



LA chimie DANS LE SPORT

COLLECTION



CHIMIE ET...
JUNIOR





CHIMIE ET... JUNIOR

Collection dirigée par Bernard **BIGOT**, Président de la Fondation Internationale de la Maison de la Chimie

LA Chimie DANS LE SPORT



Les textes de cet ouvrage sont majoritairement inspirés du livre Chimie et sport (Collection Chimie et..., EDP Sciences, 2010) par :

Constantin Agouridas : directeur Programmes et Projets à la Fondation de la Maison de la Chimie, ex-directeur de Recherche Aventis et Galderma, ex-professeur et directeur de Relations Industrielles à l'ENSCP

Jean-Claude Bernier : professeur émérite de l'Université de Strasbourg, ancien directeur scientifique des sciences chimiques du CNRS

Danièle Olivier : professeure des universités, vice-présidente de la Fondation de la Maison de la Chimie, ancien directeur de l'ENS Chimie-ParisTech

Paul Rigny : ancien rédacteur-en-chef de *L'Actualité Chimique*, ancien directeur de l'Institut de Chimie du CNRS

Pour le coin des jeux, Michel Criton est professeur certifié de mathématiques. Il est président de la Fédération française des jeux mathématiques et membre de la rédaction des magazines Tangente et Spécial Logique.

Illustrations : Illustrations (conception - production) : Cécile Parry - www.swities.com

Composition : Nord Compo

Imprimé en France

ISBN : 978-2-7598-1238-7

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1er de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences, 2014



SOMMAIRE



Introduction 4

PARTIE 1 PERFORMANCES ET CHIMIE DU SPORT

- 1. La fabrique des champions 7
- 2. Technologie et performances sportives 18
- 3. Sport et cerveau 23
- 4. Le dopage 30

PARTIE 2 PERFORMANCES ET CHIMIE DU MATÉRIEL

- 5. Les matériaux de la performance 40
- 6. Les textiles et vêtements pour le sport 52
- 7. Les skis, un équipement de haute technologie 59
- 8. Chimie et moteurs de Formule 1 73

PARTIE 3 LES CHIMISTES AU SERVICE DU SPORT

- 9. La chimie et le sport autour du monde 79
- 10. Les chimistes du sport en France 93
- 11. Les fiches métiers 96

PARTIE 4 LE COIN DES JEUX

- 12. Énigmes 110
- 13. Mots croisés 117



INTRODUCTION

Dans tous les domaines, les sciences (chimie, physique, biologie, ...) améliorent la **qualité de la vie** et de la **santé**.

Il vaut mieux les comprendre pour mieux profiter de leurs bienfaits mais aussi pour **préparer l'avenir**. En effet, il y a toujours beaucoup de choses à perfectionner ou à découvrir et derrière les applications des sciences se cachent de nombreux **métiers passionnants**.

Le but de cet ouvrage, destiné principalement aux collégiens, est d'**expliquer** de façon simple, agréable et même amusante, les applications des sciences de la chimie qui les intéressent et de les aider à mieux choisir et à préparer leur **avenir professionnel**.

Le domaine du **sport** est un bon exemple.

Comprendre la chimie du corps liée au sport permet de mieux contrôler ses performances et les effets du sport sur la santé.

Comprendre la chimie du matériel sportif permet de mieux choisir ses équipements et de mieux exploiter leurs qualités.

Et pour ceux qui s'intéressent aux progrès du sport, cela peut leur donner des idées pour de futurs métiers.

Nous espérons que cet ouvrage, testé par des collégiens (merci à Max, Baptiste, Laura...), non seulement intéressera et plaira à leurs camarades, mais leur permettra d'avoir des discussions intéressantes et constructives avec leurs parents et leurs professeurs sur des sujets qui les concernent tous.

