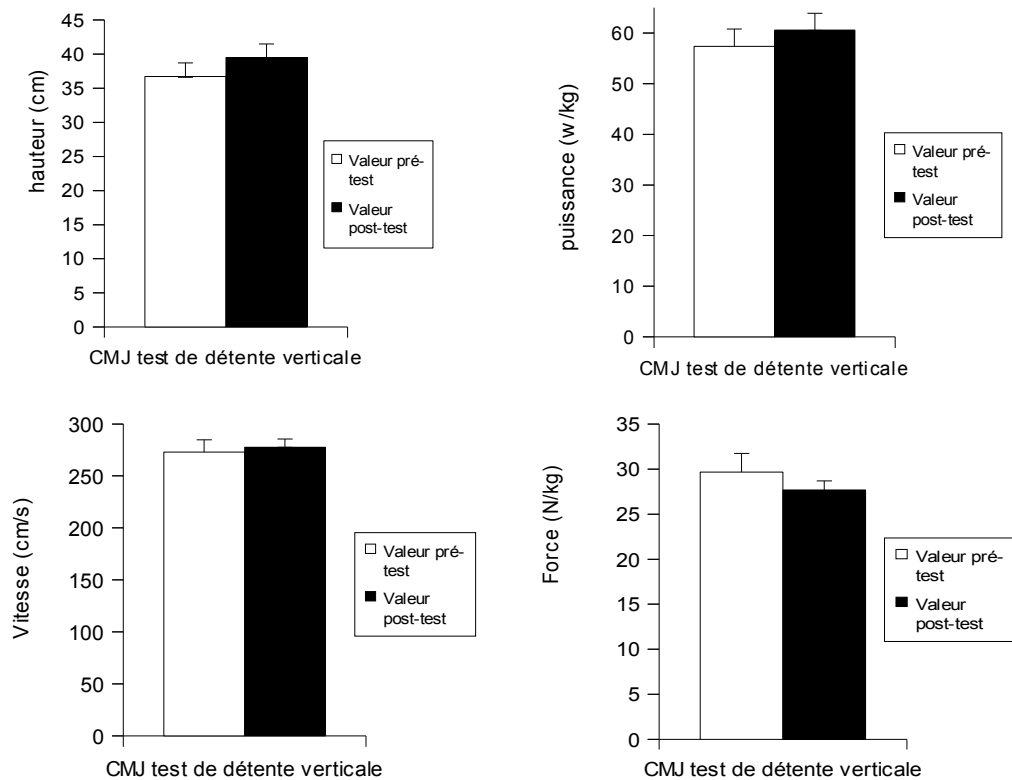


Graphique 8 : évolution de la force maximale



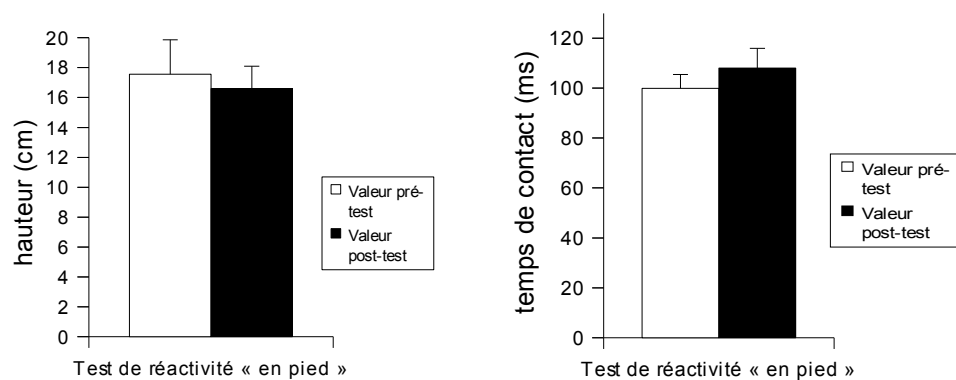
Graphique 9 : évolution explosivité des membres inf.

