



**DARSAU  
Rodolphe**

**Responsable de stage : Mr ASSADI**

# **Etude des effets de différents intermittents 10/20 en bondissements.**

**Diplôme universitaire de préparation physique  
Mémoire entraînement Master 1 EMS**

## Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	4
<b>I. Revue de Littérature et problématique</b> .....	5
<b>A ) La pliométrie</b> .....	5
1. Aspect général de la pliométrie .....	5
2. Performance aérobie et paramètre neuromusculaire .....	7
3. Pliométrie et fatigue .....	10
4) Principe de l'entraînement pliométrique .....	12
<b>B. Le travail intermittent</b> .....	15
1. L'entraînement intermittent .....	15
2. Observations des caractéristiques de l'intermittent par l'observation de la fréquence cardiaque .....	17
3. L'intermittent 10/20 .....	21
<b>C. Problématique et hypothèse de départ</b> .....	26
<b>II. - Déroulement de la recherche</b> .....	28
<b>A. Présentation du public</b> .....	28
<b>B. Matériel et méthode</b> .....	29
1. Evaluation de la sollicitation aérobie.....	29
2. Mesure de la fatigue engendrée par les intermittents :.....	30
3. Déroulement de la séance .....	36
4. Présentation des séances d'intermittent 10/20.....	36
<b>III. Résultat obtenu et discussions :</b> .....	39
<b>A. Résultat du test VMA :</b> .....	39
<b>B. Observation de la sollicitation aérobie :</b> .....	40
1. Intermittent 10/20 en skipping :.....	40
2. Intermittent 10/20 en foulée bondissante :.....	41
3. Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc :.....	41
1. Intermittent 10/20 en skipping :.....	43
2. Intermittent en foulées bondissantes .....	45
3) Intermittent en Banc/sol/banc : .....	46
<b>D. Résultat des tests de détente :</b> .....	48
1. Intermittent 10/20 en skipping :.....	48
2. Intermittent en foulées bondissantes :.....	51
3. Intermittent en Banc/sol/banc :.....	54
<b>E. Résultat des tests de force :</b> .....	57
1. Intermittent 10/20 en skipping :.....	57
2. Intermittent en foulées bondissantes :.....	58
3. Intermittent en Banc/sol/banc :.....	58
<b>IV. Discussions :</b> .....	59
<b>A. L'intermittent 10/20 en skipping :</b> .....	59
1) Sollicitation centrale : .....	59
2) Sollicitation périphérique :.....	60
<b>B. L'intermittent 10/20 en foulées bondissantes :</b> .....	62
1) Sollicitation centrale : .....	62
<b>C. L'intermittent 10/20 en Banc/sol/banc :</b> .....	64
1) Sollicitation centrale : .....	64
2) Sollicitation périphérique :.....	67
<b>V. Conclusion :</b> .....	69

Annexe n°1 : .....	74
Résultats des Tests de l'intermittent 10/20 en skipping .....	74
Annexe n°2 : .....	80
Résultats des Tests de l'intermittent 10/20 en foulées bondissantes .....	80
Annexe n°3 : .....	85
Résultats des Tests de l'intermittent 10/20 en Banc/sol/banc .....	85

### Table des illustrations :

Figure 1: Evolution de la force de réaction lors d'un saut vertical avant/ après un marathon .....	12
Figure 2: Exercice de Skipping et de foulées bondissantes.....	15
Figure 3:Illustration haies pieds joints, rebond jambe tendue et banc/sol/banc .....	16
Figure 4 relation FC/ Vitesse obtenue lors d'un test de Brue.....	20
Figure 5 Illustration de l'évolution de la fréquence cardiaque lors d'un intermittent 20/20 .....	20
Figure 6: Intermittent 10/20 course. ....	23
Figure 7: Intermittent 10/20 sprint /course.....	24
Figure 8: Intermittent 10/20 en Bondissements Horizontal .....	24
Figure 9: Intermittent 10/20 en bondissements verticaux .....	25
Figure 10: Intermittent 10/20 Bondissement/ course. ....	25
Figure 11: Présentation des sujets .....	30
Figure 12: Indice de récupération.....	32
Figure 13: Drop Jump.....	33
Figure 14: Opto Jump .....	33
Figure 15: Flexion maximal en Drop Jump .....	34
Figure 16: Réactivité 6 sauts .....	34
Figure 17: CMJ.....	35
Figure 18: système tac et Opto Jump .....	36
Figure 19: Test de force sur myostat .....	37
Figure 20: résultats test VMA. ....	41
Figure 21: Evolution de la charge aérobique en skipping.....	42
Figure 22: : Evolution de la charge aérobique en Foulées bondissantes. ....	43
Figure 23: : Evolution de la charge aérobique en Banc/sol/banc. ....	43
Figure 24: Evolution de la charge interne moyenne sur les trois intermittents. ....	44
Figure 25: Evolution du temps moyen passé sur les trois intermittents .....	44
Figure 26: Nombre de battements perdus lors de l'effort stabilisé. ....	45
Figure 27: Evolution de la Vitesse en Skipping .....	45
Figure 28: Evolution des temps de contact au sol en skipping.....	46
Figure 29 Evolution de la flexion maximal sur l'appui lors du sprint en skipping.....	46
Figure 30: Evolution de la vitesse en foulées bondissantes.....	47
Figure 31: Evolution des temps de contact au sol en foulées bondissantes. ....	47
Figure 32: Evolution de la flexion sur l'appui en foulées bondissantes.....	48
Figure 33: Evolution de vitesse en banc/sol/banc .....	48
Figure 34: Evolution des temps de contact au sol en banc/sol/banc .....	49
Figure 35: Evolution de la flexion maximale sur l'appui.....	49
Figure 36: Evolution de la détente en Drop Jump .....	50
Figure 37: Evolution des temps de contact en Drop Jump pour le skipping.....	51
Figure 38: Evolution de la flexion en Drop Jump pour le skipping. ....	51

<b>Figure 39: Evolution de la détente en CMJ pour le skipping.....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 40: Evolution de la détente en réactivité pour le skipping. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figure 41: Evolution des temps de contact en réactivité pour le skipping.....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 42: Evolution de la détente en Drop Jump pour l'exercice de foulées bondissantes. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figure 43: Evolution des temps de contacte en Drop Jump pour l'exercice de foulées bondissantes. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 44: Evolution de la flexion en Drop Jump pour l'exercice de foulées bondissantes. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figure 45: Evolution de la détente en CMJ pour l'exercice de foulées bondissantes. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 46: Evolution de la détente en réactivité pour l'exercice de foulées bondissantes. ....</b>	<b>55</b>
<b>Figure 47: Evolution des temps de contact en réactivité pour l'exercice de foulées bondissantes. ....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 48: Evolution de la hauteur en Drop Jump pour l'exercice de banc/sol/banc.....</b>	<b>56</b>
<b>Figure 49: Evolution des temps de contact en Drop Jump pour l'exercice de banc/sol/banc.....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 50: Evolution de la flexion en Drop Jump pour l'exercice de banc/sol/banc.....</b>	<b>57</b>
<b>Figure 51: Evolution du CMJ pour l'exercice de banc/sol/banc .....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 52: Evolution de la détente en réactivité pour l'exercice de banc/sol/banc .....</b>	<b>58</b>
<b>Figure 53: Evolution des temps de contact en réactivité pour l'exercice de banc/sol/banc .....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 54: Evolution de la force des quadriceps pour l'exercice de skipping .....</b>	<b>59</b>
<b>Figure 55: Evolution de la force des quadriceps pour l'exercice de foulées bondissantes .....</b>	<b>60</b>
<b>Figure 56 : Evolution de la force des quadriceps pour l'exercice en banc/sol/banc.....</b>	<b>60</b>
<b>Figure 57: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en skipping.....</b>	<b>62</b>
<b>Figure 58: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en Foulées bondissantes.....</b>	<b>65</b>
<b>Figure 59: Superposition des courbe de FC de l'intermittent en foulées bondissantes et en banc sol banc.....</b>	<b>67</b>
<b>Figure 60: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en banc/sol/banc type aérobie.....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 61: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en banc/sol/banc .....</b>	<b>68</b>

## INTRODUCTION

Il n'est plus à démontrer l'intérêt du travail intermittent pour développer les qualités aérobies. Cette forme de travail paraît particulièrement adaptée pour les sports collectifs puisque la forme des efforts est également de forme intermittente.

Gille Cometti présente une forme d'intermittente particulière appelée « intermittent force ». Cet intermittent prend la forme de 10 secondes de travail suivies de 20 secondes de récupération. Son intérêt réside dans l'introduction d'exercices de musculation à l'intérieur de cet intermittent.

Il présente cet exercice comme « le moyen fondamental de développer la Puissance Maximale Aérobie » car il permet de pouvoir jouer sur les deux limites de cette puissance :  
La limite cardio-vasculaire et de transport d'oxygène.  
La limitation périphérique (fatigue locale du muscle).

Ce travail peut prendre plusieurs formes :

- La course aux alentours de la Vitesse Maximale Aérobie.
- Les sprints.
- Les bondissements.
- La musculation.

Cette étude portera exclusivement sur la forme de travail en bondissement. Elle aura pour objet l'analyse des différents efforts et de leurs effets sur l'organisme afin de pouvoir dégager des règles pour l'entraînement.

# **I. Revue de Littérature et problématique**

## **A ) La pliométrie**

### **1. Aspect général de la pliométrie**

D'après Cometti<sup>1</sup>, on parle d'action pliométrique lors qu'un muscle soumis à un état de tension est d'abord soumis à un allongement (on parle de phase excentrique ) et ensuite dans un laps de temps très bref ce muscle se contracte en se raccourcissant (on parle de phase concentrique ). Il y a mise en jeu de ce que les physiologistes appellent « the stretch-shortening cycle » (le cycle étirement raccourcissement).

Ces deux phases sont liées fonctionnellement. C'est l'étirement de la première phase qui va mettre en tension le muscle et lui permettre d'emmagasiner de l'énergie élastique, qui va être restituée lors de la seconde phase de renvoi permettant ainsi de développer plus de force que lors d'une action concentrique.

On doit à Zatsiorski en 1966 la démonstration qu'un athlète qui réalise une action pliométrique développe 150 à 200 % de sa force maximale isométrique volontaire.

Depuis les années 60, dans l'Europe de l'Est, l'ensemble des exercices liés au développement de la détente est appelé pliométrie. Ce concept est arrivé plus tardivement dans la littérature scientifique.

Cavagna et coll en 1971 ont observé qu'au cours d'un enchaînement de deux sauts c'est souvent l'élévation qui résulte du deuxième saut qui est la plus haute.

De nombreux auteurs ont par la suite mis en évidence l'intérêt de l'entraînement pliométrique. En effet, Brown et coll<sup>2</sup> en 1986 ont démontré qu'un entraînement réalisé à partir d'exercices de saut en contrebass permettait d'augmenter la détente de manière significative. Selon eux, les gains de détente sont dus pour 57 % à une amélioration de l'habileté à sauter et pour 43 % à des gains de force.

L'intérêt du travail pliométrique fut repris dans de nombreuses études afin de démontrer son efficacité dans l'entraînement des activités sportives.

Kotzamanidis a démontré en 2006 que l'entraînement en pliométrie permettait l'amélioration de la vitesse de course et de la performance au saut vertical. Cet entraînement a permis selon lui d'améliorer leurs résultats de plus de 2% sur tous les temps de passage lors de la course. Ils ont aussi amélioré leurs résultats au saut vertical de plus de 34 %.

Cette étude corrobore les résultats obtenus par Delecluse et coll<sup>3</sup> en 1995 qui ont démontré qu'un programme d'entraînement en pliométrie de 9 semaines améliore la performance au 100 mètres.

Wilmot et coll<sup>5</sup> en 2004 ont démontré chez des basketteurs de niveau national qu'un entraînement à base de mouvements pliométriques sous forme d'un intermittent 15/15 avait eu une influence significativement positive sur les qualités d'explosivités (SJ) ainsi que sur les qualités de détente d'impulsion plus longue (CMJ).

L'intérêt de l'entraînement pliométrique n'est donc plus à démontrer. Les gains observés après ce type de travail peuvent être expliqués par l'influence d'un travail pliométrique sur la physiologie musculaire résumé par Cometti<sup>1</sup> en 1988. Cet entraînement permettrait :

- De développer des forces supérieures à la force maximale volontaire grâce à l'intervention couplée du réflexe myotatique et de la mise en jeu de l'élasticité musculaire (Zatsiorsiki 1966).
- De diminuer les inhibitions du réflexe myotatique (Schmidbleicher 1988).
- D'élever le seuil des récepteurs de Golgi (Bosco 1985).
- D'améliorer la sensibilité du fuseau musculaire (Pousson 1988).
- De diminuer le temps de couplage (Bosco 1985).
- D'augmenter la raideur musculaire (Pousson 1988)

## 2. Performance aérobie et paramètre neuromusculaire

Si généralement les facteurs cardiovasculaires et métaboliques sont évoqués pour expliquer les limites humaines lors des exercices de demi fond, d'autres facteurs comme l'économie de course peuvent être avancés pour expliquer les différences de performance chez des sujets ayant la même capacité de transport d'oxygène.

Nummela<sup>7</sup> en 2006 nous faisait part que Di Prompero, Bassett et Howley étaient arrivés à la conclusion que la VO<sub>2</sub> Max et l'économie de course sont les principaux déterminants de la vitesse que peuvent maintenir les athlètes sur une distance donnée.

Dans cette même publication on apprend qu'une nouvelle hypothèse était éditée par Noakes en 2000 et Kayser en 2003 pour expliquer la fatigue lors d'un sport d'endurance.

Cette théorie alternative part du postulat que l'ultime limite de la performance aérobie est le système nerveux central. Cette hypothèse repose sur le fait que le système nerveux central intègre des informations diverses au niveau du muscle, du cœur ou encore du système respiratoire. Il limiterait le recrutement des unités motrices des muscles squelettiques au delà du niveau d'intensité et de durée dans lequel le potentiel dégât des organes vitaux pourrait arriver.

Selon ces auteurs, cette hypothèse fournirait une explication plus complète sur la baisse de l'efficacité qui se développe durant l'exercice et lors de l'établissement de différentes performances athlétiques.

Cette idée supposerait que les facteurs neuromusculaires seraient des déterminants importants de la performance en aérobie.

Cette théorie a été renforcée par l'étude de Paavolainen et Coll<sup>6</sup> en 1999 qui ont démontré que la meilleure performance en course à pied sur 10 km était corrélée au niveau de pré-activation des muscles actifs à des temps de contact plus bref au sol durant la course.

Plus récemment Nummela et coll<sup>7</sup> (2006) ont observé que les coureurs capables de maintenir leur niveau d'activation nerveuse au plus proche de leur maximal étaient meilleurs sur 5 km que les athlètes dont le niveau d'activation nerveuse diminuait. Selon eux cette observation suppose que plus les unités motrices des muscles des jambes sont puissantes moins leur

nombre doit être important pour maintenir une vitesse donnée. Cela réduirait la consommation d'oxygène au profit de l'amélioration de l'économie de course.

Des études longitudinales sont venues confirmer ces résultats :

Ainsi Paavolainen et coll<sup>8</sup> en 1999 ont démontré qu'un entraînement en force à base d'exercices dynamiques ( pliométrie, musculation à charge légère et sprint...) permettait d'améliorer la performance au 5 km en course à pied sans augmenter la VO2 Max tout en améliorant l'économie de course sur toutes les vitesses.

Tout ceci alors que le groupe témoin qui effectuait un entraînement traditionnel avait augmenté sa VO2 Max sans améliorer sa performance sur le 5000 mètres.

Spurrs et coll<sup>9</sup> en 2003 ont réalisé à nouveau cette étude en réalisant exclusivement des exercices pliométriques mesurant la performance en course à pied sur un 3000m. Cette étude a duré 6 semaines à raison de 2 à 3 séances de pliométrie par semaine. Outre l'amélioration de la performance aux 5 sauts successifs (7.8 %), au contre mouvement jump (13.2 %) et au test de force, ils ont observé une amélioration de 4.1 à 6.7 % de l'efficacité de la foulée en fonction des vitesses de course (avec les valeurs maximales pour des vitesses élevées) ainsi qu'une amélioration de la performance au 3000 mètres de l'ordre de 2.7 % encore une fois sans augmentation de la consommation maximale d'oxygène.

Kyrolaine et coll<sup>10</sup> en 2004 sont parvenus à démontrer qu'un entraînement de 15 semaines à raison de deux séances par semaine de pliométrie, permettait l'amélioration de 8 % de la performance. Dans le même temps, lors de tests sous maximaux la consommation d'oxygène a été réduite de 24%. L'amélioration des performances neuromusculaires et l'économie de course qui en découle est une nouvelle fois l'explication donnée par ses auteurs pour expliquer ce phénomène.

L'étude de Bell<sup>11</sup> et Coll, qui cherchait à démontrer la possibilité de développer dans le même entraînement des qualités de force et d'endurance sont arrivés à la conclusion que cela était possible mais toutefois dans des proportions moindre qu'un entraînement exclusif en force. Les auteurs ont démontré l'importance de choisir des exercices de force spécifique aux activités sportives pratiquées.

L'entraînement pliométrique par bondissement est donc la forme de musculation qui nous paraît la plus adaptée pour développer les qualités de force dans le cadre d'un entraînement qui aurait pour but de développer ces deux qualités.

Toutes ces études permettent de renforcer à nouveau l'intérêt de l'entraînement pliométrique qui permettrait à la fois de développer les qualités de force et de détente mais aussi dans les activités d'endurance d'améliorer l'économie de course et diminuer l'apparition de la fatigue en fin d'exercice.

Un entraînement en endurance devrait comporter deux pôles. Un pôle dont l'objectif serait de développer la consommation d'oxygène et la capacité à maintenir un pourcentage élevé de VO<sub>2</sub> Max. Un second pôle dont l'objectif serait d'améliorer l'économie de course. Ce type d'entraînement permettrait de jouer sur les limites centrales et périphériques de l'organisme.

Ces données semblent également être très intéressantes chez les joueurs de sports collectifs.

Si l'on en croit Cometti<sup>11</sup> pour qui les qualités d'endurance en sport collectif sont l'aptitude à répéter des efforts de grande qualité. Il nous paraît donc possible d'imaginer un entraînement permettant à la fois de développer les qualités d'explosivité et de détente tout en jouant sur le paramètre aérobie. Séance qui paraît d'autant plus intéressante quand on voit, parfois, le peu de temps consacré à la préparation physique tant les composantes technico-tactiques liées à l'activité sont importantes.

### 3. Pliométrie et fatigue

Dans le Manuel de la pliométrie Gilles Cometti nous fait un compte rendu des connaissances liées à la pliométrie et à la fatigue.

Les premiers travaux dans ces domaines ont été réalisés en 1991 par Nicol et Komi. Ils ont étudié les effets de la fatigue après un marathon.

Ils ont réalisé avant et après l'épreuve des sauts de type Drop Jump sur chariots, une évaluation de la force et de l'EMG.

Pendant le marathon, ils ont également réalisé des sprints tous les 10 km.

Les auteurs sont arrivés à la conclusion qu'au court d'un marathon, la vitesse maximale était altérée à partir du 20<sup>ème</sup> km et que les temps de contact augmentaient significativement à partir du 30<sup>ème</sup> km.

En observant les pressions au sol mesurées lors des sauts réalisés avant et après le marathon, ils ont mesuré une augmentation de la pré-activation liée à la douleur, qui associée à une diminution de la tolérance et du réflexe d'étirement, engendre un temps d'appui plus long. En effet pour compenser le sujet est obligé d'avoir une action concentrique plus importante.

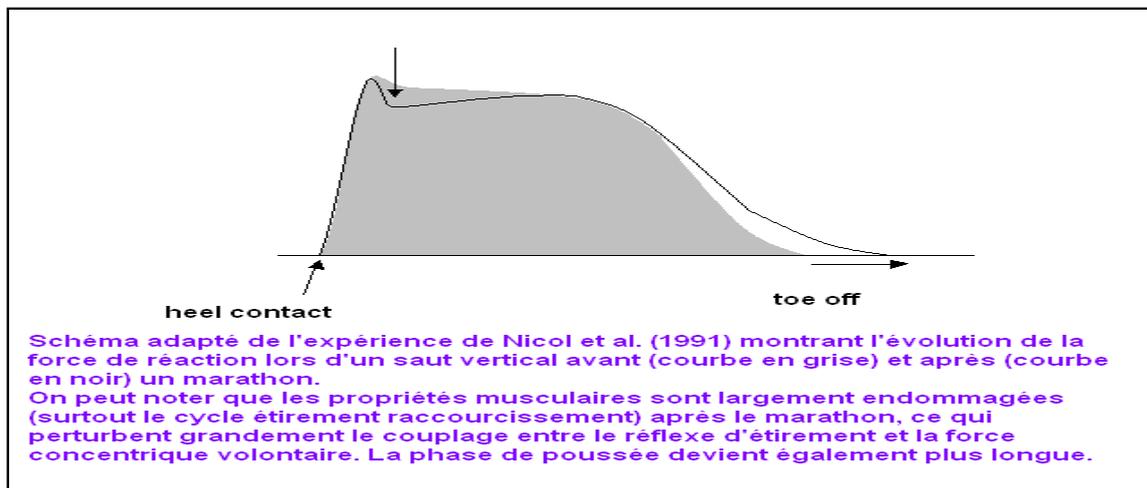


Figure 1: Evolution de la force de réaction lors d'un saut vertical avant/ après un marathon

Ces effets se traduisent sur la foulée par une augmentation de la flexion du genou, un temps de contact au sol plus long et un travail pendant la poussée plus important.

Les paramètres nerveux sont également détériorés par le marathon puisque l'EMG et la force diminuent significativement.

En 2000 ce même Komi identifiera la séquence des événements de la fatigue lors d'un exercice pliométrique. L'apparition de la réduction de dommage musculaire engendre une réduction de la tolérance à l'étirement, qui elle-même provoque une diminution de l'énergie potentielle. Pour compenser l'athlète aura une action de poussée plus importante.

Des études ont été réalisées en laboratoire sur l'enchaînement de saut comme l'étude de Skurvydas et coll sur 100 sauts répétés de type Drop Jump avec 20 secondes de récupération. Ils ont eux aussi observé une baisse sensible de la performance.

La littérature scientifique n'a pas encore réalisé d'étude sur la fatigue engendrée par les sollicitations pliométriques des sports collectifs.

Cependant nous avons trouvé des études qui sans rechercher ces paramètres montrent des signes qui nous laissent penser que l'on pourrait retrouver ce type de processus lors d'un match de sport collectif.

Mohr et coll<sup>13</sup> en 2005 ont démontré que lors d'un match de soccer la vitesse diminuait lors du match sans être corrélée avec la lactatémie.

Cette diminution de vitesse pourrait être liée au paramètre de fatigue liée à un exercice pliométrique citée précédemment.

Même si ce point n'est pas encore vérifié scientifiquement, nous pensons qu'il est intéressant dans le cadre de la préparation physique des sports collectifs de proposer un entraînement qui permet de jouer sur les limites neuromusculaires de la fatigue.

#### **4) Principe de l'entraînement pliométrique**

Alain Piron qui était l'un des premiers entraîneurs français à comprendre l'importance du fonctionnement musculaire pliométrique a édité à partir de son modèle de mise en tension revoie, 3 principes de l'entraînement pliométrique qui nous sont présentés en 1988 par Gilles Cometti<sup>1</sup>.

Cette modélisation va permettre à l'entraîneur de diversifier le travail proposé aux athlètes tout en conservant les points essentiels du fonctionnement musculaire pliométrique.

Ces trois principes vont être les paramètres sur lesquels va pouvoir jouer l'entraîneur. Ce sont : le placement, le déplacement et le caractère des tensions musculaires.

##### **i. Le placement**

Le principe de placement consiste à faire varier l'angle du genou. Cette variation d'angle va faire passer l'athlète qui à une petite flexion à un alignement segmentaire lors de flexions plus importantes à un placement en chaîne cassé.

Lors de la course par exemple l'athlète va chercher à avoir une flexion particulière au niveau du genou qui va lui permettre d'être efficace.

Un des thèmes du travail possible de cette variable va être la recherche du placement efficace. On va pouvoir faire évoluer les variables de placement en utilisant des exercices avec une flexion normale, ou cassée avec une flexion plus importante.

##### **ii. Le déplacement**

A une flexion du genou donnée on va pouvoir faire varier le déplacement sur l'appui.

A savoir qu'un petit secteur balayé va favoriser le placement. L'exercice le plus répandu sur le thème du placement va être l'exercice de skipping.

Pour explorer un déplacement important sur l'appui l'exercice le plus répandu va être celui de la foulée bondissante.

### **iii. Caractéristiques des tensions musculaires**

Si l'on veut rester dans une contraction musculaire pliométrique on peut faire varier les tensions musculaires en proposant des hauteurs de chute variable lors d'exercice de pliométrie verticale.

On peut aussi faire varier les tensions musculaires en jouant sur le temps de couplage en utilisant des flexions plus ou moins importantes où varient la vitesse d'exécution des exercices.

Ces variations peuvent aller de la recherche de la diminution du temps de couplage en utilisant par exemple des exercices de bondissements allégés à des bondissements ou l'on recherche un temps de couplage plus long, avec des exercices où la flexion du genoux sera plus importante tout comme la sollicitation musculaire.

On va donc pouvoir en fonction du type et de la forme d'exercices choisis faire varier le niveau de mise en difficulté musculaire.