Danièle Olivier,
Vice-Présidente de la Fondation de la Maison de la Chimie

1



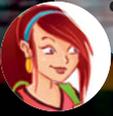
PARTIE

PERFORMANCES ET CHIMIE DU SPORT



Figure 1

L'athlète jamaïcain Usain Bolt après l'un de ses derniers records du monde. On voit son **extraordinaire aisance** et la **joie** que son record lui procure et qu'il sait partager.





LA FABRIQUE DES CHAMPIONS

Dans une compétition sportive, la réussite dépend autant des performances du corps (énergie musculaire) que de la volonté de gagner (chimie de notre cerveau) et de la qualité technique du matériel. La victoire se joue au moindre détail et il est nécessaire d'être le meilleur dans ces trois domaines.

Quel est le moteur qui permet aux champions olympiques de réussir de telles performances ? Quelle en est l'alchimie ? D'où vient l'énergie dans les muscles de ces athlètes ?

Le corps, une magnifique usine biotechnologique.

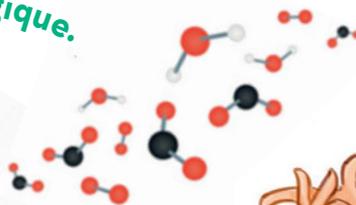


Figure 2





La réserve d'énergie : la molécule d'ATP

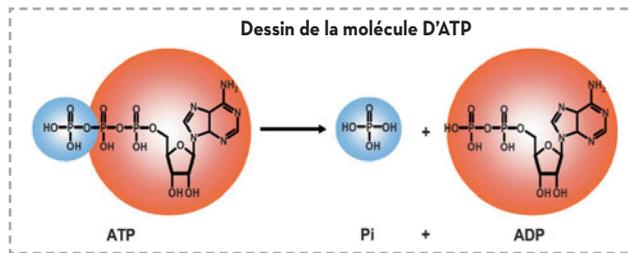


ATP : Adénosine triphosphate.
ADP : Adénosine diphosphate.

Quand nos muscles se contractent lors d'une activité physique, ils ont besoin d'énergie.

La molécule d'ATP (représentée sur la *figure 3*) est le réservoir qui peut stocker cette énergie comme une batterie pour l'énergie électrique.

Figure 3



Les **mitochondries** sont des petites structures en forme d'œuf à l'intérieur des cellules des muscles. Elles ressemblent à des petits poumons car elles ont une double paroi, celle de l'extérieur laisse passer les molécules et celle de l'intérieur est une véritable usine de respiration de la cellule comme le poumon est une usine de respiration pour l'homme.



Comment cela fonctionne ?

Nous nous procurons cette énergie en respirant et en mangeant. Quand nous inspirons, l'oxygène de l'air est transporté par les globules rouges de notre sang, de nos poumons vers les milliards de cellules de notre corps et plus spécialement vers les **mitochondries** qui sont les « poumons » de nos cellules (*Figure 4*).

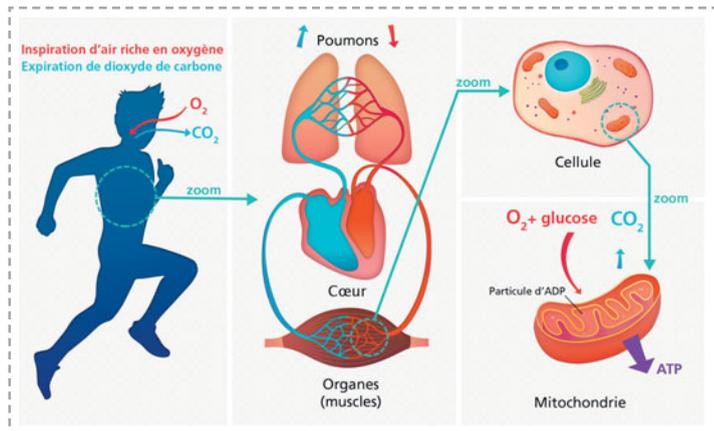


Figure 4



Dans ces mitochondries se produit une réaction chimique dans laquelle l'oxygène et le glucose (ou les acides gras) fourni par l'alimentation réagissent avec une molécule contenue dans nos cellules, appelée ADP, pour libérer du gaz carbonique, de l'eau, la molécule d'ATP (qui va servir de réservoir d'énergie) et de la chaleur (énergie dite thermique) qui sert à maintenir la température de notre corps (*Figure 5*).

