

**UNIVERSITE DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR**

*UFR des Lettres, Langues et Sciences Humaines*

*Département STAPS*

MASTER 2ème année « Expert en Préparation Physique et Mentale »

## **Effets d'un échauffement standard et d'un échauffement potentiateur sur la performance physique**



Présenté par : **VENDOZE Benjamin**

Année 2013/2014



## **Résumé :**

**BUT.** L'objectif de cette étude est d'analyser l'influence d'un échauffement dit standard (ES) et celle d'un échauffement avec exercice potentiateur (EAEP) sur les performances lors d'un développé-couché, d'un counter movement jump (CMJ) et d'une tâche posturale. De manière plus spécifique, il faudra déterminer l'impact de l'EAEP sur la performance lors des divers tests.

## **METHODES.**

13 hommes et 2 femmes ont participé à l'expérience. Chaque sujet devait participer à 2 séances expérimentales espacées d'au moins 48 h. La 1ère séance consistait à relever les données anthropométriques puis à effectuer un test de une répétition maximale (RM) au développé-couché et au squat. Lors de la seconde séance, les sujets devaient effectuer 3 tests : un test de puissance au développé-couché et au CMJ puis un test d'équilibre.

## **RESULTATS.**

Pour le CMJ, les sujets sautaient plus haut après les 2 conditions d'échauffement que sans échauffement. Il n'y avait cependant aucune différence significative entre après ES et après EAEP. Pour le développé-couché, les sujets développaient autant de puissance dans les 3 conditions. Pour la tâche posturale, les sujets tenaient mieux leur posture après les 2 conditions d'échauffement. Aucune différence significative n'était à noter entre ES et EAEP.

## **CONCLUSION.**

Nous pouvons dire qu'un ES améliore les performances des sujets, et suffit à leur faire obtenir le maximum des performances physiques lors des différents tests. L'EAEP (celui de notre étude) n'est pas nécessaire pour atteindre les meilleures performances des sujets.

**Mots-clés :** Post-activation potentiation - Puissance - Echauffement - Performance - Développé couché - Squat.

## Expérience menée

### 1. Introduction

La préparation physique a une place capitale dans l'entraînement à l'heure actuelle puisque cette dernière permettra de parvenir à un niveau de performance plus élevé. Depuis maintenant quelques décennies, la musculation fait partie intégrante de la préparation physique des clubs sportifs qu'ils soient à haut niveau ou même au niveau amateur.

L'échauffement est une part intégrale de l'entraînement et de la préparation physique, ce qui en fait toute son importance. L'échauffement a pour fonction de prévenir les blessures et de préparer les muscles à l'effort. Woods et al (2007) définissent l'échauffement comme étant prévu pour élever la température musculaire et préparer l'athlète à la demande physique provenant de l'exercice. L'échauffement devrait provoquer une légère sueur sans que le sportif ne perçoive de fatigue (Shellock et Prentice, 1985). Si la fatigue apparaît déjà lors d'un échauffement alors le sujet a commencé à puiser dans ses ressources énergétiques et notamment les ressources de phosphate. Il existe divers types d'échauffement : passif ou actif avec généralement une phase générale et une phase spécifique). L'échauffement passif augmente la température corporelle par l'intermédiaire de moyens externes à l'individu comme une douche chaude ou un sauna (Bishop, 2003). L'échauffement actif général implique d'exécuter des mouvements non spécifiques à l'activité. L'échauffement actif spécifique nécessite d'utiliser des exercices spécifiques au sport considéré. C'est ce-dernier qui semblerait être le plus effectif par le fait qu'il imite les gestes de l'activité à effectuer (Woods et al, 2007). L'intensité de l'échauffement ne doit pas être trop élevée de manière à ne pas diminuer les réserves de phosphate (haut en énergie) disponibles (Bishop, 2003). L'échauffement doit être construit en fonction de la capacité de chaque athlète. En effet un sportif peu entraîné n'aura pas la même intensité et/ou durée d'échauffement en comparaison avec un sportif expert pour atteindre la même élévation de température musculaire. L'étude de Bishop (2003), montre qu'une intensité entre 40 et 60% du  $VO_{2max}$  maintenue pendant 5 à 10 minutes provoque une augmentation de la température corporelle tout en limitant l'épuisement des réserves de phosphate à haute énergie. Au niveau physiologique, l'échauffement a de nombreux bénéfices. Il permet l'augmentation de la force et de la vitesse de contraction musculaire grâce à une accélération des processus métaboliques et une réduction de la viscosité interne. De plus, il amène à une meilleure dissociation de l'oxygène sur l'hémoglobine et mène à une meilleure concentration d'oxygène plasmatique fournissant ainsi plus d'oxygène au travail des muscles. La transmission nerveuse s'en voit également améliorée (réduction du temps de réaction et du temps de contraction). Les capacités de vasodilatation sont aussi meilleures après échauffement car le flux sanguin est augmenté à l'intérieur des tissus actifs. L'échauffement est donc nécessaire à toutes activités physiques et l'optimisation de cette étape est incontournable pour améliorer les performances physiques des sportifs.

