

Réflexion Sport

Scientifique & technique

EXTRAIT

La **force utile**,
une nécessité
de terrain

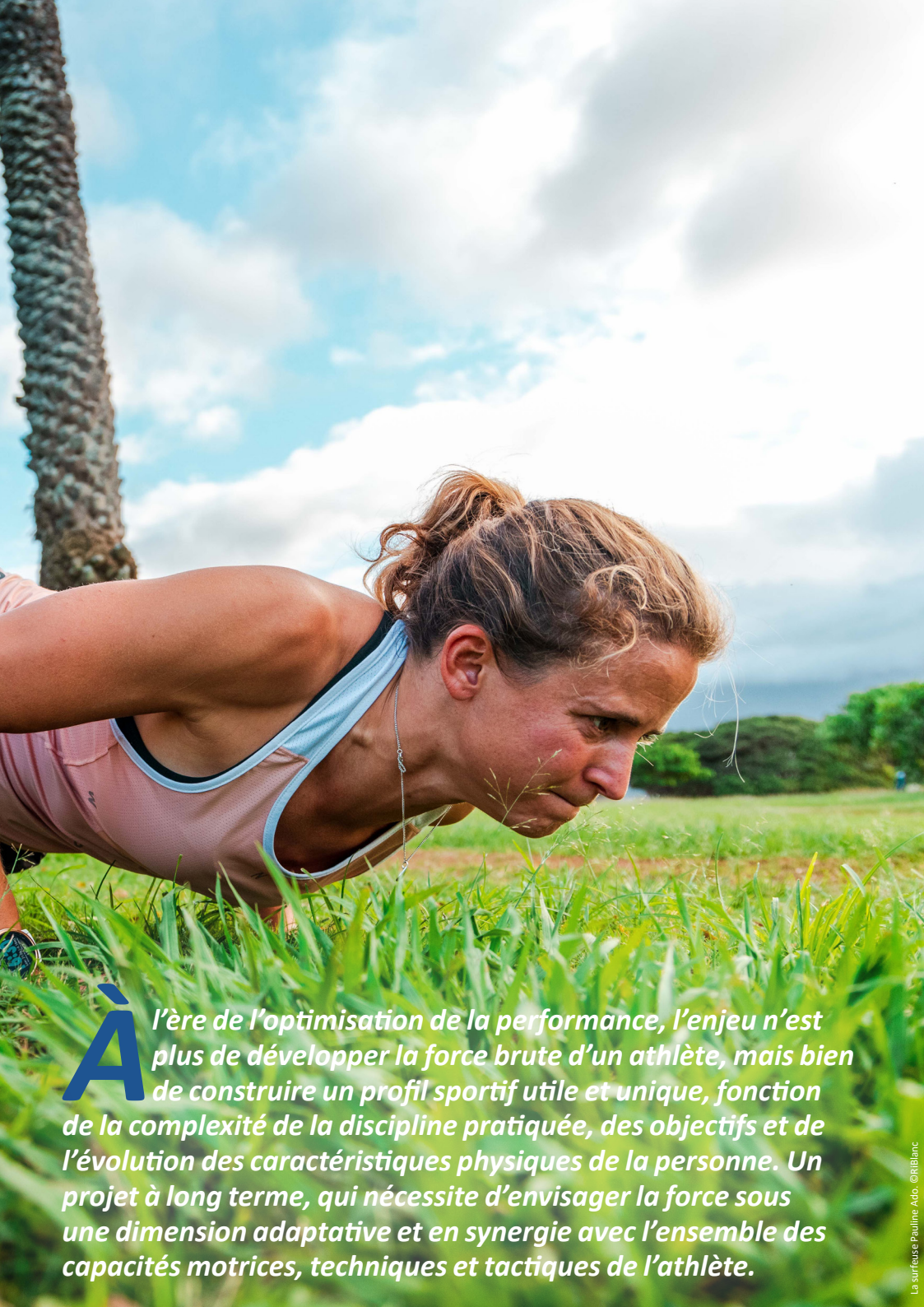


La force utile, une nécessité de terrain



Par Xavier Mondenx

Entraîneur spécialisé dans la préparation physique,
préparateur physique des équipes de France de surf et de voile,
ancien préparateur physique du pôle Espoir rugby de Talence, de l'équipe de France
de judo et entraîneur national de judo.



À l'ère de l'optimisation de la performance, l'enjeu n'est plus de développer la force brute d'un athlète, mais bien de construire un profil sportif utile et unique, fonction de la complexité de la discipline pratiquée, des objectifs et de l'évolution des caractéristiques physiques de la personne. Un projet à long terme, qui nécessite d'envisager la force sous une dimension adaptative et en synergie avec l'ensemble des capacités motrices, techniques et tactiques de l'athlète.

C'est un raccourci souvent emprunté. D'aucuns diront, dans une vaine tentative de dissocier deux éléments de la performance si intimement liés, que la force brute d'un athlète traduit souvent son incompetence technique. Brièvement, le cliché a collé au personnage de Rafael Nadal, lors de son explosion sur le circuit, en 2004. Le Majorquin affichait alors une attitude toute bestiale, son bras gauche musculeux maltraitant balles et adversaires. Nadal était l'archétype du joueur puissant, mais sans grande finesse technique. Une analyse à l'emporte-pièce, qui n'a pas pu résister longtemps au parcours de ce joueur hors-norme, combinaison exceptionnelle de force et de technique.

Le rôle du préparateur physique est de rendre le corps capable de supporter les contraintes que va imposer la technique d'un athlète, qu'il soit joueur de tennis, judoka, surfeur ou encore « voileux ». Autant d'univers nécessitant des qualités physiques diverses, que ce soit en termes de force, d'endurance ou de vitesse. Autant d'univers

nécessitant d'identifier et de se concentrer sur chacun des muscles sollicités, de les appréhender en tant qu'« outils fonctionnels » au service de la performance sportive, et non au service de la seule composante de force. Or ce travail n'a rien d'une sinécure et répond à un cahier des charges strict. S'il est ainsi possible et parfois indispensable d'engager un travail analytique pour développer une chaîne musculaire localisée, le travail à mener doit nécessairement s'inscrire dans un projet plus global, construit avec l'athlète, en lien avec son profil physique, mental et technique, tout en répondant à la complexité du sport pratiqué. Cette conjugaison d'actions et de connaissances, qui s'inscrit dans le temps, suppose la maîtrise de certaines bases, à la fois chez l'athlète et le préparateur physique ; ce dernier, à l'image d'un professeur de solfège, fait répéter leurs gammes aux athlètes afin que ceux-ci, à l'entraînement ou en compétition, puissent interpréter la composition et réussir la performance la plus aboutie.