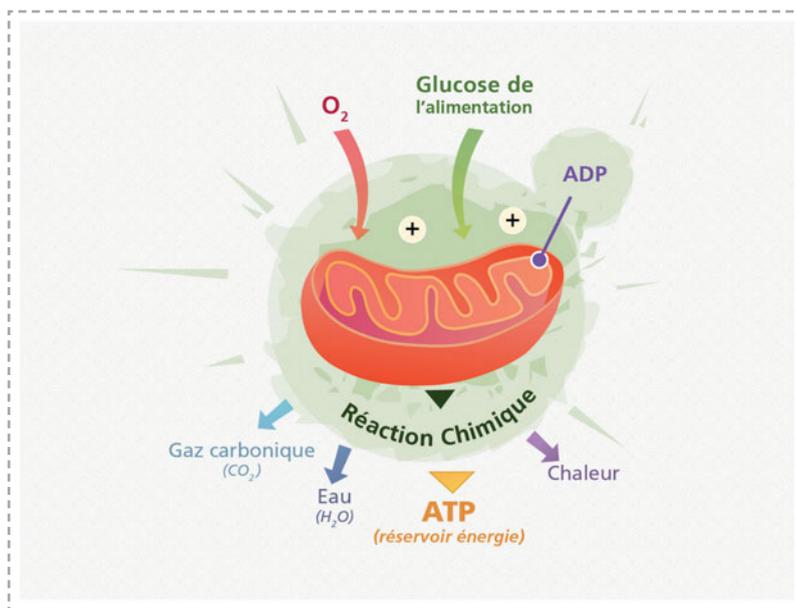


Figure 5

Sur la représentation de la molécule d'ATP de la *figure 3*, on peut distinguer des groupements particuliers d'atomes : le bleu est un groupement phosphate (que l'on symbolisera par Pi). Il peut, par une réaction chimique avec l'eau, se séparer de la molécule d'ATP en reconstituant la molécule d'ADP des mitochondries et en libérant une quantité d'énergie importante qui peut être consommée par notre corps pour diverses réactions biochimiques et notamment pour la contraction de nos muscles.



La molécule ATP fonctionne donc comme un réservoir d'énergie puisqu'elle restitue l'ADP, molécule du départ qui permet aux mitochondries d'utiliser l'énergie apportée par nos aliments.



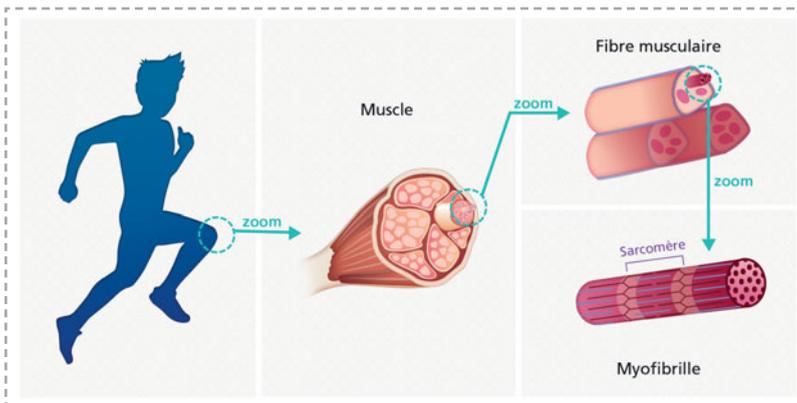
Remarque

Le glucose et le calcium sont indispensables au fonctionnement de nos muscles.