#### 4. Classification des exercices de pliométrie

Il existe deux grandes familles d'exercice pliométrique : les bondissements horizontaux et les bondissements verticaux.

##### i. Les bondissements horizontaux

Exercice d'intensité modéré, il reprend les exercices où la répartition temps de vol et du temps de contact respecte celle de la course. (40 % de temps de contact 60 % de temps de vol)

Dans ce type d'exercice la logique est généralement la recherche d'habileté motrice nouvelle autour des thèmes de placement et de déplacement.

Elle reprend les exercices comme le skipping ou les foulées bondissantes.



Figure 2: Exercice de Skipping et de foulées bondissantes.

##### ii. Les bondissements verticaux

Les sollicitations engendrées par ces exercices sont plus importantes tout comme les lésions musculaires

La logique est généralement musculaire avec comme objectif l'amélioration des qualités de force d'explosivité ou encore de détente.

Ils sont généralement caractérisés par un petit secteur balayé sur l'appui et par une inversion du rapport temps de contact / temps de vol par rapport aux exercices de pliométrie horizontale.

Ils reprennent toutes les variétés de sauts en contrebas et de rebond pieds joints, comme les banc/sol/banc ou les rebonds pieds joints sur les haies.



**Figure 3: Illustration haies pieds joints, rebond jambe tendue et banc/sol/banc**  
**B. Le travail intermittent**

### **1. L'entraînement intermittent**

Depuis les années 1950 et la popularisation de l'intervalle training par Emile Zatopek, figure emblématique de cette méthode, l'entraînement intermittent par opposition au travail en continu n'a cessé de se développer.

Différents objectifs peuvent être associés à cette forme de travail. Il est souvent associé au développement des capacités aérobies des sportifs.

Dans ce cadre différents auteurs ont démontré que l'entraînement intermittent était plus efficace que le travail en continu.

Ainsi Gorostiaga et coll en 91 ont démontré qu'une augmentation de  $VO_2$  Max était significativement supérieure après 24 séances de travail intermittent (30s/30s à 100 % de  $VO_2$  Max) à celle consécutive à un travail en continu à 50 % de  $VO_2$  Max.

Tabata et coll. nous rappellent, suite à une étude menée en 1996, que l'entraînement par intervalles courts aurait un meilleur effet que l'entraînement continu sur le développement de la consommation maximale d'oxygène et permettrait également d'améliorer la capacité aérobique. Évidemment, les résultats de cette étude ne prouvent pas que toutes les formes d'entraînement par intervalles courts ont un meilleur effet sur le développement des déterminants de la performance par rapport aux entraînements de type continu, mais ils confirment l'intérêt que présente l'entraînement intermittent comprenant de courtes fractions d'effort, compte tenu du volume particulièrement élevé de travail à très haute intensité qu'il permet d'effectuer sans nécessairement taxer l'athlète outre mesure.

L'avantage du volume de travail est repris par Billat et coll en 2000, qui comparent deux séances continues et discontinues réalisées à une même intensité. Ils ont mis en évidence que la forme de travail discontinu permet de maintenir trois fois plus longtemps la  $VO_2$  Max que la forme de travail en continu.

Au vue de la littérature, l'efficacité du travail intermittent ne semble donc pas remise en cause. Néanmoins il existe de multiples formes de travail de modalité intermittent qui peuvent varier selon l'intensité, la durée des séquences et la récupération.

Dans l'étude Tabata et coll en 1996 préconisent que les exercices intermittents prennent une forme où les séquences de travail durent entre 10 et 15 secondes et les récupérations 10 à 30 secondes.

Il n'existe donc pas une forme de travail intermittent intéressante pour le développement des capacités aérobies du sportif mais bien une multitude de formes de travail qui peuvent aussi avoir d'autre finalité que le développement des qualités aérobies.

George Gacon<sup>1</sup> définit l'intermittent comme un enchaînement d'effort et de récupération où l'effort doit être d'une longueur suffisamment réduite pour permettre d'atteindre des valeurs de  $\text{VO}_2$  Max les plus élevées possibles et pour que l'oxygène transporté, associé à la myoglobine, suffise à couvrir les besoins et où la récupération ne doit pas excéder 30 secondes.

Il classifera plus tard les formes d'intermittent en trois familles : l'intermittent standard, court et long.

L'intermittent standard qui prend la forme d'un intermittent 30s/30s est vraisemblablement la forme la plus répandue sur le terrain.

De nombreux auteurs comme Heugas et coll en 2001 qui ont réalisé un intermittent 30/30 à l'intensité de la  $v\text{VO}_2$  max ont démontré que cette forme d'intermittent permettait de développer les qualités aérobies sur un entraînement de 8 semaines.

En 2007, Assadi qui préconise de réaliser cet intermittent à la vitesse de décrochage du test VMA de type 45/15 de George Gacon, (soit environ 110 à 120 % de  $v\text{VO}_2$  Max) vitesse qui pour ces auteur est définie par le terme de VMA brut, indique que ce travail est suffisamment efficace pour produire un accroissement significatif des qualités aérobies.

Les intermittents longs représentent les efforts de type 45/15 ou 60/30.

Ils sont eux aussi réalisés à la VMA brut et sont destinés à des athlètes experts dans une logique de développer l'endurance à la Puissance Maximale Aérobie.

Les intermittents courts ce sont tous les intermittents inférieurs au 30/30 comme l'intermittent 15/15 le 10/20 ou encore le 5/15.

Le 15/15 se rapproche de la modalité d'intermittent 30/30. L'influence de la myoglobine permet de conserver une situation d'équilibre aérobie au niveau de la production d'énergie. Mais les successions d'accélération et de décélération plus fréquentes permettraient de développer la vitesse sur un fond de sollicitation aérobie.

Le 5/15 permettrait de solliciter l'ensemble des fibres musculaires ce qui demande d'accéder à une vitesse importante rapidement.

Il permettrait un effet dynamisant dans les trois jours après sa réalisation.

L'intermittent 10/20 est lui présenté comme la forme de travail favorable à l'introduction d'exercices de musculation ou de bondissement. Il sera décrit spécifiquement dans la suite de ce mémoire.

## **2. Observations des caractéristiques de l'intermittent par l'observation de la fréquence cardiaque**

L'observation de la fréquence cardiaque dans l'entraînement aérobie suscite depuis de nombreuses années un intérêt dans le contrôle de l'intensité de l'entraînement en endurance.

Jousselin<sup>1</sup> (1998) nous rappelle qu'il existe une relation linéaire entre le débit cardiaque (DC) et la dépense énergétique que l'on peut mesurer par la consommation d'oxygène (VO<sub>2</sub>). Or, le débit cardiaque est lui-même le produit du volume d'éjection systolique (VES) et de la fréquence cardiaque :  $DC = VES \times FC$ . Le VES maximum étant rapidement atteint pour des exercices de faible à moyenne intensité, l'augmentation du débit cardiaque se fait principalement par l'accélération de la fréquence cardiaque. D'où une relation linéaire entre FC et VO<sub>2</sub> lors d'un exercice de puissance croissante.

L'enregistrement de la fréquence cardiaque lors d'un effort aérobie est un indicateur utile pour mesurer l'efficacité du système cardiovasculaire et pour la conception des charges d'entraînement aérobie.

Cependant ce même auteur nous fait part de l'obligation d'étalonner cette relation de fréquence cardiaque à partir d'un test maximal.

La méthode la plus rigoureuse nous semble être celle éditée en 1992 par Gacon et la société cardisport.

Cette méthode consiste à mettre en relation par une intégration l'évolution de la vitesse en fonction du temps d'un test triangulaire (test de Brue, 45/15 de George Gacon...) avec la courbe de fréquence cardiaque obtenue lors de ce test.

On obtient une relation fréquence cardiaque / vitesse individuelle pour chaque individu qui va permettre par la suite de calculer la charge interne engendrée par un effort aérobie.

Charge interne qui va nous renseigner sur la sollicitation du système aérobie.

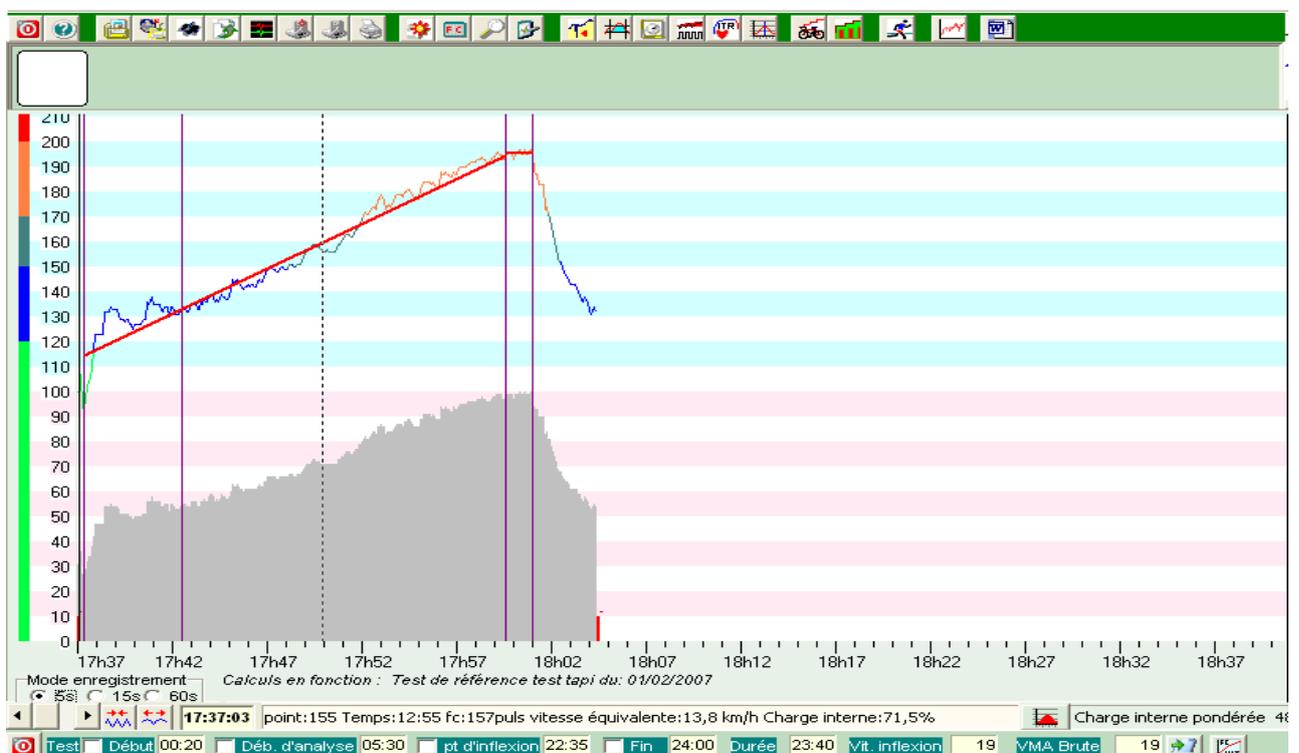


Figure 4 relation FC/ Vitesse obtenue lors d'un test de Brue.

George Gacon nous a présenté l'évolution de la fréquence cardiaque lors d'un effort aérobic. Quelque soit l'effort, il identifie 3 étapes : la phase d'installation, le régime de croisière et la récupération.

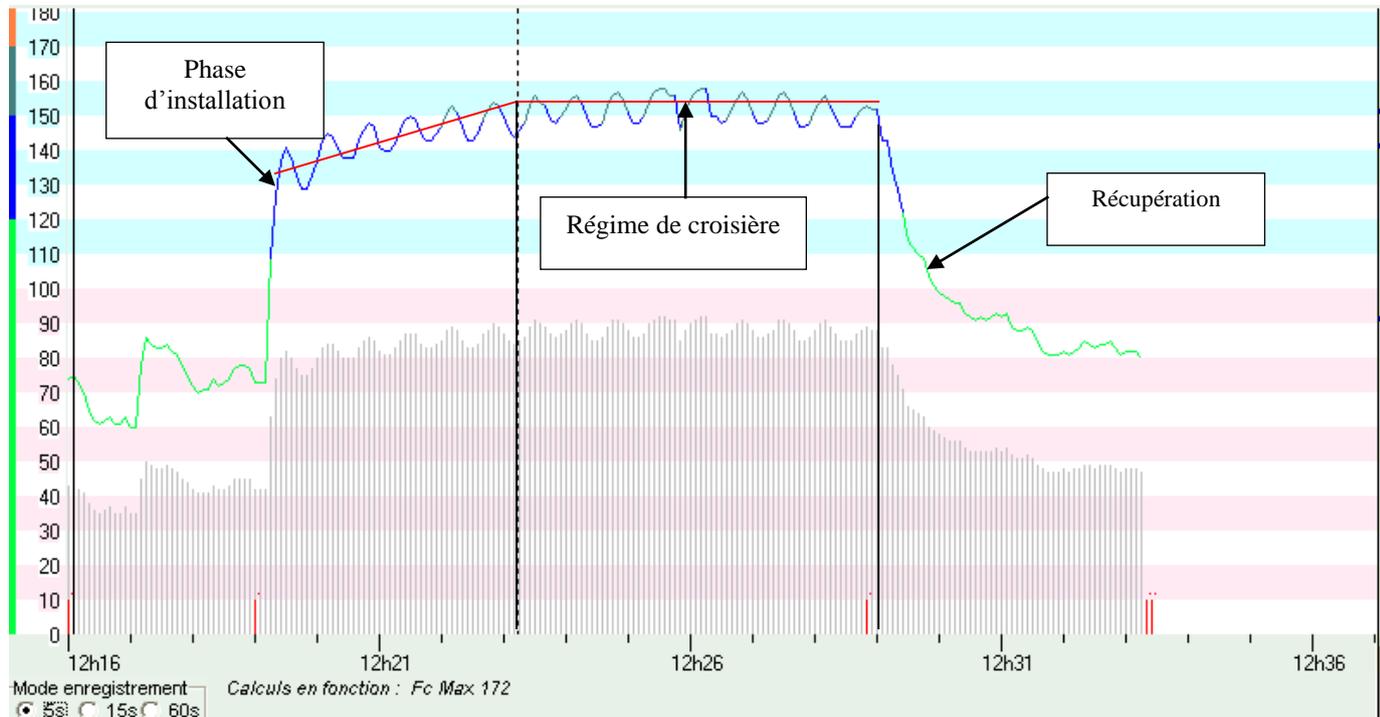


Figure 5 Illustration de l'évolution de la fréquence cardiaque lors d'un intermittent 20/20

### ➤ La phase d'installation :

Le système aérobic va mettre un certain temps pour fonctionner correctement. Cette phase correspond au délai que va mettre la fréquence cardiaque à se stabiliser.

On observe une augmentation de la fréquence cardiaque plus ou moins brutale qui est due à l'adaptation à l'exercice.

Cette phase peut varier avec l'entraînement. Un sportif entraîné en aérobic va apprendre à mettre son système plus rapidement en route.

Néanmoins il est difficile d'observer cette phase.

### ➤ Le régime de croisière :

C'est la première phase que l'on peut observer. C'est la période où la fréquence cardiaque s'est stabilisée.

Lors d'un effort intermittent, on va observer dans cette phase une sinusoïde qui correspond aux phases d'exercice et de récupération de notre effort intermittent.

Comme l'une des caractéristiques de l'exercice intermittent est de garder une stimulation importante lors de la phase de récupération, pour analyser l'effort il va falloir prendre cette succession d'efforts et de récupérations.

Dans notre exemple, nous aurions pris l'ensemble de la phase de régime de croisière et observé la sollicitation moyenne.

Il est également possible d'observer combien de battements sont perdus lors de la phase de récupération de l'intermittent et ceci afin d'observer si la sollicitation reste à un niveau satisfaisant.

Lors de cette phase, Assadi en 2007, nous apprend qu'une baisse de la fréquence cardiaque est significative lorsque l'on perd plus de 10 battements par minutes. Il faudra alors dans ce cas empêcher cette récupération trop importante en réalisant une récupération active par exemple.

#### ➤ **La récupération :**

Cette phase est consécutive à l'arrêt de l'effort et permet à l'entraîneur d'observer la récupération post exercice.

D'un point de vue technique, on a l'habitude d'observer la récupération de la fréquence cardiaque lors de la première minute de récupération.

Cette « pente de récupération » va nous permettre d'observer comment le sujet a assimilé l'exercice. Une pente importante est le signe que l'exercice a bien été assimilé par l'athlète. En revanche une pente faible va nous indiquer que l'exercice a posé des problèmes d'endurance au sujet. Cette donnée est très intéressante pour fixer l'intensité des séances futures.

### 3. L'intermittent 10/20

En 2007, Gilles Cometti<sup>1</sup> nous présente l'intermittent force comme un moyen fondamental de développer la Puissance Maximale Aérobie.

Il permettrait de jouer sur les limites cardiovasculaire mais aussi sur les limites neuromusculaires qui comme nous l'avons vu précédemment pourraient limiter la performance en fin de match.

De plus, ce même auteur a présenté le travail intermittent<sup>2</sup> comme la seule forme de travail intéressante pour développer les qualités aérobies des joueurs de sports collectifs.

La durée des séquences de travail de cet intermittent force peut varier de 5 à 15 secondes et celle de récupération de 15 à 25 secondes en fonction de l'accent mis plus ou moins sur la qualité du travail effectué.

La longueur des blocks de travail doit durer 7 minutes au minimum et peut aller jusqu'à 10 minutes.

Il répertorie 5 formes de travail classées dans l'ordre de leurs difficultés :

L'intermittent classique qui consiste à effectuer les séquences de travail à une allure en générale supérieure à la VMA qui prend généralement la forme d'un 10/20 ou d'un 15/15.

C'est certainement la forme de travail la plus intéressante sur le plan de la sollicitation aérobie.

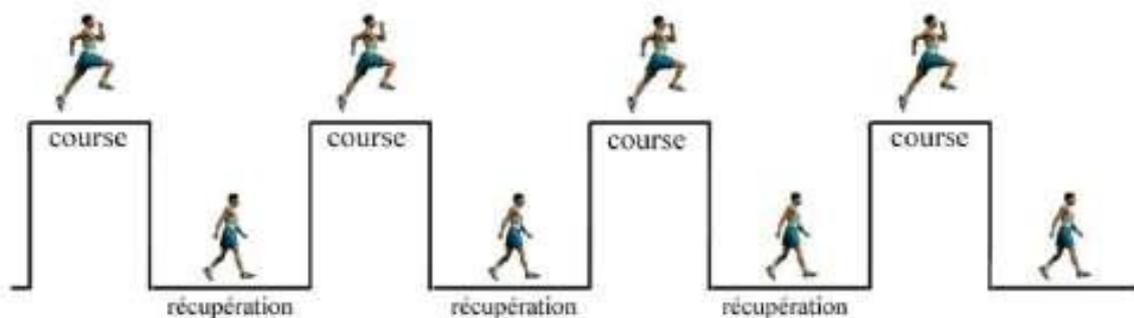


Figure 6: Intermittent 10/20 course.

L'intermittent sprint qui prend la forme d'un intermittent 5/15 où les séquences de travail doivent être réalisées à vitesse maximale.

Il est également possible de l'entrecouper avec des séquences de travail 10/20 réalisées avec une intensité proche de la VMA.

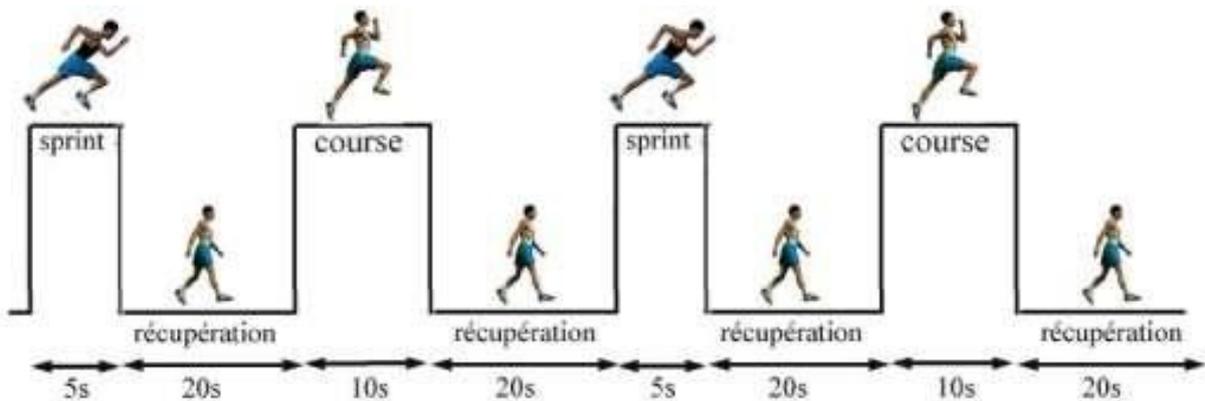


Figure 7: Intermittent 10/20 sprint /course.

L'intermittent en bondissements horizontaux qui prend la forme d'un 10/20.

Les exercices pouvant être orientés sur le placement ou sur le déplacement, voire combiner les deux modalités d'exercices.

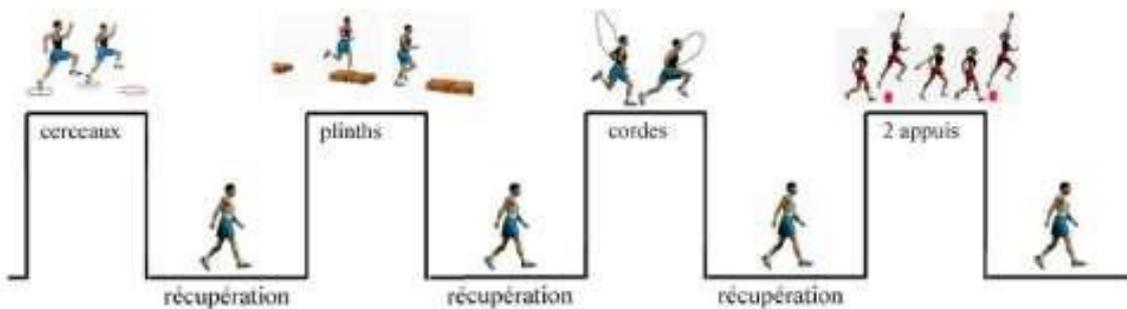
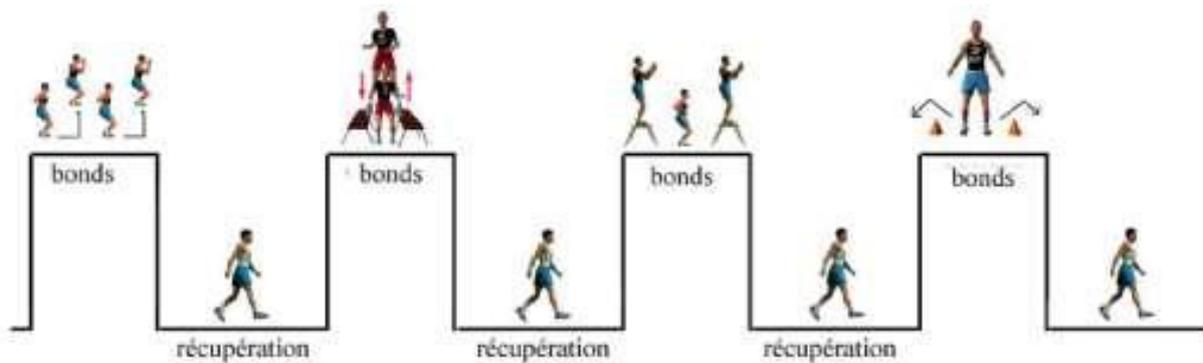


Figure 8: Intermittent 10/20 en Bondissements Horizontal

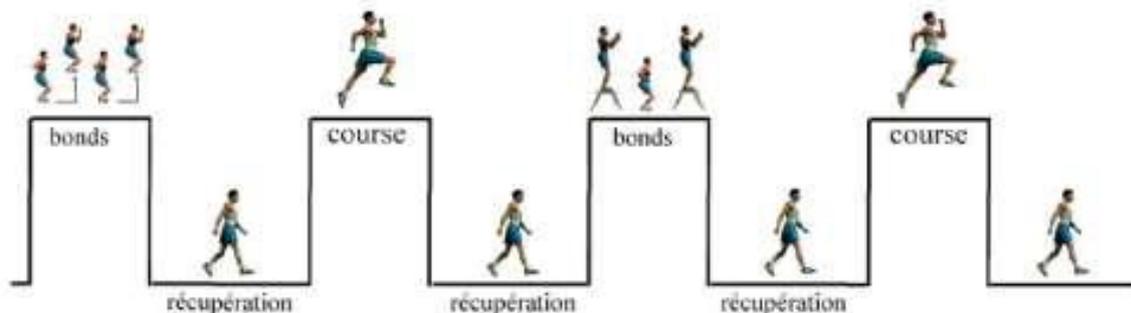
Puis vient l'intermittent en bondissements verticaux qui prend également la forme d'un intermittent 10/20.

Ces bondissements vont engendrer des tensions musculaires plus intenses.



**Figure 9: Intermittent 10/20 en bondissements verticaux**

Pour les intermittents en bondissements il est conseillé d'alterner les exercices de bondissements avec de la course courue à VMA. Cette alternance permettrait de rendre l'effort plus sollicitant sur le plan aérobie, mais aussi de reposer les facteurs neuromusculaires une fois sur deux et de permettre aux exercices de bondissements d'être effectués de façon plus qualitative.



**Figure 10: Intermittent 10/20 Bondissement/ course.**

L'étape ultime consiste à introduire des exercices de musculation avec charge entre les séquences de course.