Une éducation physique en danger

Dès l'Antiquité, de Sparte aux écoles de gladiateurs de Rome, les conceptions d'entraînement étaient déjà bien connues. Rappelons que dès 776 avant J.-C., les Jeux olympiques devinrent le lieu de prédilection des affrontements ►



Alexandre Iddir lors du Grand Slam, 2019. ©IconSport

sportifs pour les athlètes de la Grèce antique, au gré d'épreuves gymniques (sprint et courses de fond) et hippiques (courses de chars) ou combinées (pentathlon). Organisés tous les quatre ans, ces Jeux étaient préparés sérieusement par les différents champions en quête de gloire auprès des dieux et des populations du territoire grec. Ils se devaient de refléter alors un équilibre idéal entre le corps et l'esprit inculqué dès leur enfance. La plupart des cités grecques étaient dotées d'un gymnase et d'une palestre, lieu destiné à l'entraînement sportif et à l'éducation des jeunes garçons placés sous la direction d'un pédotribe, où l'apprentissage d'activités physiques (lutte, gymnastique, course, sauts, lancer du disque, etc.) et de l'hygiène corporelle avait une place prépondérante aux côtés de la musique, de l'arithmétique, ou encore de la grammaire.

Qu'en est-il de cette culture de l'entraînement et de l'éducation physique aujourd'hui ? Que signifie le concept de force, mais aussi celui d'endurance ou de vitesse chez un adolescent, sportif ou non ? Que sait-il de son corps, de ses capacités, de ses faiblesses ? Sur quelles bases, outre sociologiques, choisit-il ses activités physiques ? Avec toutes les adaptations nécessaires au monde actuel, une éducation physique et une culture de l'entraînement doivent se transmettre le plus tôt possible chez l'athlète, certes pour des questions de développement et de maturation neuromusculaires, mais aussi afin qu'il puisse cerner le contenu, les objectifs

et les enjeux de l'entraînement sur ses performances et sa carrière. L'école, avec l'EPS, pourrait apparaître comme le lieu idoine pour s'approprier les notions de condition physique notamment liées à la santé, pour apprendre à connaître son corps et les ressources neuromotrices utilisées lors d'une activité, tout en les développant dans le respect de certaines précautions, en particulier en ce qui concerne la force musculaire.

“... une éducation physique et une culture de l'entraînement doivent se transmettre le plus tôt possible chez l'athlète...”

Pour autant, le constat établi par les enseignants et les chercheurs indique que les performances accomplies dans le registre des activités athlétiques scolaires sont à la baisse. Ainsi, Cazorla (1998) évoque une diminution importante au cours des vingt dernières années du niveau de condition physique de l'enfant et de l'adolescent d'âge scolaire, due à une quantité d'activité physique effective à l'école largement insuffisante. 87 % des adolescents français scolarisés, âgés de 11 à 17 ans, présenteraient ainsi une ►

“ *La construction de la force d'un athlète réclame du temps et un investissement conséquent, qui peut démarrer dès l'enfance.* ”

activité physique trop faible, ne répondant pas aux recommandations de l'OMS (soit au moins 60 minutes cumulées par jour d'activité physique d'intensité modérée à soutenue) (Guthold *et al.* 2019). Un certain nombre de formateurs constatent la difficulté rencontrée lorsqu'on souhaite atteindre un niveau supérieur d'efficacité : l'EPS, à la base de la culture et du développement physique du jeune athlète, ne serait plus correctement effectuée et limiterait sa capacité d'apprentissage, en plus de ces capacités physiques. Une étude comparative menée par l'université d'Essex en Grande-Bretagne sur des enfants âgés de 10 ans entre 1998 et 2014 montrait notamment une baisse moyenne de 20 % de la force musculaire sur ces seize années, baisse qui se serait accélérée entre 2008 et 2014, atteignant 1,6 % par an (Sandercock et Cohen, 2018). De plus, une diminution de l'endurance cardiorespiratoire de près de 0,43 % par an a été observée entre 1980 et 2000 (Tomkinson *et al.* 2003).

Face à un jeune athlète, il s'agira ainsi pour l'entraîneur physique d'être le garant à la fois de son développement psychomoteur et de cette transmission culturelle de l'entraînement, d'agréger ses savoirs, hors des modes et du marketing facile, pour établir un programme cohérent, efficace et éprouvé, mais aussi pédagogique. « Ce n'est pas parce que

les choses sont anciennes, qu'elles sont vieilles », dis-je souvent pour rappeler que l'attrait de la nouveauté n'est pas toujours gage de qualité. Avant tout, la posture du professionnel doit être pragmatique et jamais dogmatique, fondée sur les notions de travail, d'abnégation, de patience et de répétition, ouverte sur les sciences et sur l'athlète afin de lui transmettre, au-delà des contenus, une certaine philosophie et une compréhension transversale de l'entraînement (Quoi ? Quand ? Comment ? Combien ? Pourquoi ?). Par exemple, dans le cadre du développement de la force, il pourra s'agir de lui faire comprendre les différentes expressions de la force (force maximale, force vitesse – puissance –, endurance de force), les différents régimes de contraction musculaire, les types d'exercice de musculation ou de renforcement que ces notions sous-tendent.

Le renforcement musculaire à poids de corps dès le plus jeune âge

La construction de la force d'un athlète réclame du temps et un investissement conséquent, qui peut démarrer dès l'enfance. À condition d'être très prudent. « *Une activité physique raisonnée* ►

développe la croissance. Un enfant très sportif grandira aussi bien voire mieux qu'un enfant qui ne fait pas d'activité physique. Ça stimule la croissance. Il leur faut des activités qui stimulent le dynamisme, impliquant des sauts, des réflexes. À un jeune âge, le but est surtout de développer l'appareil locomoteur, cardiovasculaire, la conscience neuromusculaire qui comprend la coordination des mouvements, la gestion de l'espace, etc. », confiait Joffrey Drigny, médecin du sport au CHU de Caen, dans *Ouest-France*. La musculation avec un travail avec charge, elle, est à proscrire avant 14 ans, au profit d'un travail de tonicité (Tab. 1).