Le fonctionnement d'un muscle

Figure 6



Chaque **myofibrille** est constituée d'unités cylindriques mises bout à bout. Chaque unité cylindrique constitue le sarcomère.

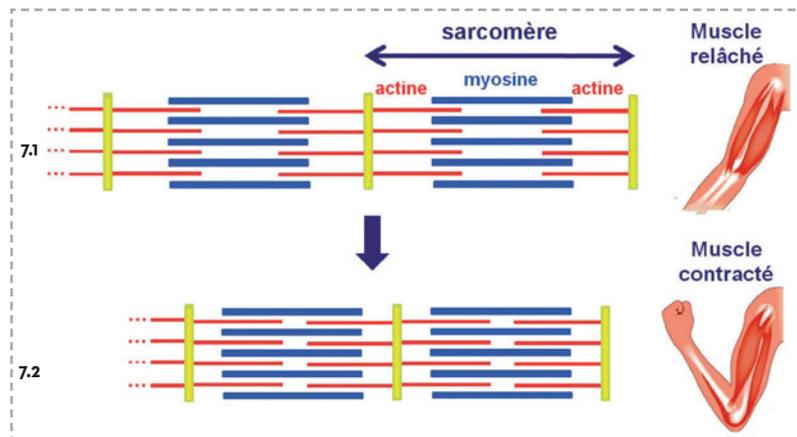


De quoi est fait un muscle ?



Nos muscles sont semblables à des gaines qui contiennent des milliers de câbles : les fibres musculaires. Ces fibres musculaires contiennent elles-mêmes des fibres plus petites, les **myofibrilles** qui sont responsables de la contraction cellulaire (Figure 6).

Figure 7





La *figure 7* représente l'intérieur d'une myofibrille dans deux cas : quand le muscle est relâché (*Figure 7-1*) et quand le muscle est contracté (*Figure 7-2*).

On voit que chaque sarcomère est constitué de petits filaments qui s'empilent et s'imbriquent les uns dans les autres : les filaments d'actine (en rouge) et ceux de myosine (en bleu).

Les filaments d'actine rentrent dans la myosine quand le muscle se contracte.

La *figure 8* permet de regarder ce phénomène avec un plus fort grossissement.

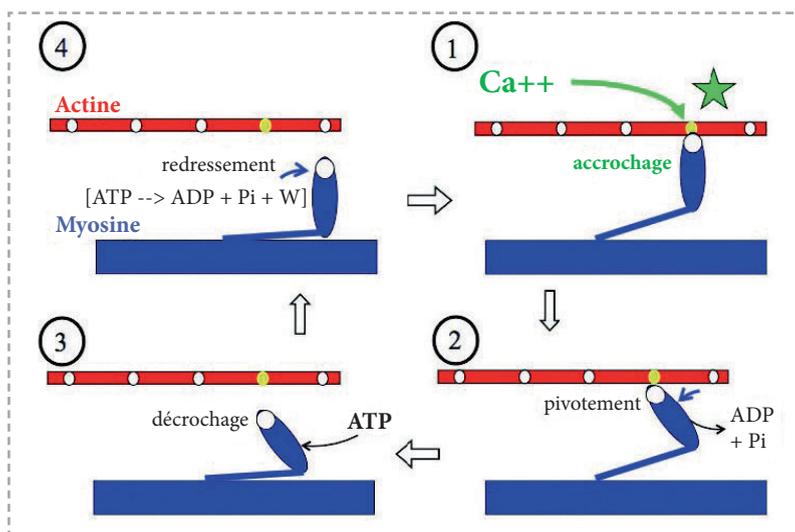


Figure 8

L'actine filamentaire (en rouge sur la *figure 8*) est en fait constituée de deux chaînes de molécules d'actine enroulées en hélice qui sont associées à deux autres molécules en forme de boules blanches et jaunes sur la *figure 8*.

