

## Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists

### Effets de 12 semaines d'entraînement "programmé par bloc" sur la performance et les indices de performance d'un groupe de cyclistes très entraînés.

#### INTRODUCTION

On sait aujourd'hui qu'une combinaison d'entraînements aérobie réalisés à basse et à haute intensité ont des effets favorables sur l'endurance, le  $\dot{V}O_2\text{max}$ , et la puissance soutenue au seuil lactique (Helgerud et al., 2001, 2007; Esteve-Lanao et al., 2005; Ingham et al., 2008). L'amélioration de ces facteurs dépend de la durée, de la fréquence des entraînements et bien sûr des prédispositions génétiques (Shephard, 1968; Fox et al., 1973; Wenger & Bell, 1986). Il est suggéré pour des athlètes d'épreuves d'endurance de s'entraîner à 75 à 80% du temps à basse intensité et 10 à 15% du temps à haute intensité (Seiler & Kjerland, 2006; Seiler, 2010). C'est ce que l'on appelle l'entraînement polarisé. Toutefois il reste difficile aujourd'hui de savoir comment organiser la répartition de ces intensités pour optimiser les effets de l'entraînement et obtenir des performances maximales.

La méthode d'organisation "traditionnelle" ("TRAD") de l'entraînement propose de planifier deux sessions hebdomadaires d'entraînement réalisées à haute intensité. Les autres séances sont réalisées à basse intensité. Un autre modèle de planification proposé dans le cadre de cette étude est la méthode de planification "par bloc" ("BP"). Dans cette méthode, l'entraînement focalise le développement d'un seul facteur de performance ( $\dot{V}O_2\text{max}$  par exemple) au cours de courtes périodes d'entraînement dont la durée n'excède pas 4 semaines (Breil et al., 2010; Issurin, 2010; Støren et al., 2012). L'idée du BP model est de provoquer des stimuli importants, mais sur de courtes périodes, pour permettre l'apparition de profondes adaptations chez des athlètes déjà très entraînés. Ces adaptations ne seraient pas aussi importantes si l'on conservait comme objectif de développer plusieurs facteurs déterminants de la performance à la fois (Issurin, 2010). Cependant très peu d'études valables ont testé l'efficacité de ce type de planification et encore moins avec des athlètes très entraînés en endurance.

Cette étude a donc comme objet de comparer les effets de 12 semaines d'entraînement de type "BP" à ceux de 12 semaines d'entraînement de type traditionnel sur les indices de performance d'endurance chez des cyclistes entraînés. L'hypothèse est que la programmation "BP" a un impact positif plus important que la programmation "TRAD" sur les indicateurs d'endurance telles que le  $\dot{V}O_2\text{max}$ , le seuil lactique, le rendement et la performance lors d'un contre-la-montre de 40min.

#### MATERIELS ET METHODES

Les 2 mois avant l'étude, les deux groupes ont réalisé  $9\text{h} \pm 3\text{h}$  (groupe "BP") et  $10\text{h} \pm 3\text{h}$  (groupe "TRAD") d'entraînement uniquement à basse intensité.

La programmation de l'entraînement "par bloc" était composée d'une semaine incluant 5 séances d'entraînement à haute intensité suivie de 3 semaines composées d'une seule séance d'entraînement à haute intensité. Les 12 semaines d'entraînement de type traditionnel étaient toutes composées de 2 séances d'entraînement à haute intensité. Toutes les autres séances étaient réalisées à faible intensité. Chaque groupe "TRAD" (7 sujets) et "BP" (8 sujets) réalisait le même volume d'entraînement à haute et à basse intensité.

Le choix de 2 séances d'entraînement très intenses par semaine ("TRAD") est basé sur l'analyse des études descriptives réalisées sur les athlètes très entraînés mettant en évidence une moyenne de 2 séances hebdomadaires réalisées à haute intensité chez ces athlètes (e.g., Westgarth-Taylor et al., 1997; Stepto et al., 1999; Laursen et al., 2002; Swart et al., 2009; Seiler, 2010).