« Porter des charges lourdes risque de diminuer le potentiel de croissance d'un enfant », souligne le médecin caennais. « Prenons une image : un clou, représentant le cartilage, et une ficelle qui y est accrochée, qui symbolise le tendon. Faire de la musculation trop jeune, c'est prendre le risque de tirer sur la ficelle et de faire céder le clou, c'est-à-dire le tendon, au niveau de son attache (enthèse) [...]. C'est la principale pathologie. Le cartilage est arraché, effrité. L'autre risque de pratiquer trop tôt, c'est de ressentir des douleurs musculaires post-effort importantes (bien

plus que de simples courbatures), qu'on appelle doms », illustre un autre spécialiste, Walter Pagliano, pour lequipe.fr. Les capacités motrices se développent principalement pendant l'enfance et l'adolescence, les qualités de force augmentant proportionnellement à la masse musculaire, dépendante des concentrations hormonales (hormone de croissance chez les garçons et les filles, testostérone chez les garçons) et de l'activité physique, avec une accélération en période post-pubertaire. En s'y prenant tôt et via une pratique éclectique, le sportif ou la sportive aspirant au haut niveau va acquérir les bases d'une culture motrice et sportive indispensable à la pratique élite mais aussi dans la prévention des blessures, avant de pouvoir se spécialiser entre 16 et 18 ans.

Aussi il convient, pour le préparateur physique, de proposer un programme orchestrant une progression cohérente et équilibrée. De l'Antiquité à nos jours, le sport a évolué, mais ses fondements sont restés sensiblement les mêmes, avec comme problématique centrale la construction de l'athlète le plus performant possible. Avec le recul et l'expérience accumulée, les méthodes se sont affinées et l'encadrement s'est ►

Âge	Charge	Durée
Dès l'enfance	Poids de corps	Toute l'enfance
14-15 ans	Poids de corps + charge inférieure à 60 % du 1RM	1 an
15-16 ans	Charge inférieure à 80 % du 1RM	1 an
16 ans et +	70 à 120 % du 1RM	Toute la vie

Tableau 1 – Étapes d'apprentissage de la musculation.

professionnalisé. À un certain empirisme a succédé une approche plus précise de l'entraînement, qui, sur des bases scientifiques éprouvées, tend à préparer l'athlète dans sa globalité, afin de lui faire acquérir des bases motrices indispensables avant de basculer vers le développement de qualités propres à la discipline choisie. Rafael Nadal est peut-être une force de la nature, au même titre que Teddy Riner ou Shaquille O'Neal, mais cette force a été développée et adaptée pour servir le tennis et une stratégie de jeu. La force seule n'a pas d'importance, c'est le sens que l'on donne à celle-ci qui prévaut.

Développer une force intelligente, adaptée à la discipline

Dans ce processus d'adaptation, la première mission est donc de bien cerner la discipline dans laquelle évolue le sportif ou la sportive. En effet, l'entraînement de force n'a rien d'une production standard. Celui-ci doit se concevoir comme une expérience mouvante, au service d'un sport avec ses exigences, avec un développement de la force général mais aussi orienté et spécifique, fonction de la discipline pratiquée, basé sur des critères anatomiques, de contractions musculaires ou de gestuelle, tout en respectant les qualités techniques et les autres qualités physiques (vitesse, coordination, etc.). Par exemple, un sprinteur ne pourra travailler comme une volleyeuse ou un biathlète.

François Lecastrec, entraîneur national de voile olympique, définit ainsi les spécificités de la navigation au près (vent de face) : *« établir un équilibre statique entre la force du bateau et celle du barreur assuré par une contraction iso-dynamique des quadriceps et un gainage qui permet cette transmission. Cet exercice d'endurance de force dure 20 min et déclenche une fatigue neuromusculaire locale. Ces différentes actions (au près ou au portant, vent de face ou dans le dos) demandent une dissociation des ceintures afin de permettre un pilotage très précis du bateau qui résulte de la coordination des mouvements de barre et du placement du corps dans un milieu de grande incertitude, ce qui demande disponibilité et relâchement. »*

Mais pour une autre discipline, la logique sera différente, les types de force mobilisés tout autres. En tant qu'entraîneur national de judo, je dois prendre en compte la notion de combat et de duel. Le judoka doit répondre à la problématique posée par son adversaire. Ce combat se matérialise notamment par des phases intenses de saisie où il faut être capable de produire et répéter des actions maîtrisées à des niveaux de force élevés pour contrôler ou surpasser celle de l'opposition. Il convient donc de développer une force « intelligente et réactive », avec la capacité de s'adapter à haute intensité, tant physiquement et psychologiquement que techniquement, à des contraintes et des forces adverses en perpétuelle évolution. ►

L'athlète, une force à polir avec rigueur

La compréhension de l'athlète, de son histoire, de son physique, est un second prérequis. Ces vingt dernières années, non seulement les jeunes générations sont devenues plus urbaines et sédentaires, mais leur profil sportif a également évolué vers une hyperspécialisation plus précoce, à l'encontre d'un développement optimal des différents systèmes organiques. Si la connaissance de la discipline permet une meilleure orientation des exercices à mettre en place en vue de répondre musculairement aux contraintes techniques, la connaissance de l'athlète a pour enjeu de préparer son duo corps/esprit à intégrer et soutenir ces mêmes contraintes. Pour performer, mais aussi pour éviter de se blesser. Un enjeu d'autant plus fort que cette hyperspécialisation précoce a construit des sportifs en fort déficit dans les fondamentaux d'une « formation sportive » chère aux auteurs russes des années 1960, tels que Platonov ou Letounov, qui prônaient l'acquisition de techniques de base et la multiplicité des pratiques afin de développer différentes habiletés motrices (Matveiev, 1980 ; Platonov, 1984), ce qui apparaît encore pertinent.

Pour préserver le capital physique de chaque athlète, un travail prophylactique s'impose donc en parallèle de l'entraînement physique spécifique, afin de préparer le corps à réagir. Le travail de la force ne doit pas être envisagé de manière

isolée mais en coordination avec d'autres qualités physiques et données physiologiques. Pour les sports demandant une force plus importante comme le rugby, l'enjeu sera de privilégier un ratio pertinent notamment entre poids, puissance et coordination. Ainsi, pour un rugbyman, il pourra être intéressant de se pencher sur le développement des différents régimes de contraction musculaire. Contrairement à un sprinteur ou un haltérophile, le joueur de rugby n'emploiera jamais 100 % de ses ressources, du fait de l'interaction induite par l'adversité (mêlée, *ruck*...), la tactique et/ou la technique (manipulation du ballon). À la maximisation isolée des capacités physiques, on privilégiera ainsi la recherche d'une adaptation chronique de la force, sous-tendue notamment par un développement fonctionnel de la filière aérobie. La logique est alors d'agréger le plus haut niveau de force « utilisable » (avec un travail sur les différents régimes de contraction) et « réitérable » (développer la « capacité tampon » des muscles pour limiter la baisse du pH sanguin), non de force absolue. ▶

“... des contraintes
et des forces adverses en
perpétuelle évolution.”