Il est également possible de varier toutes les formes de sollicitation précédemment citées.

Cet auteur a également édité une publication sur une étude réalisée sur l'intermittent 10/20<sup>3</sup>.

Cette étude portait sur différentes formes d'intermittent 10/20 réalisées en course à une allure proche de la VMA, en sprint (sur une durée de travail de 3 secondes), en bondissements et en musculation avec charge.

Les formes de travail en sprint, bondissements et charge étaient alternées avec une séquence de travail en course à VMA.

Cette étude avait pour objet de classer les intermittents en fonction de leur sollicitation aérobie, mais aussi d'observer la lactatémie et l'impact de la séance sur la détente à l'aide des tests de réactivité 5 sauts et de CMJ.

Ils sont arrivés à la conclusion que la sollicitation la plus importante sur le plan aérobie était obtenue respectivement par l'intermittent course mais aussi que l'intermittent bondissements permettait d'obtenir une sollicitation semblable.

L'introduction de sprint va diminuer significativement la sollicitation aérobie. La musculation avec charge est la sollicitation la moins importante.

Au niveau de la lactatémie la course reste la solution la plus soutenue et l'introduction de bondissements n'augmente pas celle-ci.

L'introduction de sprint ou de musculation avec charge a tendance à la faire diminuer.

A la surprise générale la détente n'est altérée par aucun des intermittents, 8 minutes d'intermittent ne suffisent donc pas à altérer la détente.

Une étude longitudinale a également été effectuée par Hot<sup>4</sup> en 2001. Il a fait varier différentes sollicitations d'intermittent force qu'il a comparé à un intermittent « long » (de type 40/20 et 30/30) sur un public de rugbymen élite pendant une période de 12 semaines. Il a observé l'évolution de la VMA et de la force de poussée maximale.

Le groupe d'intermittent force a augmenté significativement sa VMA tout en conservant ses qualités de poussée.

Le groupe d'intermittent « long » a augmenté sa VMA sans que cette augmentation soit significative. Dans le même temps, il a observé une baisse caractéristique des qualités de poussée.

Il interprète la baisse en force par le fait que l'intermittent long sollicite principalement les fibres oxydatives alors que l'intermittent force sollicite principalement les fibres rapides.

Cette interprétation est à nuancer puisque qu'elle vient contredire l'étude faite par Heugas et coll<sup>5</sup> dont l'objectif était de comparer les effets à long terme de deux types d'entraînement intermittent aérobie court (30s à 100%vVO<sub>2</sub>max- 30s à 50%vVO<sub>2</sub>max) et long (à 91,5%vVO<sub>2</sub>max ; LIT) sur les capacités aérobies et anaérobies chez des coureurs spécialistes de demi-fond. Ils sont arrivés à la conclusion que 8 séances d'entraînement ont été suffisantes pour améliorer la capacité aérobie en augmentant significativement la VO<sub>2</sub>max et la vVO<sub>2</sub>max.

Sur l'étude sur les rugbymen, on pourrait se poser la question sur la vitesse à laquelle a été réalisé les intermittents « long » notamment en regardant les faibles gains obtenus en VMA.

En revanche ces deux études arrivent à la même conclusion en ce qui concerne les qualités aérobies. Heugas et coll<sup>5</sup> ont conclu eux aussi que l'intensité de l'entraînement intermittent a dominante aérobie n'est pas suffisante pour améliorer la capacité anaérobie et engendre des effets négatifs.

Heugas et coll en 2001 suggèrent que pour améliorer la capacité anaérobie d'athlètes entraînés, il faudrait utiliser des intensités de course plus élevées de l'ordre de 110 à 120 % de VO<sub>2</sub> max.

Ces résultats attirent notre attention sur l'intérêt d'une sollicitation à la fois des paramètres aérobies et des paramètres d'explosivité dans le cadre d'un entraînement d'un sport collectif.

Un joueur de sport collectif doit combiner ces deux qualités, mais la différence va se faire sur les efforts explosifs qui coïncident aux phases d'action déterminante pour le gain du match.

### **C. Problématique et hypothèse de départ**

Au vu de la littérature scientifique, l'intermittent force 10/20 à partir d'une sollicitation pliométrique paraît particulièrement intéressante. Il est en effet possible d'imaginer qu'il permettrait de développer la puissance maximale aérobie, mais aussi de développer les qualités d'explosivité ce qui permettrait également de jouer sur les limites neuromusculaires liées à la fatigue d'un effort pliométrique.

Cette revue de littérature m'amène à m'interroger sur trois points :

Le premier concerne la sollicitation aérobie de cet intermittent

Est-elle suffisante pour développer la PMA ?

Pour y répondre j'utiliserais les travaux d'Hervé Assadi qui s'appuie sur ceux de Platonov<sup>2</sup> (1987) et sa modélisation de la fréquence cardiaque en zone de stimulations fonctionnelles en fonction du niveau de l'individu.

Assadi arrive à la conclusion que la sollicitation minimale pour développer les qualités aérobies se situe entre 80 et 100 % de charge interne chez le débutant, 90 et 100 % de charge interne chez le confirmé et entre 95 et 100 % chez l'expert.

Notre séance d'intermittent force étant destinée aux sports collectifs, nous estimons que leur niveau en endurance se situe entre le niveau débutant et le niveau confirmé de cette modélisation.

Ils nous paraît donc acceptable, pour développer les qualités d'endurance du sujet, que la sollicitation soit comprise entre 90 % et 100 % de charge interne.

En dessous de cette sollicitation on pourra conclure que l'intermittent permet d'entretenir les qualités aérobies du sportif.

La première hypothèse sera que l'intermittent 10/20 en bondissements permet d'engendrer une sollicitation suffisante pour développer la Puissance Maximale Aérobie.

Le second concerne la sollicitation périphérique.

L'étude réalisée par le centre d'expertise de la performance n'a pas permis de démontrer qu'une séquence de 8 minutes d'intermittent mixte bondissements et courses à VMA ne permet pas une sollicitation intéressante pour observer des gains en force.

Il va falloir trouver une forme d'intermittent qui permet d'altérer les qualités de force et de puissance des cuisses et des mollets.

La seconde hypothèse est que deux séquences de 8 minutes d'intermittent 10/20 réalisées exclusivement en bondissements permettent d'altérer les qualités de force et de détente. Ce qui permettrait de dire que cette stimulation est intéressante pour obtenir des gains en force.

Le troisième point concerne l'influence du type d'exercice utilisé pour réaliser l'intermittent. Pour y répondre, je comparerai pendant l'étude deux formes de travail en pliométrie horizontale : une forme orientée sur le placement en utilisant l'exercice de skipping et une forme orientée sur le déplacement en utilisant la foulée bondissante.

Je comparerai également à ces deux formes de travail une forme de travail en pliométrie verticale en utilisant l'exercice de banc/sol/banc.

La problématique de ce mémoire est de déterminer si une forme de travail pliométrique de deux séquences d'intermittent 10/20 permettrait d'engendrer une fatigue musculaire permettant d'être dans une situation favorable pour jouer sur les limites neuromusculaires de la fatigue tout en engendrant une sollicitation permettant de développer les qualités aérobies.

## II. - Déroulement de la recherche

Cette deuxième partie a pour objectif la description de l'étude qui a été menée suite à la formulation de la problématique. Nous verrons ici le déroulement de l'action réalisée afin de répondre au mieux à nos interrogations. Comme toute recherche scientifique les conditions de l'expérience seront précisément décrites afin de mesurer l'impact de notre proposition de travail.

### A. Présentation du public

Afin de répondre à la problématique 8 étudiants de l'UFR STAPS de Dijon ont participé à cette étude. Comme l'intermittent force 10/20 vise un public de sport collectif nous avons en priorité recruté ce type de sujet. Cependant pour bénéficier d'un groupe conséquent nous avons été dans l'obligation de recruter deux sujets pratiquant l'athlétisme et la natation.

Nom	Prénom	Age	Taille	Poids	Sport	Niveau
MICHAUT	Emeric	22	188	77	Football	Division d'Honneur
ROBINEAU	julien	21	174	66	Football	Promotion de ligue
PEREIRA	Guillaume	23	185	79	Football	Division d'Honneur
REISPORFER	STEEVE	21	171	62	Football	Division d'Honneur
PREAU	Thomas	23	178	85	Hand	Régional
CAVON	Etienne	23	176	78	Natation	National
CHATTEY	Emeric	20	178	66	Athlétisme	National
DARSAU	Rodolphe	22	180	77	Athlétisme	Régional
Moyenne		21,8	178,7	73,7		

<b>Ecart type</b>	1,05	5,2	7,5
-------------------	------	-----	-----

Figure 11: Présentation des sujets

## **B. Matériel et méthode**

### **1. Evaluation de la sollicitation aérobie**

Afin de définir la sollicitation aérobie engendrée par les différents intermittents, les sujets seront équipés lors de l'expérimentation de cardiofréquencemètre Polar de type S610.

Pour quantifier cette sollicitation aérobie nous avons choisi le concept de charge interne édité par George Gacon en 1992.

A l'aide du logiciel Pro2. pulses de la société cardisport, nous allons déterminer la relation Fréquence cardiaque/vitesse propre à chacun des sujets testés. Cette relation permettra par la suite de calculer la quantité de travail fournie par le système aérobie.

Cette relation est calculée par intégration de la relation Vitesse en fonction du temps d'un test triangulaire et de la courbe de fréquence cardiaque mesurée lors de ce même test.

Pour construire cette relation il est donc nécessaire de réaliser un test de Vitesse Maximale Aérobie. Nous avons choisi d'effectuer le test de Brue sur tapis roulant.

Le test débute à une vitesse de 8 km/h ensuite la vitesse est incrémentée de 0.5km/h toutes les minutes. Les sujets doivent courir le plus longtemps possible jusqu'au moment où ils ne sont plus capables de suivre le rythme imposé par le tapis roulant.

Nous observons les valeurs de VMA atteintes lors du test mais aussi l'indice de récupération. Cet indice est l'amplitude de la diminution de la fréquence cardiaque au cours de la récupération. Nous l'observons lors de la première minute en prenant comme référence l'évaluation faite du Centre d' Expertise de la Performance de Dijon<sup>1</sup>.

<b>Indice de récupération</b>	<b>Nombre de Bpm perdu en 1 minute.</b>
Très bon	60
Bon	40
Moyen	30
Insuffisant	20
Médiocre	10

**Figure 12: Indice de récupération.**

## **2. Mesure de la fatigue engendrée par les intermittents :**

Pour mesurer la fatigue engendrée par un intermittent et en s'appuyant sur les travaux de Komi précédemment cité, nous effectuerons des tests de détente, de vitesse et de force.

Ces mesures nous permettront de mesurer la fatigue engendrée par la sollicitation pliométrique des différents exercices intermittents.

Ces différents tests seront réalisés avant et après l'exercice intermittent. Nous observerons par une analyse statistique si la différence entre ces deux tests est significative.

### **a) Les tests de détente :**

Les tests de détente vont nous permettre d'observer si les qualités d'explosivité sont altérées par le travail réalisé. Par leur composante pliométrique ils vont aussi nous servir à déterminer si la tolérance à l'étirement et les réflexes liés à l'étirement sont altérés signe de la présence de dommage musculaire.

#### **i. Le Drop Jump :**

Ce test consiste à réaliser un saut en contre bas qui sera ici d'une hauteur de 40cm, d'effectuer une flexion naturelle et d'enchaîner un saut le plus haut possible, le tout sans temps d'arrêt. L'impulsion est donc précédée d'une mise en tension importante qui provoque l'allongement des tendons et une sollicitation musculaire pliométrique.

Ce test sera réalisé avec les mains immobilisées sur les hanches et une attention particulière sera mise sur le fait que le sujet ne doit pas prendre une impulsion sur le banc mais tomber du banc afin de conserver une hauteur de chute de 40 cm.

Ce test va nous permettre de mesurer les qualités d'élasticité des muscles du quadriceps.



**Figure 13: Drop Jump**

L'idéal aurait été de réaliser ce test sur une plateforme de force pour obtenir les pressions exercées au sol et pouvoir observer si le pic d'impulsion et le temps de contact au sol sont augmentés et si la tolérance à l'étirement est diminuée.

La hauteur des sauts sera mesurée à l'aide d'un optojump. Cet appareil nous permettra également d'obtenir le temps de contact au sol.



**Figure 14: Opto Jump**

Pour observer si le réflexe d'étirement est altéré par notre intermittent nous allons nous servir des paramètres extérieurs que nous a évoqué Komi.

Pour cela nous plaçons une caméra perpendiculairement au rail d'optojump.

Cela nous permettra à l'aide du logiciel dartfish d'observer l'angle maximal au cours de la flexion. Pour obtenir toujours la même résolution et pouvoir comparer les angles nous plaçons la caméra toujours à la même distance de l'optojump (3m90).

Pour faciliter la mesure de l'angle et la reproduction de la mesure, les sujets seront équipés de capteurs situés sur la malléole, la tête du péroné et la tête du fémur.



**Figure 15: Fléxion maximal en Drop Jump**

Si les temps de contact au sol et la flexion maximale sur l'appui augmente, nous pouvons penser que la tolérance et les réflexes liés à l'étirement sont altérés sans toutefois nous en donner la preuve irrévocable.

## **ii. Le test de réactivité 6 sauts :**

Ce test consiste à enchaîner consécutivement 6 sauts. Seule une flexion pour la prise lors du premier saut sera acceptée. Les autres sauts seront réalisés jambes tendues.

Ce test mesure principalement les qualités d'élasticité des mollets.



**Figure 16: Réactivité 6 sauts**

La hauteur des sauts sera comme précédemment mesurée à l'aide d'un optojump. Nous observerons également les temps de contact au sol.

Une augmentation des temps de contact au sol nous ferait penser que la tolérance et les réflexes liés à l'étirement sont altérés.

### **iii. Le contre mouvement Jump**

Le Contre Mouvement Jump est un test qui consiste à partir jambes tendues, fléchir à une flexion naturelle proche de  $90^\circ$ , et enchaîner sans temps d'arrêt un saut le plus haut possible.

Ce test sera réalisé avec les bras immobilisés sur les hanches.

Il mesure la qualité de détente sur des impulsions longues qui peuvent s'apparenter dans des activités sportives à un contre en handball par exemple.



**Figure 17: CMJ**

Comme nous l'a démontré Schmidtbleicher, le CMJ qui a été longtemps le model de la pliométrie n'engendre pas un étirement suffisant pour mettre en jeu toutes les composantes de la pliométrie notamment au niveau de la pré activation et du réflexe myotatique.

Aujourd'hui nous pensons que ce test permet de mesurer la capacité à développer de la force dans un temps plus long que pour le squat jump. La phase d'amortissement permet d'avoir plus de temps pour développer la force. On ne fait donc plus intervenir l'élasticité dans l'explication de ce test.

Nous n'utiliserons donc pas ce test pour déterminer l'altération de la tolérance et du réflexe lié à l'étirement mais pour comparer nos résultats avec l'étude précédemment réalisée par le Centre d'Expertise de la Performance qui avait utilisé ce test pour mesurer l'impact de leurs intermittents sur la détente.

### **b) Le test de vitesse :**

Le test de vitesse sur 30 mètre sera mesuré à l'aide des deux rails de système tac et optojump installés dans la salle du Centre D'expertise de la Performance de Dijon.



**Figure 18: système tac et Opto Jump**

Le Tac nous servira à mesurer les temps aux 10, 20, et 30 mètres. Ce qui nous permettra d'observer si la séance a une influence sur les qualités de vitesse.

Les rails d'optojump nous serviront à mesurer les temps de contact au sol.

Comme pour le Drop Jump nous filmerons ce test pour observer le maximum de flexion sur l'appui de course. La caméra sera placée après les 30 mètres pour des raisons de visibilité (le rail de Tac empêchant de voir le bassin des sujets). La caméra sera cette fois-ci placée à une distance de 4 mètres 21 du couloir où les sujets effectueront leur course.

Il sera demandé aux sujets de prolonger leur sprint jusqu'aux 35 mètres.

Si les temps de contact au sol et la flexion maximale sur l'appui augmentent, nous pouvons penser que la tolérance et les réflexes liés à l'étirement sont altérés.

### c) Le test de force du quadriceps

Ce test nous permettra de mesurer si les qualités de force sont altérées par l'intermittent.

Il donnera également un indice supplémentaire quant aux traumatismes liés à un exercice pliométrique puisque Komi nous a montré qu'il engendrait une diminution de la force.

La force du quadriceps sera mesurée à l'aide du système myostat. Ce système mesure la force isométrique du quadriceps à l'aide d'une jauge de contrainte reliée à une chaîne.

La force sera exprimée en kilogrammes.



Figure 19: Test de force sur myostat

### **3. Déroulement de la séance**

Pour conserver une certaine rigueur scientifique, la trame des séances sera toujours la même. Seules les deux séquences de huit minutes d'intermittent évolueront.

L'échauffement sera réalisé à partir d'un échauffement russe. Puis les sujets réaliseront une première fois les tests dans l'ordre suivant : Test de vitesse sur 30 mètres, Drop Jump, Contre Mouvement Jump, Réactivité 6 sauts et pour finir le test de force sur le quadriceps.

Une fois ces tests réalisés les sujets réaliseront les deux blocks de travail intermittent entrecoupés d'une récupération de 6 minutes.

A la fin du second block d'intermittent les sujets prendrons à nouveau 6 minutes de récupération et réaliseront à nouveau la batterie de tests dans le même ordre que précédemment.

### **4. Présentation des séances d'intermittent 10/20**

Afin de pouvoir comparer les différences de sollicitations des différents exercices de bondissements pliométriques, nous avons choisi de réaliser les intermittents exclusivement dans un exercice de pliométrie.

Ces intermittents seront tous réalisés exclusivement en bondissements. Il n'y aura pas de section de course. La récupération se fera passivement.

Sur le plan de l'intensité, l'intermittent 10/20 étant un intermittent court, les exercices de pliométrie devront être réalisés avec une intensité élevée ce qui permettra également d'engendrer des tensions pliométriques plus intenses.

Ceci nous paraît d'autant plus important que le fait que nous ne réalisions pas de course à l'intérieur de l'intermittent ne favorisera pas l'élévation de la sollicitation aérobie.

### **a) La séance d'intermittent 10/20 en skipping**

Le skipping est un exercice de pliométrie horizontale qui consiste à appuyer fortement au sol avec la jambe d'appui ce qui va provoquer une action d'élévation du genou.

Le temps moteur doit être vers le bas au contraire du débutant qui réalise des élévations des genoux et donne l'impression qu'il retire les pieds du sol.

Cet exercice est souvent utilisé dans un thème de travail de placement. Il sera donc la représentation que l'on se fera des exercices de pliométrie horizontale avec un faible secteur balayé sur l'appui.

Pour cet intermittent nous recherchons donc un déplacement modéré du bassin sur l'appui.

Pour respecter l'intensité élevée, les sujets devront se déplacer à une vitesse relativement importante sans toutefois que l'exercice se transforme en course.

Ils devront donc trouver un compromis entre vitesse de déplacement et respect de la réalisation de l'exercice. Ce compromis induira forcément une fréquence relativement importante pour réaliser l'exercice.

Une fois la distance réalisée au cours des 10 secondes de travail stabilisé, nous donnerons comme consigne au sujet d'essayer de réaliser toujours la même distance (cette distance sera matérialisée).

### **b) La séance d'intermittent 10/20 en foulées bondissantes:**

La foulée bondissante est un exercice de pliométrie horizontale dont les principes moteurs sont très proches de ceux de la foulée de course. Cet exercice consiste à réaliser des foulées relativement amples en gardant une jambe tendue lors de l'appui et en déroulant le pied du talon jusqu'à la pointe.

Cet exercice sera l'exercice représentatif des exercices de pliométrie horizontale avec un déplacement important sur l'appui.

Pour respecter l'intensité il sera donné comme consigne au sujet de réaliser la distance la plus importante à chaque session de 10 secondes.

Une fois la distance réalisée au cours des 10 secondes de travail stabilisé, nous donnons comme consigne au sujet d'essayer de réaliser toujours la même distance (cette distance sera matérialisée).

### **c) La séance d'intermittent 10/20 en banc/sol/banc**

Le banc/sol/banc est un exercice de pliométrie verticale qui consiste à réaliser un saut en contre bas à partir d'un banc et de remonter sur un banc de la même hauteur.

Le choix de cet exercice comme représentatif des exercices de pliométrie verticale a été fait pour des raisons de simplicité d'exécution sur le plan moteur.

Nous réalisons cet exercice avec une flexion à 90°. Pendant les dix secondes de travail, les sujets devront enchaîner le plus de bancs possible disposés en alignement.

L'écart entre les bancs est standardisé à une distance de 190 cm. Cet écart est choisi pour que tous les sujets puissent réussir l'exercice.

### III. Résultat obtenu et discussions :

Pour des facilités de présentation les tests de Vitesse, détente et de force du quadriceps seront présentés directement par les résultats obtenus après analyse statistique qui ont été réalisés par un test T. Les résultats bruts se situent en annexe.

#### A. Résultat du test VMA :

Nom	Prénom	VMA en km/h	Indice de récupération (sur 1 minutes)	Indice de récupération
MICHAUT	Emeric	19	29	Insuffisant
ROBINEAU	julien	16	48	Bon
PEREIRA	Guillaume	14,5	32	Moyen
REISPORFER	STEEVE	15	45	Bon
PREAU	Thomas	14	34	Moyen
CAVON	Etienne	18,5	39	Moyen
CHATTEY	Emeric	17,5	38	Moyen
DARSAU	Rodolphe	19	42	Bon
Moyenne		16,6875	38,375	
Ecart type		1,93548282	6,10199762	

Figure 20: résultats test VMA.

## B. Observation de la sollicitation aérobie :

### 1. Intermittent 10/20 en skipping :

Pour les tableaux suivants le délai d'installation est le temps que met la fréquence cardiaque pour se stabiliser lors de l'effort.

Le temps passé correspond lui au temps où la fréquence cardiaque est restée stable sur l'effort. C'est pendant cette phase que l'on a observé la charge interne.

Intermittent 10/20 en Skipping									
Nom	Prénom	block n°1			block N°2			Moyenne	
		Délai d'installation	charge interne	temps passé	délai d'installation	charge interne	temps passé	charge interne moyenne	temps passé moyen
MICHAUT	Emeric	02:45	85,3	04:55	02:51	83,9	04:49	84,6	04:52
ROBINEAU	Julien	02:55	78,8	04:45	02:40	81	05:00	79,9	04:53
PEREIRA	Guillaume	02:20	87,1	05:20	02:00	82,5	05:40	84,8	05:30
REISPORFER	Steeve	02:45	89,8	04:55	02:10	86,4	05:30	88,1	05:13
PREAU	Thomas	03:20	87,3	04:20	02:35	86,6	05:05	87	04:43
<b>CAVON</b>	<b>Etienne</b>	<b>05 :25</b>	<b>69.9</b>	<b>02 :15</b>	<b>04 :30</b>	<b>60.9</b>	<b>03 :10</b>	<b>65.5</b>	<b>02 :43</b>
CHATTEY	Emeric	04:15	87,2	03:25	04:30	86,3	03:10	86,8	03:18
DARSAU	Rodolphe	03:10	82,1	04:30	03:10	81	04:30	81,6	04:30
<b>Moyenne</b>		03:04	85,37	04:36	02:51	83,96	04:49	84,66	04:42
<b>Ecart type</b>		00:32	3,23	00:32	00:43	2,18	00:43	2,59	00:37

Figure 21: Evolution de la charge aérobie en skipping

A noter que Cavon Etienne a été exclu des résultats moyens. Le skipping a posé d'énormes problèmes de motricité à ce sujet, ce qui explique la sollicitation anormalement basse par rapport au reste du groupe.

## 2. Intermittent 10/20 en foulée bondissante :

Intermittent 10/20 en foulée bondissante									
		block n°1			block N°2			Moyenne	
Nom	Prénom	Délai d'installation	charge interne	temps passé	délai d'installation	charge interne	temps passé	charge interne moyenne	temps passé moyen
<b>MICHAUT</b>	<b>Emeric</b>	<b>1 :35</b>	<b>67.2</b>	<b>6 :05</b>	<b>2 :20</b>	<b>66.5</b>	<b>5 :20</b>	<b>66.85</b>	<b>5 :43</b>
ROBINEAU	Julien	03:20	85,2	04:20	03:00	91,5	04:40	88,35	04:30
PEREIRA	Guillaume	01:55	85,2	05:45	02:25	72,5	05:15	78,85	05:30
REISPORFER	STEEVE	01:35	89,9	06:05	02:15	76,2	05:25	83,05	05:45
PREAU	Thomas	02:40	86,6	05:00	01:35	81,6	06:05	84,1	05:33
<b>CAVON</b>	<b>Etienne</b>	<b>03 :25</b>	<b>72.9</b>	<b>4 :15</b>	<b>4 :00</b>	<b>78.8</b>	<b>03 :40</b>	<b>75.85</b>	<b>03 :58</b>
CHATTEY	Emeric	02:41	85,9	04:59	02:36	83,6	05:04	84,75	05:02
DARSAU	Rodolphe	03:10	82,1	04:30	03:10	81	04:30	81,55	04:30
Moyenne		02:33	85,82	05:07	02:30	81,07	05:10	83,44	05:08
Ecart type		00:35	2,13	00:35	00:29	5,51	00:29	2,70	00:28

Figure 22: : Evolution de la charge aérobie en Foulées bondissantes.