Toutes les séances ont été réalisées sur le vélo personnel des cyclistes, à l'exception de quelques séances à basse intensité effectuées en ski de fond mais représentant moins de 10% du volume total. Le volume et l'intensité d'entraînement ont été calculés sur la base d'enregistrement de moniteurs de fréquence cardiaque de marque Polar. L'entraînement en endurance a été réparti en 3 zones : zone 1 : de 60 à 82% de la FC max, zone 2 : de 82 à 87 % de la FC max et zone 3 : de 88 à 100% de la FC max.

Les séances d'entraînement à basse intensité, d'une durée minimale d'1h et réalisées en zone 1, étaient librement organisées par les cyclistes. Certains cyclistes n'ont pas réalisé certaines séances d'entraînement à haute intensité, à cause de maladies ou de périodes de stage pendant lesquelles l'entraînement à basse intensité était privilégié (*ndlr : il n'est pas précisé dans l'étude quelle influence peut avoir cette absence de séances intenses sur les résultats, on ne sait pas non plus combien de sujets de chaque groupe ont manqué des séances*). Les séances d'entraînement intenses étaient composées soit de 6 x 5min (récupération de 2min 30) soit de 5 x 6min (récupération de 3min), alternativement. Elles étaient réalisées en zone 3 (88 à 100% de la FC max). Il était demandé aux cyclistes de réaliser les séances à haute intensité en ayant l'objectif d'atteindre la puissance la plus élevée possible sur l'ensemble de la série. La puissance était mesurée à l'aide d'un capteur de puissance intégré dans la roue arrière (système "PowerTap SL 2.4). De plus, afin de quantifier les répercussions de l'entraînement sur les sensations musculaires au niveau des jambes des cyclistes, ceux-ci devaient compléter, après chaque entraînement, une échelle de sensations comportant 9 graduations allant de "très très bonnes" à "très très lourdes".

Des tests physiques ont été réalisés avant et après les 12 semaines d'entraînement. Ces phases de tests comportaient plusieurs journées.

Le premier jour un test submaximal incrémenté était réalisé pour déterminer un profil lactique (rapport Puissance / concentration sanguine de lactate) et connaître l'efficacité brute de pédalage du cycliste. Ce test débutait par un échauffement de 5min à 125W puis la puissance augmentait de 50W toutes les 5min jusqu'à l'atteinte d'une concentration lactique de 4mmol/L. Des échantillons de sang étaient prélevés à la fin de chaque intervalle de 5min et analysés pour mesurer la concentration en lactate par un appareil d'analyse de lactate portable (Lactate Pro LT-1710). Durant les dernières 2min 30 de chaque intervalle, des mesures du  $\dot{V}O_2$ , de QR et de la fréquence cardiaque étaient réalisées. Un seuil lactique était également déterminé lors de l'atteinte de 2mmol/L, les mesures du  $\dot{V}O_2$ , de la puissance atteintes lors de ce seuil étaient relevées (Rønnestad et al., 2010). L'efficacité brute du cycliste était calculée en utilisant le ratio travail accompli par minute sur la dépense énergétique par minute (J.min<sup>-1</sup>/kcal.min<sup>-1</sup>).

Après 15min de récupération, un nouveau test incrémenté était réalisé afin de mesurer le  $\dot{V}O_{2max}$  et la masse d'hémoglobine (HBm). Le test du  $\dot{V}O_{2max}$  commençait par 1' à 3W/kg, puis la puissance augmentait de 25W toutes les minutes jusqu'à épuisement. Le test et le  $\dot{V}O_2$  mesuré étaient considérés comme maximaux si la fréquence cardiaque atteinte était supérieure à 95% de la FC max du sujet, si le quotient respiratoire (QR) était supérieur ou égal à 1,05 et si la concentration en lactate était supérieure à 8mmol/L (Rønnestad et al., 2011). La puissance moyenne atteinte par le sujet au cours des 2 dernières minutes du test était considérée comme étant la Puissance Maximale Aérobie (PMA).

La masse de l'hémoglobine était calculée 1h après le test de  $\dot{V}O_{2max}$  par la méthode de la respiration et l'expiration d'une dose de monoxyde de carbone (Schmidt & Prommer, 2005).