“... une construction méthodique qui s'appuie sur une analyse précise de la performance et de la discipline.”

S'il est vain de croire que nous pouvons éliminer toutes les blessures, il semble qu'en couvrant les espaces méthodologiques de la régénération de l'organisme (*via* des efforts aérobies), en traitant le registre des équilibres fonctionnelles (renforcements proprioceptifs des étages articulaires, tonicité de la sangle abdominale, balance segmentaire des chaînes musculaires agonistes et antagonistes), une réponse plus efficace aux problématiques liées aux effets délétères de la pratique à haut niveau sera donnée, avec pour effet de réduire les arrêts d'entraînement, de préparation et de compétition liés aux blessures. La préparation physique, avec le développement d'une force utile adaptative, se place avant tout au service d'une expression efficace et sécurisée de la technique, en conjonction avec le développement d'autres qualités physiques et énergétiques, d'habiletés répondant aux contraintes de l'activité. Le processus d'entraînement doit donc être une construction méthodique qui s'appuie sur une analyse précise de la performance et de la discipline. On parle d'une

modélisation qui doit permettre à l'entraîneur de gérer différents secteurs d'intervention, dont la préparation physique agrégée aux interactions particulières de la discipline et de l'adversité. Cette conception systémique permet d'épouser la complexité de la discipline et place l'entraînement de force en soutien des facteurs techniques et tactiques.

S'entraîner plus pour se blesser moins

L'entraînement ne s'improvise pas. Il serait même bénéfique de s'entraîner à s'entraîner. À en croire les publications de Matveiev (1981), sans oublier Krüger (2016), la sommation de séances d'entraînement aurait des effets spécifiques, avec des phénomènes de surcompensation, pour amener les athlètes à s'entraîner plus durement sans rogner sur les délais de récupération nécessaires à l'organisme pour encaisser une certaine charge de travail. Aussi, il conviendrait de mieux intégrer cet aspect dans le projet de performance. L'objectif n'est pas tant de s'entraîner plus, mais d'assurer une forme de continuité entre les séances afin d'augmenter graduellement les charges et de mieux préparer aux exigences du haut niveau. La nature des exercices proposés est très importante dans ce processus. Il faut aller du développement de la ressource à l'entretien des qualités acquises, le tout articulé au sein de cycles précis. Dans ce cadre, en particulier pour ►

le rugby, une vigilance particulière doit être observée sur plusieurs points :

- le métabolisme aérobie ;
- le renforcement musculaire et le souci de l'équilibre agoniste/antagoniste ;
- la protection des ligaments croisés antérieurs (LCAE) ;
- le traitement de la ceinture pelvienne ;
- le traitement de la ceinture scapulaire ;
- la préservation du rachis cervical (pour certains postes ou profils).

Sans oublier d'offrir une forme de variété afin de stimuler l'athlète dans son engagement et sa pratique quotidienne, et ainsi d'éviter tout risque de lassitude qui entraînerait un plafonnement, voire une régression. C'est pourquoi la mise en place des séances multi-objectifs, plus motivantes et rentables s'avère pertinente. Mobilisant différentes qualités motrices, celles-ci doivent suivre un ordre particulier afin d'en maximiser les bénéfices. Par exemple, la première partie d'une séance pourra être consacrée au travail de vitesse et d'acquisition technique, quand la seconde sera tournée vers l'endurance de vitesse et l'engagement du système lactique ou aérobie. Si l'on souhaite mobiliser les trois systèmes dans une même séance, l'ordre sera : vitesse, système lactique et système aérobie. Une séance de force pourra être constituée de divers exercices mobilisant différents régimes de contraction.



© X. Mondenx

Le judoka
Alexandre Iddir
lors de séances
d'entraînement
de force.

En haut : épaulé
À gauche : arraché

« L'adaptation est un processus d'accoutumance »

La planification joue un rôle important, notamment pour diminuer les interférences entre des qualités physiques qui peuvent apparaître antinomiques. Elle consiste à organiser les contraintes d'entraînement biochimiques et biomécaniques (charges d'entraînement), les unes par rapport aux autres, pour stimuler des processus d'adaptation de l'organisme pour produire des efforts spécifiques, dans le but de faire progresser l'athlète ►

dans tous les domaines de la performance, de réduire les pathologies pour atteindre une zone de forme pérenne. « *L'adaptation est un processus d'accoutumance de l'organisme aux contraintes du milieu dans lequel il évolue. Les stimuli de l'entraînement sollicitent une réaction organique, psychique et affective ; une adaptation vers plus de performance* », a formalisé Platonov (1984).

On distingue une adaptation à court terme, également appelée ponctuelle ou aiguë. Elle consiste pour l'organisme à répondre immédiatement au stress d'une sollicitation provoquée lors d'un entraînement. La répétition de ces adaptations à court terme et des charges de travail induit une autre adaptation, à long terme (ou chronique), permettant une amélioration des qualités physiques. En raison de l'accoutumance et du développement de certaines qualités sollicitées, ainsi que de l'augmentation structurelle du muscle cardiaque, le stress des séances sera moindre dans le temps.

Cette dernière forme d'adaptation est au cœur de la réflexion des entraîneurs et, notamment dans le cadre du développement de la force, elle doit s'articuler autour de trois principes :

■ La quantité de travail

On estime que pour atteindre le haut niveau, près de 1 000 heures par an sont nécessaires pour développer ses qualités de force, à raison de 3 à 4 séances (4 à 6 heures) par semaine.

■ La continuité

Afin que les adaptations à court terme se transforment en acquis à long terme, les stimuli doivent être réguliers et à intervalles proches. Les vacances représentent un danger qu'il convient de contrôler.

Quatre semaines de repos complet par an sont un compromis raisonnable pour ne pas nuire au développement des qualités du sportif.

■ La progressivité

La charge d'entraînement doit augmenter par palier en jouant sur la durée des séances, l'intensité des exercices ainsi que la fréquence des sollicitations.