Comme pour le skipping la foulée bondissante a posé des problèmes moteurs mais cette fois-ci à deux athlètes Michaut Emeric et Cavon Etienne, ils ont été exclus des résultats moyens.

## 3. Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc :

Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc									
		block n°1			block N°2			Moyenne	
Nom	Prénom	Délai d'installation	charge interne	temps passé	délai d'installation	charge interne	temps passé	charge interne moyenne	temps passé moyen
MICHAUT	Emeric	04:20	78,6	03:20	03:55	75	03:45	76,8	03:33
PEREIRA	Guillaume	03:15	88,9	04:25	03:05	88	04:35	88,45	04:30
REISPORFER	STEEVE	01:55	93,2	05:45	03:20	91,5	04:20	92,35	05:03
PREAU	Thomas	02:40	86,6	05:00	01:35	81,6	06:05	84,1	05:33
CAVON	Etienne	03:50	75,8	03:50	04:10	78,8	03:30	77,3	03:40
CHATTEY	Emeric	05:00	82,1	02:40	04:05	88,9	03:35	85,5	03:08
DARSAU	Rodolphe	03:25	81	04:15	04:00	90	03:40	85,5	03:58
Moyenne		03:29	83,74	04:11	03:27	84,83	04:13	84,29	04:12
Ecart type		00:57	5,66	00:57	00:51	5,87	00:51	5,21	00:48

Figure 23: : Evolution de la charge aérobie en Banc/sol/banc.

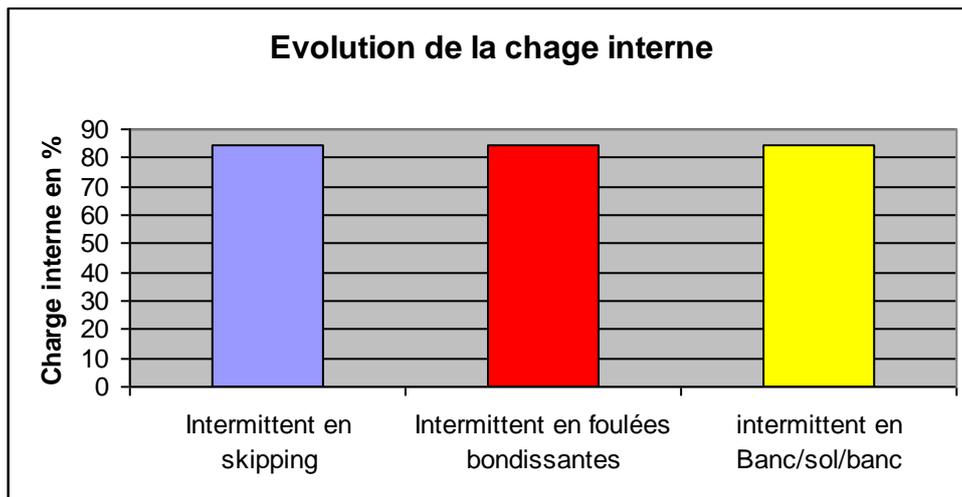


Figure 24: Evolution de la charge interne moyenne sur les trois intermittents.

Il n'existe pas statistiquement de différence entre la sollicitation de charge interne obtenue lors des trois intermittents.

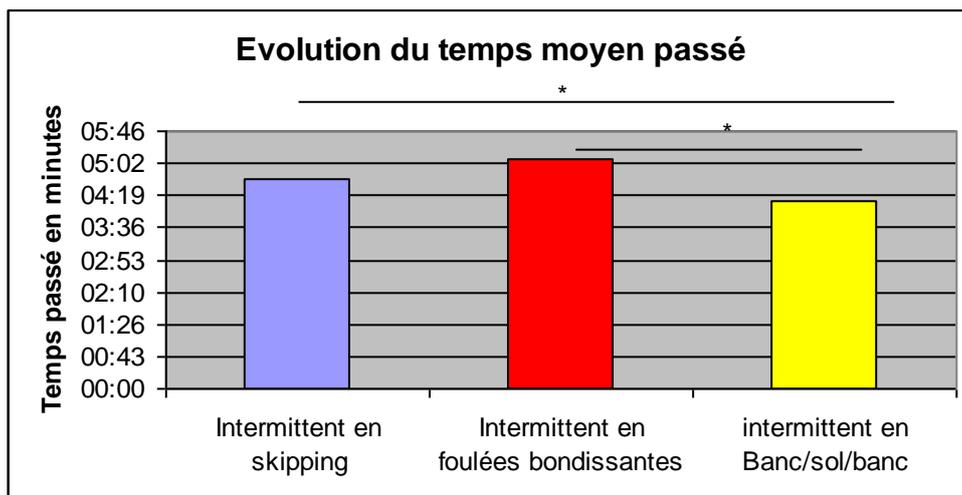


Figure 25: Evolution du temps moyen passé sur les trois intermittents

En revanche le temps moyen passé est statistiquement plus important pour les intermittents en skipping et en foulées bondissantes par rapport à l'intermittent en banc/sol/banc.

Cette donnée indique que l'intermittent 10/20 en Banc/sol/banc a un délai d'installation plus long que les deux autres intermittents.

Nombre de battements perdus lors de l'effort stabilisé.										
Nom	Prénom	Skipping			Foulées bondissantes			Banc/sol/banc		
		Block n°1	Block n°2	moyenne	Block n°1	Block n°2	moyenne	Block n°1	Block n°2	Moyenne
MICHAUT	Emeric	4,5	5	4,75	exclu			4,5	5	4,75
ROBINEAU	Julien	nc			8	7	7,5	3	5	4
PEREIRA	Guillaume	3	2	2,5	3	2,5	2,75	3	4,5	3,75
REISPORFER	STEEVE	4,5	3	3,75	5	3	4	3,5	2,5	3
PREAU	Thomas	4	4	4	2,5	3	2,75	3	5	4
CAVON	Etienne	exclu			exclu			4	5	4,5
CHATTEY	Emeric	4	5	4,5	nc			4,5	7	5,75
DARSAU	Rodolphe	3	4	3,5	2,5	5	3,75	2,5	4,5	3,5
Moyenne		3,83	3,83	3,83	4,2	4,1	4,15	3,43	4,79	4,11
Ecart type		0,62	1,07	0,73	2,11	1,69	1,75	0,73	1,22	0,83

Figure 26: Nombre de battements perdus lors de l'effort stabilisé.

La figure n°26.. représente, lors de l'effort stabilisé, le nombre moyen de battements perdu par minute pendant la récupération de l'intermittent. Ces valeurs ont été prises arbitrairement sur les deux derniers efforts.

### C. Résultat des tests de vitesse :

#### 1. Intermittent 10/20 en skipping :

##### ➤ Evolution de la vitesse :

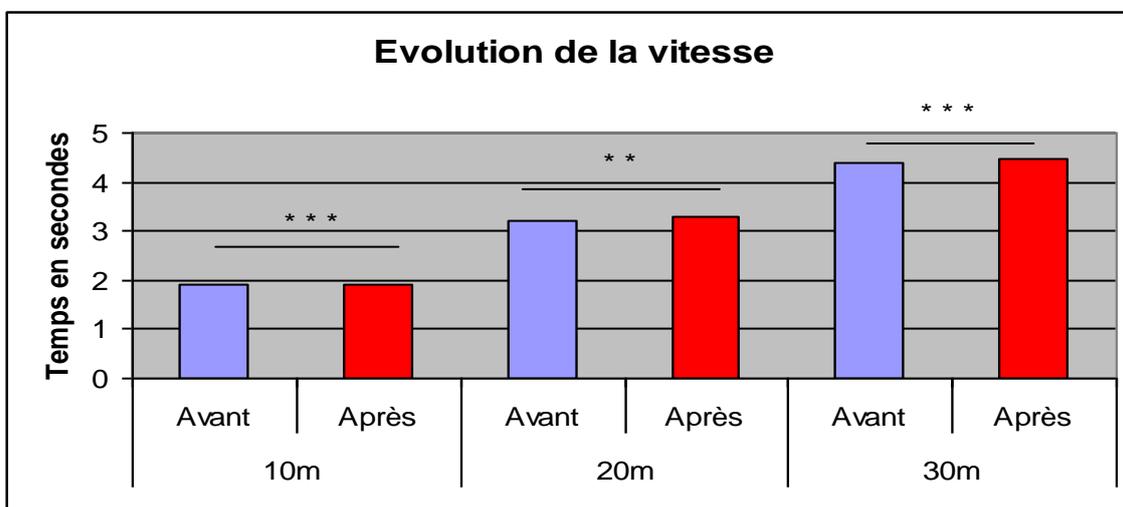


Figure 27: Evolution de la Vitesse en Skipping

Avec une augmentation du temps de 1.38% au 10 mètres 2.28% et 1.78% au 20 et 30 mètres l'analyse statistique fait ressortir que l'intermittent 10/20 en skipping altère les qualités de vitesse. Ces résultats sont significatifs avec un risque de 1% pour le 10 mètres et le 30 mètres et avec un risque de 3% pour le 20 mètres.

➤ Evolution des temps de contact au sol

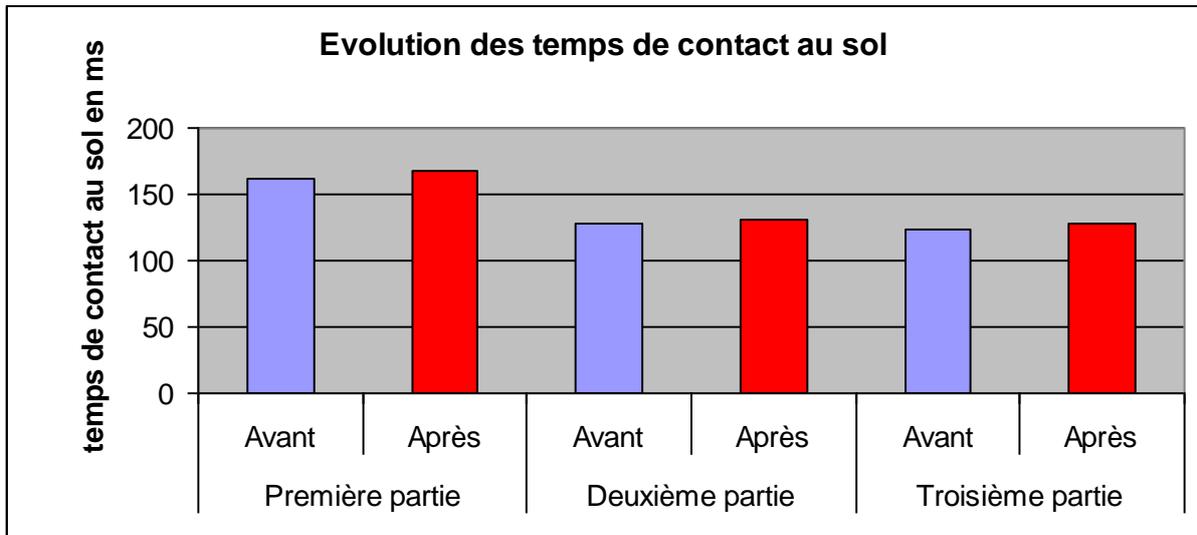


Figure 28: Evolution des temps de contact au sol en skipping.

L'analyse statistique a fait ressortir que les temps de contact au sol ne sont pas significativement différents quelque soit la partie de la course.

A noter que la course a été divisée en trois parties, dans le cas d'un nombre d'appuis non multiple de trois, la variation d'appui est affectée arbitrairement au deuxième 1/3 de la course.

➤ Evolution de la flexion maximale sur l'appui

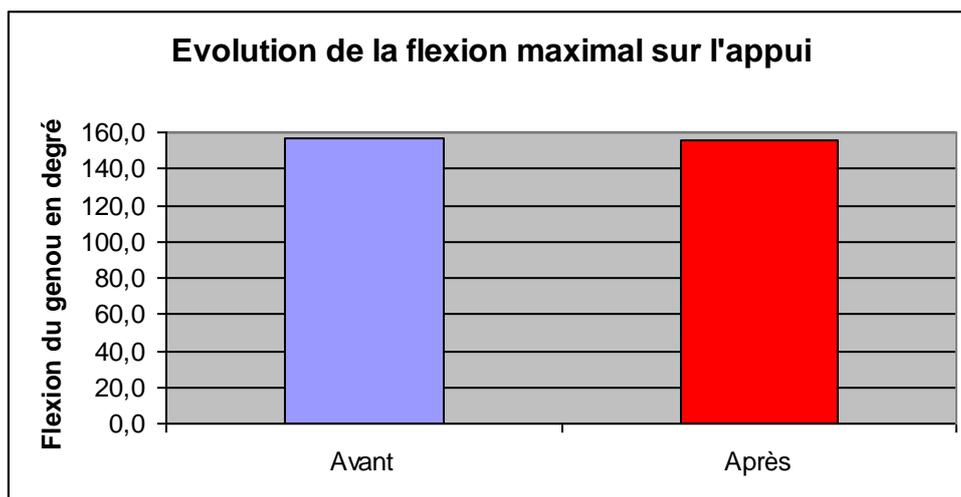


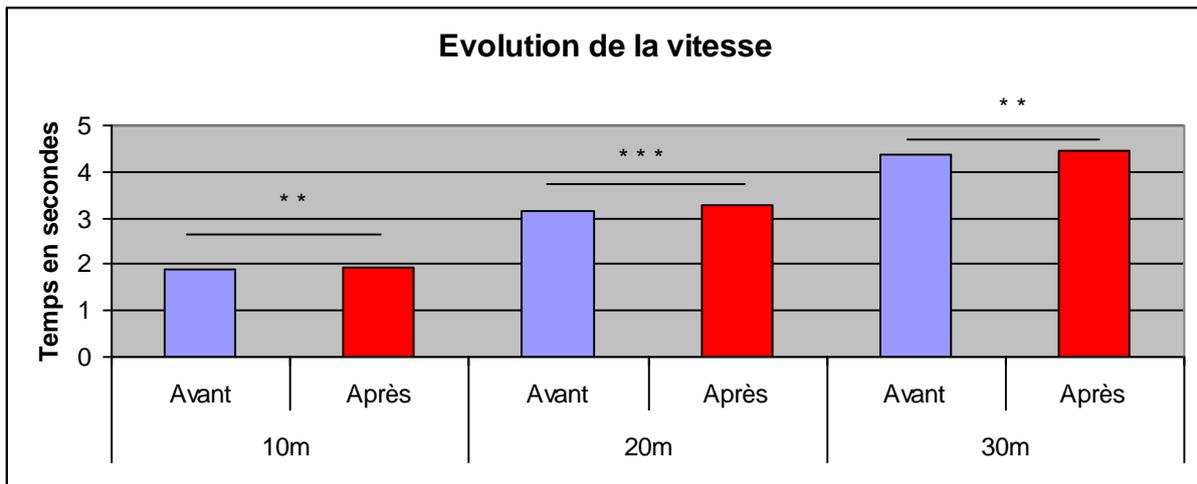
Figure 29 Evolution de la flexion maximal sur l'appui lors du sprint en skipping.

Avec une augmentation de flexion de l'ordre de 1.02% il n'existe pas statistiquement de différence significative entre les flexions sur l'appui avant et après la séance de 10/20 en skipping.

La séance d'intermittent 10/20 en skipping a donc une très forte influence sur la performance en vitesse mais ne fait pas varier les temps de contact au sol et la flexion sur l'appui.

## 2. Intermittent en foulées bondissantes

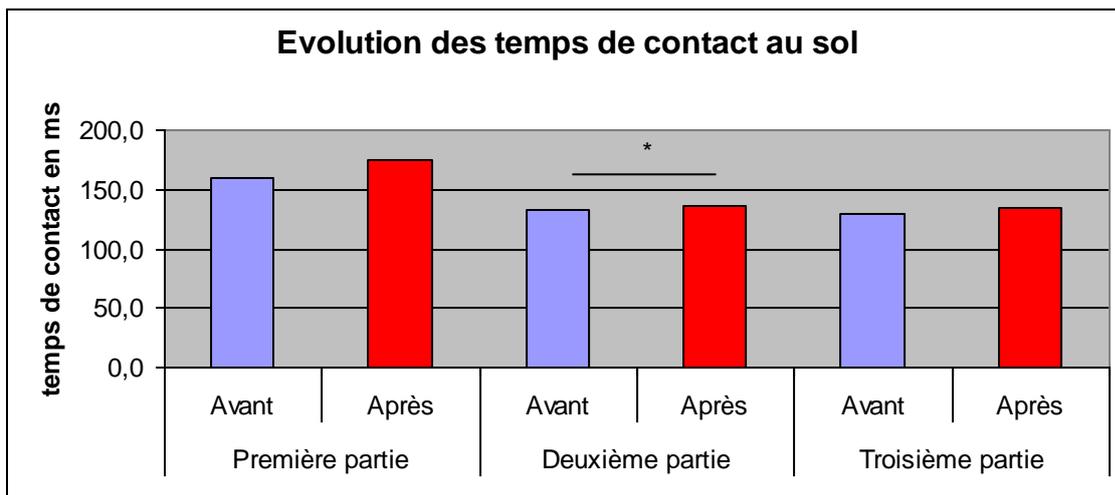
### ➤ Evolution de la vitesse :



**Figure 30: Evolution de la vitesse en foulées bondissantes.**

La vitesse évolue significativement avec un risque de 1% au 20 mètres et de 3% pour le 10 mètres et le 30 mètres.

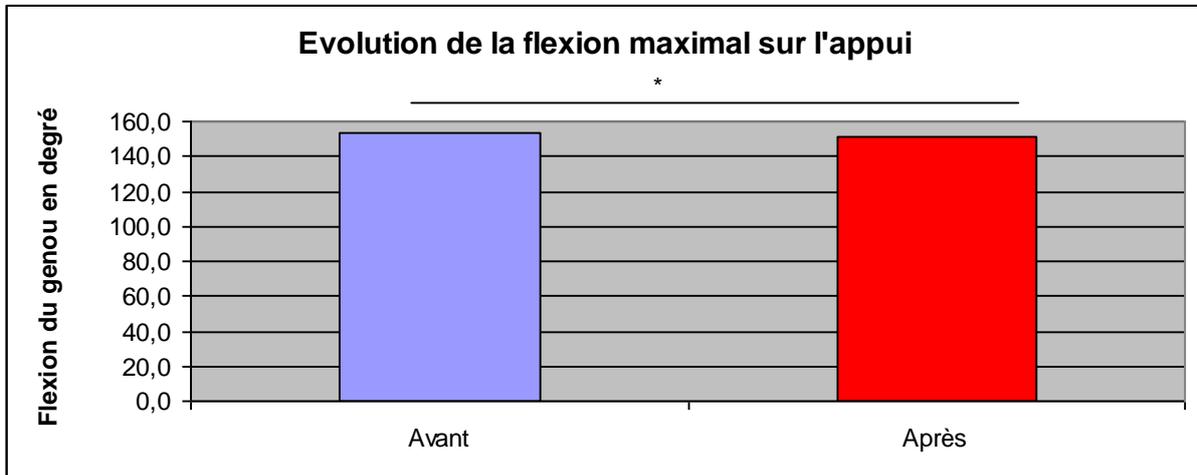
### ➤ Evolution des temps de contact au sol :



**Figure 31: Evolution des temps de contact au sol en foulées bondissantes.**

Malgré une augmentation des temps de contact au sol sur la première et dernière partie de la course, seul le temps de contact du secteur central a une augmentation significative avec un risque de 5%.

➤ **Evolution de la flexion maximale sur l'appui**



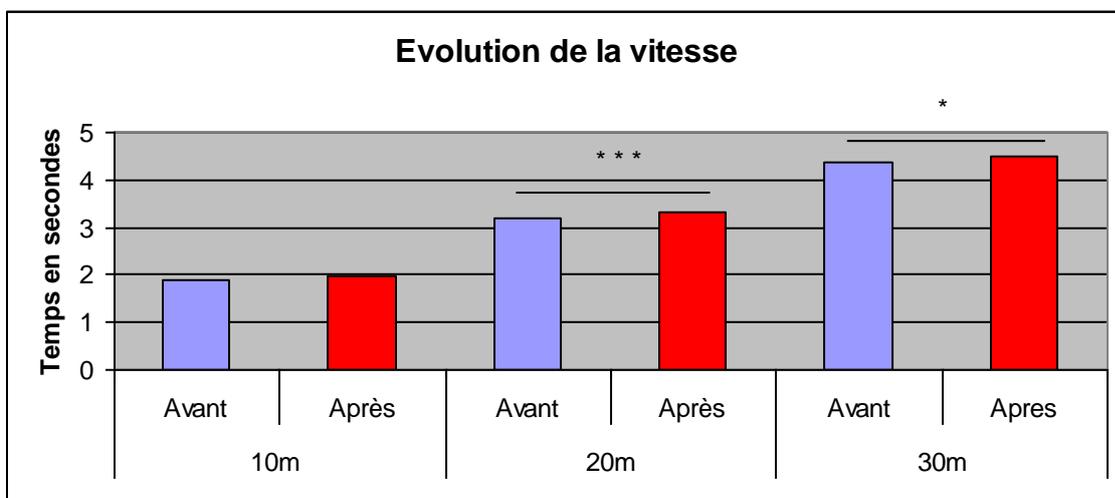
**Figure 32: Evolution de la flexion sur l'appui en foulées bondissantes.**

La flexion maximale sur l'appui est significativement supérieure après la séance avec un risque de 5%.

L'intermittent 10/20 en foulées bondissantes fait donc varier la vitesse, la flexion maximale sur l'appui et quelque peu les temps de contact au sol.

**3) Intermittent en Banc/sol/banc :**

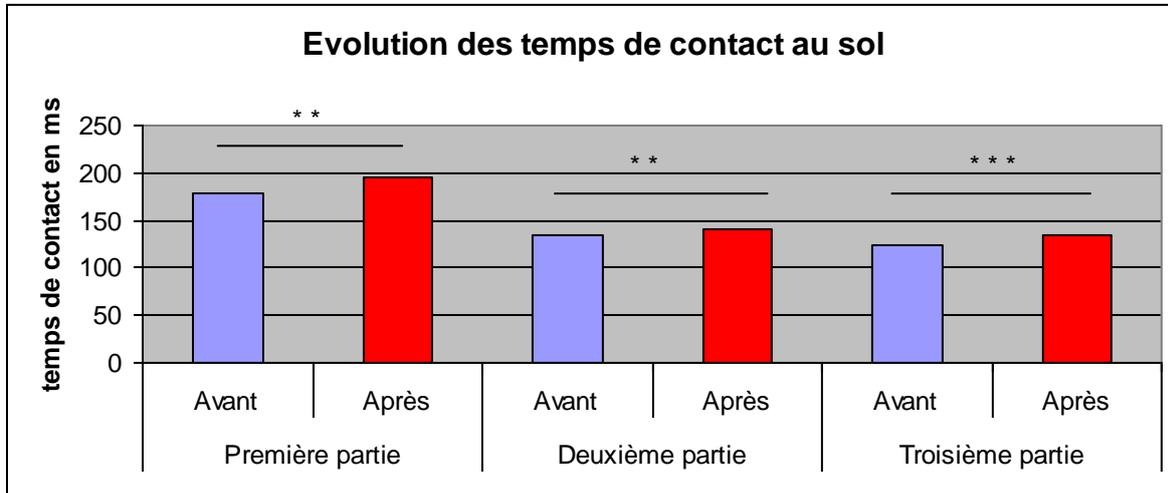
➤ **Evolution de la vitesse :**



**Figure 33: Evolution de vitesse en banc/sol/banc**

La vitesse est altérée après la séance qu'aux 20 mètres, avec un risque de 1% et au 30 mètres avec un risque de 5%.

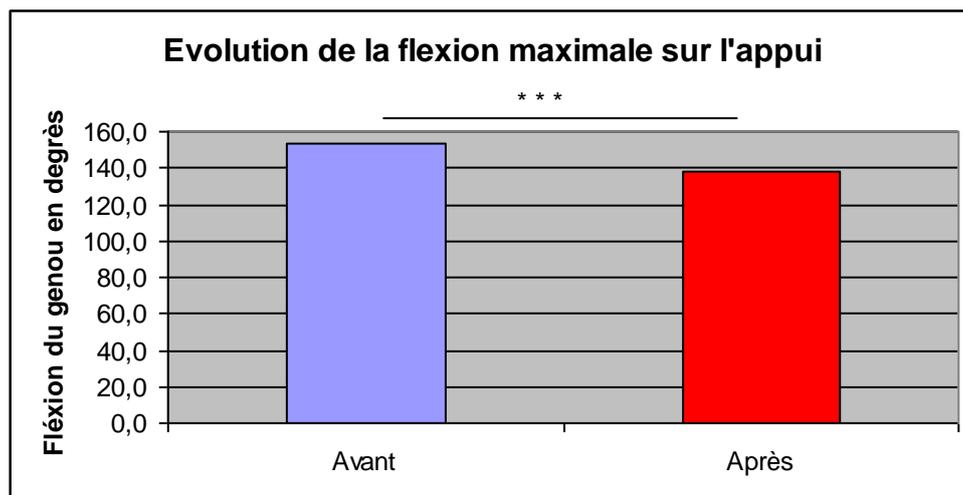
➤ **Evolution des temps de contact au sol :**



**Figure 34: Evolution des temps de contact au sol en banc/sol/banc**

Les temps de contact au sol augmentent de façon très significative sur l'ensemble des trois tronçons, avec un risque de 3% pour la performance pour les deux premières parties de la course, et avec un risque de 1% pour la dernière partie.