Le phénomène de potentiation ou de "Post Activation Potentiation" (PAP) représente un moyen d'optimiser les routines d'échauffement. C'est un sujet qui a fait récemment l'objet de nombreuses études. Robbins (cité dans Lorenz, 2001) définit la potentiation comme un phénomène par lequel la force développée par un muscle est augmentée du fait de sa contraction précédente. Deux mécanismes pour expliquer les avantages de la PAP sont proposés. Le 1<sup>er</sup> est expliqué par Vandenberg (1995) : la phosphorylation des chaînes légères de myosine rend l'actine-myosine plus sensible au calcium libéré par le réticulum sarcoplasmique lors d'une contraction musculaire. En conséquence, la force de contraction de chaque fibre musculaire s'en voit augmentée. Le 2<sup>nd</sup> mécanisme est exposé par Hamada et al (2000) : un exercice de force antérieur cause une excitation synaptique spinale, qui conduira à une augmentation des potentiels post-synaptiques et à une augmentation de la capacité de force lors d'un exercice musculaire subséquent. Plusieurs modalités ont été testées pour provoquer la PAP (Chiu et al, 2003 et 2004 ; Clark et al, 2006 ; Kilduff et al, 2007 ; Khamoui et al, 2009 ; Tsolakis et al, 2011 ; Ferreira et al, 2012). La PAP est souvent induite suite à une contraction maximale volontaire mais aussi par des vitesses maximales contrôlées volontaires en concentrique et excentrique ainsi que des contractions isométriques sous-maximales. La PAP va surtout impliquer les fibres de type II et sera donc plus importante dans les muscles à contraction rapide. Au niveau musculaire, cela se traduit par un recrutement plus important des unités motrices (Tillin et Bishop, 2009). Les études de Chiu et al. (2004), Linnamo et al. (2000) ou Stone et al. (2008) ont montré un phénomène de potentiation lors d'une séance de musculation en puissance. Un exercice de musculation effectué à puissance maximale, malgré la faible résistance de la charge externe, peut provoquer une PAP grâce à la rapidité de la contraction musculaire. Quand les contractions musculaires sont rapides, le seuil de force de recrutement des unités motrices des fibres rapides est plus bas (Desmedt & Godaux, 1977, 1979). Ainsi, un exercice effectué à vitesse maximale aura pour conséquence l'activation d'un plus grand nombre d'unités motrices. Cependant, le phénomène de PAP n'est pas si évident à obtenir car il dépend d'un équilibre entre la fatigue induite par l'exercice d'échauffement et l'effet potentiateur de cet exercice, cet équilibre devant être favorable à l'effet potentiateur. Cet équilibre est fortement affecté par certains facteurs tels que le temps et la nature de la récupération, l'expérience dans l'activité ou encore le type et l'intensité des exercices (Wilson et al, 2013). En effet il a été démontré que des athlètes novices n'obtiendront pas les mêmes résultats que des athlètes experts après un entraînement (ou un échauffement) à une certaine intensité déterminée car ceux-ci auront un phénomène fatigue plus élevé que les experts (Sale, 2002). Les résultats des études antérieures montrent une absence de consensus au niveau de la sélection des exercices et de l'intensité de la charge. Chiu et al (2003) semblent confirmer que le phénomène de potentiation est dépendant du niveau d'expertise. En effet un groupe d'athlètes entraînés enregistre de meilleures performances au squat jump qu'un groupe de novices suivant un échauffement potentiateur similaire au squat. Ensuite selon le niveau d'expertise, le nombre de répétitions par série va avoir toute son importance pour provoquer le phénomène de potentiation. Khamoui et al (2009) ont testé l'impact que pouvait avoir différentes quantifications (le nombre de répétition par série) sur la potentiation lors de CMJ chez des sujets débrouillés en squat. Les sujets effectuaient 1, 2, 3, 4 ou 5 répétitions (85% de la RM) au squat lors de 5 séances aléatoires distinctes, suivis de 5 min de repos avant les re-tests. Les performances au CMJ diminuent pour les 5 conditions donc le nombre de

répétitions (de 1 à 5) est un facteur qui n'a pas d'impact sur le phénomène de potentiation chez des sujets débrouillés. Le type d'exercice utilisé peut aussi influencer la PAP. Clark et al (2006) ont testé l'impact d'un préchargement avec gilet lesté lors de CMJ (lesté à 20 kg) sur des athlètes confirmés. Les sujets étaient lestés avec un gilet de 20 ou 40 kg (2 conditions différentes). Ils devaient faire 1 série de CMJ lesté dont le travail fourni était égal à celui d'une série de 4RM en squat puis prendre 4 min de repos et enchaîner sur le re-test. En conclusion, une simple série de préchargement à 20 ou 40 kg peut permettre d'augmenter les performances lors d'un CMJ. Il semblerait que la PAP influence différemment les membres supérieurs (MS) et les membres inférieurs (MI). Ainsi, Tsolakis et al (2011) se sont intéressés à la différence de PAP entre MI au squat et MS au développé-couché. Les résultats montrent que dans le cas d'un exercice pliométrique potentiateur, l'impact de la PAP est nul car les performances n'ont pas augmenté pour les MS et les MI. En revanche, un exercice isométrique potentiateur dégrade la performance des MI des sujets car l'exercice provoque trop de fatigue musculaire, les performances pour les MS restent inchangées après un exercice isométrique potentiateur. Il semblerait également que la potentiation dépende du temps de repos post-effort avant les re-tests. En 2012, Ferreira a effectué une étude portant sur le temps de repos post-potentiation au développé-couché sur des athlètes entraînés. Selon 4 séances différentes de respectivement 1, 3, 5 et 7 min de repos entre la série potentiatrice (1 série d'1RM) et les re-tests, c'est la séance 7 min (en moyenne) qui démontre les meilleurs résultats. Kilduff et al (2007) ont étudié les facteurs temps de repos et différence d'impact de la PAP sur les MI et MS en testant des athlètes de haut niveau en rugby. 2 séances distinctes avaient lieu au développé-couché et au squat : les sujets effectuaient 3 répétitions de 3RM puis soit 1 CMJ soit 1 développé-couché (40% de la RM) en fonction de la séance. Le test était répété toutes les 4 minutes jusqu' à la 20<sup>ème</sup> minute post-test. Pour conclure, les meilleures performances pour les MI et MS sont obtenues pour des temps post-potentiation allant de 8 à 12 min. L'ensemble de ces études prouvent bien que la gestion des différents facteurs influençant la potentiation est importante et minutieuse, la difficulté étant d'éviter à tout prix le phénomène de fatigue. Dans toutes ces études, on peut cependant constater l'absence de contrôle et de détails sur la partie non potentiatrice de l'échauffement. Par ailleurs, l'impact de cette partie de l'échauffement n'a jusqu'alors pas été évalué à notre connaissance.