La myosine (en bleu sur la *figure 8*) a la forme de filaments plus gros, constituée également par deux chaînes enroulées en hélice sur lesquelles existent des bras terminés par une tête globulaire figurée par une boule blanche.

Au repos, les molécules jaunes de l'actine repoussent les molécules blanches de la myosine (*Figure 8-4*).



Quand notre cerveau commande un mouvement, des messagers chimiques (c'est-à-dire des molécules) se déplacent à travers nos neurones vers les fibres musculaires et de nombreux ions calcium (Ca^{++}) se fixent sur les molécules jaunes de l'actine, ce qui entraîne un pivotement des chaînes qui peuvent alors s'approcher des chaînes bleues de myosine (*Figure 8-1*).



Remarque

Bien manger, bien respirer, du sucre (glucose), du calcium (laitages...), de l'eau et la chimie de notre corps s'occupe du reste pour faire fonctionner nos muscles !

En même temps, les boules blanches de la myosine fixent les molécules d'ATP qui, en présence de l'eau (dans notre corps), se transforment en ADP et libèrent de l'énergie. Cette énergie est immédiatement utilisée pour accrocher les deux chaînes rouge et bleue, l'une à l'autre (*Figure 8-2*).

Cela correspond à la phase de contraction musculaire de la *figure 7-2*.

L'arrivée d'une nouvelle molécule d'ATP et le départ des ions calcium permet le décrochage et le relâchement du muscle (*Figures 7-1 et 8-3*).



Plus de réserves d'ATP ?

Lorsqu'un sportif fait des efforts intenses, il ressent de la fatigue, c'est le signal que lui envoie son corps pour lui dire qu'il faut arrêter de consommer son ATP, car s'il n'en a plus suffisamment en réserve, le décrochage des deux chaînes ne pourra plus se faire et il aura des crampes.



L'endorphine : la molécule du plaisir

Bien manger n'est pas suffisant pour donner envie de devenir un champion.

Cette chimie de notre cerveau sera l'élément primordial de la récompense et de la motivation poussant les uns et les autres à se dépasser pour conquérir un titre de champion olympique ou plus simplement pour gagner une compétition. Elle sera expliquée dans un autre chapitre.



Pourquoi courir donne du plaisir ?

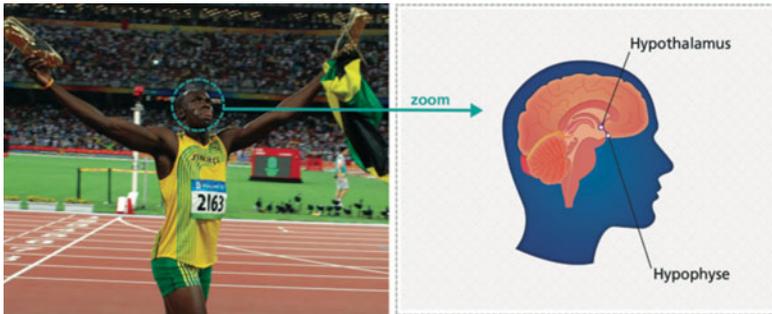
Les passionnés de footing savent très bien qu'après quelques minutes parfois pénibles, tout s'arrange et qu'ils ressentent ensuite un plaisir intense, pourquoi ?

Lors d'efforts intenses, deux glandes du cerveau (l'hypophyse et l'hypothalamus) (*Figure 9*) fabriquent une molécule, appelée **endorphine**.



L'endorphine est une molécule qui supprime la douleur et même la remplace par une sensation de bien-être intense.

Figure 9



Jusqu'où iront les records ?

Pourra-t-on aller toujours plus loin, toujours plus vite, toujours plus haut ? Nous venons de voir que les efforts physiques dépendent des lois de la chimie, mais ils dépendent aussi des lois de la biologie et de la physique et c'est l'ensemble de toutes ces lois qui structurent le vivant qui est un ensemble très complexe.