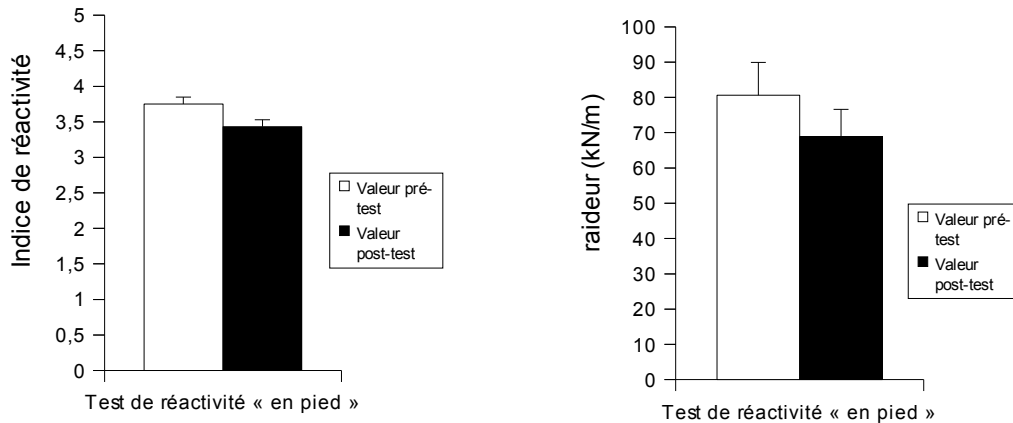
Le test CMJ montre de façon homogène (peu de dispersion) une amélioration de hauteur moyenne de 6.91 %. La puissance a augmenté de 2.88 % alors que sa composante vitesse est stable, sa composante force a régressé de plus de 10 % avec cependant une forte dispersion des valeurs.



**Graphiques 10, 11, 12 et 13 : évolution des paramètres de la puissance**

Le test de réactivité « en pied » a fourni des résultats surprenants : les paramètres hauteur, réactivité et raideur ont régressé et le temps de contact moyen a augmenté.





Graphiques 14, 15, 16 et 17 : évolution des paramètres de la réactivité/raideur

Les calculs de corrélation ont donné de faibles liens entre gain d'amplitude de foulée dynamique et gain de vitesse ainsi qu'entre gain d'amplitude statique (chaîne postérieure) et gain de vitesse, avec des coefficients de corrélation inférieurs à 0.3 pour l'ensemble. Les progrès en puissance (CMJ) semblent également faiblement corrélés à l'augmentation de vitesse. La corrélation « long jump-vitesse » est moyenne (coefficient de 0,46), signe qu'une bonne explosivité favoriserait l'expression d'une bonne performance en vitesse sur 50 m.

#### **4. Discussion :**

Le but de cette étude était d'observer les effets d'un programme d'étirements statiques de type SGA sur la vitesse d'un groupe de sprinteurs / sprinteuses de niveau national. D'un point de vue général, si la vitesse et l'amplitude de foulée ont augmenté significativement au cours de ces huit semaines, un lien de corrélation solide entre l'augmentation de la souplesse des muscles des membres inférieurs et ces améliorations reste à démontrer. L'échantillon statistique étant de faible dimension (6 sujets sans compter les athlètes parfois blessés avant les tests), il serait judicieux de tempérer cette première remarque en prévoyant une autre expérimentation avec un groupe de sujets beaucoup plus conséquent. En l'absence de groupe-contrôle, il est délicat de rendre des conclusions définitives sur l'efficacité absolue du programme d'étirements de type SGA, d'autant que des interactions se sont sûrement produites avec d'autres types d'entraînement.



