

différentes, liées à des caractères génétiques portant sur la taille, les fibres musculaires, le métabolisme, la psychologie, etc. (voir l'encadré page 41). Les chercheurs ont déjà identifié plusieurs gènes associés à la performance sportive. Par exemple, la vitesse de course implique notamment le gène *ACNT3*, qui joue sur l'ancrage des filaments d'actine aux stries Z du sarcomère (l'unité de base des microfibrilles dont sont constitués les muscles squelettiques).

De nombreuses recherches à travers le monde suggèrent que des variations existent dans l'expression du gène *VEGF* (de l'anglais *Vascular Endothelial Growth Factor*) à l'origine du facteur de croissance de l'endothélium vasculaire. Ce facteur de croissance qui circule dans le sang favorise l'angiogenèse, c'est-à-dire la croissance des vaisseaux sanguins et donc la croissance tissulaire, ce qui semble particulièrement important pour une récupération rapide des muscles et des tendons après les entraînements de plus en plus intenses.

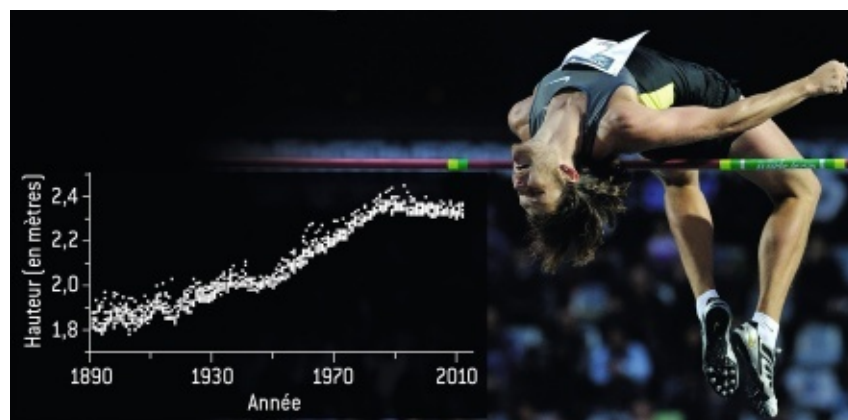
Récemment, le gène *HFE* dont l'expression produit la protéine *HFE* (pour *Human Hemochromatosis Protein*), qui régule le métabolisme du fer et facilite le transport de l'oxygène, a été l'objet de nos recherches et de celles de nombreux collègues : les mutations de ce gène seraient plus fréquentes chez certains athlètes de haut niveau pratiquant des sports énergivores. Repérables, ces mutations influencent favorablement la performance. La génétique est aussi impliquée dans certaines formes d'hyperandrogénisme associées à une sécrétion trop importante de testostérone, qui augmente les performances des athlètes féminines affectées par ce syndrome.

Sans doute favorisés par certains gènes, les talents sportifs se traduisent d'autant plus en records qu'ils s'expriment au bon âge. On constate en effet un âge optimal pour chaque performance. Cet optimum est plus tardif pour le marathon, plus précoce pour les nageurs. Les études ont également précisé la relation âge-performance : elle comprend une phase de croissance, pendant laquelle on se rapproche rapidement de l'optimum, puis une phase de décroissance, liée au vieillissement. Les deux phases sont exponentielles. Cette relation entre âge et performance se retrouve dans tous les sports individuels, collectifs ou intellectuels (voir la figure 5), chez d'autres espèces et à plusieurs échelles biologiques... On la retrouve ainsi dans les organismes simples tels que le ver nématode *Caenorhab-*

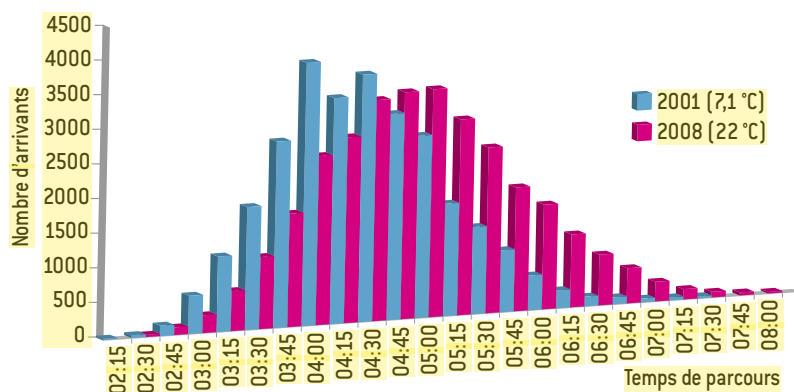
ditis elegans, tant pour les organes que pour les cellules. Mais les entraîneurs n'ont pas attendu ces études pour tenir compte intuitivement de l'âge !