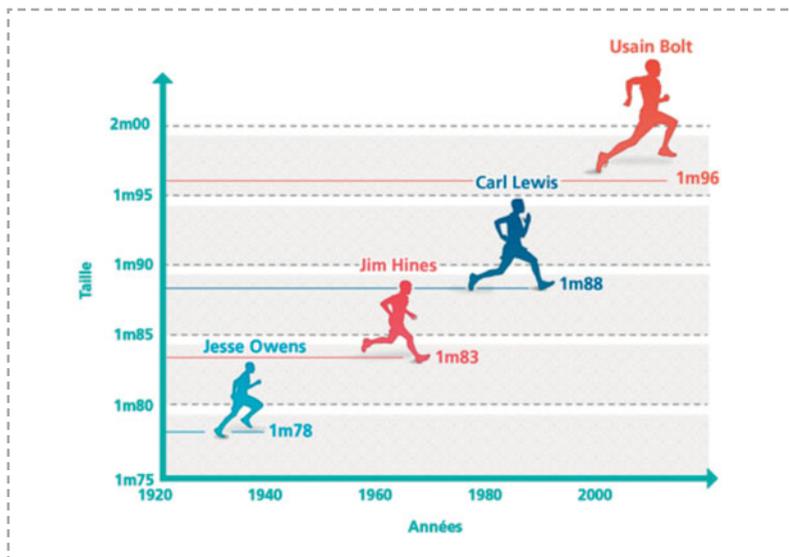


Faut-il être grand et fort pour devenir champion ?

La *Figure 10* montre que les recordmen du monde du 100 m, depuis un siècle, sont de plus en plus grands. En 1836, Jesse Owen ne mesurait que 1,78 m tandis qu'aujourd'hui Usain Bolt mesure 1,96 m et le plus grand joueur en activité de la NBA, championnat américain de basket, mesure 2,29 m !

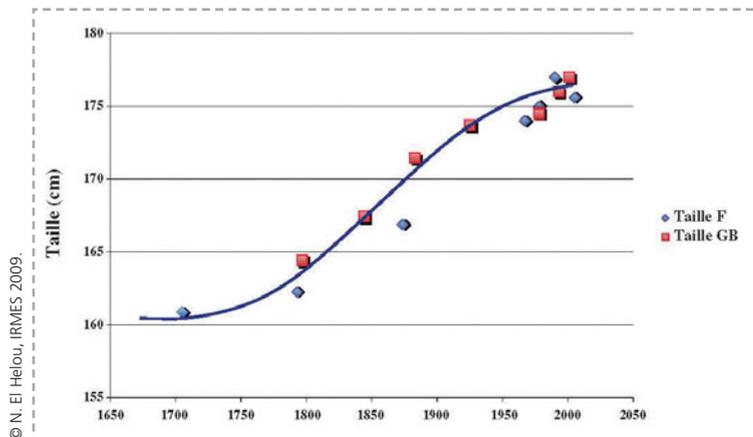


Figure 10



Dans les sports qui demandent de gros efforts à l'organisme, le sportif le plus fort est effectivement souvent le plus grand. Pourtant, d'un point de vue général, la *figure 11* montre que l'augmentation de la taille moyenne, rapide au début du XIX^e siècle, semble atteindre un plafond dans la deuxième moitié du XX^e siècle.

Figure 11



© N. El-Helou, IRMES 2009.



Y a-t-il une meilleure saison pour devenir un champion ?

L'activité physique, y compris dans le sport de haut niveau, est marquée par le cycle des saisons.