L'effet potentiateur a largement été étudié sur les qualités de puissance mais son impact n'a jamais été étudié sur les capacités d'équilibration, qui sont pourtant importantes dans de nombreuses activités physiques et sportives. Il est donc primordial de savoir si les capacités d'équilibration peuvent être améliorées grâce à la mise en place d'un échauffement. Concernant l'échauffement et la posture, la plupart des études se focalisent principalement sur les étirements (Woods et al en 2007). Quelques rares études ont également testé l'intérêt de la mise en place d'exercices de proprioception (Bouët et Gahéry en 2000 ; Bartlett et Warren en 2002 ou encore Subasi et al en 2008). La proprioception peut être définie comme étant la perception de la position ou des mouvements des extrémités et des segments du corps dans l'espace. C'est une importante composante de l'équilibre et donc du contrôle postural.

Le but de cette étude est d'analyser l'influence d'un échauffement dit standard (ES) à intensité moyenne et celle d'un échauffement avec exercice potentiateur à intensité plus élevée (EAEP) sur les performances lors d'un développé-couché, d'un counter movement jump (CMJ) et

d'une tâche de posture. L'objectif sera de déterminer si un ES ou un EAEP entraîne de meilleures performances que sans échauffement. De manière plus spécifique, l'objectif sera de déterminer l'impact de l'EAEP sur les performances. Nous émettons l'hypothèse que l'ES ainsi que l'EAEP mèneront à de meilleures performances qu'en absence d'échauffement. Nous faisons également l'hypothèse que l'EAEP amènera de meilleures performances que l'ES.

## 2. Méthodes

### Sujets

13 hommes (âge : 21.8 +/- 5.15 ans ; poids : 71.8 +/- 25.33 kg ; taille : 172 +/- 11.4 cm) et 2 femmes (âge : 19.5 +/- 0.5 années ; poids : 58 +/- 2 kg ; taille : 161 +/- 2.5 cm) étudiant(e)s en STAPS et optionnaire en musculation ont participé à l'expérience. Tous les participants avaient au moins 1 an d'expérience en musculation (moyenne : 3.37 ans de pratique pour la musculation). Au niveau des performances, la moyenne au développé couché se situait à 85.2 kg et celle du squat était de 112.7 kg. Chaque sujet était volontaire et a signé un formulaire d'informations et de consentement avant de commencer l'expérience.

### Procédures de tests

Chaque sujet devait participer à 2 séances expérimentales espacées d'au moins 48 h. La 1ère séance consistait à relever les données anthropométriques (taille, poids, année de pratique...) puis à effectuer un test de une répétition maximale (RM) au développé-couché et au squat. Lors de la seconde séance, les sujets devaient effectuer 3 tests : un test de puissance au développé-couché, un test de puissance au CMJ et un test d'équilibre dans une tâche posturale. Voici les détails du test :

- Test de puissance au développé couché à 50 % de la RM : chaque participant se plaçait sous la barre avec à chaque test le même écartement de mains et la même position de tête sur le banc pour vérifier que le placement était similaire. Chaque sujet choisissait sa position préférentielle et la conservait tout au long de l'étude. La barre devait être descendue par le sujet puis posée sur les pectoraux, le départ était donné à la claquette par un signal verbal de l'expérimentateur. Nous avons pris la précaution de demander aux sujets d'éviter tout type d'effort physique avant la manipulation. Le test se déroulait sur 5 répétitions où la charge devait être mobilisée le plus rapidement possible.

- Test de puissance au CMJ : le sujet devait effectuer 3 CMJ espacés de 20 sec chacun. Le sujet lors de son CMJ, devait garder les mains sur ces hanches et descendre jusqu'à ce que ses genoux soit fléchis au environ de 90°. Une fois cette angulation atteinte, il devait effectuer un saut vertical le plus haut et le plus droit possible sans stopper sa cinétique.

- Test d'équilibre dans une tâche posturale : nous avons tracé des traits sur le pied dominant (étant utilisée pour taper dans un ballon) du sujet afin de le positionner à l'exactitude au milieu de la plate-forme de force. Le sujet devait ensuite rester en équilibre, en bougeant le moins possible, pendant 24 secondes sur sa jambe d'appui étant en extension complète. L'autre

jambe était placée dans le même plan (sagittal autour d'un axe frontal), pied à côté de la malléole interne (sans contact), les avant-bras étaient croisés au niveau des pectoraux et le regard portait sur une cible visuelle marquée sur le tableau. Aucuns bruits ni mouvements ne devaient avoir lieu durant le test afin de ne pas déstabiliser le sujet. Un expérimentateur se tenait derrière le sujet, bras à proximité des hanches, pour éviter que le sujet ne tombe en qu'à de perte d'équilibre.