Lors du second jour de tests, les cyclistes réalisaient un contre-la-montre de 40min après un échauffement de 15min conclu par 2 sprints maximaux. La performance correspondait à la puissance moyenne soutenue pendant les 40' de test.

Pour la phase de test post-étude, il était demandé aux sujets de réaliser leur dernière séance intense au moins trois jours avant la 1<sup>ère</sup> journée de test.

Avant chaque test, les cyclistes devaient manger le même menu et ils n'étaient pas autorisés à manger moins d'une heure avant le test et à consommer de la caféine lors des 3 heures précédant le test. L'ensemble des tests étaient réalisés sur ergocycle à frein électromagnétique et dans des conditions environnementales similaires (température, horaires, ...). L'ergocycle était réglé selon les cotes de chacun des sujets. Les cyclistes pouvaient également choisir leur cadence tout au long du test et utiliser leurs cales et chaussures personnelles.

## **STATISTIQUES (NDLR)**

*Dans cette étude, les auteurs utilisent une analyse de variance de type ANOVA mais également l'effet de taille ES (Effect Size). En effet, les différences observées peuvent ne pas être statistiquement significatives ( $p > 0,05$ ) à cause de la taille de l'échantillon. ES permet de donner une indication sur la manière dont évolue un paramètre en réponse à un effet (ici l'effet "type de programmation" : "TRAD" ou "BP"). Cela donne une*

information qualitative supérieure au simple fait de dire si l'effet est statistiquement significatif ou non. L'ES permet de qualifier la variation : elle peut être triviale (ES = 0,0–0,2), petite (ES = 0,2–0,6), modérée (ES = 0,6–1,2), grande (ES = 1,2–2,0), ou très grande (ES >2,0) (Hopkins et al., 2009).

## RÉSULTATS

Les auteurs n'ont relevé aucune différence dans les valeurs de poids, de  $\dot{V}O_2\text{max}$ , de PMA, d'efficacité brute, de puissance à 2mmol/L et de performance sur le contre-la-montre de 40min, entre le groupe "TRAD" et le groupe "BP".

Les résultats montrent que les sensations musculaires durant les semaines d'entraînement intense du groupe "BP" (semaine 1, 5 et 9) étaient moins bonnes que pour le groupe "TRAD" (pour lesquels ces semaines restent des semaines "normales"). A l'inverse aucune différence de sensations n'était notée dans les autres semaines entre les 2 groupes. La progression de puissances moyennes relevées lors des séances réalisées à haute intensité ne montre pas de différence sensible entre les deux groupes. Pour autant la progression lors des dernières semaines d'entraînement (des semaines 5-8 aux semaines 9-12) n'a été visible que pour le groupe "BP" ( $4,1 \pm 3,4\%$ ).

Après analyse de ES, les auteurs observent un effet modéré de l'entraînement "BP" par rapport à l'entraînement "TRAD" sur l'amélioration de la puissance maximale (ES=0,62) et sur l'augmentation du  $\dot{V}O_2\text{max}$  (ES=1,08).

La puissance maximale mesurée a elle augmenté dans les deux groupes sans différence statistique significative entre les deux groupes ( $6,2 \pm 6,1\%$  pour le groupe BP,  $p < 0,05$  et  $3,5 \pm 4,5\%$  pour le groupe "TRAD",  $p=0,08$ ). L'augmentation relative du  $\dot{V}O_2\text{max}$  a été plus importante pour le groupe "BP" par rapport au groupe "TRAD" ( $8,8 \pm 5,9\%$  contre  $3,7 \pm 2,9\%$ , respectivement,  $p < 0,05$ ).

La masse d'hémoglobine HbM du groupe "BP" augmente de manière plus importante que celle du groupe "TRAD". Même s'il n'y a pas de différences statistiques significatives entre les deux groupes ( $5,6 \pm 3,5\%$  vs.  $1,2 \pm 6,6\%$ , respectivement,  $p=0,13$ ), les auteurs mettent en évidence un effet modéré de l'entraînement "BP" sur l'augmentation de HbM par rapport à l'entraînement "TRAD" (ES = 0.83).