Planifier... la récupération

S'il est entendu qu'une forte quantité de travail couplée à des exercices exigeants en termes de qualité est indispensable pour progresser, et que, dans ce processus, le dépassement de ses capacités de départ est nécessaire, un autre domaine ne doit pas être oublié : la gestion de la fatigue et la récupération (Tab. 2).

La fatigue peut se définir par la diminution de la capacité d'un muscle à générer de la force ou une puissance maximale (Bigland-Ritchie et Woods, 1984). Elle est la combinaison d'un ensemble de facteurs intervenant du niveau central (p. ex., depuis la génération de l'ordre moteur au ►

niveau du cerveau) jusqu'au niveau périphérique (p. ex., diminution de l'activité des ponts actine-myosine et de la production de force par le muscle). Elle peut être liée à l'accumulation de métabolites dans le muscle (phosphate inorganique), qui perturbe l'homéostasie (facteurs métaboliques), entraînant une diminution de l'excitabilité de la cellule musculaire, du couplage excitation-contraction et de l'interaction des myofibrilles, et/ou à un défaut de la commande motrice, qui ne permet plus de stimuler les muscles de façon adéquate (facteur nerveux).

Sa gestion est primordiale et passe par une bonne récupération, qui permet d'assimiler les charges de travail et d'ancrer les apprentissages technico-tactiques. Cette récupération peut être organisée par la planification des déséquilibres inhérents à l'entraînement et qui occasionnent les (sur)compensations de l'organisme. On parle d'établir un ratio « fraîcheur physique », qui conduira à rester dans une « zone proximale de développement » propre à chaque athlète. Ce ratio sera la variable avec laquelle l'entraîneur et le préparateur physique devront ►

Types d'efforts	Influence sur le système neuromusculaire	Estimation de la charge	Récupération
Vitesse	élevée	moyenne	24 h
Force explosive	moyenne	moyenne	24 h
Force maximale	élevée	élevée	48 h
Lactique	moyenne	élevée	48-72 h
Technique individuelle	basse	basse	basse
PMA	élevée	moyenne	élevée

Tableau 2 – L'exigence selon le type d'effort, d'après Soldatow (cité par Vaast, 2003).

Fraîcheur indispensable	Fatigue peu importante	Fatigue modérée
Vitesse	Endurance de vitesse athlétique et technique	Capacité lactique
Vitesse gestuelle spécifique	Stabilisation des habiletés techniques	Puissance aérobie
Force vitesse	Force maximale	Hypertrophie
Acquisition habiletés techniques +++	Acquisition habiletés techniques ++	Acquisition habiletés techniques +
Situations d'oppositions spécifiques +++	Situations d'oppositions spécifiques +++	Situations d'oppositions spécifiques +++

Tableau 3 – Récapitulatif des bénéfices permis par la gestion des états de fraîcheur et de fatigue (d'après Bompa et Buzzichelli, 2015).

jouer afin de réguler au mieux les dynamiques de charge. Certains niveaux de fatigue (Tab. 3) permettent tout de même de développer et/ou travailler des qualités physiques précises telles que la force maximale. *A contrario*, un certain niveau de fraîcheur est indispensable pour développer d'autres qualités comme la vitesse.

Ce travail sur la gestion de la fatigue est également un levier dans l'orientation de la séance. Ainsi, programmer des séquences difficiles quand les réserves d'énergies physique et psychique de l'athlète sont entamées peut s'avérer un bon moyen d'entraîner le mental, d'éprouver la notion de dépassement de soi et les limites de chacun. Ces séances seront également l'occasion de resserrer les liens entre les sportifs et sportives en créant un vécu commun fort et de faire émerger des personnalités « moteur » au sein du groupe.

Physique et mental sont indissociables dans l'optique de la performance au plus haut niveau. En effet, bien souvent, les athlètes disposent de niveaux techniques similaires et la différence peut s'opérer sur la résilience ou la capacité à se sublimer quand l'enjeu noue les pensées et tétanise les muscles. De même, la mise en place des séances d'aérobic à faible intensité pour tamponner les sollicitations intenses peut faciliter la récupération post-exercice. Cet effort en aérobic participe à une récupération, le plus souvent incomplète, mais qui favorise l'enchaînement de séances intenses et donc une certaine continuité dans le travail.

Le mariage compliqué de la force et de l'aérobic

Inclure de l'aérobic dans une préparation athlétique doit se faire intelligemment (Robineau, 2013 ; Fleury, 2018), car les développements de qualités physiques antagonistes chez le sportif ou la sportive peuvent se révéler compliqués. En effet, pour performer, l'athlète a besoin d'une certaine force de départ, d'un capital de vitesse, mais aussi d'endurance pour pouvoir soutenir les efforts dans la durée (on parle d'ailleurs d'endurance de force). Or, le travail aérobic induit des adaptations multifactorielles impactant les systèmes cardiovasculaire, respiratoire, neuromusculaire et endocrinien, nécessaires à la performance. Un entraînement en endurance favorise ainsi une augmentation du débit cardiaque maximal et du volume d'injection systolique, de même qu'une baisse du débit cardiaque au repos. Ces évolutions s'accompagnent d'une amélioration de la capillarisation, optimisant la diffusion de l'oxygène des substrats énergétiques aux muscles (Baechle et Earle, 2008), et d'une augmentation de la capacité oxydative de la musculature entraînée. Ce facteur est déterminant dans la capacité de répétition d'efforts intenses. En effet, plus la capacité de récupération entre les efforts brefs et intenses est élevée, plus la capacité de répétition s'élève. Celle-ci se traduit par une augmentation de la taille et du nombre de mitochondries ainsi que de la teneur en myoglobine du muscle ►

(Mathews et Fox, 1984). La myoglobine est une protéine qui transporte l'oxygène au sein de la cellule. Les mitochondries sont les organelles responsables de la production d'ATP *via* l'oxydation du glyco-gène. La capacité du muscle à extraire et utiliser l'oxygène est alors dépendante de la densité mitochondriale et de la concentration en myoglobine. Cette capacité est également liée à l'équipement des mitochondries en enzymes oxydatives, à la fonction des mitochondries (Zoll *et al.*, 2003) et à l'augmentation des stocks de glycogène (Gollnick, 1982) et de triglycérides (Morgan *et al.*, 1971). Autant d'adaptations qui permettent au muscle de maintenir une charge de travail et de résister à la fatigue.

“... un bon moyen
d'entraîner le mental,
d'éprouver la notion de
dépassement de soi et les
limites de chacun.”