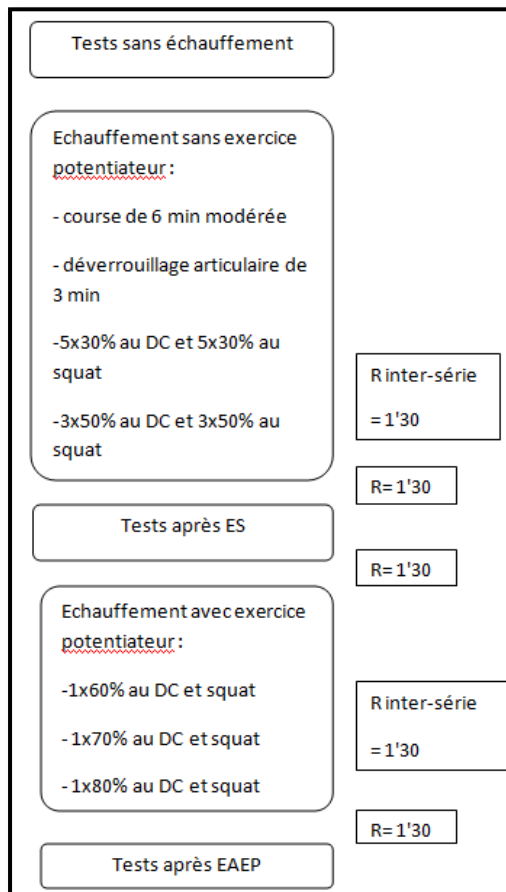


FIGURE 1 - Déroulement du protocole de la séance n°2

La séance de tests se déroulait ainsi : les sujets arrivaient sur les lieux de l'expérience sans avoir fait d'activité physique au moins 4 heures avant le rendez-vous. Les tests à froid étaient alors effectués directement à leur arrivée. Les sujets commençaient par le test de développé-couché où ils devaient effectuer 5 répétitions à vitesse maximale selon les consignes précédemment évoquées. Ensuite ils effectuaient le test de CMJ et enfin le test d'équilibre. Après avoir réalisé ces tests, les sujets effectuaient ensuite l'ES, à savoir une course de moyenne intensité en extérieur (légère sueur notable et absence de fatigue) pendant 6 min puis un déverrouillage articulaire, guidé par l'expérimentateur, de haut en bas de 3 min : cou, épaules, coudes, poignets, hanches, genoux et chevilles (20 sec par articulation). Pour la suite de l'ES, les sujets effectuaient 1 série d'échauffement spécifique en musculation de 5 répétitions à 30 % de la RM (RM évaluée lors de la 1ère séance d'expérimentation c'est à dire dans la même semaine que cette condition musculation) au développé-couché. La vitesse d'exécution pour chaque répétition était laissée libre à chacun. Leur était administrée ensuite 1 min 30 de repos passif (assis sur une chaise) à la fin de cette série. Ils

devaient ensuite exécuter 5 répétitions à 30 % de la RM au squat (cuisses parallèles au sol). Après 1 min 30 de repos, ils devaient effectuer 3 répétitions à 50 % de la RM au développé couché, respecter de nouveau 1 min 30 de repos, puis enchaîner sur 3 répétitions à 50 % au squat et de nouveau prendre 1 min 30 de repos. A la fin de ces 18 min d'ES, les sujets passaient de nouveau la même série de tests afin de déterminer l'impact de celui-ci sur la performance. Cette batterie de tests devait durer au maximum 5 min 30 et elle était suivie d'1 min 30 de repos. Les sujets devaient ensuite effectuer l'EAEP, en réalisant 1 série d'1 répétition au développé-couché suivie d'1 min 30 de repos, toujours passif, et 1 série d'1 répétition au squat également suivie d'1 min 30 de repos. Ce format se répétait sur 3 séries à 60, 70 et 80% de la RM du mouvement concerné (développé-couché et squat) et pour chaque répétition, la vitesse devait être maximale. Enfin après ces 11 min 30 sec d'EAEP, les sujets

effectuaient une dernière fois la batterie de tests afin de déterminer l'impact de l'EAEP sur la performance. Les temps de repos étaient gérés tout au long de la séance par un expérimentateur, celui-ci prévenant le participant 10 secondes à l'avance de son passage pour que ce-dernier ait le temps de se placer.

### Mesures

Un système Muscle Lab<sup>TM</sup> (fréquence d'acquisition de 200 Hz) avec capteur de déplacement était utilisé pour déterminer la puissance développée par les sujets lors de chaque répétition au développé-couché. Le boîtier du capteur de déplacement était placé systématiquement au même endroit pour éviter de varier l'angle du fil d'une séance à l'autre pour un même sujet. Les répétitions non conformes à l'énoncé, évoqué dans le paragraphe antérieur, n'étaient pas retenues pour l'analyse finale. Uniquement la meilleure des 5 répétitions effectuées servait pour l'analyse statistique. La hauteur de saut au CMJ était mesurée à l'aide d'un capteur de déplacement (PM instrumentation<sup>TM</sup> PA80, France) associé au système Biopac MP100 (fréquence d'acquisition de 2000 Hz). Les sauts effectués en dehors des précisions évoquées ci-dessus n'étaient pas enregistrés. La mesure retenue pour l'analyse était celle du meilleur des 3 CMJ effectués. Le test de posture a été réalisé grâce à une plate-forme de force Feettest6 (Techno-Concept, France), qui permettait d'enregistrer les déplacements du COP à une fréquence de 40Hz. Nous avons ensuite considéré la vitesse moyenne du COP comme paramètre représentatif du contrôle des sujets.

### Analyses statistique

Les différences entre les données obtenues ont été mises en avant par un T-test pairé entre avant échauffement (AE) et après ES (ApE), entre AE et après EAEP (AP) puis entre après ES et après EAEP. Les T-tests ont été effectués sur chacune des composantes de l'évaluation de la performance physique et ont été utilisés pour identifier s'il y avait des résultats significatifs ou non. L'intervalle de confiance accordé était de 95% comme représentation d'une différence significative. Les résultats des T-test pairés portent sur le meilleur des 3 CMJ, sur la meilleure des 5 répétitions effectuées au développé-couché et enfin sur la vitesse du COP.

## 3. Résultats

Le tableau 1 rend compte de l'analyse statistique pour la hauteur de saut relevée au CMJ. On peut noter que les résultats sont significatifs pour la paire 1, à savoir entre AE et après ES. En effet la hauteur de saut du meilleur CMJ est plus haute après ES qu'AE. De même que pour la paire 2, à savoir entre AE et après EAEP, la hauteur de saut au CMJ est plus haute lors des tests après EAEP qu'AE. Il n'y avait aucune différence significative entre après ES et après EAEP.