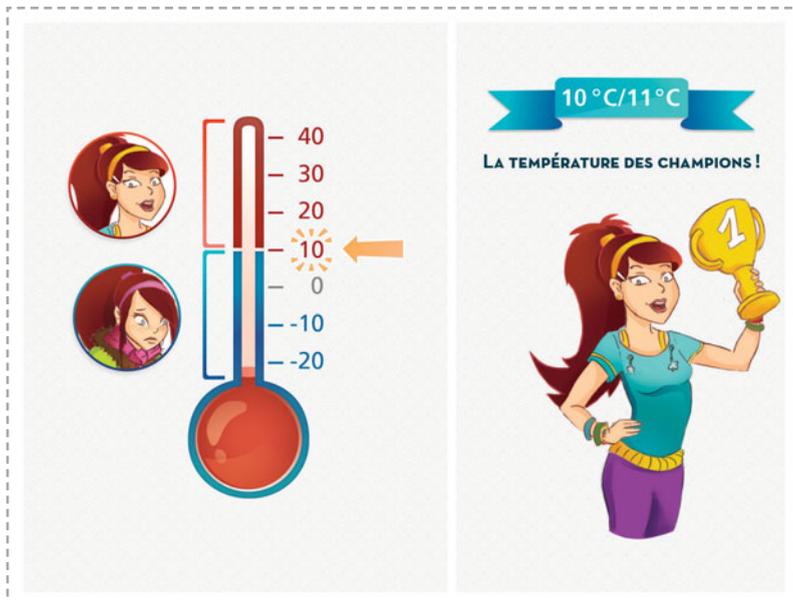
L'étude de l'ensemble des performances des 50 meilleurs sprinteurs français du 100 m, sur l'ensemble de leur carrière de 14 à 38 ans (soit 5 400 résultats), montre clairement une augmentation des performances avec l'arrivée du printemps culminant au début de l'été, moment des grands championnats.



Figure 12



Figure 13



Le coureur de fond Haite Gebreselassie, deux fois recordman du monde en 2007 et 2008, a tenté de battre son record en 2009 à une température extérieure de 18 °C soit 5 °C de plus qu'en 2008. Il a perdu deux minutes, soit 2 % du temps de l'année précédente, à une température plus proche de l'optimum.



Peut-on battre des records s'il fait très chaud ou très froid ?

L'environnement et notamment la température ont un impact sur les performances.

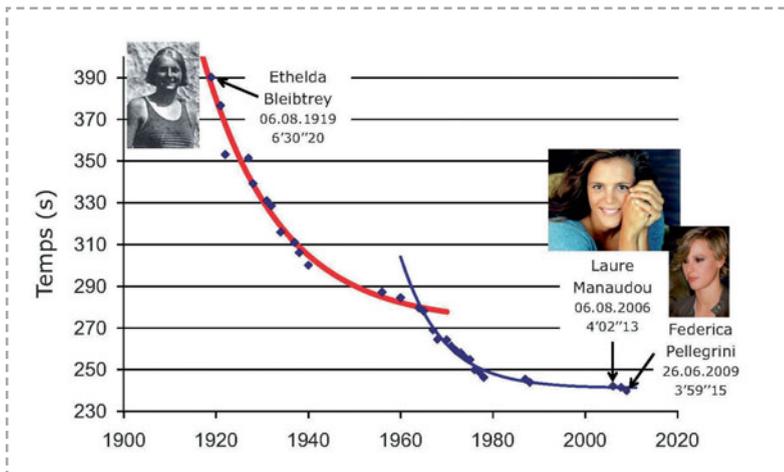
On peut, à titre d'exemple, analyser l'ensemble des marathons mondiaux les plus importants depuis 1975 (soit deux millions de données disponibles). La relation entre le temps du vainqueur et la température suit une courbe en U avec un optimum pour une température de 10-11 °C.



A-t-on atteint les limites des possibilités physiques du corps humain ?

Les records du monde sont l'expression des limites physiques de l'espèce humaine. La *figure 14* montre l'évolution des performances sur le 400 m nage libre féminin : on constate une raréfaction des records depuis 30 ans avec des gains de temps relatifs faibles et cette même tendance se retrouve dans tous les sports.