Au-delà des simples bienfaits physiologiques, ce travail en aérobie semble essentiel aussi pour permettre à l'athlète de mobiliser au mieux ses capacités cognitives (intelligence situationnelle, gestion du stress, lucidité, prise d'information et de décision, etc.). Ainsi, à partir de 80 % de la PMA (puissance maximale aérobie

ou la puissance atteinte à VO_{2max} , exprimée en watt), il est noté une dégradation sensible des dites capacités (McMorris *et al.* 2011).

Toutefois, au niveau musculaire, ce travail aérobie peut venir interférer avec le travail de force. En effet, il aurait pour conséquence, selon certaines études (Green *et al.* 1984, 1999), une transformation des fibres musculaires de type II, à contraction rapide, sollicitées pour les efforts explosifs comme le sprint et peu durantes, en fibres de type I, à contraction lente et adaptées à des efforts prolongés. D'autres équipes de chercheurs ont également montré que ce type d'entraînement amènerait une diminution de la taille des fibres musculaires (Putman *et al.* 1995) par la création d'un environnement catabolique (p. ex., une diminution du ratio testostérone:cortisol), inhibant le développement de la masse musculaire et de la force (Leveritt *et al.* 1999). De même, l'interférence entre le développement de la force et de l'endurance se retrouve au niveau chimique avec un conflit entre deux enzymes, mTOR et AMPK, mises en jeu dans les processus respectivement d'hypertrophie musculaire, pour l'amélioration de la force, et d'augmentation des mitochondries lors d'un exercice aérobie. Or, il semblerait que l'AMPK inhiberait l'activité de la mTOR (Kraemer *et al.* 1995).

Pour programmer, planifier, articuler le développement des qualités aérobies et le développement de la force, il s'agit donc de prendre en compte, ou du moins de connaître, ces effets d'interférence ►

de l'endurance sur la force, notamment au niveau de l'hypertrophie des fibres musculaires et plus généralement sur l'ensemble des adaptations neuromusculaires. Si ces adaptations physiologiques conflictuelles sont bien connues, la gestion de leur interférence et leur compatibilité sont aussi dépendantes du temps de récupération entre une séance d'endurance et une séance de force, ainsi que de leur ordre chronologique. La fatigue induite par un travail d'endurance impactera le travail de force suivant, 6 à 8 heures après (Sporer et Wenger, 2003), ce qui semble ainsi être le délai de récupération minimal entre ces deux séances de travail. De plus, lors des cycles qui visent un développement de la force notable, l'ordre préférentiel des séances sera un entraînement en force suivi d'un entraînement en aérobie plutôt que l'inverse (Bell *et al.* 1998).

L'entraînement biquotidien

Selon la science, un délai de récupération de 24 heures entre une séance de force et une autre d'endurance permettrait d'obtenir les meilleures réponses en termes de développement musculaire. Toutefois, cette journée idéale d'intervalle se heurte à la réalité du haut niveau où une séance d'exercices quotidienne se révèle souvent trop légère. L'entraînement biquotidien, plus adapté en privilégiant une succession de séances courtes (entre 45 minutes et 1 h 15), exige toutefois une certaine rigueur méthodologique

afin d'espérer les gains souhaités par des adaptations chroniques. Pour une meilleure articulation des séances, il s'agit de se référer à un cadre d'applications pratiques qui balisera l'enchaînement des séances tout au long du processus d'entraînement et de matchs. Ainsi, il est conseillé :

- d'éviter de planifier, dans la même journée, une séance de musculation mixte (bas et haut du corps) après un effort d'endurance type intermittent court ;
- de ne pas programmer de séance de musculation du haut du corps, au sein d'une même journée, après l'effort de répétition de sprints longs. Il sera alors plus pertinent de programmer les routines des ceintures scapulaire et pelvienne ;
- d'éviter les exercices de musculation du bas du corps dans les 24 heures après l'exercice de sprint ;
- de placer l'entraînement de musculation en premier comme solution pour optimiser le temps d'entraînement ;
- d'éviter de planifier deux séances aux exigences antagonistes (force/puissance vs aérobie), avec moins de 6 heures de récupération entre elles.

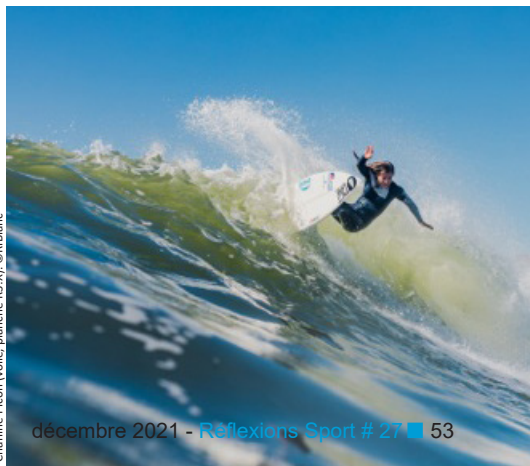
“... de nombreux sports demandent une production de force à un haut niveau de vitesse...”

Force et vitesse, parents de la puissance

L'association du travail d'endurance et du travail de force nous permet de nous pencher sur la troisième grande composante de la préparation physique : le vecteur vitesse. Aujourd'hui, de nombreux sports demandent une production de force à un haut niveau de vitesse, en combinaison avec diverses habiletés (coordination, précision, etc.). En rugby par exemple, où les capacités d'accélération, de changement de direction et de pénétration sont prépondérantes, les joueurs doivent développer une explosivité et une vitesse élevées sur des distances courtes, avec une puissance importante tant au niveau des membres inférieurs que de la partie haute du corps. Or, une puissance optimale, ou force vitesse, ne s'obtient qu'en modulant de manière très précise les qualités de force et de vitesse dont les caractères s'avèrent antinomiques : plus l'athlète produit de vitesse, plus il lui est difficile de produire une force importante, et *vice versa*. En effet, au niveau musculaire, la force produite lors d'un mouvement dépend du nombre de ponts actine-myosine créés au sein des sarcomères¹. Plus la réalisation du mouvement est lente, plus ce nombre

de ponts augmente, donc plus la force est importante. À l'inverse, pour réaliser un mouvement à vitesse maximale, l'objectif sera de limiter le nombre de ponts actine-myosine pour raccourcir au plus vite les sarcomères. Ainsi, la puissance maximale développée sera fonction de cette interdépendance entre force et vitesse, propre à chaque individu. Deux athlètes peuvent ainsi produire le même degré de puissance sans développer les mêmes degrés de force et de vitesse, privilégiant l'expression de l'une ou l'autre de ces qualités. Chaque athlète possède en effet un profil musculaire dépendant notamment du rapport entre ses capacités de force et de vitesse maximales. Avant toute programmation d'entraînement et de séances de renforcement musculaire, il conviendrait ainsi de déterminer l'équilibre, le compromis le plus adéquat entre ces deux qualités pour produire une performance maximale (Samozino *et al.* 2012), avec la définition d'un profil musculaire optimal, plutôt orienté vers la vitesse ou plutôt vers la force, selon les besoins de l'athlète et les contraintes de son activité, de son poste... ►