TABLEAU 1. Test-T portant sur la hauteur de saut au CMJ (en cm) entre AE et après ES (paire1), entre AE et après EAEP (paire 2) puis entre après ES et après EAEP (paire 3).

★ Valeur significative pour  $P < 0.05$

**Test échantillons appariés**

	Différences appariées					t	ddl	Sig. (bilatérale)
	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence				
				Inférieure	Supérieure			
Paire 1 AE M BCMJ - ApE M BCMJ	-3,23571	1,97702	,52838	-4,37721	-2,09421	-6,124	13	★ ,000
Paire 2 AE M BCMJ - Ap M BCMJ	-2,84286	2,16749	,57929	-4,09433	-1,59138	-4,908	13	★ ,000
Paire 3 ApE M BCMJ - Ap M BCMJ	,39286	2,31466	,61862	-,94359	1,72930	,635	13	,536

Le tableau 2 rend compte des résultats de l'analyse statistique pour la puissance développée lors du développé-couché. Pour le développé-couché, Il n'y avait aucune différence significative entre AE et après ES, entre AE et après EAEP et entre ES et après EAEP.

TABLEAU 2. Test-T portant sur la hauteur de saut au CMJ (en cm) entre AE et après ES (paire1), entre AE et après EAEP (paire 2) puis entre après ES et après EAEP (paire 3).

**Test échantillons appariés**

	Différences appariées					t	ddl	Sig. (bilatérale)
	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence				
				Inférieure	Supérieure			
Paire 1 AE M BDC - ApE M BDC	-11,42857	26,62868	7,11682	-26,80352	3,94637	-1,606	13	,132
Paire 2 AE M BDC - Ap M BDC	-11,06429	35,45722	9,47634	-31,53668	9,40811	-1,168	13	,264
Paire 3 ApE M BDC - Ap M BDC	,36429	25,94792	6,93487	-14,61760	15,34617	,053	13	,959

Le tableau 3 rend compte des résultats de l'analyse statistique pour la vitesse du COP lors d'une tâche posturale. Nous pouvons noter une différence significative pour la paire 1 (entre AE et après ES), en effet la vitesse du COP est plus faible lors des tests effectués après ES. La différence est aussi significative pour la paire 2 (entre AE et après EAEP) car la vitesse du COP est plus faible après EAEP. Aucune différence significative n'est à noter pour la paire 3.

TABLEAU 3. Test-T portant sur la vitesse du COP (en m/sec) entre AE et après ES (paire1), entre AE et après EAEP (paire 2) puis entre après ES et après EAEP (paire 3).

★ Valeur significative pour  $P < 0.05$

**Test échantillons appariés**

	Différences appariées					t	ddl	Sig. (bilatérale)
	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard moyenne	Intervalle de confiance 95% de la différence				
				Inférieure	Supérieure			
Paire 1 AEMPvmodif - ApEMPvmodif	2,24214	2,84546	,76048	-,59922	3,88506	2,948	13	★ ,011
Paire 2 AEMPvmodif - APMPvmodif	3,39500	3,90992	1,04497	1,13748	5,65252	3,249	13	★ ,006
Paire 3 ApEMPvmodif - APMPvmodif	1,15286	3,09079	,82605	-,63171	2,93742	1,396	13	,186

#### 4. Discussion

Le but de cette expérience était de comparer les effets d'un ES (échauffement standard) à ceux d'un EAEP (échauffement avec exercice potentiateur) sur les performances physiques au CMJ (counter movement jump), au développé-couché et lors d'une tâche posturale. Les sujets choisis sont des étudiants en STAPS car leur expérience sportive nécessite l'élaboration d'un protocole d'échauffement parfaitement contrôlé et finement élaboré. Un échauffement "anarchique" dans le temps et le types d'exercices peut suffire à améliorer les performances physiques d'un sujet novice mais pas celles d'un sujet débrouillé ou confirmé.

Nos résultats semblent confirmer notre première hypothèse, à savoir que les performances évaluées après l'ES et après l'EAEP sont améliorées en comparaison de celle réalisées sans échauffement. En effet, un ES améliore la performance des sujets au CMJ (hauteur de saut) car celle-ci est meilleure que la performance obtenue avant échauffement. Les performances sont également meilleures que celles relevées sans échauffement quand on ajoute un exercice potentiateur à la suite de l'ES. Nos résultats sont conformes à ceux rapportés dans l'étude de Boulosa (2013). En effet, cet auteur a démontré qu'un échauffement potentiateur (5 répétitions, entrecoupées chacune de 30 sec de repos, à 50% de la RM au squat) améliorait la hauteur de saut lors d'un CMJ après 3 min de repos post-effort. Notre seconde hypothèse, à savoir qu'un EAEP amènerait à de meilleures performances qu'un ES, n'est pas valide. En effet aucun résultat significatif n'est à répertorier entre les conditions ES et EAEP concernant la hauteur de saut au CMJ. L'aspect fatigue pourrait être mis en cause à la vue de nos résultats. La longueur de la séance (environ 50 min) peut être une des composantes de cet aspect fatigue. Le fait d'effectuer des tests à la fin de l'ES peut également ajouter de la fatigue qui est absente en temps normal, puisque sur le terrain, le sportif effectue l'échauffement sans la présence de tests. Hawley et al (1989) ont démontré qu'en fonction du niveau de pratique, l'échauffement proposé pouvait augmenter les performances sportives (chez les experts et confirmés) mais aussi les diminuer (chez les débutants) à cause de cet aspect fatigue. D'où l'importance de la différence de niveau inter athlète qui, à notre vue, peut être une cause potentielle de ce manque de résultats positifs. En effet, il existait une certaine disparité de niveau au sein du groupe de sujets testés. Certains pratiquent plus régulièrement et programment plus de séances hebdomadaires que d'autres et ce depuis plus longtemps (3 ans 37 de moyenne d'année de pratique en musculation avec comme minimum 1 an et maximum 9 ans, au niveau de la fréquence les moins assidus pratiquent 2 fois par semaine et les plus assidus ont 5 séances hebdomadaires). Le temps de récupération post-potentialion est également un facteur important influençant l'impact de l'exercice potentiateur sur la performance. Kilduff (2007) et Ferreira (2012) ont tous les deux démontré que les temps de récupération optimaux, entre l'exercice potentiateur et le re-test, se situaient entre 8 et 12 min (Kilduff) ou après 7 min (Ferreira). Les bénéfices sur la performance au CMJ pendant une séance de squat dépendent du temps de repos post-potentialion. Dans notre présente étude, les sujets ne disposaient que de 3 min de repos. Kilduff a testé, dans son étude, les effets potentiateur après seulement 4 minutes de repos, et ils sont négatifs car les performances obtenues étaient moins bonnes lors des re-tests. Ferreira a testé l'impact de la potentialion