➤ **Evolution de la flexion maximale sur l'appui :**



**Figure 35: Evolution de la flexion maximale sur l'appui**

Avec une baisse de 9.9%, l'évolution de la flexion sur l'appui est statistiquement significative avec un risque de 1% après la séance de banc/sol/banc.

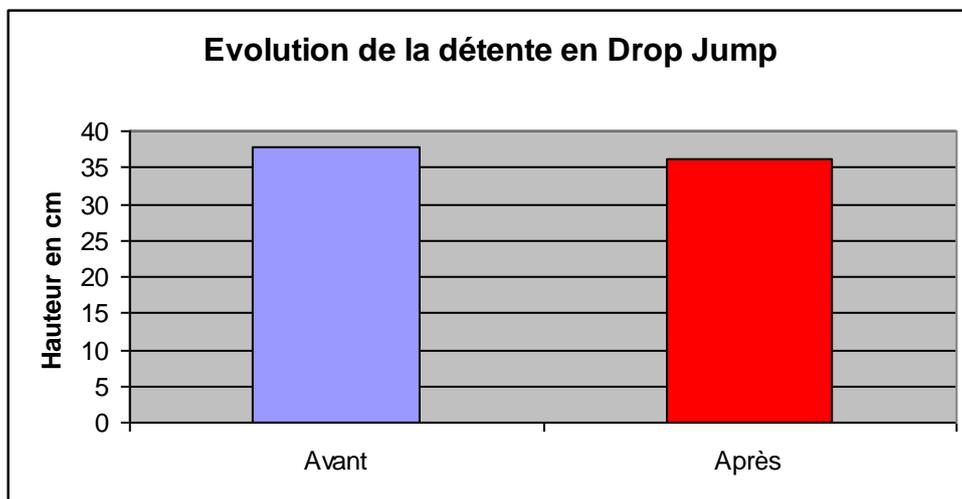
La vitesse baisse de façon moins marquée lors de cet intermittent 10/20 en Banc/sol/banc, que pour les deux autres intermittents, cependant on observe que les temps de contact au sol et les flexions sur l'appui, augmentent nettement.

On observe ici tous les paramètres externes décrit par Komi dans l'apparition de la fatigue musculaire lors d'un exercice pliométrique, ce qui laisserait penser qu'il pourrait exister des lésions musculaires.

#### **D. Résultat des tests de détente :**

##### **1. Intermittent 10/20 en skipping :**

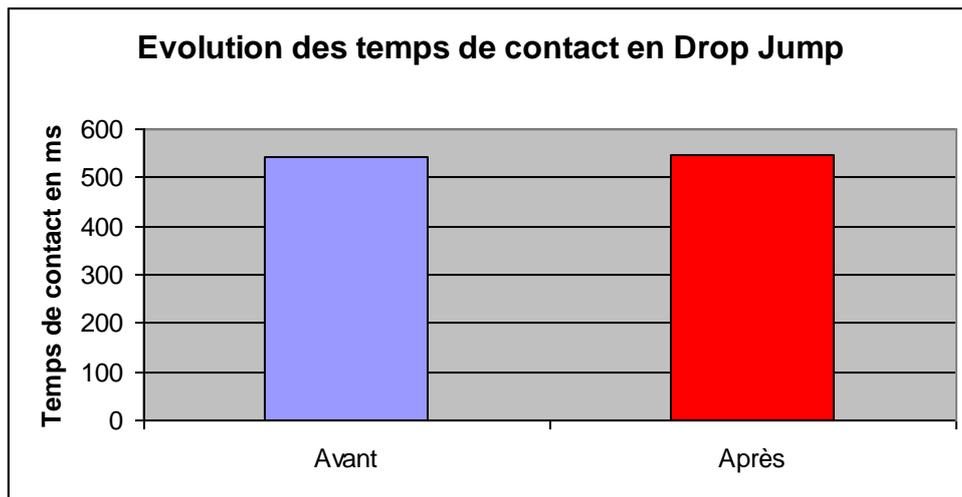
###### **➤ Le Drop Jump :**



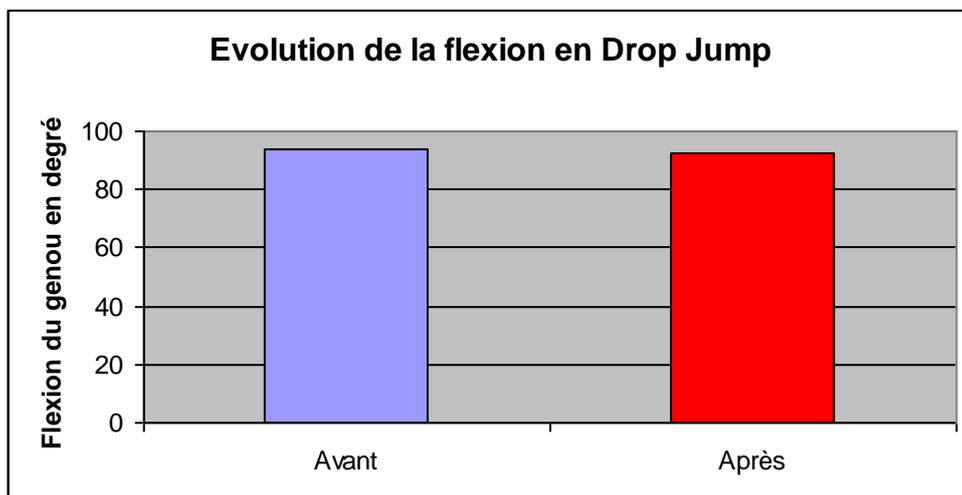
**Figure 36: Evolution de la détente en Drop Jump**

La séance d'intermittent 10/20 en skipping ne fait pas varier la détente en Drop Jump, ni les temps de contact et les flexions lors de ce même exercice.

On peut donc affirmer que cet intermittent n'a pas d'influence sur les qualités pliométriques du quadriceps.



**Figure 37: Evolution des temps de contact en Drop Jump pour le skipping.**

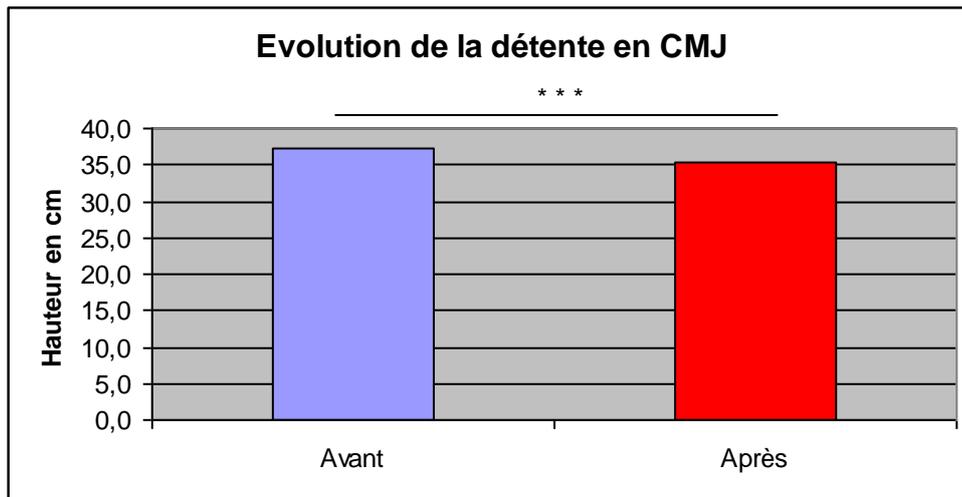


**Figure 38: Evolution de la flexion en Drop Jump pour le skipping.**

La séance d'intermittent 10/20 en skipping ne fait pas varier la détente en Drop Jump, ni les temps de contact et les flexions lors de ce même exercice.

On peut donc affirmer, que cet intermittent n'a pas d'influence sur les qualités pliométriques du quadriceps.

➤ **Le CMJ :**

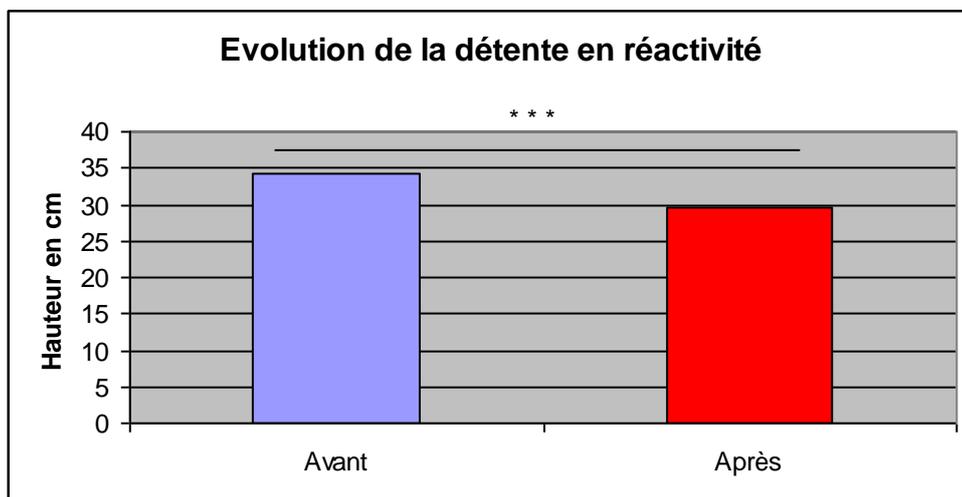


**Figure 39: Evolution de la détente en CMJ pour le skipping**

La performance en CMJ est fortement réduite, très significativement, avec un risque de 1%.

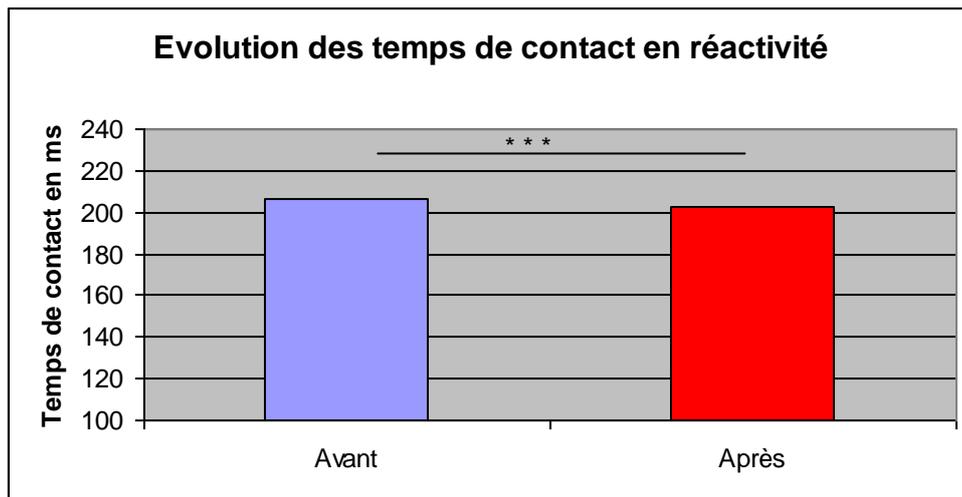
On peut donc affirmer que l'intermittent 10/20 en skipping altère la capacité du sujet à sauter haut lors d'impulsion longue.

➤ **La réactivité :**



**Figure 40: Evolution de la détente en réactivité pour le skipping.**

La performance en réactivité a été très significativement diminuée après cette séance, avec un risque de 1%.



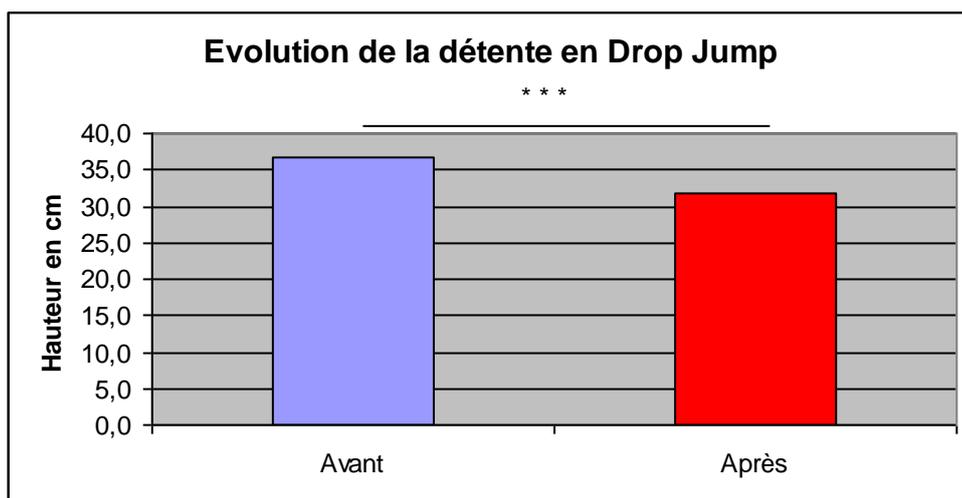
**Figure 41: Evolution des temps de contact en réactivité pour le skipping.**

L'évolution du temps de contact au sol, a également, très significativement, diminué sur cet exercice de réactivité.

Ces deux résultats présentent des indices qui nous font penser à la présence, après la séance d'intermittent 10/20 en skipping, à l'existence de lésions musculaires au niveau des mollets.

## 2. Intermittent en foulées bondissantes :

### ➤ Le Drop Jump :



**Figure 42: Evolution de la détente en Drop Jump pour l'exercice de foulées bondissantes.**

La détente en Drop Jump a très significativement baissé avec un risque de 1%.

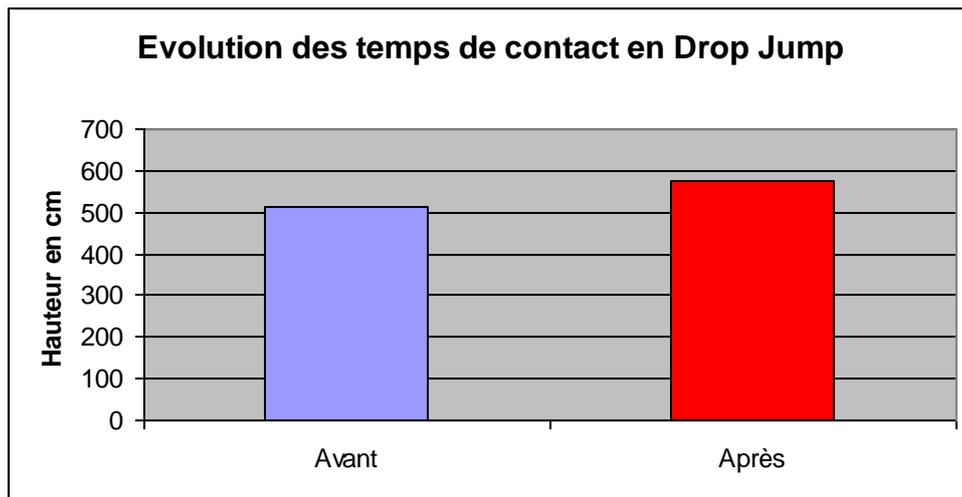


Figure 43: Evolution des temps de contacte en Drop Jump pour l'exercice de foulées bondissantes.

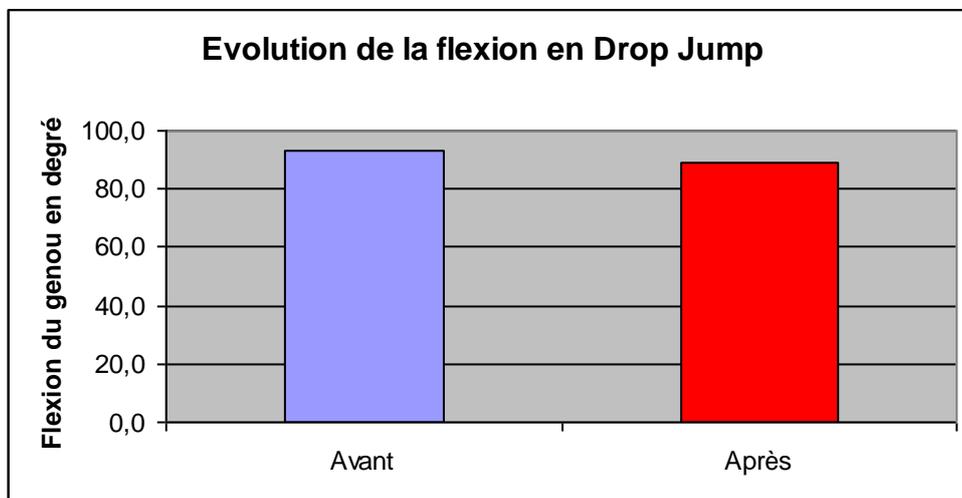
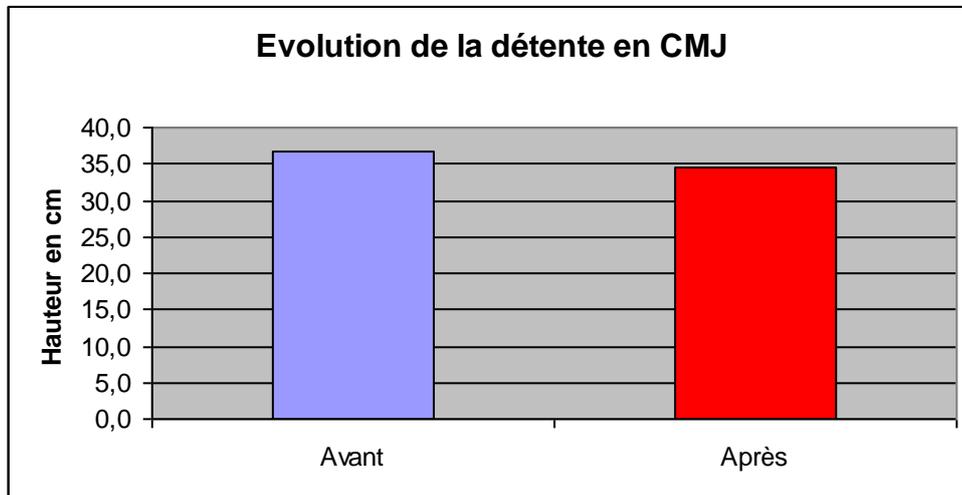


Figure 44: Evolution de la flexion en Drop Jump pour l'exercice de foulées bondissantes.

L'augmentation du temps de contact au sol après cette séance, et la flexion plus importante sur cet exercice de Drop Jump, n'est pas significative même si l'on observe une baisse de 3.2% de la flexion sur l'appui, et une augmentation de 11% du temps de contact au sol.

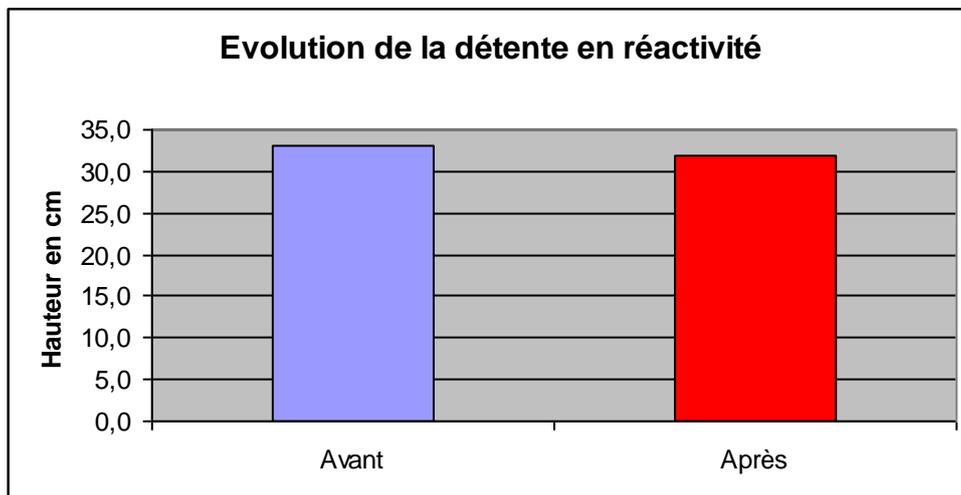
➤ **Le CMJ :**



**Figure 45:** Evolution de la détente en CMJ pour l'exercice de foulées bondissantes.

La séance d'intermittent en bondissements n'a pas altéré la capacité des sujets à sauter haut sur des impulsions longue.

➤ **La réactivité :**



**Figure 46:** Evolution de la détente en réactivité pour l'exercice de foulées bondissantes.

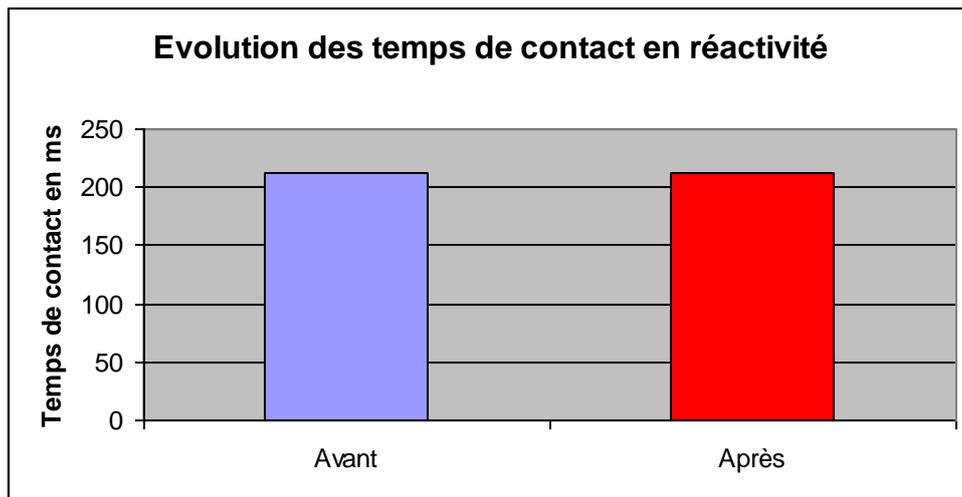


Figure 47: Evolution des temps de contact en réactivité pour l'exercice de foulées bondissantes.

Cette séance n'a pas engendré de fatigue sur les mollets car ni les temps de contact au sol, ni la détente n'a été altéré sur ce test de réactivité.

### 3. Intermittent en Banc/sol/banc :

#### ➤ Le Drop Jump :

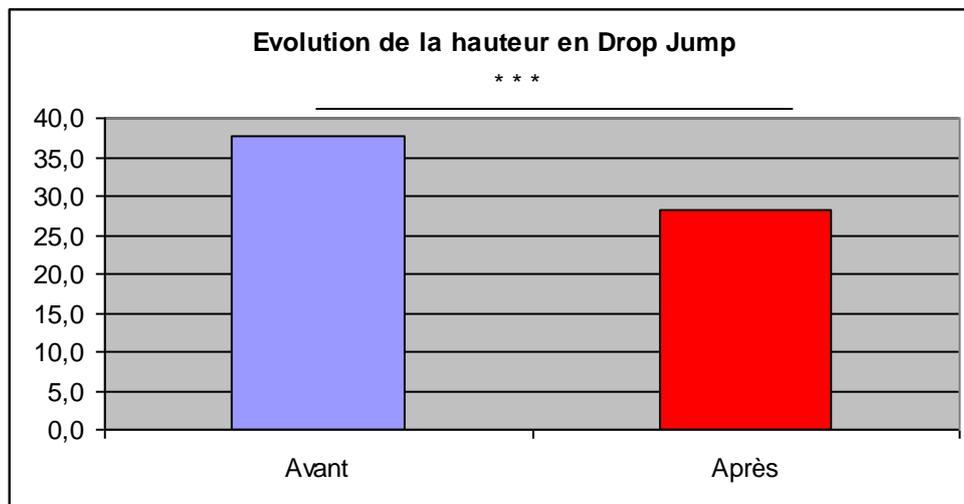


Figure 48: Evolution de la hauteur en Drop Jump pour l'exercice de banc/sol/banc

La détente en Drop Jump a été très significativement diminuée après cette séance d'intermittent en banc/sol/banc.