1- Un sarcomère est l'élément constitutif des myofibrilles, structure cellulaire responsable de la contraction des fibres musculaires. Chaque sarcomère est formé notamment de filaments (myofilaments) protéiques fins (actine) et épais (myosine) glissant les uns le long des autres pour permettre le raccourcissement du sarcomère, induisant celle des myofibrilles et la contraction de la fibre musculaire.



Charline Picon (voile, planche RS:X). ©RiBlanc

“... la capacité du joueur à répéter un haut niveau de vitesse sera déterminante.”

L'endurance, la clé d'une vitesse durable ■

Relation Force/Endurance, relation Force/Vitesse... Un triangle d'interrelations entre des facteurs de la condition physique (Weineck, 1992) dont nous ne pouvons pas ne pas évoquer en quelques mots le troisième mariage, à première vue contre nature : celui de l'endurance et de la vitesse. On oppose souvent ces deux qualités, car l'une prône la brièveté et l'intensité alors que l'autre est un éloge de la durée. Mais, dans le cadre d'un sport à efforts brefs et intermittents, les qualités de vitesse viendront s'associer aux capacités d'endurance pour être répétées tout au long d'une épreuve sportive. En effet, la capacité du sportif à répéter un haut niveau de vitesse sera déterminante. Par exemple, la modélisation du profil d'effort de l'activité rugby met en évidence un effort de type explosif intermittent avec des durées d'effort maximal comprises entre 5 et 15 s et une récupération passive à semi-active avoisinant les 40 s à une échelle différente le

judoka rencontre les mêmes problématiques avec des efforts explosifs intermittents sur des durées d'actions de 15 à 40 s pour des récupérations de 5 à 10 s pour un temps effectif de 4 mn. D'après diverses études, ce type de performance est directement relié à la typologie musculaire, au potentiel énergétique anaérobie alactique ainsi qu'aux réserves en ATP et phosphocréatine (PCr). Si les performances vont diminuer au fur et à mesure des phases de combat, sprints ou courses à intensité, il sera plus ou moins facile de reproduire, qualitativement parlant, ces efforts intenses, selon la tolérance à la fatigue musculaire de chacun. On parle alors du potentiel aérobie, influençant directement le débit de resynthèse de la phosphocréatine dont Yquel *et al.* (2002) ont mis en évidence l'importance sur le maintien de la performance musculaire au cours d'efforts brefs, intenses et intermittents, comme en rugby ou en judo. Or la consommation maximale d'oxygène des sujets influence significativement leur capacité à reconstituer ces stocks de phosphocréatine pour maintenir une puissance élevée lors de sprints répétés. Il est donc possible d'améliorer cette resynthèse entre plusieurs exercices courts et intenses, avec, en corollaire la favorisation de leur répétition grâce à un bon développement de la capillarisation et de la capacité oxydative des muscles sollicités *via* un entraînement en endurance spécifique. Par ces développements conjoints, l'athlète sera en mesure de mieux récupérer entre deux séances, d'encaisser les charges et de mieux enchaîner. ■

Le cadre pour un développement de la force optimal

1. L'adaptation chronique : chaque jour proposer des contenus d'entraînement adaptés vers une adaptation chronique des qualités.
2. La continuité : en dépit des rythmes scolaires, le principe de continuité est seul garant d'une progression. Un athlète ne doit pas s'arrêter plus de 15 jours consécutifs et pas plus de 5 semaines de congés par an.
3. La quantité : 3×1 h de pratique par semaine est un minimum pour développer la force.
4. La progressivité : aucune charge lourde au-delà de 85 % avant 150 heures de pratique (soit un an à raison de 3 heures de pratique par semaine).
5. La sécurité : il faut porter une attention particulière aux règles ergonomiques et biomécaniques dans la réalisation des exercices. L'intégrité du rachis cervical, notamment, s'impose comme un objectif de prévention fondamental pour les premières séances.
6. La précocité : on sait que les capacités physiques perdurent si elles ont été obtenues pendant l'enfance et l'adolescence. Il s'agit de débiter un développement adapté de la force le plus tôt possible.
7. L'apport en protéines et l'hydratation : les besoins quotidiens en protéines dans les exercices de force se situent entre 1,3 et 1,5 g par kg de poids de corps. Ils doivent, d'une part, assurer les synthèses protéiques liées aux phénomènes de croissance, de masse musculaire et de synthèse enzymatique et, d'autre part, compenser l'oxydation des acides aminés (comme les substrats énergétiques). Un apport de protéines dans les 40 minutes qui suivent la fin de la séance de musculation favorise ladite synthèse. Un déficit en eau de 2 % du poids corporel réduit par exemple les aptitudes aérobies de 20 %. Il s'agit d'insister sur ce principe d'apport en protéines et d'hydratation. Les effets délétères de l'entraînement de la force doivent être impérativement tamponnés par une alimentation adaptée. Les jeunes, notamment les gros gabarits, peinent à respecter ces fondamentaux. Aussi, il semble cohérent d'observer un « régime de Hobbit » avec six repas par jour répartis ainsi : petit-déjeuner, déjeuner et dîner, complétés par trois collations.

Bibliographie

BAECHLE TR et EARLE RW, *Essentials of Strength Training and Conditioning*, Human Kinetics Publishers, 3^e édition, 2008.

BELL GJ, PETERSEN SR, QUINNEY HA et WENGER HA, « Sequencing of endurance and high velocity strength training », *Can J Sport Sci*, 1988, 13(4), p. 214-219.

BIGLAND-RITCHIE B et WOODS JJ, « Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue », *Muscle Nerve*, 1984, 7(9), p. 691-699. DOI : [10.1002/mus.880070902](https://doi.org/10.1002/mus.880070902).

BOMPA T et BUZZICHELLI C, *Periodization training for sports*, Human Kinetics, 3^e édition, 2015, p. 169.