L'expansion biométrique, ressource du XX^e siècle

Au cours du XX^e siècle, les entraîneurs ont aussi exploité une ressource d'origine à la fois génétique et socio-économique : l'expansion biométrique des populations. Le poids, la taille, l'indice de masse corporelle au sein des populations européennes et américaines ont en effet augmenté en même temps que l'espérance de vie, à mesure que s'amélioraient les conditions



3. LA PROGRESSION DES DIX MEILLEURES PERFORMANCES PAR ANNÉE dans le sprint féminin sur 100 mètres (en haut) et au saut en hauteur masculin (en bas) montre l'influence de l'histoire sur les records. Ainsi, pendant les deux guerres mondiales, périodes de faibles investissements nationaux dans les sports, les performances baissent alors que la plupart des jeunes athlètes masculins sont au front et que les athlètes féminines contribuent à l'effort de guerre en travaillant ; les meilleurs sportifs ne sont plus sur les stades et n'ont plus la motivation des temps de paix. À l'inverse, la guerre froide, période d'intense rivalité internationale, s'accompagne d'une progression presque linéaire des performances, qui conduit en 1988 au point singulier du record de l'Américaine Florence Griffith-Joyner, à ce jour inégalé, puis au plateau, traduisant désormais la maturité des disciplines (le décrochage de 1975 sur la courbe du 100 mètres correspond à l'arrivée du chronométrage électronique au centième de seconde).



4. LA TEMPÉRATURE AMBIANTE INFLUE SUR LES PERFORMANCES DES MARATHONIENS, montrent les histogrammes de la répartition des résultats du marathon de Chicago en 2001 et en 2008. Il en est ainsi de toutes les pratiques sportives associées à une élévation thermique corporelle importante, tels les sports d'endurance (efforts longs et soutenus). Toutefois, dans le sprint, un optimum thermique se révèle aussi. L'influence de la température extérieure sur les performances et les métabolismes pendant la pratique de ces sports traduit un phénomène essentiellement thermodynamique.

de vie. La taille moyenne des Américains est ainsi passée de 169,5 centimètres en 1880 à 172,2 centimètres en 1940, puis à 175,8 centimètres en 2010 (voir la figure 6). Leur poids moyen a augmenté encore plus vite, puisqu'il est passé de 64 kilogrammes en 1880 à 87 kilogrammes en 2010. Les Français, quant à eux, mesuraient en moyenne 167 centimètres avec un poids moyen de 65 kilogrammes en 1867 ; ces valeurs étaient de 177 centimètres et 77 kilogrammes en 2007. L'amélioration de l'alimentation et de l'hygiène, la réduction des maladies infectieuses materno-infantiles, l'accès généralisé aux soins, etc., expliquent ces augmentations.

Dans leur livre *The Changing Body*, Roderick Floud, Robert Fogel, Bernard

Harris et Sok Chul Hong donnent une explication à ce phénomène fondée sur l'influence du statut nutritionnel sur la santé. Les connaissances nouvelles en épigénétique indiquent que la santé de la mère détermine celle de l'enfant à la naissance, mais aussi une part de ses maladies à l'âge adulte. Si l'enfant est ensuite confronté à un environnement favorable lui fournissant les apports nécessaires, il atteindra sa taille maximale. Dans l'hypothèse où l'alimentation joue un rôle majeur, la transmission de conditions nutritionnelles optimales de génération en génération, après la Seconde Guerre mondiale, aurait favorisé la taille optimale de chacun, et par là même celles des athlètes de haut niveau. Validé par nos récents

travaux, le concept d'expansion phénotypique montre la croissance des capacités humaines dans des circonstances propices et décrit l'optimisation de notre génome dans les conditions environnementales clémentes du XX^e siècle.

Le vivier morphologique bientôt épuisé ?

Il existe un lien direct entre la taille ou le poids des athlètes et leurs performances. Nombre d'auteurs pensent ainsi que les records de vitesse resteront dominés par les athlètes les plus grands et les plus lourds. De même, dans le rugby, le poids des avants et la taille des arrières restent des facteurs discriminants de la performance des équipes. Cependant, la morphologie ne peut à elle seule expliquer la totalité de la performance ; elle détermine simplement des champs de potentiels – ou des fenêtres de sélection – dans lesquels les traits anthropométriques les plus adaptés peuvent être trouvés. La combinaison de ces différentes fenêtres (morphologiques, techniques, tactiques, psychologiques...) associée à un entraînement adéquat détermine la performance.

La volonté des entraîneurs de trouver leurs athlètes au sein de ces fenêtres de sélection a ainsi produit une « course aux armements » tout au long du XX^e siècle, aboutissant à une optimisation des morphologies. Cette exploitation du vivier mondial va-t-elle se poursuivre ou faut-il anticiper un prochain « arrêt de crois-



5. LES PERFORMANCES ÉVOLUENT AVEC L'ÂGE, que ce soit dans les sports physiques (à gauche, cas du 400 mètres féminin) ou dans les sports intellectuels (à droite, dans le cas des échecs). Les diminutions du nombre de fibres musculaires, de la fonction cardio-vasculaire ou de



la vitesse de conduction de l'influx nerveux déterminent un pic de capacité entre 25 et 30 ans. Ce maximum est suivi par une diminution rapide des performances physiques. Les performances intellectuelles diminuent de la même façon, mais plus lentement.