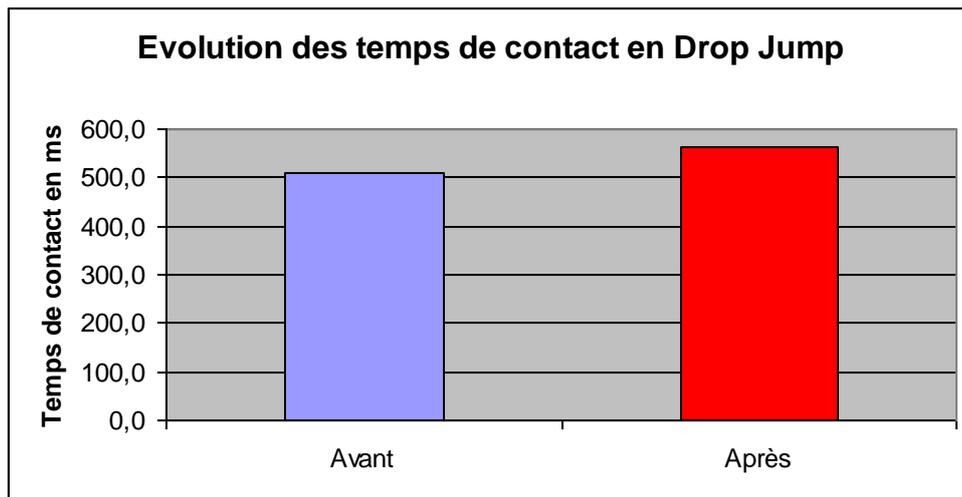


Figure 49: Evolution des temps de contact en Drop Jump pour l'exercice de banc/sol/banc

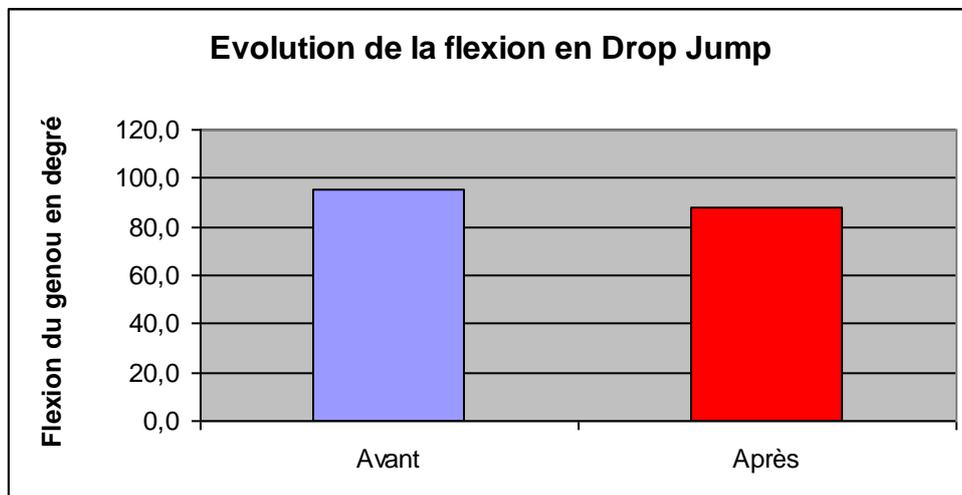
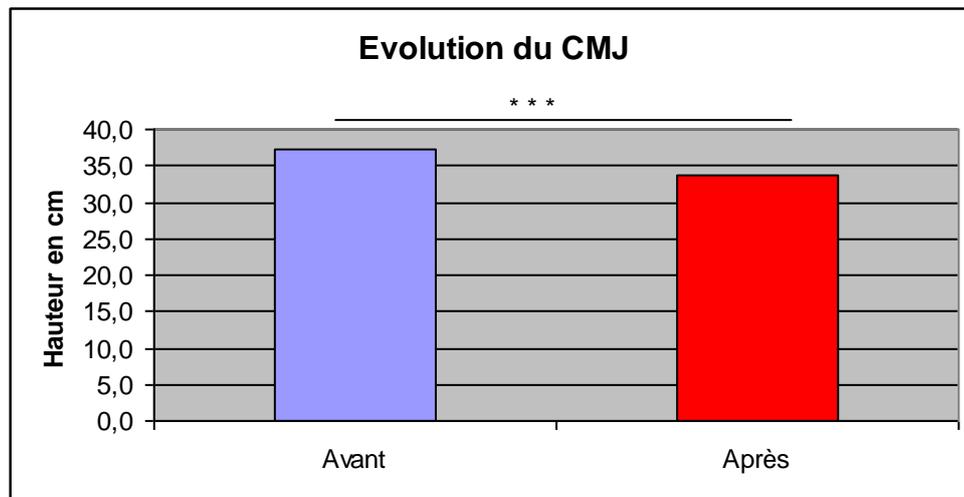


Figure 50: Evolution de la flexion en Drop Jump pour l'exercice de banc/sol/banc

Les temps de contact au sol et la flexion sur l'appui lors du Drop Jump, n'ont pas évolués significativement, même si l'on observe une baisse de 4.7% de flexion sur l'appui, et une augmentation de 9.8% du temps de contact au sol.

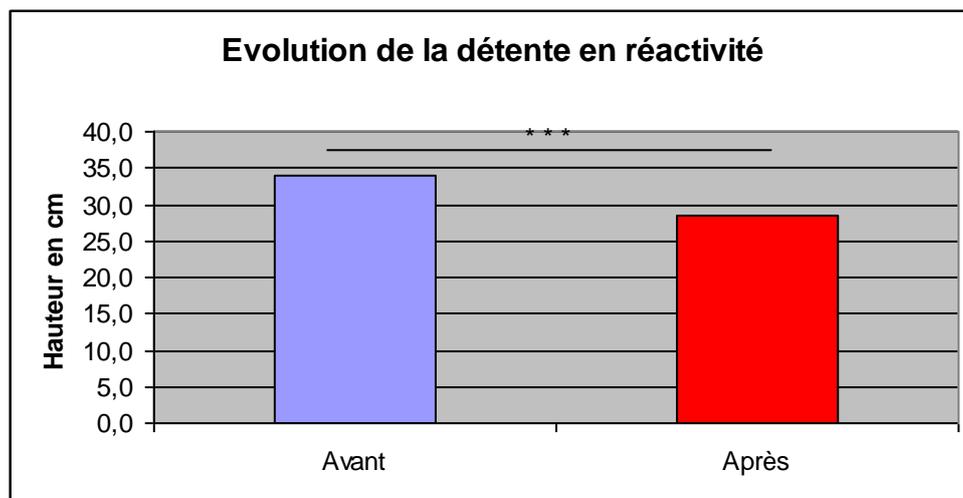
➤ **Le CMJ :**



**Figure 51: Evolution du CMJ pour l'exercice de banc/sol/banc**

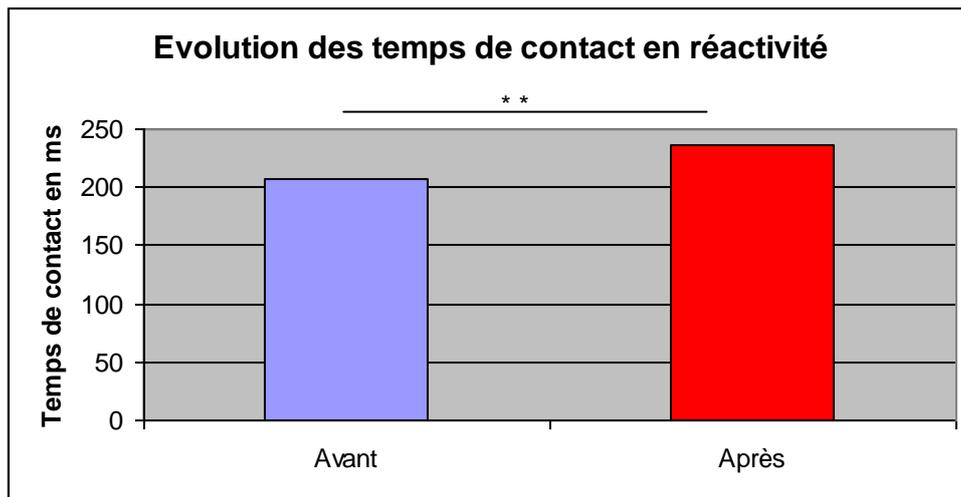
La qualité de détente sur les impulsions longues a été altérée très significativement par cette séance.

➤ **La réactivité :**



**Figure 52: Evolution de la détente en réactivité pour l'exercice de banc/sol/banc**

Les qualités de détente en réactivité, on été altérées très significativement par cette séance en banc/sol/banc.



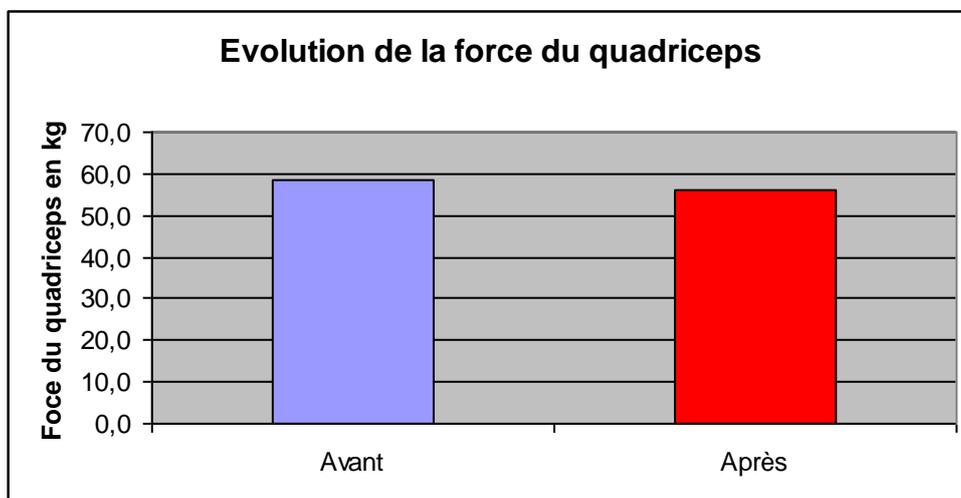
**Figure 53: Evolution des temps de contact en réactivité pour l'exercice de banc/sol/banc**

L'évolution des temps de contact pour ce test ont augmenté significativement.

Ces signes font penser que la séance en banc/sol/banc a causé des lésions musculaires sur les mollets.

### **E. Résultat des tests de force :**

#### **1. Intermittent 10/20 en skipping :**



**Figure 54: Evolution de la force des quadriceps pour l'exercice de skipping**

La force du quadriceps n'a pas diminué significativement lors de la séance en skipping, ce qui vient corroborer les résultats obtenus avec le Drop Jump, la séance en skipping n'aurait pas sollicité énormément les quadriceps.

## 2. Intermittent en foulées bondissantes :

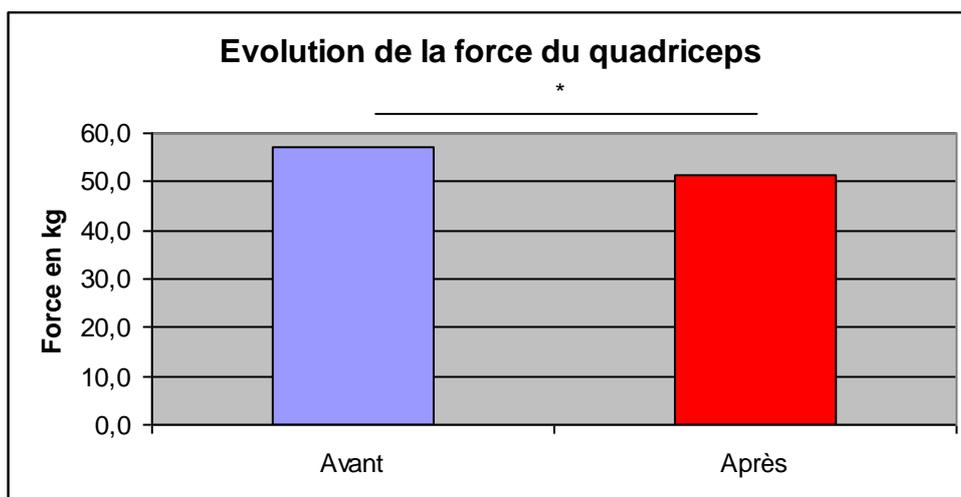


Figure 55: Evolution de la force des quadriceps pour l'exercice de foulées bondissantes

Les qualités de force du quadriceps ont été altérées par la séance d'intermittent en foulées bondissantes.

## 3. Intermittent en Banc/sol/banc :

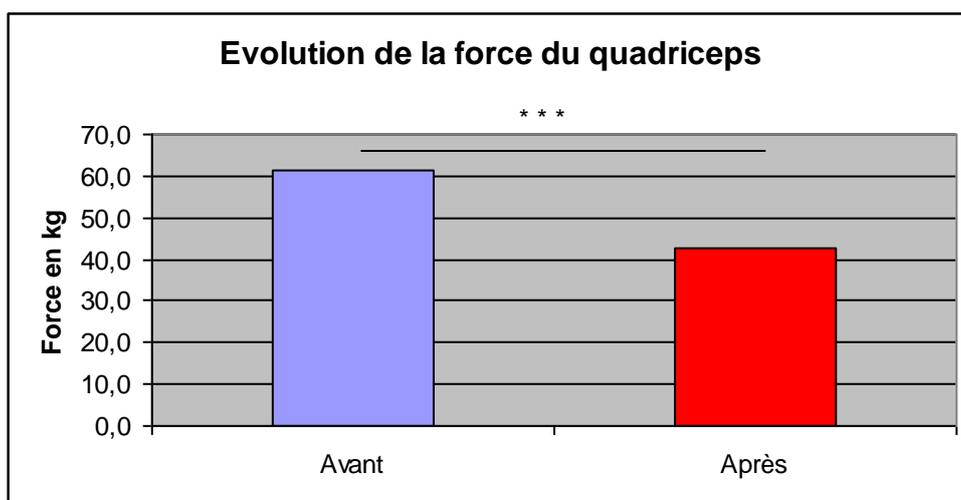


Figure 56 : Evolution de la force des quadriceps pour l'exercice en banc/sol/banc

Les qualités force ont été très fortement altérées par la séance d'intermittent en banc/sol/banc.

## **IV. Discussions :**

### **A. L'intermittent 10/20 en skipping :**

#### **1) Sollicitation centrale :**

Avec une sollicitation moyenne de 84.66% de charge interne sur l'ensemble des deux blocks de travail, et un délai d'installation de 2 minutes 58, l'intermittent 10/20 en skipping présente une bonne sollicitation, avec un délai d'installation acceptable.

Cependant la sollicitation aérobie n'arrive pas au niveau des 90% de charge interne précédemment définie pour développer les qualités aérobies.

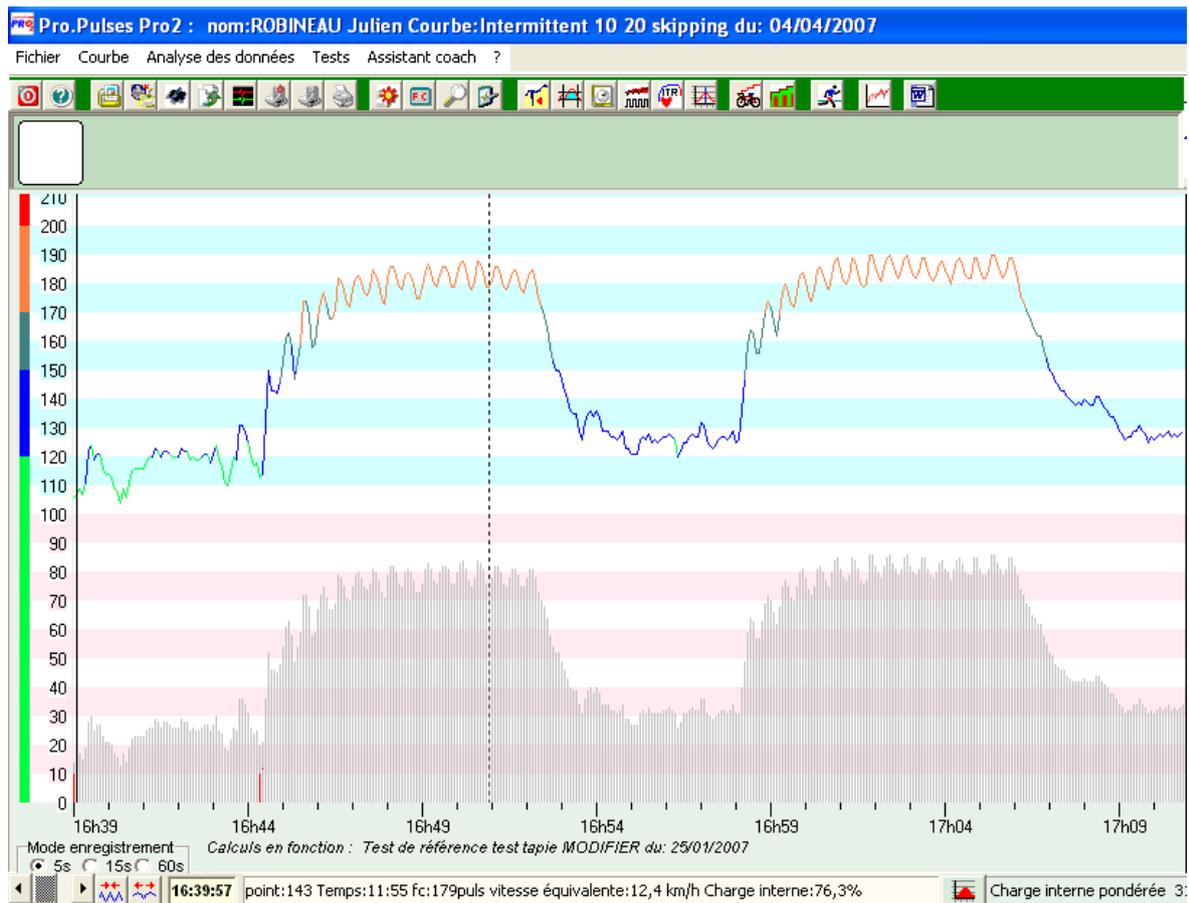
A l'intérieur de l'effort stabilisé, la perte de 3.83 battements lors de la récupération de l'intermittent nous paraît très acceptable et permet de conserver une bonne sollicitation lors de la récupération.

Ni le niveau de charge interne obtenu, ni les battements perdus lors de la récupération de l'intermittent ne semblent pas évoluer en fonction de l'indice de récupération des sujets.

Au niveau de la réalisation de l'exercice, les sujets ont réussi à réaliser toujours la même distance en skipping.

Cependant la fréquence gestuelle à laquelle était réalisée l'exercice, a visuellement diminué à la fin de l'exercice.

L'exercice de skipping nous paraît donc engendrer une bonne sollicitation aérobie, qui permettrait au minimum, d'entretenir les qualités aérobies du sujet.



**Figure 57: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en skipping**

## 2) Sollicitation périphérique :

L'intermittent en skipping est l'intermittent qui détériore le plus significativement la vitesse. Dans le même temps, les temps de contact et la flexion sur l'appui n'évoluent pas.

On peut même dire que c'est le seul intermittent où les flexions et les temps de contact au sol lors du test de vitesse sur 30 mètres, sont relativement semblables.

On peut donc penser que l'évolution de la vitesse n'est pas liée à une fatigue musculaire, qui ce traduirait par une augmentation de la flexion sur l'appui, et un temps de contact plus long.

On pourrait penser que l'évolution de la vitesse proviendrait de la fatigue importante sur les mollets. Mais si cet élément en était la cause, pour compenser le déficit des mollets, le sujet viendrait fléchir plus sur l'appui, ce qui n'est pas le cas.

Pour expliquer cela nous émettons deux hypothèses :

La baisse de la vitesse peut provenir de l'installation d'une fatigue nerveuse. Ce qui pourrait facilement s'expliquer, car l'exercice de skipping a été réalisé avec une fréquence gestuelle relativement importante.

Pour observer si cette hypothèse se vérifie, il aurait fallu observer si la fréquence diminue sur le test de vitesse, après la séance.

La deuxième hypothèse va se situer au niveau du thème de la séance. Comme l'exercice de skipping est orienté sur le travail du placement, le sujet conserverait la capacité à conserver son placement lors du sprint réalisé après l'intermittent. Ce qui expliquerait, le fait que l'on n'observe pas d'augmentation des temps de contact au sol, qui résulte d'une augmentation de flexion sur l'appui plus importante.

Cette seconde hypothèse nous paraît toutefois moins probable, et surtout très difficile à vérifier.

Au niveau de la détente des tests pliométriques, on n'observe qu'une baisse que pour l'exercice de réactivité, qui est associé à une augmentation des temps de contact au sol.

Ces faits sont le signe de l'apparition d'une fatigue au niveau des mollets.

Cela s'explique facilement par la sollicitation musculaire de l'exercice du skipping, exercice qui va être réalisé essentiellement par l'action du pied au sol.

Il est donc normal de retrouver une fatigue à ce niveau, sans que soit réellement mis en difficulté les quadriceps.

Ces résultats viennent corroborer l'impression de certains sujets n'ayant pas l'habitude de réaliser un entraînement pliométrique, et qui ont ressenti des courbatures aux mollets dans les jours qui ont suivis cette séance.

Au niveau du CMJ, la détente est altérée significativement. Pourtant les résultats de force et du Drop Jump ont montré que les quadriceps ne sont pas mis en difficulté par cet exercice.

Nous expliquerons donc cette baisse de performance par l'hypothétique fatigue nerveuse qui a pu s'installer lors de la séance, sans toutefois pouvoir l'affirmer.

En résumé l'exercice de skipping réalisé a une intensité importante va permettre lors d'un intermittent 10/20 de mettre en difficulté les mollets sur le plan musculaire.

Deux séquences de 8 minutes de travail en skipping, permettent donc de mettre en difficulté la détente des mollets. Il semblerait que cet exercice engendre une fatigue nerveuse importante. En revanche, cette modalité ne permet pas de mettre en difficulté les muscles du quadriceps.

On peut même ajouter, que l'exercice de skipping semble l'exercice le plus approprié pour venir mettre en difficulté les muscles des mollets.

Le skipping, comme le banc/sol/banc, vient mettre en difficulté les mollets, mais l'exercice de skipping est plus spécifique sur le plan de la motricité.

## **B. L'intermittent 10/20 en foulées bondissantes :**

### **1) Sollicitation centrale :**

Avec une sollicitation de 83.44% de charge interne, l'intermittent 10/20 en foulées bondissantes, présente une bonne sollicitation aérobie sans toutefois que celle-ci soit suffisante pour atteindre les 90% de charge interne nécessaire au développement des qualités aérobie.

Avec un délai d'installation moyenne de 2minutes 31, cette modalité de bondissements est celle qui permet une installation de la fréquence cardiaque la plus rapide.

Avec une moyenne de 4.11 battements par minute perdus lors de la récupération de l'intermittent sur l'effort stabilisé, le niveau de sollicitation conservé pendant les phases de récupération, nous paraît très acceptable.

Au niveau de la réalisation de l'exercice, une fois la distance stabilisée, au maximum au bout de trois efforts, les sujets ont à 2 mètres près tous réussi à réaliser la même distance au cours de 10 secondes de travail.

La modalité en foulées bondissantes nous paraît donc engendrer une sollicitation au moins suffisante pour entretenir les qualités aérobie.

L'exercice réalisé avec un grand déplacement sur l'appui nous paraît particulièrement intéressant en ce qui concerne l'installation de l'exercice.

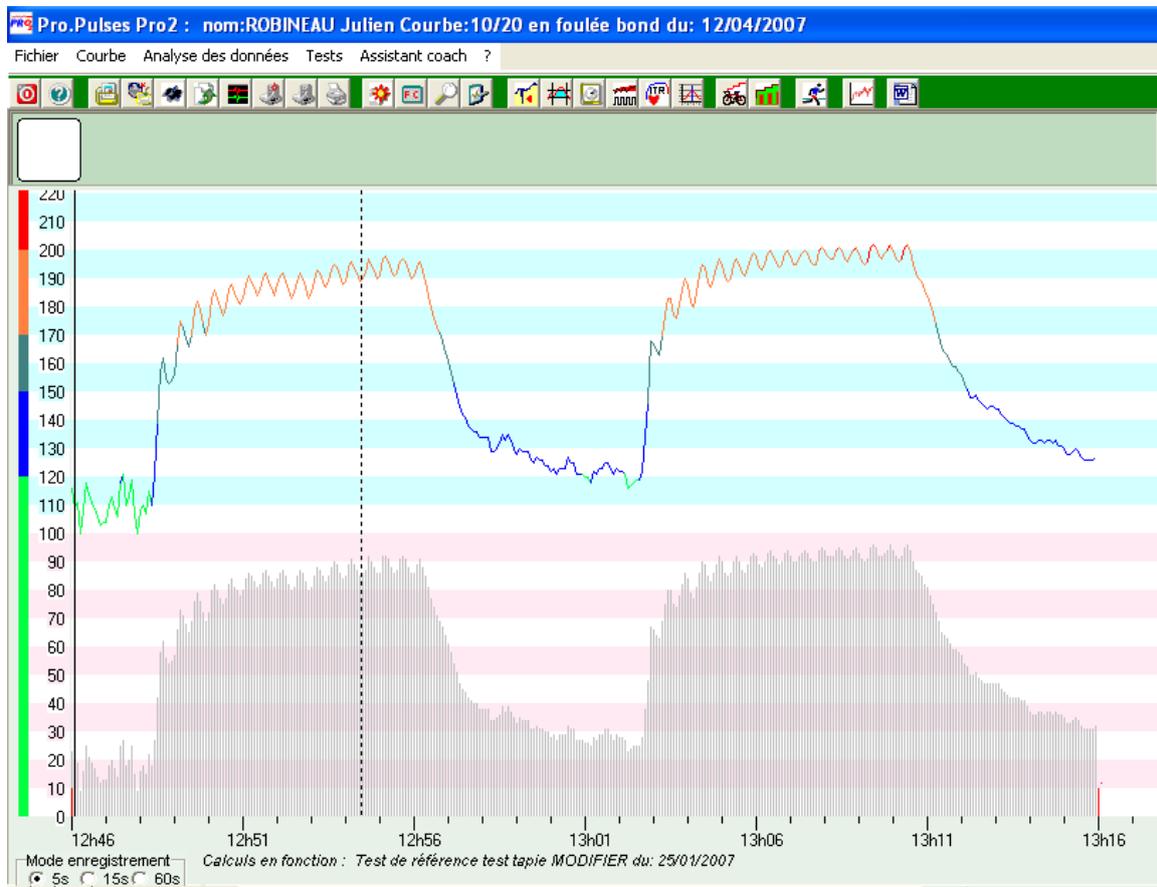


Figure 58: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en Foulées bondissantes

## 2) Sollicitation périphérique :

Cet intermittent en foulées bondissantes, détériore significativement la vitesse, dans le même temps les temps de contact au sol augmentent, avec une évolution significative pour le deuxième tronçon du 30 mètres. La flexion sur l'appui augmente elle aussi.