CAZORLA G, « État du développement des capacités motrices et conditions de la pratique des activités physiques et sportives des jeunes français d'âge scolaire. Mission nationale France-Eval 1987-1988 », *Rapport pour le ministère de la Jeunesse et des Sports*, 1998.

FLEURY A, *Les facteurs physiologiques associés à la performance en surf*, thèse de doctorat en Médecine humaine et pathologie, université de Bordeaux, 2018, <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01716583>.

GOLLNICK PD, « Relationship of strength and endurance with skeletal muscle structure and metabolic potential », *Int J Sports Med*, 1982, 3(1), p. 26-32. DOI : [10.1055/s-2008-1026102](https://doi.org/10.1055/s-2008-1026102).

GREEN HJ, DAHLY A, SCHOEMAKER K, GOREHAM C, BOMBARDIER E et BALL-BURNETT M, « Serial effects of high-resistance and prolonged endurance

training on Na⁺-K⁺ pump concentration and enzymatic activities in human *vastus lateralis* », *Acta Physiol Scand*, 1999, 165(2), p. 177-184. DOI : [10.1046/j.1365-201x.1999.00484.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00484.x).

GREEN HJ, HOUSTON ME, THOMSON JA et FRASER IG, « Fiber type distribution and maximal activities of enzymes involved in energy metabolism following short-term supramaximal exercise », *Int J Sports Med*, 1984, 5(4), p. 198-201. DOI : [10.1055/s-2008-1025905](https://doi.org/10.1055/s-2008-1025905).

GUTHOLD R, STEVENS GA, RILEY LM et BULL FC, « Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1,6 million participants », *Lancet Child Adolesc Health*, 2019. DOI : [10.1016/S2352-4642\(19\)30323-2](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(19)30323-2).

KRAEMER WJ, PATTON JF, GORDON SE, HARMAN EA, DESCHENES MR, REYNOLDS K, NEWTON RU, TRIPLETT NT et DZIADOS JE, « Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations », *J Appl Physiol*, 1995, 78(3), p. 976-989. DOI : [10.1152/jappl.1995.78.3.976](https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.3.976).

KRÜGER A, « Bons baisers de Russie ? Soixante années d'expansion du concept de planification sportive de L.P. Matwejew », *Staps*, 2016/4, 114, p. 51-59. DOI : [10.3917/sta.114.0051](https://doi.org/10.3917/sta.114.0051).

LEVERITT M, ABERNETHY PJ, BARRY BK et LOGAN PA, « Concurrent strength and endurance training. A review », *Sports Med*, 1999, 28(6), p. 413-427. DOI : [10.2165/00007256-199928060-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-199928060-00004).

MATHEWS DK et FOX EL, *Bases physiologiques de l'activité physique*, Éditions Vigot, Paris, 1984.

MATVEIEV LP, *La Base de l'entraînement*, Éditions Vigot, Paris, 1980.

MATVEIEV LP, *Fundamentals of Sports Training*, Progress publishers, Moscou, 1981.

MCMORRIS T, HALE BJ, CORBETT J, ROBERTSON K et HODGSON CI, « Does acute exercise affect the performance of whole-body, psychomotor skills in an inverted-U fashion? A meta-analytic investigation », *Physiology & Behavior*, 2015, 141, p. 180-189. DOI : [10.1016/j.physbeh.2015.01.010](https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.01.010).

MORGAN TE, COBB LA, SHORT FA, ROSS R et GUNN DR, « Effects of long-term exercise on human muscle mitochondria », *Muscle Metab Exerc*, 1971, 11, p. 87-95.

PLATONOV VN, *L'Entraînement sportif. Théorie et méthodologie*, Éditions Revue EPS, Paris, 1984.

PUTMAN CT, JONES NL, LANDS LC, BRAGG TM, HOLLIDGE-HORVAT MG et HEIGENHAUSER GJ, « Skeletal muscle pyruvate dehydrogenase activity during maximal exercise in humans », *Am J Physiol*, 1995, 269, p. 458-468. DOI : [10.1152/ajpendo.1995.269.3.E458](https://doi.org/10.1152/ajpendo.1995.269.3.E458).

ROBINEAU J, *Gestion des interférences liées au développement des qualités énergétiques et neuromusculaires*, thèse de doctorat en Médecine humaine et pathologie, université de Grenoble, 2013, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01146042>.

SAMOZINO P, REJC E, DI PRAMPERO P-E, BELLI A et MORIN J-B, « Optimal Force-Velocity Profile in Ballistic Movements—Altius », *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2012, 44(2), p. 313-322. DOI : [10.1249/MSS.0b013e31822d757a](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a).

SANDERCOCK G et COHEN D, « Temporal trends in muscular fitness of English 10-year-olds 1998-2014 an allometric approach », *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2018. DOI : [10.1016/j.jsams.2018.07.020](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.07.020).

SPORER BC et WENGER HA, « Effects of aerobic exercise on strength performance following various periods of recovery », *J Strength Cond Res*, 2003, 17(4), p. 638-644.

TOMKINSON GR, LEGER LA, OLDS TS et CAZORLA G, « Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries », *Sports Medicine*, 2003, 33(4), p. 285-300. DOI : [10.2165/00007256-200333040-00003](https://doi.org/10.2165/00007256-200333040-00003).

VAAST C, *Les fondamentaux du cyclisme : compétition, cyclo sport, cyclotourisme*, Amphora, Paris, 2003.

WEINECK J, *Biologie du sport*, Éditions Vigot, Paris, 1992.

YQUEL RJ, ARSAC LM, THIAUDIERE E, CANIONI P et MANIER G, « Effets de l'ingestion de créatine sur la puissance musculaire pendant un exercice maximal intermittent : une étude en RMN 31P », *Science & Sports*, 2002, 17(3), p. 143-145. DOI : [10.1016/S0765-1597\(02\)00144-2](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(02)00144-2).

ZOLL J, KOULMANN N, BAH I, VENTURA-CLAPIER R et BIGARD AX, « Quantitative and qualitative adaptation of skeletal muscle mitochondria to increased physical activity », *J Cell Physiol*, 2003, 194(2), p. 186-193. DOI : [10.1002/jcp.10224](https://doi.org/10.1002/jcp.10224).



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS

*Liberté
Égalité
Fraternité*



**INSTITUT NATIONAL DU SPORT,
DE L'EXPERTISE ET DE LA PERFORMANCE**

11, avenue du Tremblay - 75012 PARIS

Tél. 01 41 74 41 00

www.insep.fr



TOYOTA