Or, pour les deux groupes, la relation entre l'augmentation de HbM et la puissance moyenne maintenue pendant le contre-la-montre de 40' d'une part, et l'augmentation de HbM et l'augmentation du  $\dot{V}O_2\text{max}$  d'autre part, étaient modérées, tandis que la relation entre l'augmentation de HbM et la valeur de la puissance maximale était forte.

La puissance développée à une intensité correspondant à 2mmol de lactate/L de sang est davantage améliorée par un entraînement "BP" que par un entraînement "TRAD", même si cette différence n'est pas statistiquement différente ( $22 \pm 14\%$  et  $10 \pm 7\%$ , respectivement,  $p=0,054$ ). Cette donnée est confirmée par l'analyse d'ES qui révèle un effet modéré de l'entraînement "BP" par rapport à l'entraînement "TRAD" sur la puissance développée à 2mmol de lactate /L de sang (ES=1,12). Même s'il n'y a pas de différences significatives de valeurs d'efficacité chez les deux groupes de cyclistes, les auteurs mettent en évidence un effet modéré de l'entraînement "BP" sur l'évolution de l'efficacité des cyclistes par rapport à l'entraînement "TRAD" (ES=1,10).

Enfin, concernant la puissance moyenne maintenue lors du contre-la-montre de 40min, aucune différence significative n'était relevée entre l'évolution des performances des sujets du groupe "BP" et "TRAD" ( $8,2 \pm 5,7\%$  contre  $4,1 \pm 3,1\%$ , respectivement,  $p=0,12$ ). Toutefois, l'analyse de ES fait état d'un effet modéré de l'entraînement "BP" sur cette puissance moyenne (ES=0,89).

## DISCUSSION

Dans cette étude, il apparaît que l'entraînement "BP" améliore plus sensiblement plusieurs paramètres de la performance en endurance chez ces cyclistes tels que le  $\dot{V}O_2\text{max}$  et la puissance développée à une intensité correspondant à 2mmol de lactate/L de sang en comparaison avec l'entraînement "TRAD". (Ndlr : attention, concernant la puissance développée à 2mmol/L, l'effet de l'entraînement "BP" n'est pas statistiquement significatif puisque  $p=0,054$ ). Ces résultats sont renforcés par l'analyse de l'indicateur statistique ES qui met en lumière un effet modéré de l'entraînement "BP" par rapport à l'entraînement "TRAD" sur l'ensemble des paramètres mesurés au cours de cette étude.

Aucune étude n'a pour l'instant montré d'influence positive de l'entraînement "BP" par rapport à l'entraînement "TRAD" sur le développement du  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Toutefois dans l'étude présente la progression plus importante du  $\dot{V}O_2\text{max}$  chez les sujets du groupe "BP" indique qu'une planification de type "BP" peut être plus efficace. A noter que contrairement aux études précédentes, le groupe d'entraînement "BP" réalisait le même volume d'entraînement à basse et à haute intensité que le groupe d'entraînement "TRAD". Dans l'étude de Breil et al. (2010) qui conclut également à un effet supérieur de l'entraînement "BP" par rapport à l'entraînement "TRAD" sur l'augmentation du  $\dot{V}O_2\text{max}$  chez des alpinistes, le groupe "BP" réalisait un volume de séances à haute intensité supérieur à celui du groupe "TRAD".

Cette amélioration plus importante chez les sujets du groupe "BP" observée à la fois par Breil et al. (2010) et par B. R. Rønnestad est due à l'augmentation de HBm dans ce même groupe, augmentation qui n'était pas observée pour les sujets du groupe entraînement "TRAD".

Pour rappel, l'analyse de "ES" a montré un effet modéré de l'entraînement "BP" par rapport au "TRAD" sur l'augmentation de HBm.