Une analyse plus approfondie nous indique que :

- la souplesse statique active et passive ont cependant nettement progressé mettant en valeur le travail accompli par l'ensemble du groupe. Il existe une différence de progression notable (en pourcentage moyen) entre les ischio-jambiers, le droit ayant manifestement profité davantage du programme, peut-être parce que le retard de souplesse était plus marqué de ce côté-là au départ.
- la force maximale et la force explosive des sujets ont très peu augmenté. Précisons ici qu'ils avaient déjà progressé dans leurs quatre premiers mois de pratique et que le mois d'avril (avant les re-tests) a été marqué par la suppression de trois séances de musculation. De plus, plusieurs d'entre eux ont vécu un stage qui a déclenché une vague de périostites le week-end précédant la semaine de re-tests.
- les résultats obtenus en CMJ nous montrent que la puissance du sujet a augmenté légèrement non pas par un gain de force (peu significatif) ni par la vitesse d'exécution (stable). Un contre-mouvement de plus grande amplitude lié à l'augmentation de compliance des muscles extenseurs du train porteur (collaboration quadriceps/fessiers et ischio-jambiers plus mollets) est peut-être à l'origine de ce progrès ou encore une amélioration de la coordination des muscles impliqués dans ce test. C'est là une hypothèse à vérifier dans une expérience de plus longue durée avec des analyses plus fines des amplitudes sur cette élasticité potentiellement supérieure.
- les résultats obtenus sur la réactivité des mollets semblent être les plus décevants. Les périostites (diagnostiquées par le staff médical sur les trois-quart du groupe) semblent avoir joué un rôle « algique » non négligeable sur ces contre-performances.
- Les corrélations entre les qualités physiques de soutien de la performance en sprint (force, explosivité, amplitude active, souplesse statique) et la vitesse de l'athlète n'ont pas permis d'établir une influence majeure sur celle-ci, ni conduit à être absolument certain que le gain de souplesse est à l'origine du progrès en vitesse et non la force. Une analyse de type régression polynomiale pourrait isoler les variations des variables.

En comparant nos résultats à ceux relevés dans la littérature cités en hypothèse, nous sommes en revanche en moyenne assez proches des gains de vitesse, souplesse et détente horizontale de ceux atteints au cours de l'expérience validée de Kokkonen et coll. (2007) qui avait duré 10 semaines.

Même si la vitesse a relativement peu augmenté, remarquons que l'amplitude de foulée a progressé et la fréquence légèrement régressée, confirmant les résultats de Hunter et coll. (2004).

Notons qu'une augmentation moyenne de l'ensemble du groupe de 0.8 secondes en huit semaines sur un 50 m est un progrès remarquable à cette échelle. Il n'est ainsi pas exclu que ce progrès soit dû à un gain de puissance des extenseurs. En revanche, nous n'avons pas constaté comme Ryan et al. (2011) une augmentation aussi nette de la force maximale (+14 %).

## **5. Conclusions et perspectives :**

Cette étude nous montre que nous ne pouvons pas conclure rigoureusement à une corrélation entre gain de souplesse statique et gain de vitesse et ce malgré des indicateurs positifs sur la performance de vitesse et l'amplitude de foulée à l'issue du protocole. En termes de limites, cette étude, que nous pouvons qualifier de préliminaire, s'est heurtée à la réalité du terrain : certains sujets du groupe ont eu à subir des contraintes externes à l'expérimentation (compétitions, stages ou *a contrario* inactivité !) qui ont pu influencer sur les résultats.

Les charges d'entraînement en sprint et en musculation-haltérophilie vécues par chaque individu n'ont pu être quantifiées, alors qu'il est probable que leur impact ait pu affecter les résultats.

Les progrès en puissance musculaire semblent néanmoins très légèrement affectés par une meilleure amplitude gestuelle qui, combinée à la vitesse d'action, apporterait un léger surcroît de performance, point semblablement positif de la pratique régulière des étirements statiques.