Figure 14



Conclusion

Il n'y a quasiment plus, depuis 20 ans, de progression des performances des dix meilleurs athlètes mondiaux tous sports confondus.

L'acceptation de nos limites et de celles des autres, les renoncements qui en résulteront pourraient bien être des questions centrales dans notre proche avenir.

TECHNOLOGIE ET PERFORMANCE SPORTIVE

La technologie contribue surtout à l'amélioration du matériel sportif avec des progrès remarquables ces dernières années grâce aux sciences physiques et chimiques.

Dès lors que la technologie se mêle du sport et, en particulier du sport de haut niveau, la priorité doit être donnée à l'intérêt du sportif pour qu'il puisse s'y fier sans réticence.

Figure 1



Un guidon bien adapté à un vélo de course soulage le dos, favorise un effort prolongé et permet de gagner de précieuses secondes.



Augmenter la qualité et la sécurité

Le matériel sportif doit être soumis à des tests permettant d'en connaître les limites de façon à éviter tout danger pour l'athlète notamment dans les sports à risques : sports de vitesse, formule 1, motocross, luge, roller, skating...

Le confort apporté à l'athlète complète le cahier des charges.

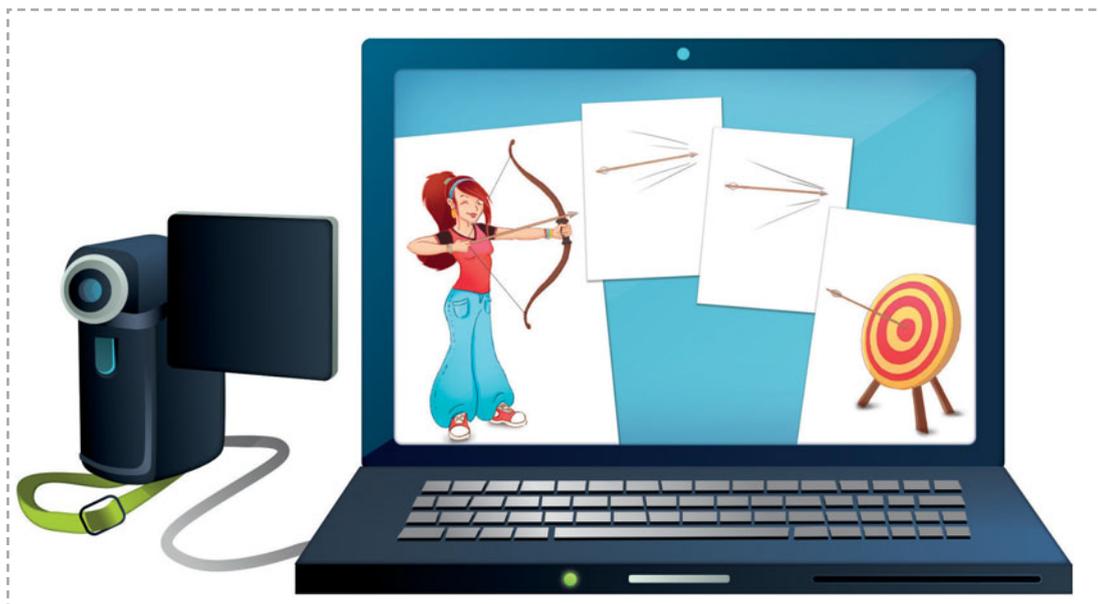


Les casques de protection indispensables dans de nombreuses disciplines (vélo, escalade, escrime, rugby...) doivent être conçus à la fois pour gérer l'effort de l'athlète et son confort en prenant en compte par exemple la transpiration.

Rendre l'entraînement plus efficace

La vidéo peut aider les athlètes à s'améliorer en décomposant leurs gestes image par image, comme dans le tir à l'arc par exemple (*Figure 2*).

Figure 2 Trois étapes du tir à l'arc fait par Léa.



This page intentionally left blank