La masse d'hémoglobine est un déterminant important du  $\dot{V}O_2\text{max}$  (Heinicke et al., 2001) et pourrait donc avoir des impacts positifs sur la performance en endurance. Il n'a pour autant jamais été observé dans des études précédentes un effet significatif de l'entraînement en endurance sur la masse en hémoglobine (e.g., Gore et al., 1997; Prommer et al., 2008). Cependant l'étude présentée révèle que même chez des athlètes endurants bien entraînés, les périodes de volumes d'entraînement très intenses peuvent accroître la masse de l'hémoglobine. Cela confirme les études de Garvican et al. (2010), démontrant une variation de 3% de HBm durant la saison compétitive ou encore les études de Schmidt et Pommer (2008), ayant révélé une augmentation de 4% de HBm après 3-4 mois d'entraînement combiné à haute et basse intensité. Ici, les 12 mois d'entraînement étaient précédés d'une phase de 2 mois d'entraînement à basse intensité. On peut donc suggérer que durant cette période de transition la masse d'hémoglobine était plus basse que ce que les prédispositions génétiques des individus permettaient. Ceci a pu permettre l'augmentation plus importante de HBm durant les 12 semaines d'entraînement suivant.

Une des explications possibles de cet effet pourrait être une petite augmentation du volume plasmatique après le bloc d'entraînements réalisés à haute intensité chez les cyclistes du groupe "BP" (Gillen et al., 1991). Cette augmentation du volume plasmatique s'accompagne d'une augmentation de HBm dans le but de rétablir la concentration individuelle normale d'hémoglobine durant la période suivante d'entraînement réalisée à basse intensité (Schmidt & Prommer, 2008). Les auteurs évoquent également le fait que l'hormone de croissance circulant pourrait entraîner un stimulus positif sur l'augmentation du volume plasmatique et sur la formation de l'érythropoïétine (EPO) (Christ et al., 1997). Comme les entraînements réalisés à haute intensité (et non pas ceux réalisés en basse intensité) sont connus pour augmenter la concentration en hormone de croissance circulant (Wahl et al., 2010), on peut ainsi supposer que les blocs d'entraînement passagers réalisés à hautes intensités par le groupe "BP" toutes les 4 semaines ont pu avoir des effets positifs importants sur l'augmentation de la masse d'hémoglobine. Ainsi, il pourrait être plus intéressant de varier les phases d'entraînement (entraînements réalisés à hautes et entraînements réalisés basses intensité) afin d'augmenter la production d'EPO et la sécrétion d'hormone de croissance, plutôt que d'augmenter seulement le volume d'entraînement réalisés à haute et à basse intensité.

Dans cette étude, il est également observé que les sujets du groupe "BP" et ceux du groupe "TRAD" amélioreraient sensiblement leur puissance moyenne sur un contre-la-montre de 40min (8 vs. 4% respectivement). Parallèlement il a été observé au cours de cette étude une corrélation importante entre la puissance moyenne maintenue pendant le contre-la-montre de 40min et l'augmentation de la valeur absolue du  $\dot{V}O_2\text{max}$  des cyclistes. Les auteurs soutiennent alors que l'amélioration des performances sur ce contre-la-montre pour le groupe "BP" peut être lié à l'amélioration plus importante des valeurs du  $\dot{V}O_2\text{max}$ . Un autre facteur avancé pour expliquer l'amélioration de la puissance moyenne du groupe "BP" sur le contre-la-montre est l'amélioration de l'efficacité brute des cyclistes qui est améliorée par des entraînements réalisés à haute intensité (Hopker et al., 2009). Or, puisque les sujets des deux groupes d'entraînement "BP" et "TRAD" ont réalisé le même volume à haute intensité, on peut supposer que le regroupement d'entraînements réalisés à haute intensité tels qu'il est proposé pour le groupe "BP" provoque des adaptations favorables chez ces cyclistes. La conclusion selon laquelle l'entraînement "BP" produit des adaptations plus favorables que

l'entraînement "TRAD" est renforcée par la relation importante entre l'évolution de la puissance atteinte à 2mmol/L de lactate et la puissance moyenne maintenue sur le contre-la-montre de 40min.