Un programme d'étirements statiques mériterait d'être poursuivi et contrôlé sur toute une saison sportive pour en observer les effets à terme sur la performance de vitesse mais également en regard du rôle prophylactique des étirements. En l'absence de groupe-contrôle, nous avons manqué de visibilité sur l'efficacité absolue des étirements type SGA.

Les aléas de l'entraînement subis par le groupe étudié au cours de ces huit semaines, nous encouragent à nouveau à proposer une étude similaire à plus long terme avec un groupe témoin permettant une comparaison plus rigoureuse des résultats.

A travers cette expérimentation, l'entraîneur d'athlétisme avec qui nous avons collaboré, aura pu observer la mise en place positive en termes de « bons comportements » de ses athlètes qui ont adopté une démarche plus régulière d'étirements qui reste cependant un pensum pour certains d'entre eux.

Il aura particulièrement apprécié la recherche argumentée de contenus étayant les facteurs de performance pour lui permettre de conforter ses axes de travail. Ainsi, accentuer le versant « amplitude » de la vitesse au moyen de l'augmentation de la force et / ou de la souplesse lui ont semblé des orientations dignes d'intérêt, à développer par la suite.

## **6. Références :**

- Ae M, Ito A, Suzuki M (1992). The men's 100 meters. Scientific Research Project at the III World Championship in Athletics, Tokyo 1991. *New Studies in Athletics*, 1992; 7: 47-52
- Abe T, Kumagai K, Brechue WF (2000). Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 32:1125-9.
- Bezodis IM, Salo AI, Kerwin DG (2008). ISBS Conference 2008. Seoul, Korea: 2008. A longitudinal case study of step characteristics in a world class sprint athlete; 537–540.
- Bongbele J (1990). ATP and muscular fatigue during exercise. *Science & Sports*; 1–10
- Brüggemann GP, Koszewski D, Müller H (1999). Biomechanical Research Project Athens 1997, Final report. Meyer & Meyer Sport; Oxford: 12–41.
- Busquet L.(2003). Les Chaînes Musculaires Tome 4, Membres Inférieurs. Ed. Frison Roche
- Carlos PF (2008). Les étirements, la musculation et l'endurance. Applications médicales et sportives. Article extrait de la thèse de médecine sur <http://www.medecinedusport.fr/>
- Castagna C, Ganzetti M, Ditroilo M, Giovannelli M, Rocchetti A, Manzi V (2013). Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems. *J Strength Cond* ;761-8.
- Cavagna GA, Citterio G, Jacini P (1975). Proceedings: The additional mechanical energy delivered by the contractile component of the previously stretched muscle. *J Physiol.* 251:65-66.
- Chelly SM, Denis C(2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 33:326-33.

- Coh M, Babik V, Mackala K (2010). Biomechanical, neuro muscular and methodical aspects of running speed developpement. *Journal of human kinetic* volume 26, section III Sport, Physical Education and Recreation, 73-81.
- Cormack SJ, Newton RU, McGuigan MR, Doyle TL (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform.* 3:131-44.
- Debaere S, Jonkers I, Delecluse C (2013).The contribution of step characteristics to sprint running performance in high-level male and female athletes. *J Strength Cond Res.* (1):116-24.
- Delecluse Ch, Ponnet H, Diels R (1998). Stride characteristics related to running velocity in maximal sprint running.[w:] Riehle HJ, Vieten MM. (red) Proceedings II of XVI International Symposium on Biomechanics in Sports. ISBS.146–148.
- Delecluse C.(1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Med.* 147-56.
- di Prampero PE, Fusi S, Sepulcri L, Morin JB, Belli A, Antonutto G (2005). Sprint running: a new energetic approach. *J Exp Biol.* 208:2809-16..
- Duclay J, Martin A, Duclay A, Cometti G, Pousson M (2009). Behavior of fascicles and the myotendinous junction of human medial gastrocnemius following eccentric strength training. *Muscle Nerve.*39:819-27
- Dufour M. (2009). L'athlète et le guépard. Ed. Volodalen
- Donati, A. (1996). Development of stride length and stride frequency in sprint performances. *New Studies in Athletics*, 34 : 3-8.
- Ferro A, Rivera A, Pagola I. Biomechanical analysis of the 7thIAAF World Championships in Athletics – Seville 1999 (2001). *New Studies in Athletics.*25–60.