selon 3 min de repos avant les re-tests, exactement comme notre étude, et les performances au CMJ étaient également moins bonnes. Ainsi le temps de repos post-potentialisation utilisé dans notre expérience est une cause possible expliquant notre manque de résultats sur l'impact de la potentialisation lors du CMJ.

Concernant le développé-couché, les résultats enregistrés avant échauffement ne sont pas significativement différents de ceux relevés après ES. Les résultats ne sont pas non plus significatifs entre AE et après EAEP. El Hage (2011) a pourtant montré qu'un échauffement potentialisateur de 4 répétitions effectuées à vitesse maximale à 20% de la RM au développé-couché permettait d'améliorer la puissance maximale lors d'un re-test sur 3 répétitions à 40% de la RM. Nous pensons donc que nos résultats ne sont pas dû à la faible intensité de la charge, il se peut que cela soit donc expliqué par le manque d'entraînement spécifique en puissance de certains sujets au développé-couché. Tous les participants de l'étude étaient entraînés en musculation, mais nous ne connaissons pas spécifiquement leurs objectifs. Dans un objectif de puissance musculaire, la vitesse d'exécution est maximale alors que dans un objectif d'hypertrophie musculaire, la vitesse est plutôt lente pour rechercher plus de dommages musculaires et/ou de stress métabolique (Schoenfeld, 2010). Des muscles entraînés à vitesse maximale répondront de la meilleure des manières à notre protocole à la différence de muscles entraînés à vitesse lente. Notre seconde hypothèse portant sur les bénéfices que peuvent apporter un EAEP en comparaison à un ES sur la puissance développée, n'est pas valide pour le développé-couché. En effet aucun résultat significatif n'est à répertorier entre les conditions ES et EAEP au développé-couché. La raison potentielle est probablement la même que celle évoquée pour le CMJ. Notre temps de récupération post-potentialisation, à savoir 3 min, ne serait pas suffisamment élevé pour permettre à l'exercice potentialisateur d'avoir un impact bénéfique sur la performance au développé-couché. Le temps optimal de repos serait entre 8 et 12 min selon Kilduff (2007) et d'au moins 7 min selon Ferreira (2012). A l'image de sa séance de squat, Kilduff a effectué la même séance au développé-couché pour tester les effets potentialisateurs après seulement 4 minutes de repos, effets négatifs car les performances obtenues étaient moins bonnes lors des re-tests. Ferreira a testé l'impact de la potentialisation selon 3 min de repos avant les re-tests, exactement comme notre étude, et les performances au développé-couché étaient également moins bonnes.

Concernant l'équilibre postural, les résultats de l'analyse statistique révèlent une différence significative entre AE et après ES. Le contrôle postural est donc belle et bien améliorées après un ES. L'explication possible serait que les informations recueillies via les mécanorécepteurs, comme les organes tendineux de Golgi (OTG) ou les fuseaux neuro-musculaires (FNM), sont transmises plus efficacement à un muscle échauffé. Les OTG régulent l'activité des muscles posturaux, contrôlent la vitesse de mouvement et le degré d'ouverture de l'articulation, les FNM renseignent sur la longueur et la vitesse d'étirement des fibres musculaires. Lauffenburger (1992) a montré qu'une augmentation de la température diminuait le seuil d'activation des mécanorécepteurs et améliorait la sensibilité tactile. Or un échauffement a la faculté d'augmenter la température musculaire et corporelle et amène donc à ces différents bénéfices. Après échauffement, le traitement des informations se fait de manière plus fonctionnelle (Bouët et gahéry, 2000), la perception et la correction des déséquilibres s'en trouve améliorée. Un sportif échauffé devrait mieux contrôler les déséquilibres lors de