Tous ces signes nous montrent que les muscles du quadriceps sont mis en difficulté par l'intermittent.

Les résultats obtenus au Drop Jump vont confirmer cette impression, puisque la détente diminue significativement et qu'il existe une augmentation de la flexion sur l'appui et des temps de contact au sol, sans toutefois qu'elle soit avérée statistiquement.

L'analyse statistique de ces différents facteurs, montre quand même que la mise en difficulté du quadriceps est moins importante que pour l'exercice du banc sol banc.

En revanche, sur une impulsion plus longue, la détente n'est pas altérée. Ce qui fini de démontrer que les quadriceps sont moins mis en difficulté par l'intermittent en foulées bondissantes que en banc sol banc.

Les muscles des mollets ne sont pas touchés par la foulée bondissante ; on obtiens même des résultats relativement semblables.

L'intermittent 10/20 en foulées bondissantes, va donc mettre en difficulté les quadriceps, cette sollicitation nous paraît moins importante que l'exercice en banc sol banc. Nous pensons même qu'il serait possible de réaliser cet exercice en période compétitive. Pour en être convaincu, il faudrait réaliser cet intermittent et observer le temps que l'athlète va mettre pour récupérer ses qualités de force de détente et de vitesse.

En revanche cet intermittent ne sollicite pas correctement les mollets, cet exercices ne pourrait donc pas être utilisé dans une orientation d'un travail des qualités de pieds.

### **C. L'intermittent 10/20 en Banc/sol/banc :**

#### **1) Sollicitation centrale :**

A notre grande surprise, l'intermittent 10/20 en banc/sol/banc engendre un niveau élevé de sollicitation avec 84,29% de charge interne.

Cependant, avec un temps d'installation moyen de 3 minutes 28 secondes, la stabilisation de l'exercice paraît très longue puisqu'elle représente 44% du temps de l'exercice.

La figure n°... illustre cette différence de sollicitation entre l'intermittent en foulées bondissantes, et l'intermittent en Banc/sol/banc.

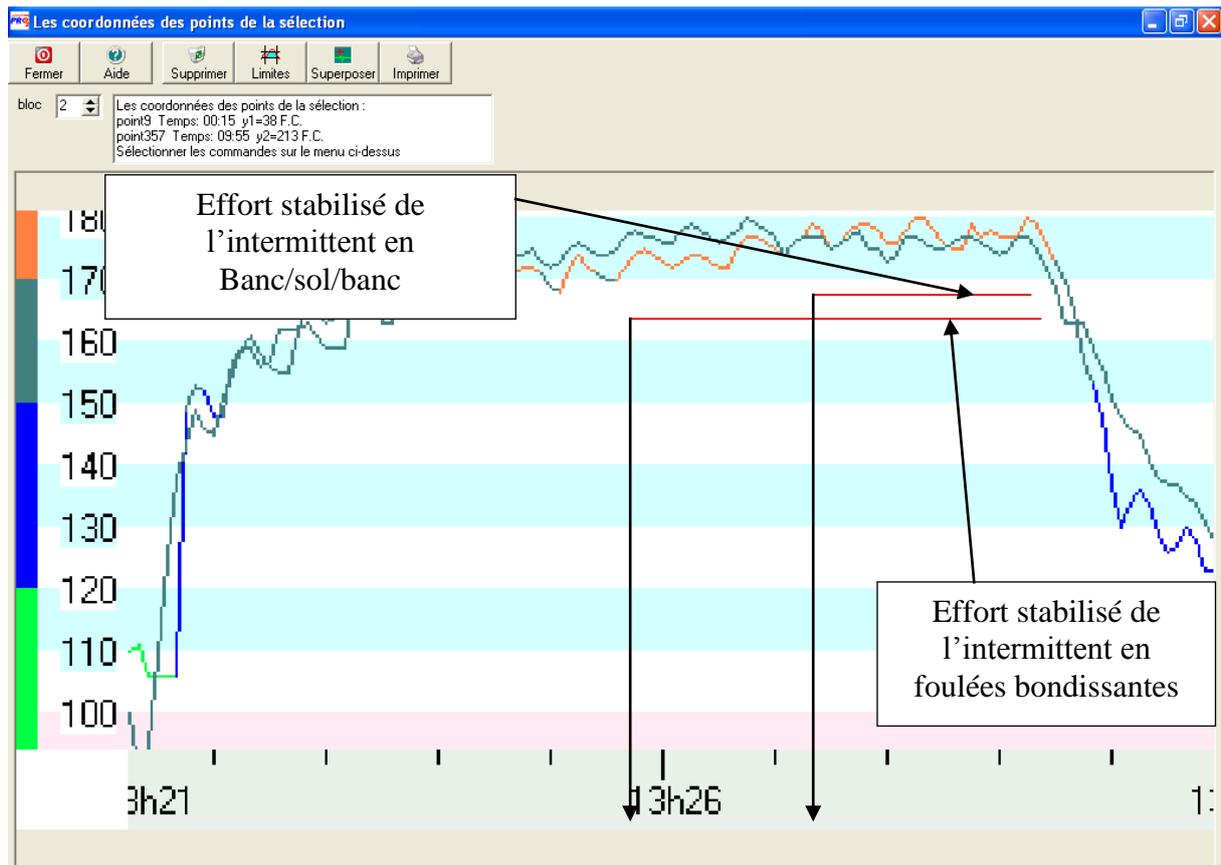
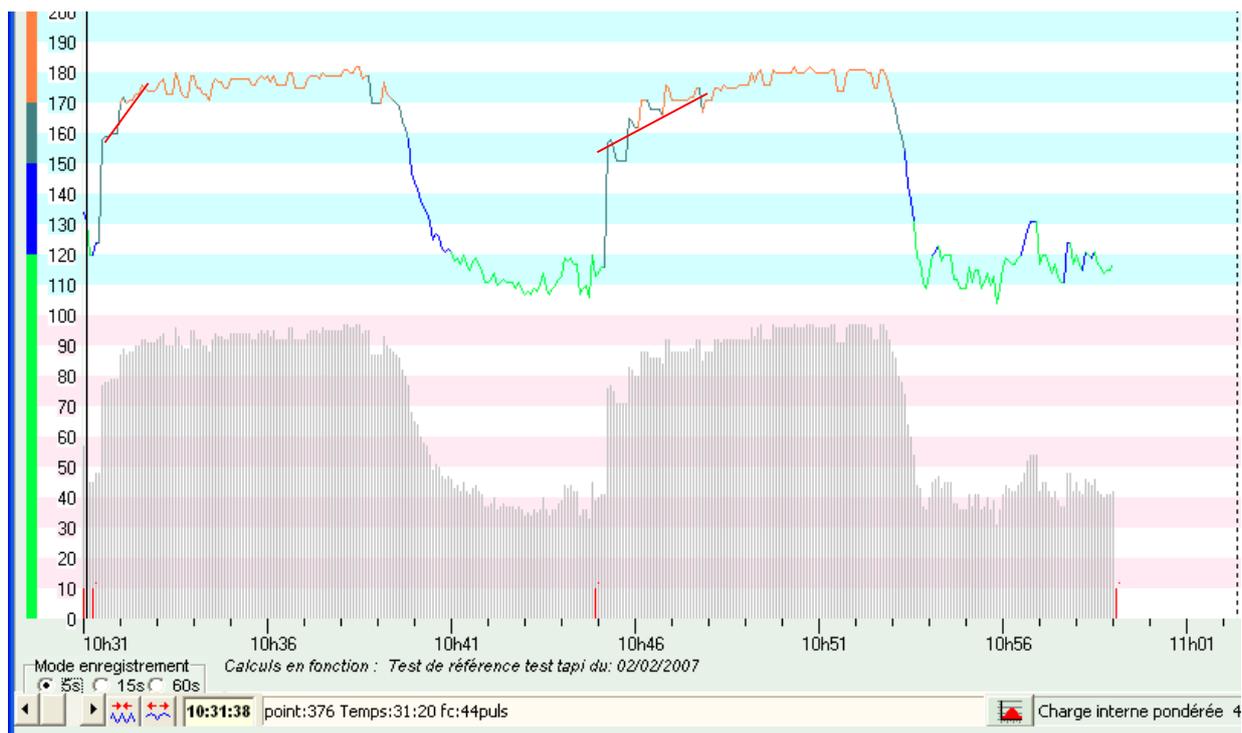


Figure 59: Superposition des courbes de FC de l'intermittent en foulées bondissantes et en banc sol banc

Cette modalité présente un écart type de 5.21% et de 48 secondes au niveau du temps passé moyen. Ce qui en comparaison avec les modalités skipping et foulées bondissantes, est très important.

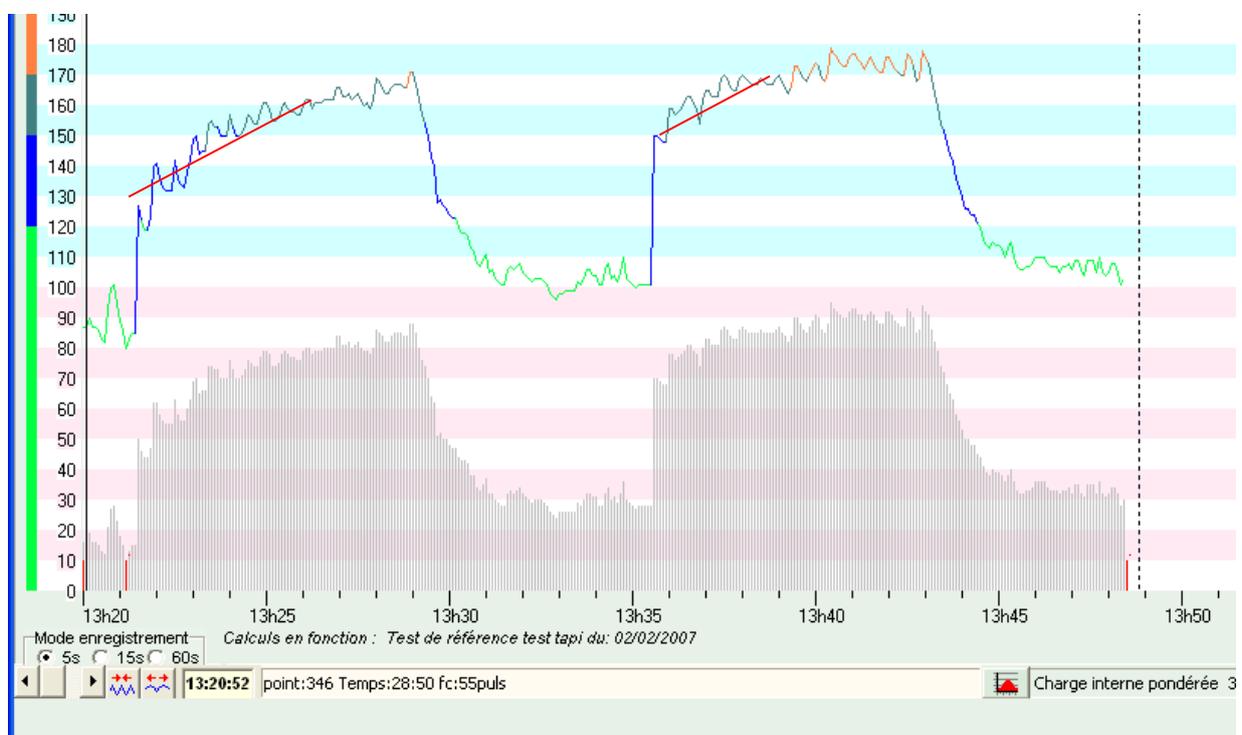
L'effort n'évolue donc pas de la même façon chez tous les sujets.

On observe chez certains sujets, une installation rapide de la fréquence cardiaque, et dans le même temps une charge interne importante.



**Figure 60: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en banc/sol/banc type aérobic**

Chez d'autres sujets l'installation est beaucoup plus lente, avec une courbe de fréquence cardiaque qui ressemblerait à une sollicitation anaérobie. L'augmentation de la fréquence cardiaque serait la conséquence de la dette en oxygène, qui résulte de cette sollicitation.



**Figure 61: Courbe de FC en intermittent 10/ 20 en banc/sol/banc**

En ce qui concerne la récupération pendant l'exercice intermittent, une fois l'effort stabilisé, avec une perte de 4,11 battements par minute, le niveau de sollicitation pendant les phases de récupération reste très acceptable.

L'exercice de banc/sol/banc permet lors d'un intermittent 10/20 une sollicitation importante, mais son délai d'installation est très important.

Cela est sûrement le résultat que cet exercice implique une forte sollicitation périphérique, qui va solliciter progressivement le système aérobie.

## 2) Sollicitation périphérique :

L'exercice de banc/sol/banc est l'exercice qui a le moins significativement fait évoluer la vitesse. Il y a même, en ce qui concerne le 10 mètres, pas de différence entre avant et après la séance.

Dans le même temps, les temps de contact ont augmenté très significativement tout comme la flexion sur l'appui.

Nous n'arrivons pas à trouver une signification au fait que la vitesse n'ait pas diminuée significativement. Pourtant la baisse moyenne au 10, 20, et 30 mètres est la plus importante.

Mais cette baisse ne s'effectue pas de la même façon pour tous les sujets, l'écart type y est important, l'analyse statistique ne fait donc pas ressortir une différence, car la tendance n'est pas vérifiable sur tous les sujets. Un nombre plus important de sujets aurait sûrement permis de démontrer une baisse sensible.

Ces résultats mettent donc bien en évidence les traumatismes musculaires qu'a engendré la séance de Banc/sol/banc.

Au niveau de Drop Jump la détente est diminuée, et même si les temps de contact et les flexions ne sont pas augmentés significativement, on observe une tendance qui laisse penser à l'existence de traumatisme sur le quadriceps.

Cette impression est corroborée avec la forte diminution de la force, et les résultats précédemment décrits pour le test de vitesse, mais aussi de la diminution observée en CMJ.

Au niveau de la réactivité, la diminution de la détente et l'augmentation du temps de contact au sol sont très marquées.

On peut donc penser que la séance a engendré des traumatismes sur les muscles des mollets.

Cette séance en Banc/sol/banc met donc en difficulté musculairement les muscles des mollets, et du quadriceps. Ce qui vient corroborer avec les courbatures généralisées qui sont survenues chez tous les sujets dans les jours qui ont suivi la séance.

Nous pensons que cet intermittent représente une grosse séance de force puisque les sujets ont tous réalisé plus de 200 bondissements dans la séance.

Dans le cadre du développement de la détente et de la limite neuromusculaire des efforts aérobie, cette séance paraît particulièrement intéressante, cependant elle sera à réaliser dans une période éloignée des compétitions

## **V. Conclusion :**

L'objectif de cette expérience n'était pas de déterminer l'exercice le plus intéressant pour s'axer sur les sollicitations centrales ou périphériques. Mais de comprendre l'impacte que pouvaient avoir différentes orientations d'exercice sur ces deux paramètres.

Il est en effet sûrement plus intéressant de combiner plusieurs formes d'exercices à l'intérieur d'une même séance, tant au point de vue de la sollicitation que sur un plan motivationnel. Et nous espérons que l'analyse que nous ferons des ces trois exercices, permettra de modéliser l'impacte des différents exercices de bondissement dans l'intermittent force.

Nous pensons, au contraire, des dires de monsieur Cometti, qu'il est donc possible de réaliser un intermittent 10/20 uniquement en bondissements tout en ayant un objectif dans le développement des qualités aérobies. Notre niveau de sollicitation étant très proche d'un niveau permettant le développement des qualités aérobies des confirmés, et permettrait de développer les qualités aérobies des débutants.

Cependant, pour obtenir une sollicitation acceptable sur le plan aérobie, il nous paraît indispensable que les exercices de bondissements soient réalisés avec une intensité importante, afin d'engendrer des tensions pliométriques intenses.

Il est évident que le fait de réaliser ces exercices pliométriques qualitativement, ne permettra pas une sollicitation aérobie suffisante.

Il est donc indispensable, avant de vouloir réaliser une séance d'intermittent 10/20 en bondissements, ayant comme but de développer les qualités aérobies, que les sujets maîtrisent sur le plan moteur les exercices proposés.

Dans cette étude nous avons observé que dans ce cas, où l'exercice proposé pose trop de problèmes moteur, le système aérobie est utilisé à des intensités faibles, qui ne permettront pas un développement des qualités aérobie.

Les exercices de pliométrie horizontale paraissent particulièrement intéressants en ce qui concerne la sollicitation centrale. Ils nous permettent d'arriver à un niveau de sollicitation qui, s'ils ne permettent pas de développer les qualités aérobie permettent au minimum de les entretenir.

L'orientation sur le déplacement, même s'il n'y a pas statistiquement de différence avec l'orientation sur le placement, nous semble intéressante pour favoriser l'installation de la fréquence cardiaque à un haut niveau de sollicitation.

L'exercice de banc/sol/banc arrive à une même sollicitation que les exercices de pliométrie horizontale (skipping et foulée bondissante), mais dans un délai d'installation beaucoup plus important.

Cette différence peut s'expliquer par le fait que le skipping et la foulée bondissante ont des motricités relativement proches de la course, et qu'ils vont engendrer une sollicitation plutôt centrale ; Alors que l'exercice de banc sol banc qui provoque des tensions pliométriques supérieures, va être assuré dans un premier temps par les systèmes anaérobie, ce n'est qu'au fil du temps que le système aérobie va prendre le relais. Cela explique aussi pourquoi il y a une différence importante entre les sujets.

La séance de bondissements verticaux, paraît donc particulièrement adaptée au développement des qualités du sportif de sport collectif, elle permettrait de développer les qualités, tout en lui permettant de travailler sa possibilité à répéter des efforts explosifs dans le temps. Cette séance paraît donc d'autant plus adaptée aux activités qui vont demander des qualités de détente sur un fond aérobie conséquent. Nous pensons ici, aux activités comme le handball ou le basketball.

Si les sollicitations aérobie ne sont pas suffisantes pour provoquer une adaptation cardiovasculaire, on peut tout de même penser que ces exercices de bondissements peuvent être intéressants pour développer la VMA des sujets, en jouant sur les paramètres de placement, qui vont permettre au sujet d'être plus économique. Les problèmes moteurs posés par ces exercices de pliométries, principalement les exercices de pliométrie horizontale, qui ont une motricité proche de la course, seraient susceptibles de rendre la technique de course plus efficace, l'athlète sera donc plus économique.

La mise en difficulté musculaire, observée lors de certaines conditions, permettrait de retrouver les conditions de fatigue pliométrique, et donc de jouer sur les limites du système nerveux central lors de la fin d'exercice.

Au vue de la littérature scientifique, sur les paramètres nerveux, on peut en effet imaginer que la sollicitation des paramètres musculaires, va engendrer une adaptation sur les facteurs nerveux, susceptible d'améliorer la performance aérobie en fin d'exercice.

On pourrait imaginer une possibilité pour augmenter la sollicitation aérobie des ces exercices intermittents en réalisant une récupération active.

Cependant, si cela avait pour effet d'augmenter l'impact sur le système aérobie, nous pensons que cette augmentation se fera au détriment de la sollicitation périphérique, en rendant moins intense la sollicitation pliométrique. Cela engendrerait également une détérioration du geste moteur, ce qui pour des personnes, qui ne sont pas expertes en bondissements, pourrait présenter un danger de blessure plus importante.

Nous pensons, que pour obtenir le meilleur compromis de sollicitation central et périphérique, il faudrait sûrement entrecouper les exercices de pliométrie verticale (comme l'exercice de banc/sol/banc), avec des exercices de pliométrie horizontale, voire de réaliser les premières minutes de l'intermittent avec ce type d'exercice. Ceci afin de permettre une installation plus rapide de la fréquence cardiaque à un niveau de sollicitation intéressante.

De plus, en s'appuyant sur les travaux de Skurvydas, 100 sauts de pliométrie verticale engendrerait une baisse sensible de la détente, et viendrait mettre en difficulté musculairement le sujet.

Dans le cas de deux blocks de 8 minutes en alternant les trois modalités de bondissements, avec une moyenne de 10 bondissements verticaux par séquence de pliométrie verticale, nous arriverions juste à ce chiffre. Chiffre auquel il faudrait ajouter la sollicitation des autres exercices.

Cette recherche de compromis entre sollicitation centrale et périphérique, nous paraît engendrer beaucoup de traumatismes, et constituerait une bonne séance de force spécifique, elle sera a réalisée dans une période éloignée des compétitions.

Il serait intéressant de vérifier la sollicitation centrale et périphérique de cette proposition, et il nous paraît également indispensable, dans un souci de planification, de déterminer combien de temps les athlètes vont mettre à récupérer de cette séance.

### **Bémol :**

Plusieurs bémols peuvent être imputés à cette expérimentation.

Le premier va être au niveau du matériel utilisé. En effet, les résultats obtenus pour la détente ne nous permettent pas d'affirmer rigoureusement que la séance de pliométrie a engendré de la fatigue. Nous nous appuyons dans cette étude que sur les paramètres extérieurs de l'apparition de la fatigue.

Il aurait fallu réaliser les tests de détente sur une plateforme de force, et alors observer les pressions maximales au sol.

De même, les tests de détente utilisés sont certes des bon tests de « terrain », mais la reproductibilité de ces tests n'est pas excellente, car elle est soumise à de grandes variations quant à son exécution.

Ceci est particulièrement vrai pour le test de réactivité qui mesure la détente des mollets, et qui pour cela, doit être exécuté jambe tendue.

Sur le plan moteur, il est très difficile d'exécuter ces rebonds avec les jambes tendues, d'autant plus que l'on est débutant en pliométrie.

Plus la flexion du genou sera importante, plus les quadriceps rentreront en jeu. Ce point a été négligé dans cette expérience et l'on est parti de l'hypothèse que ce test mesurait exclusivement la détente des mollets.

Il aurait fallu réaliser tous les tests de détente sur un chariot, ce qui aurait permis d'avoir une reproductibilité des tests parfaite.

Toujours sur le plan du matériel, l'utilisation de cardiofréquencemètre et de la fréquence cardiaque pour quantifier la sollicitation aérobie, n'apporte pas une preuve scientifique irrévocable.

Il aurait fallu utiliser en plus de cet indicateur, un analyseur de gaz, ce qui aurait permis d'observer la consommation d'oxygène sur les différents exercices.

D'autres bémols peuvent être édités sur le protocole de l'expérience. Pour des raisons d'investissement des sujets ou de blessure, tous les intermittents n'ont pas été réalisés exactement avec les mêmes sujets.

Ceci est regrettable, puisque cela ne permet pas de comparer statistiquement les séances entre elles, Les groupes étant composés de personnes différentes.

De même, sur le groupe de personnes ayant réalisé l'expérience, il aurait été souhaitable que les sujets testés pratiquent tous un sport collectif, puisque la séance vise ce public.

Le niveau des sujets, est dans l'ensemble un niveau régional composé de personnes qui s'entraînent environs trois fois par semaine. Il aurait été appréciable d'observer l'influence de nos séances sur un groupe d'un niveau supérieur qui pratique un entraînement plus soutenu.