- Gajer B, Thépaut-Mathieu C, Le Hénaff D (1999). Evolution of stride and amplitude during course of the 100 m event during course of the 100 m event in athletics. *New studies in athletics* (IAAF) 14 : 43-50.
- Grau N (2002). Le stretching global actif au service du geste sportif. Ed. Grau N.
- Hautier CA, Wouassi D, Arsac LM, Bitanga E, Thiriet P, Lacour JR (1994). Relationships between postcompetition blood lactate concentration and average running velocity over 100-m and 200-m races. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*.68:508-13.
- Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ.(2004).Interaction of step length and step rate during sprint running. *Med Sci Sports Exerc*.36:261-71.
- Jamtvedt G, Herbert RD, Flottorp S, Odgaard-Jensen J, Håvelsrud K, Barratt A, Mathieu E, Burls A, Oxman AD (2010). A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *Br J Sports Med*. 44 :1002-9. doi: 10.1136/bjism.2009.062232.
- Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C, Winchester JB.(2007). Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 39:1825-31.
- Kuitunen S, Komi PV, Kyröläinen H (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Med Sci Sports Exerc*;34:166-173.
- Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, Mizuno M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J Appl Physiol*;88:811-6.
- Letzelter S. (2006). The developpement of velocity and acceleration in sprint. *Document IAAF* 21:3; 15-22.
- Mackala K et Mero A (2013). A kinematics analysis of three best 100 m performances ever. *J Hum Kinet*. 36:149-60.
- Mackala K. Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 meters. *New Studies in Athletics*. 2007;227–16.

- Mann R, Herman J (1985). Kinematic analysis of Olympic sprint performance: men's 200 meters. *International Journal of Sports Biomechanics* 1, 151–16.
- Matveiev LP, Lacour D, Lacour JR (1983). Aspects fondamentaux de l'entraînement. Paris : Vigot.
- Mero A, Komi PV, Gregor RJ.(1992).Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Med.*13:376-92.
- Moravec P, Ruzika J, Susanka P, Dostal E, Kodejs M, Nosek M (1988). The 1987 International Athletic Foundation/IAAF scientific project report: time analysis of the 100 meters events at the II World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics* 1988;3:61-96.
- Morin JB, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, Lacour JR. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl Physiol.*
- McHugh MP, Cosgrave CH (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scand J Med Sci Sports*;20 :169-81.doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01058.
- Nelson AG, Kokkonen J, Winchester JB, Kalani W, Peterson K, Kenly MS, Arnall DA. (2012). A 10-week stretching program increases strength in the contralateral muscle. *JStrength Cond Res.* 832-6.
- Novacheck T. (1998).The biomechanics of running. *Gait Posture.*;7:77–95.
- Nuzzo JL, Anning JH, Scharfenberg JM (2011). The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *J Strength Cond Res*;25(9):2580-90.
- Paoletti (2011). Les fascias : Rôle des tissus dans la mécanique humaine ; Ed Sully (2002/2011).
- Paulet F et Perrey S (2003). Les déterminants biomécaniques biomécaniques de la performance en sprint sur 50 m. Congrès ACAPS Toulouse.