situations imposées par son activité. En effet une faible vitesse du COP est signe d'un meilleur contrôle postural car plus la vitesse est diminuée et plus le sportif a le temps de corriger les différents paramètres posturaux afin de retrouver un bon équilibre. L'échauffement permet alors d'obtenir un meilleur contrôle postural. L'étude de Subasi al (2008) a déterminé les effets d'un échauffement (comprenant jogging et stretching) sur la proprioception des genoux et sur l'équilibre puis a comparé l'efficacité de la longueur de l'échauffement (soit 5 min soit 10 min). Les résultats de cette étude montrent que l'échauffement de 10 min mène à de meilleures améliorations en proprioception que l'échauffement de 5 min. L'échauffement (surtout celui de 10 min) augmente donc les performances musculaires et proprioceptives, ce qui affecte positivement l'équilibre. Dans notre présente étude, l'ES dure 18 minutes et il a amélioré l'équilibre postural de nos sujets. Notre seconde hypothèse portant sur les bénéfices que peuvent apporter un EAEP, en comparaison à un ES, sur l'équilibre postural, n'est pas validée. En effet aucun résultat significatif n'est à répertorier entre les conditions ES et EAEP concernant l'équilibre lors d'une tâche posturale. Les résultats rendent donc compte que seul un ES suffit à améliorer le contrôle postural des sujets lors d'un test de posture. L'EAEP n'apporte aucun bénéfices supplémentaires. Plusieurs études antérieures (Barlett et Warren en 2002 ; Bouët et Gahéry en 2000) ont démontré l'effet bénéfique que pouvait avoir un échauffement sur la proprioception du genou. Dans notre étude, l'articulation principalement responsable de l'équilibre est celle de la cheville. Un échauffement général a des effets bénéfiques sur les genoux et devrait donc avoir des effets bénéfiques sur la cheville concernant la proprioception comme le montre l'expérience de Daneshjoo et al en 2012 qui s'intéresse à l'effet d'un échauffement sur la proprioception et l'équilibre statique et dynamique chez des joueurs de foot. Les exercices effectués dans cette étude sont faits sous forme de gainage ou d'exercices d'équilibre et les sujets sont répartis en 3 groupes avec des contenus d'échauffement différents. Après l'échauffement, on peut observer que seul le groupe contrôle (qui n'a rien changé de ses échauffements) ne connaît aucunes améliorations proprioceptives et de même concernant l'équilibre statique et dynamique (yeux ouverts et fermés). En conclusion, un échauffement spécifique réalisé sur une période de 2 mois comprenant 24 séances mène à des effets bénéfiques concernant la proprioception et l'équilibre, les 2 étant intimement liés. Ceci dit, il faut bien faire la distinction entre une étude portant sur plusieurs séances (effets chroniques) et une étude portant sur une séance unique (effets aigus). Dans notre expérimentation, l'EAEP ne procure aucun bénéfice quant à l'amélioration de l'équilibre statique unipodal sur jambe dominante. En 2009, Laudani et al s'intéressent aux effets que peuvent avoir la répétition de flexions plantaires de cheville sur le reflexe H et sur les oscillations posturales. Le sujet devait effectuer 5 séries de flexions plantaires rythmées en moyenne de 60 répétitions par minute et séparées de 2 min de repos. La posture était mesurée en pré-test et immédiatement après chaque fin de série. Il s'avère que les résultats concernant le COP se détériorent progressivement jusqu'à la 3<sup>ème</sup> série et sont ensuite stabilisés jusqu'à la 5<sup>ème</sup> série. Finalement, les résultats retournent à leur valeur basale dans la 10<sup>ème</sup> minute de récupération. Ce phénomène peut être expliqué par la réduction motrice et/ou une détérioration des informations proprioceptives. L'étude de Roméro-Franco et al (2013) démontre des effets à court terme négatifs d'une séance d'entraînement proprioceptive (avec BOSU, swiss ball et medecine ball) sur l'équilibre chez des athlètes non entraînés en proprioception. Les tests s'effectuaient avant la séance, directement après, 30 min, 1h, 6 h et

enfin 24h après la séance sur un test bipodal de 21,2 sec. Le groupe expérimental devait effectuer 25 min d'échauffement (comme le groupe contrôle) plus une séance proprioceptive de 25 min. Le groupe contrôle connaissait des améliorations de l'équilibre en conséquence de leur échauffement libre tandis que le groupe expérimental rencontrait des effets négatifs. Ceux-ci ont été expliqués par la présence probable de la fatigue dû aux 25 minutes supplémentaires de la séance de proprioception et/ou au manque de repos. Ces 2 études nous laissent penser que l'absence de résultats significatifs entre après ES et après EAEP peut probablement être expliquée par le fait que notre EAEP est prédictif d'une phase amorçant le phénomène fatigue.

En conclusion de cette étude, nous pouvons dire qu'un ES améliore les performances des sujets, et suffit à leur faire obtenir le maximum des performances physiques lors de CMJ et lors d'une tâche posturale. L'EAEP n'est pas nécessaire pour atteindre les meilleures performances des sujets. Cependant, concernant le développé couché, l'ES n'est pas nécessaire pour atteindre la meilleure performance des sujets, ils l'atteignaient sans échauffement, dans un contexte où la charge était sub-maximale.

Dans une perspective d'avenir, une réflexion peut être menée concernant le niveau de pratique des athlètes, avec la mise en place d'une nouvelle expérience composée de 2 groupes homogènes concernant la pratique de la musculation: un groupe expert et un groupe débrouillé. En procédant ainsi, nous pourrions observer si l'induction de la potentiation est liée au niveau des pratiquants ou non. On peut également se poser des questions sur l'élaboration d'un nouveau protocole et à l'inverse de craindre de provoquer de la fatigue, le nouveau format choisit devrait être plus stimulant pour certains de nos athlètes. En ce sens là, nous pouvons modifier l'intensité de la charge et la voir à la hausse en utilisant des séries potentiatrices à 70, 80 et 90% de la RM au squat et au développé-couché (au lieu de 60, 70 et 80%). Il faudrait aussi modifier le nombre de répétitions : les sujets effectueraient 3 répétitions à 70%, 2 répétitions à 80% et 1 répétition à 90%. Le temps de repos post-potentiation devrait être également modifier et être d'au moins 7 min, à la vue des résultats tirés de la littérature.

## 5. Application pratique

Les résultats de cette étude suggèrent que pour les pratiquants en musculation depuis au moins 1 an, un ES comprenant 6 min de course à intensité modérée, un déverrouillage articulaire de 3 min et 1 série de 5 répétitions à 30% de la RM au développé-couché suivi d'une série de 5 répétitions à 30% de la RM au squat puis 3 répétitions à 50% de la RM au développé-couché et enfin au squat avec 1 min 30 de repos inter-série, suffit à atteindre le maximum de ses performances en CMJ, en développé couché (travail en puissance) et en posture (vitesse de contrôle du COP). Un EAEP (1 série à 60 puis une à 70 et enfin une à 80% de la RM avec 1 min 30 de repos inter-série) reste possible mais il n'améliorera pas les performances plus que ne l'aurait fait un ES (pour la puissance et l'équilibre postural). En revanche, il peut être utile dans la mesure où l'athlète doit rester échauffé entre 2 efforts

(espacés d'une durée d'au moins 45 min) car l'ES ne dure seulement que 18 min. Selon Bishop (2003), la température musculaire diminuerait à partir de la 15<sup>ème</sup> minute de repos post-effort. Notre EAEP devient intéressant dans la mesure où il permettra à notre athlète de maintenir un niveau de température musculaire voire corporelle entre ces 2 efforts. Cet échauffement étant plus long, alors l'athlète reprendra son échauffement avec une température corporelle plus élevée que s'il reprenait par un ES.