**Annexe n°1 :**  
**Résultats des Tests de**  
**l'intermittent 10/20 en**  
**skipping**

➤ Résultat des tests de vitesse :

Intermittent 10/20 en skipping								
Nom	Prénom		10m en m	Différence	20m en m	Différence	30m en m	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	1,909	0,041	3,236	0,132	4,485	0,183
		Après	1,95		3,368		4,668	
ROBINEAU	julien	Avant	1,884	0,05	3,155	0,099	4,368	0,137
		Après	1,934		3,254		4,505	
PEREIRA	Guillaume	Avant	1,812	0,01	3,136	0,005	4,256	0,017
		Après	1,822		3,141		4,273	
REISPORFER	STEEVE	Avant	1,905	0,012	3,225	0,157	4,452	0,086
		Après	1,917		3,382		4,538	
PREAU	Thomas	Avant	1,924	0,048	3,2	0,134	4,505	0,122
		Après	1,972		3,334		4,627	
CAVON	Etienne	Avant	1,996	0,033	3,259	0,03	4,416	0,037
		Après	2,029		3,289		4,453	
CHATTEY	Emeric	Avant	1,883	0,016	3,135	0,023	4,288	0,024
		Après	1,899		3,158		4,312	
DARSAU	Rodolphe	Avant	1,907	0,003	3,329	0,02	4,458	0,031
		Après	1,91		3,349		4,489	
Moyenne		Avant	1,902	0,026	3,209	0,075	4,403	0,079
		Après	1,929		3,284		4,483	
Ecart type		Avant	0,053	0,017	0,062	0,057754	0,092	0,058
		Après	0,056		0,087		0,128	

intermittent 10/20 en skipping								
Nom	Prénom		Temps de contact moyen 1er 1/3 en ms	Différence	Temps de contact moyen 2eme 1/3 en ms	Différence	Temps de contact moyen 3eme 1/3 en ms	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	162	-3	129	-1	123	-6
		Après	165		130		129	
ROBINEAU	julien	Avant	166	-2	146	2	146	-3
		Après	168		144		149	
PEREIRA	Guillaume	Avant	162	-2	127	-7	126	2
		Après	164		134		124	
REISPORFER	STEEVE	Avant	145	0	120	-1	123	-2
		Après	145		121		125	
PREAU	Thomas	Avant	165	-74	138	-19	124	-33
		Après	239		157		157	
CAVON	Etienne	Avant	148	-3	122	-1	115	-2
		Après	151		123		117	
CHATTEY	Emeric	Avant	159	-6	123	-1	113	-4
		Après	165		124		117	
DARSAU	Rodolphe	Avant	189	40	124	6	117	7
		Après	149		118		110	
Moyenne		Avant	162	-6,25	128,6	-2,7	123,3	-5,1
		Après	168,25		131,3		128,5	
Ecart type		Avant	11,2	29,20	7,8	7,0	8,5	11,1
		Après	27,9		12,4		15,2	

Intermittent 10/20 en Skipping				
Nom	Prénom	Flexion maximale sur l'appui		Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	156,3	-1,2
		Après	155,1	
ROBINEAU	julien	Avant	151	-0,4
		Après	150,6	
PEREIRA	Guillaume	Avant	165,8	1,3
		Après	167,1	
REISPORFER	STEEVE	Avant	154	2
		Après	156	
PREAU	Thomas	Avant	161	-10,9
		Après	150,1	
CAVON	Etienne	Avant	160,3	-0,2
		Après	160,1	
CHATTEY	Emeric	Avant	154,8	-2,9
		Après	151,9	
DARSAU	Rodolphe	Avant	154	-0,6
		Après	153,4	
Moyenne		Avant	157,2	-1,6
		Après	155,5	
Ecart type		Avant	4,8	4,0
		Après	5,7	

➤ Résultats des tests de détente :

Intermittent 10/20 en Skipping						
Nom	Prénom		Drop Jump	Différence	Temps de contact au sol en ms	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	33	0	534	-29
		Après	33		563	
ROBINEAU	julien	Avant	36,4	2,4	416	-32
		Après	34		448	
PEREIRA	Guillaume	Avant	43,2	3,5	597	28
		Après	39,7		569	
REISPORFER	STEEVE	Avant	34,7	0,7	532	-25
		Après	34		557	
PREAU	Thomas	Avant	34,9	4,1	593	42
		Après	30,8		551	
CAVON	Etienne	Avant	38,9	1,9	563	-7
		Après	37		570	
CHATTEY	Emeric	Avant	42,3	0	514	-12
		Après	42,3		526	
DARSAU	Rodolphe	Avant	38	0	587	-13
		Après	38		600	
Moyenne		Avant	37,675	1,5	542	-6
		Après	36,1		548	
Ecart type		Avant	3,4	1,5	55,8	25,2
		Après	3,5		42,4	

Intermittent 10/20 en Skipping				
Nom	Prénom	Flexion maximale en Drop Jump		Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	98,6	4,8
		Après	103,4	
ROBINEAU	julien	Avant	93,4	-6,3
		Après	87,1	
PEREIRA	Guillaume	Avant	75,1	-0,1
		Après	75	
REISPORFER	STEEVE	Avant	79,9	-1,8
		Après	78,1	
PREAU	Thomas	Avant	101	2,4
		Après	103,4	
CAVON	Etienne	Avant	106,3	1,3
		Après	107,6	
CHATTEY	Emeric	Avant	106,4	-1,3
		Après	105,1	
DARSAU	Rodolphe	Avant	89,6	-11
		Après	78,6	
Moyenne		Avant	93,7875	-1,5
		Après	92,2875	
Ecart type		Avant	11,6532567	5,04437452
		Après	13,9386859	

Intermittent 10/20 en Skipping						
Nom	Prénom		Réactivité	Différence	Temps de contact moyen	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	29,3	-2,9	257	14
		Après	26,4		271	
ROBINEAU	julien	Avant	38,9	-6,3	162,6	18,2
		Après	32,6		180,8	
PEREIRA	Guillaume	Avant	32,8	-3,5	216	22
		Après	29,3		238	
REISPORFER	STEEVE	Avant	26,9	-3,8	189	15
		Après	23,1		204	
PREAU	Thomas	Avant	38,9	-8,4	244,4	6,2
		Après	30,5		250,6	
CAVON	Etienne	Avant	23,9	-3,6	210	22
		Après	20,3		232	
CHATTEY	Emeric	Avant	47,8	-5,5	193,8	6
		Après	42,3		199,8	
DARSAU	Rodolphe	Avant	34,4	-1,8	175,8	10,8
		Après	32,6		186,6	
Moyenne		Avant	34,1	-4,475	206,075	14,2
		Après	29,6		220,35	
Ecart type		Avant	7,1	1,98	30,4	5,9
		Après	6,3		30,2	

Intermittent 10/20 en Skipping				
Nom	Prénom		CMJ	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	31,2	0,3
		Après	30,9	
ROBINEAU	julien	Avant	36,4	2,4
		Après	34	
PEREIRA	Guillaume	Avant	42,3	3,4
		Après	38,9	
REISPORFER	STEEVE	Avant	38	0,9
		Après	37,1	
PREAU	Thomas	Avant	35,6	3
		Après	32,6	
CAVON	Etienne	Avant	36,4	1,7
		Après	34,7	
CHATTEY	Emeric	Avant	39,7	0,8
		Après	38,9	
DARSAU	Rodolphe	Avant	38,9	2,5
		Après	36,4	
Moyenne		Avant	37,3	1,875
		Après	35,4	
Ecart type		Avant	3,1	1,1
		Après	2,7	

➤ Résultats des tests de force :

Intermittent 10/20 en Skipping				
Nom	Prénom	Force du quadriceps en kg		Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	49	1,5
		Après	50,5	
ROBINEAU	julien	Avant	64,5	-7,5
		Après	57	
PEREIRA	Guillaume	Avant	65,5	-2,5
		Après	63	
REISPORFER	STEEVE	Avant	54	-2
		Après	52	
PREAU	Thomas	Avant	57	4
		Après	61	
CAVON	Etienne	Avant	58,8	-6,8
		Après	52	
CHATTEY	Emeric	Avant	53	-7
		Après	46	
DARSAU	Rodolphe	Avant	66	2,5
		Après	68,5	
Moyenne		Avant	58,5	-2,225
		Après	56,3	
Ecart type		Avant	6,0	4,3
		Après	7,0	

**Annexe n°2 :**  
**Résultats des Tests de**  
**l'intermittent 10/20 en**  
**foulées bondissantes**

➤ Résultats des tests de vitesse :

Intermittent 10/20 en foulées bondissantes								
Nom	Prénom		10m en s	Différence	20m en s	Différence	30m en s	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	1,906	0,064	3,226	0,116	4,477	0,177
		Après	1,97		3,342		4,654	
ROBINEAU	julien	Avant	1,853	0,056	3,179	0,043	4,42	0,053
		Après	1,909		3,222		4,473	
PEREIRA	Guillaume	Avant	1,809	-0,02	3,033	0,083	4,173	-0,034
		Après	1,784		3,116		4,139	
REISPORFER	STEEVE	Avant	1,881	0,086	3,214	0,105	4,459	0,124
		Après	1,967		3,319		4,583	
PREAU	Thomas	Avant	1,89	0,098	3,186	0,107	4,396	0,118
		Après	1,988		3,293		4,514	
CAVON	Etienne	Avant	1,956	0,057	3,206	0,105	4,432	0,118
		Après	2,013		3,311		4,55	
DARSAU	Rodolphe	Avant	1,872	0,018	3,15	0,059	4,328	0,044
		Après	1,89		3,209		4,372	
Moyenne		Avant	1,881	0,051	3,1706	0,08829	4,38357	0,08571
		Après	1,932		3,2589		4,46929	
Ecart type		Avant	0,042	0,039	0,0608	0,02394	0,09686	0,05835
		Après	0,067		0,0681		0,13916	

intermittent 10/20 en foulées bondissantes								
Nom	Prénom		Temps de contact moyen 1er 1/3 en ms	Différence	Temps de contact moyen 2eme 1/3 en ms	Différence	Temps de contact moyen 3eme 1/3 en ms	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	160	-13	150	-9	144	-20
		Après	173		159		164	
ROBINEAU	julien	Avant	155	-11	138	-8	142	-1
		Après	166		146		143	
PEREIRA	Guillaume	Avant	173	-8	133	-3	128	-2
		Après	181		136		130	
REISPORFER	STEEVE	Avant	150	-6	127	-5	125	-5
		Après	156		132		130	
PREAU	Thomas	Avant	175	-59	140	-2	136	-2
		Après	234		142		138	
CAVON	Etienne	Avant	152	-6	126	1	118	-7
		Après	158		125		125	
DARSAU	Rodolphe	Avant	148	-7	118	0	112	-4
		Après	155		118		116	
Moyenne		Avant	159,0	-15,7	133,1	-3,7	129,3	-5,9
		Après	174,7		136,9		135,1	
Ecart type		Avant	9,7	17,8	13,2	3,5	16,0	6,1
		Après	25,8		12,7		14,3	

Intermittent en foulées bondissantes				
Nom	Prénom		Flexion maximale sur l'appui	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	154	-3,6
		Après	150,4	
PEREIRA	Guillaume	Avant	154,2	1,7
		Après	155,9	
REISPORFER	STEEVE	Avant	152,8	-2,2
		Après	150,6	
PREAU	Thomas	Avant	142,4	-3
		Après	139,4	
CAVON	Etienne	Avant	159,4	-4,4
		Après	155	
ROBINEAU	julien	Avant	153	-3,9
		Après	149,1	
DARSAU	Rodolphe	Avant	158,4	-0,6
		Après	157,8	
Moyenne		Avant	153,5	-2,3
		Après	151,2	
Ecart type		Avant	5,5	2,2
		Après	6,1	

➤ Résultats des tests de détente :

Intermittent 10/20 en foulées bondissantes						
Nom	Prénom		Drop Jump	Différence	Temps de contact	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	35,6	2,6	575	24
		Après	33		551	
PEREIRA	Guillaume	Avant	40,6	3,8	587	-39
		Après	36,8		626	
REISPORFER	STEEVE	Avant	36,4	9,3	453	-153
		Après	27,1		606	
PREAU	Thomas	Avant	38,9	8,67	514	-46
		Après	30,23		560	
CAVON	Etienne	Avant	30,9	4,3	355	-150
		Après	26,6		505	
ROBINEAU	julien	Avant	34,7	3,7	459	-12
		Après	31		471	
DARSAU	Rodolphe	Avant	40,6	3,4	655	-43
		Après	37,2		698	
Moyenne		Avant	36,8	5,1	514,0	-59,9
		Après	31,7		573,9	
Ecart type		Avant	3,3	2,5	93,3	62,1
		Après	3,9		70,9	

Intermittent en foulées bondissantes					
Nom	Prénom		Flexion maximale en Drop Jump		Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	100,1		-6,7
		Après	93,4		
PEREIRA	Guillaume	Avant	82,8		-0,6
		Après	82,2		
REISPORFER	STEEVE	Avant	79,4		10,5
		Après	89,9		
PREAU	Thomas	Avant	111,1		-22,1
		Après	89		
CAVON	Etienne	Avant	109		-2,6
		Après	106,4		
ROBINEAU	julien	Avant	90,1		-1,2
		Après	88,9		
DARSAU	Rodolphe	Avant	78,1		-4,8
		Après	73,3		
Moyenne		Avant	92,9		-3,9
		Après	89,0		
Ecart type		Avant	13,9		9,7
		Après	10,1		

Intermittent 10/20 en foulées bondissantes						
Nom	Prénom		Réactivité	Différence	Temps de contact moyen	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	26,6	-1	260,8	-2,2
		Après	27,6		263	
PEREIRA	Guillaume	Avant	32,7	3,1	192,8	-0,2
		Après	29,6		193	
REISPORFER	STEEVE	Avant	28,4	-0,3	197,8	-5,4
		Après	28,7		203,2	
PREAU	Thomas	Avant	39,9	0,5	259	9,6
		Après	39,4		249,4	
CAVON	Etienne	Avant	25,1	3,3	207,6	0
		Après	21,8		207,6	
ROBINEAU	julien	Avant	39,6	1,3	177,2	1,4
		Après	38,3		175,8	
DARSAU	Rodolphe	Avant	38,6	1,1	187,8	-10
		Après	37,5		197,8	
Moyenne		Avant	33,0	1,1	211,9	-1,0
		Après	31,8		212,8	
Ecart type		Avant	5,9	1,5	31,6	5,6
		Après	6,1		29,2	

Intermittent 10/20 en foulées bondissantes				
Nom	Prénom		CMJ	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	33,2	-2,4
		Après	35,6	
PEREIRA	Guillaume	Avant	40,6	5
		Après	35,6	
REISPORFER	STEEVE	Avant	38	1,6
		Après	36,4	
PREAU	Thomas	Avant	38	-0,9
		Après	38,9	
CAVON	Etienne	Avant	32,4	5,9
		Après	26,5	
ROBINEAU	julien	Avant	37,2	1,6
		Après	35,6	
DARSAU	Rodolphe	Avant	38	4,8
		Après	33,2	
Moyenne		Avant	36,8	2,2
		Après	34,5	
Ecart type		Avant	2,7	2,9
		Après	3,6	

➤ Résultats des tests de force :

Intermittent 10/20 en foulées bondissantes				
Nom	Prénom		Force du quadriceps en kg	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	66,5	10,5
		Après	56	
PEREIRA	Guillaume	Avant	59	5,5
		Après	53,5	
REISPORFER	STEEVE	Avant	44	-0,5
		Après	44,5	
PREAU	Thomas	Avant	63,5	1
		Après	62,5	
CAVON	Etienne	Avant	42,5	12
		Après	30,5	
ROBINEAU	julien	Avant	58	0
		Après	58	
DARSAU	Rodolphe	Avant	65,5	10,5
		Après	55	
Moyenne		Avant	57,0	5,6
		Après	51,4	
Ecart type		Avant	9,2	5,1
		Après	9,9	

**Annexe n°3 :**  
**Résultats des Tests de**  
**l'intermittent 10/20 en**  
**Banc/sol/banc**

➤ Résultat des tests de vitesse :

Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc								
Nom	Prénom		10m en s	Différence	20m en s	Différence	30m en s	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	1,858	0,135	3,171	0,191	4,395	0,264
		Après	1,993		3,362		4,659	
CHATTEY	Emeric	Avant	1,927	-0,079	3,161	0,071	4,318	-0,077
		Après	1,848		3,232		4,241	
PEREIRA	Guillaume	Avant	1,827	-0,004	3,059	-0,004	4,19	0,024
		Après	1,823		3,055		4,214	
REISPORFER	STEEVE	Avant	1,89	0,112	3,183	0,241	4,409	0,349
		Après	2,002		3,424		4,758	
PREAU	Thomas	Avant	1,938	0,051	3,229	0,134	4,429	0,181
		Après	1,989		3,363		4,61	
CAVON	Etienne	Avant	1,955	0,194	3,258	0,168	4,427	0,2
		Après	2,149		3,426		4,627	
DARSAU	Rodolphe	Avant	1,887	0,068	3,171	0,096	4,385	0,05
		Après	1,955		3,267		4,435	
Moyenne		Avant	1,8974	0,06814	3,176	0,1281	4,3647	0,1416
		Après	1,9656		3,3041		4,5063	
Ecart type		Avant	0,0423	0,07442	0,058	0,0668	0,0793	0,1226
		Après	0,0939		0,119		0,1788	

intermittent 10/20 en banc/sol/banc								
Nom	Prénom		Temps de contact moyen 1er 1/3	Différence	Temps de contact moyen 2eme 1/3	Différence	Temps de contact moyen 3eme 1/3	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	292	-55	153	-21	154	-6
		Après	347		174		160	
CHATTEY	Emeric	Avant	154	-6	121	-4	115	-6
		Après	160		125		121	
PEREIRA	Guillaume	Avant	170	-11	142	-9	124	-23
		Après	181		151		147	
REISPORFER	STEEVE	Avant	160	-11	126	-23	120	-18
		Après	171		149		138	
PREAU	Thomas	Avant	168	-15	128	-15	128	-10
		Après	183		143		138	
CAVON	Etienne	Avant	152	-9	127	-5	122	-8
		Après	161		132		130	
DARSAU	Rodolphe	Avant	151	-15	117	-1	109	-3
		Après	166		118		112	
Moyenne		Avant	178,1	-17,4	133,6	-11,1	124,6	-10,6
		Après	195,6		141,7		135,1	
Ecart type		Avant	79,4	15,6	19,4	8,0	19,0	6,7
		Après	62,4		17,4		14,8	

Intermittent en Banc/sol/banc				
Nom	Prénom		Flexion maximale sur l'appui	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	152,2	-12,8
		Après	139,4	
PEREIRA	Guillaume	Avant	160,1	-25,3
		Après	134,8	
REISPORFER	STEEVE	Avant	151,3	-10,3
		Après	141	
PREAU	Thomas	Avant	148,9	-13,3
		Après	135,6	
CAVON	Etienne	Avant	164,4	-21,4
		Après	143	
CHATTEY	Emeric	Avant	147,5	-10,9
		Après	136,6	
DARSAU	Rodolphe	Avant	152,2	-12,8
		Après	139,4	
Moyenne		Avant	153,8	-15,3
		Après	138,5	
Ecart type		Avant	6,2	5,7
		Après	3,0	

➤ Résultats des tests de détente :

Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc						
Nom	Prénom		Drop Jump	Différence	Temps de contact	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	34	7,6	563	-67
		Après	26,4		630	
PEREIRA	Guillaume	Avant	40,6	11,5	569	-104
		Après	29,1		673	
REISPORFER	STEEVE	Avant	35,2	14,4	624	-37
		Après	20,8		661	
PREAU	Thomas	Avant	34,7	4,2	398	-42
		Après	30,5		440	
CAVON	Etienne	Avant	39,7	15	422	-45
		Après	24,7		467	
CHATTEY	Emeric	Avant	40,6	5,4	434	-32
		Après	35,2		466	
DARSAU	Rodolphe	Avant	38,9	7,5	569	-22
		Après	31,4		591	
Moyenne		Avant	37,7	9,4	511,3	-49,9
		Après	28,3		561,1	
Ecart type		Avant	2,7	4,0	83,5	25,6
		Après	4,4		93,1	

Intermittent en Bnac/sol/banc				
Nom	Prénom		Flexion maximale sur l'appui	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	98	-7,9
		Après	90,1	
PEREIRA	Guillaume	Avant	82,8	-7,6
		Après	75,2	
REISPORFER	STEEVE	Avant	81,4	-8,2
		Après	73,2	
PREAU	Thomas	Avant	111,2	-6,6
		Après	104,6	
CAVON	Etienne	Avant	103,6	-6,4
		Après	97,2	
CHATTEY	Emeric	Avant	103,9	-5,9
		Après	98	
DARSAU	Rodolphe	Avant	87,3	-9,1
		Après	78,2	
Moyenne		Avant	95,5	-7,4
		Après	88,1	
Ecart type		Avant	11,7	1,1
		Après	12,5	

Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc						
Nom	Prénom		Réactivité	Différence	Temps de contact moyen	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	28,7	-2,3	224,8	-44,2
		Après	26,4		269	
PEREIRA	Guillaume	Avant	28,3	0,8	200,6	-40,2
		Après	29,1		240,8	
REISPORFER	STEEVE	Avant	30	-9,2	202,6	-1,8
		Après	20,8		204,4	
PREAU	Thomas	Avant	38,3	-7,8	232,2	-13,8
		Après	30,5		246	
CAVON	Etienne	Avant	30,9	-6,2	210	-64,2
		Après	24,7		274,2	
CHATTEY	Emeric	Avant	41,6	-4,7	189	-25,8
		Après	36,9		214,8	
DARSAU	Rodolphe	Avant	39,4	-8	192,8	-9,2
		Après	31,4		202	
Moyenne		Avant	33,9	-5,3	207,4	-28,5
		Après	28,5		235,9	
Ecart type		Avant	5,2	3,3	14,9	20,6
		Après	4,8		27,5	

Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc				
Nom	Prénom		CMJ	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	35,6	5,5
		Après	30,1	
PEREIRA	Guillaume	Avant	38,9	3,3
		Après	35,6	
REISPORFER	STEEVE	Avant	36,4	4
		Après	32,4	
PREAU	Thomas	Avant	35,6	5,5
		Après	30,1	
CAVON	Etienne	Avant	39,6	5,6
		Après	34	
CHATTEY	Emeric	Avant	38	0
		Après	38	
DARSAU	Rodolphe	Avant	37,2	2,4
		Après	34,8	
Moyenne		Avant	37,3	3,8
		Après	33,6	
Ecart type		Avant	1,5	1,9
		Après	2,7	

➤ Résultats des tests de force :

Intermittent 10/20 en Banc/sol/banc				
Nom	Prénom		Force du quadriceps en kg	Différence
MICHAUT	Emeric	Avant	59	11
		Après	48	
PEREIRA	Guillaume	Avant	69	19,8
		Après	49,2	
REISPORFER	STEEVE	Avant	44	19
		Après	25	
PREAU	Thomas	Avant	64,5	17
		Après	47,5	
CAVON	Etienne	Avant	61	26
		Après	35	
CHATTEY	Emeric	Avant	59,9	15,9
		Après	44	
DARSAU	Rodolphe	Avant	73,5	23
		Après	50,5	
Moyenne		Avant	61,6	18,8
		Après	42,7	
Ecart type		Avant	8,7	4,5
		Après	8,7	

## **Bibliographe :**

<sup>1</sup> Cometti G (1988). La détente et la pliométrie. UFR STAPS Dijon, Centre d'Expertise de la Performance.

<sup>2</sup> Brown, M .E ,M .A. ; Mayew ,J,L,PH,D; Boleach, L. W, M.A Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. The journal of sports medicin and physical fitness, quntely review vol26, n°1 march 1986

<sup>3</sup>Kotzamanidis C Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys J Strengh Conditionning Res 20(2): 441-445, 2006

<sup>4</sup> Delecluse C et al. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance Med Sci Sports Exerc 1995; 27(8):1203-9.

<sup>5</sup> Wilmot C, Campillot P (2004). Préparation physique dissociée en période de compétition. Laboratoire d'Etude de la Motricité Humaine, Université de Lille.

<sup>6</sup> Paavolainen LM, Nummela AT, Rusko, Hakkinen 1999 Neuromusculaire characteristics and fatigue during 10km running. Int J sport Med 20:1-6

<sup>7</sup> Nummela 2006 Rôle des facteurs neuromusculaire dans la performance d'endurance aérobie. Compte rendu de la 4eme journée international de science du sport.

<sup>8</sup> Paavolainenn L., Hakkinen K., Hamalainen I. Nummela A., Rusko H. (1999) Explosive strength-training improves 5km running time by improving runningeconomy and muscle power JAppl Physiol 86 : 1527-1533

<sup>9</sup> Spurrs RW, Murphy AJ, Watsford ML. The effect of plyometric training on distance running performance. Eur J Appl Physiol 2003; 89(1):1-7.

<sup>10</sup> Kyrolainen H et al. Effects of power training on mechanical efficiency in jumping. Eur J Appl Physiol 2004; 91(2-3):155-9.

<sup>11</sup> Bell G.J., Syrotuik D., Martin T.P., Burnham R. Quincy, H.A Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. European. Journal.Appl. of Physiology 2000, 81,418-427

<sup>12</sup> Cometti G (1998) Aspects nouveaux de la préparation physique en sports collectifs, illustration en football. UFR STAPS Dijon, Centre d'Expertise de la Performance.

<sup>13</sup> M.Mohr, A. Steensberg, J.Bencke, M. Kjaer, J. Bangsbo Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. , Medecine & sciences in sports & exercise, november 2005.

14 Gorostiaga E.-M, Walter C.-B, Foster C., Hickson R.-C. – Uniquines of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity, 1991, Eur. J. Appl. Physiol.63:101-107.

15 Tabata et Al effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sup>2</sup> max. Med Sci sport Exerc 1996

16 Billat V., Slawinski J., Brocquet V., Demarle A., Laffite L. – Intermittent runs at the velocity associated with maximal oxygen uptake for a longer time intense but submaximal runs, 2000, Eur. J. Appl. Physiol. 81: 188-196.

17 George Gacon<sup>1</sup> : Intérêt de l'analyse informatisé de la dérive pulsative et du suivie de la récupération dans l'élaboration et l'ajustement des charges d'entraînement aérobie.

**18** - Eric JOUSSELLIN Mars 1998. Dans quelles conditions utiliser le cardiofréquencemètre en pratique sportive. Médecins du sport N° 19

19 Gille Cometti 2007 L'intermittent. Centre d'Expertise de la Performance Dijon.

20 Gille Cometti L'entraînement intermittent force : moyen fondamentale de l'amélioration de la puissance maximal aérobie. Centre d'Expertise de la Performance Dijon.

21 Gille Cometti Etudes des effets de différente séquence de travail de type « intermittent ».

22 Hot P. 2001 Effet de l'entraînement intermittent court et long sur la VVO<sub>2</sub> Max et la force de pousser chez les rugbymans élite. Montpellier I.

23 A.M. Heugas, A. Nummela, M-A Amorim & V. Billat Approche multidimensionnelle des effets de deux types d'entraînement intermittent aérobie chez des experts en course à pied

24 A.M. Heugas<sup>1,3</sup>, A. Nummela<sup>2</sup> et V. Billat<sup>3</sup> EFFETS D'UN ENTRAINEMENT INTERMITTENT A  $vVO_2MAX$  SUR LA CAPACITÉ MAXIMALE ANAEROBIE DETERMINÉE PAR LE M.A.R.T. (9<sup>ème</sup> Congrès de l'ACAPS- Valence 2001)

25 Hervé Assadi L'intermittent. Centre d'Expertise de la Performance Dijon.

26 Platonov, V.N. (1987) Adaptation des sportifs aux charges d'entraînement et de compétition, traduction INSEP, dossier EPS n°5.

27 Centre d'Expertise de la Performance. L'évaluation et les tests de la préparation physique. Résumé des communications Mai 2004