- Peterson MD, Alvar BA, Rhea MR.(2006); The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes.*J Strength Cond Res.*:867-73.
- Quièvre J, Thepaut-Mathieu C, Miller C. (1997). Entraînement de la force, spécificité et planification ». Ed. INSEP 1997,49-84.
- Rega C, Natta F. (2003). Quels sont les paramètres dynamiques et cinématiques utiles à l'entraîneur pour analyser l'appui de course du sprinter. *Revue de l'Association des Entraîneurs Français d'Athlétisme* 166, 7-13.
- Ryan E D, Herda T J, Costa P B, Walter A A, Hoge K M, Cramer J T (2011). The Effects of Chronic Stretch Training on Muscle Strength. *Journal of Strength & Conditioning Research* ; March doi: 10.1097/01.JSC.0000395586.71746.93
- Seagrave L (1996). . Introduction to sprinting. *New Studies Athletics*
- Semmler JG, Enoka RM. (2000). Neural contributions to the changes in muscle strength. V V. M. Zatsiorky, *Biomechanics in sport: The scientific basis of performance*, (str. 3-20), Oxford: Blackwell Science.
- Shen W. (2000) The effects of stride length and frequency on the speeds of elite sprinters in 100 meter dash. *Biomechanical Proceedings of XVIII International Symposium of Biomechanics in Sports*; Hong-Kong Ed. 333–336.
- Shrier I (2004). Does stretching improve performance ? A systematic and critical review of the literature. *Clin J Sport Med.* 14:267-7
- Souchart P (2011). Rééducation posturale globale. RPG la méthode. Elsevier Masson.
- Stacoff A, Kälin X, Stüssi E (1991). The effects of shoes on the torsion and rearfoot motion in running. *Med Sci Sports Exerc.*4:482-90.
- Wallmann HW, Christensen SD, Perry C, Hoover DL (2003). The acute effects of various types of stretching static, dynamic, ballistic, and no stretch of the iliopsoas on 40-yard sprint times in recreational runners. *Int J Sports Phys Ther.* ;7:540-7



- Wathen D (1993). Literature Review : Plyometric exercise. *NS-CA.J.15*: 17-199
- Weyand PG, Sternlight DB, Bellizzi MJ, Wright S (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *J Appl Physiol.* 1991-9.
- Wiemann K., & Tidow G (1995). Relative activity of hip and knee extensors in sprinting - implications for training. *New Studies in Athletics.* 10 : 29-49.
- Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med.* 32:41-46.
- Young W, McLean B, Ardagna J (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness.*35:13-9.

## **Abstract :**

Résumé - L'objectif de cette étude était de tester l'impact des étirements statiques visant à améliorer l'amplitude de foulée sur la performance en sprint chez des sprinters et sprinteuses de niveau national. Cinq sprinteuses et un sprinter ont réalisé pendant huit semaines un programme d'étirements de type Stretching Global Actif deux fois par semaine à raison de 30 à 45 minutes. Les résultats indiquent que la vitesse et l'amplitude de foulée ont été améliorés sans qu'un lien solide soit établi entre les gains relatifs de souplesse du groupe et ces améliorations significatives. Ils montrent également que ces progrès sont peut-être dus à une augmentation de la puissance musculaire obtenue par une vitesse d'exécution combinée à une amplitude articulaire améliorée. De plus amples recherches doivent être menées sur une pratique à long terme sur ce type de technique d'étirements pour valider scientifiquement des effets sur la performance de sportifs.

Mots-clés : Sprint – étirements statiques – Stretching Global Actif – amplitude de foulée

Abstract - The aim of this study was to observe the progress in sprint performance with a group of 6 sprinters of a national level, through regular static stretching to improve the stride length.

Five female sprinters and one male sprinters have done for eight weeks twice a week with a 30-45 minutes duration stretching program called “Global Active Stretching”. The results indicate that the speed and stride length have been improved without a strong link established between the relative gains of flexibility of the group and the significant improvements. However, it also shows that the relative gains may be due to an increase in muscle power thanks to an execution speed combined with an improved range of motion. Further research should be conducted over a longer period of practice with this type of stretching technical to scientifically validate any effects on the athletes performance.

Keywords : Sprinting – static stretching – Global Active Stretching – stride length