## 6. Références

- Bartlett M et Warren P. Effect of warming-up on knee proprioception before sporting activity. *Br J Sports Med*, 36: 132-134, 2002.
- Bishop D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. Review. *Sports Med.* a;33(6):439-54, 2003.
- Bishop D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Med.* b;33(7):483-98, 2003.
- Bollosa DA, Abreu L, Beltrame LG and Behm DG. The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *J Strength Cond Res.* 27(8):2059-66. doi: 10.1519/JSC.0b013e31827ddf15, 2013.
- Bouët V et Gahéry Y. Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neuroscience letters* 289, 143-146, 2000.
- Chiu L, Fry A.C, Weiss L.W, Schilling B.K, Brown L.E and Smith S.L. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 671–677, 2003.
- Chiu L.Z.F, Fry A.C, Schilling B.K, Johnson E.J and Weiss L.W. Neuromuscular fatigue and potentiation following two successive high intensity resistance exercise sessions. *European Journal of Applied Physiology*, 92, 385–392. doi:10.1007/s00421-004-1144-z, 2004.
- Clark R, Bryant A and Rearburn P. The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded counter movement jump training session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(1), 162–166 q, 2006.
- Daneshjoo A, Mokhtar A, Rahnama N et Yusof A. The effects of comprehensive warm-up programs on proprioception, static and dynamic balance on male soccer players. *Plos one/ www.plosone.org*, volume 7, issue 12, e51568, 2012.
- Desmedt J.E and Godaux E. Ballistic contractions in man: characteristic recruitment pattern of single motor units of the tibialis anterior muscle. *The Journal of Physiology*, 264, 673–693, 1977.

- Desmedt J.E and Godaux E. Voluntary motor commands in human ballistic movements. *Annals of Neurology*, 5, 415–421. doi:10.1002/ana.410050503, 1979.
- Ferreira A, Livia S, Panissa G, Leme V, Bianca M and Emerson F. Original Postactivation Potentiation: Effect of Various Recovery Intervals on Bench Press Power Performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*: Volume 26 - Issue 3 - pp 739-744 doi: 10.1519/JSC.0b013e318225f371, march 2012.
- Hamada T, Sale DG, Macdougall JD and Tarnopolsky MA. Postactivation potentiation time in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol* ; 88: 2131-2137, 2000.
- Hawley JA, Williams MA, Hamling MSc and Walsh RM. Effects of a task-specific warm-up on anaerobic power. *MNZSP Br. J. Sp. Med*; Vol 23 © Butterworth & Co (Publishers) Ltd 0306-3674/89/040233-04 \$03. 00, 1989.
- Khamoui A, Brown L, Coburn J, Judelson D, Uribe B, Nguyen D, Tran T, Eurich A and Noffal G. Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5)/1465–1469, 2009.
- Kilduff L, Bevan H, Kingsley M, Owen N, Bennett M, Bunce P, Hore A, Maw J, Cunningham D. Postactivation potentiation in professional rugby players : optimal recovery. *Journal of Strength & Conditioning Research*, novembre 2007.
- Laudani L, Wood L, Casabona A, Giuffrida R et De Vito G. Effects of repeated ankle plantar flexions on H-reflex and body sway during standing. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 13, 85-92, 2009.
- Linnamo V, Newton R.U, Häkkinen K, Komi P, Davie A, McGuigan M and Triplett-McBride T. Neuromuscular responses to explosive and heavy resistance loading. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10, 417–424. doi:10.1016/S1050-6411(00)00029-8, 2000.
- Lorenz Daniel. Clinical commentary postactivation potentiation : an introduction. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, Volume 6, Number 3, Page 234, September 2011.
- Romero-Franco N, Martinez-Lopez, Lomas-Vegar R, Hita-Contreras F, Osuna-Perez MC and Martinez-Amat A. Short-term effects of proprioceptive training with unstable platform on athletes' stabilometry. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8)/2189–2197, 2013.
- Sale, DG. Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev* 30: 138–143, 2002.
- Schoenfeld, BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. National Strength and Conditioning Association 24(10)/2857–2872, 2010.
- Sherlock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries *Sports Med* 1985 ; 2 (4) :267-79.

- Stone M.H, Sands W.A, Pierce K.C, Ramsey M.W and Haff G.G. Power and power potentiation among strength-power athletes: preliminary study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 55–67, 2008.
- Subasi S, Gelecek N et Aksakoglu G. Effects of different warm up periods on knee proprioception and balance in healthy young individual. *Journal of sport rehabilitation*, 17, 186-205, 2008.
- Tillin, NA and Bishop, D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Med* 39: 147–166, 2009.
- Tsolakis C, Bogdanis GC, Nikolaou A and Zacharogiannis E. Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine* 10, 577 - 583, 2011.
- Vandenberg R, Grange RW, Houston ME. Myosin phosphorylation enhances rate of force development in fast-twitch skeletal muscle. *Am J Physiol* ; 268: C596-C603, 1995.
- Wilson J, Duncan N, Marin P, Brown L, Loenneke J, Wilson S, Jo E, Lowery P and Ugrinowitsch C. Meta-analysis of postactivation potentiation and power : effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3)/854–859, 2013.
- Woods K, Bishop P and Jones E. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Med* ; 37 (12): 1089-1099, 2007.