La puissance maximale est à la fois un facteur discriminant du niveau des cyclistes (amateurs vs. élites) et prédictif de la performance cycliste (Lucía et al., 1998) probablement parce que cet indice de performance prend également en compte la capacité anaérobie et les caractéristiques neuromusculaires des sportifs (Jones & Carter, 2000). Au cours de cette étude il a été observé une corrélation importante entre l'amélioration de la puissance moyenne sur un contre-la-montre de 40min et la puissance atteinte à 2mmol/L de lactate chez l'ensemble des sujets. Toutefois, l'augmentation de la puissance maximale maintenue sur le contre-la-montre de 40 min est plus importante pour le groupe "BP" par rapport au groupe "TRAD" (environ 6 et 3% respectivement). Ce résultat est appuyé par les valeurs de la puissance moyenne développée sur l'ensemble des séances à haute intensité, plus importantes chez les sujets du groupe "BP". En effet seuls les sujets du groupe "BP" ont amélioré les valeurs de puissance moyenne développées lors des séances très intenses des semaines 5 à 9 (environ 4%).

Alors que les cyclistes du groupe "TRAD" parlaient de sensations de jambes "normales", les cyclistes du groupe "BP" rapportaient des sensations de jambes "lourdes" après les blocs d'entraînement réalisées à haute intensité (semaine 1, 5 et 9), pouvant s'expliquer par l'enchaînement des séances à haute intensité (Issurin, 2010). L'entraînement "BP" induirait des stimuli plus importants en comparaison de l'entraînement "TRAD". Ceci pourrait contribuer à une meilleure adaptation du groupe "BP" et ainsi à l'augmentation de leur performance. La haute intensité apparaît ici comme un élément fondamental : elle améliore le transport de l'O<sub>2</sub> jusqu'aux muscles actifs (e.g., Midgley et al., 2006), elle active des mécanismes permettant la synthèse mitochondriale (Egan et al., 2010; Tobina et al., 2011) et enfin elle améliore la capillarisation des muscles squelettiques (e.g., muscle stretch; reviewed in Egginton, 2011).

## **RÉSUMÉ**

Cette étude montre qu'organiser l'entraînement en endurance sous la forme d'1 semaine comportant 5 séances d'entraînement à haute intensité et de 3 semaines d'entraînement comportant 1 séance réalisée à haute intensité pendant 12 semaines (entraînement "BP") produit des adaptations supérieures qu'un entraînement traditionnel de 12 semaines au cours desquels 2 séances à haute intensité étaient programmées (entraînement "TRAD"). Même si il est modéré, l'effet porte sur plusieurs indices de performance:  $\dot{V}O_2$ max, puissance maximale, masse d'hémoglobine, puissance produite à 2mmol/L de lactate et puissance moyenne produite sur un contre-la-montre de 40min.

## **PERSPECTIVES**

Il reste aujourd'hui difficile de savoir comment organiser au mieux les séances réalisées à haute intensité et les séances réalisées à basse intensité lors de la programmation d'un entraînement pour optimiser les performances dans les sports d'endurance. Certains auteurs insistent sur le fait que l'entraînement traditionnel tente de développer simultanément de trop nombreux facteurs de la performance ce qui induit un stimulus et une progression non optimaux (Issurin, 2010). Il semblerait qu'il soit plus efficace de développer quelques habiletés sélectionnées lors de "blocs" courts et intenses afin de provoquer un stimulus plus important et ainsi une amélioration maximale de la performance (Issurin, 2010). Cette étude semble confirmer la supériorité d'un entraînement "BP" par rapport à un entraînement "TRAD" (García-Pallarés et al., 2010; Rønnestad et al., 2012). L'entraînement "BP" pourrait donc être une bonne alternative d'organisation de l'entraînement pour les athlètes d'endurance.

## **Document dans sa version intégrale :**

### **Effects of 12 weeks of block periodization on performance and performance indices in well-trained cyclists**

B. R. Rønnestad, S. Ellefsen, H. Nygaard, E. E. Zacharoff, O. Vikmoen, J. Hansen, J. Hallén

**Rédacteur :** Lieux Romain – Conseiller Technique National - [rlieux@fftri.com](mailto:rlieux@fftri.com)