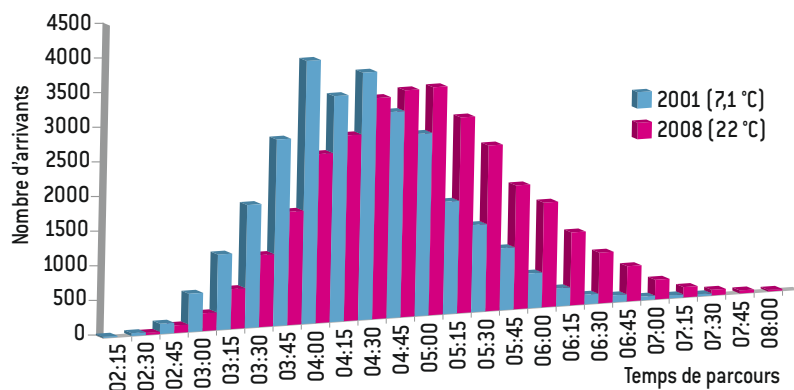




**4. LA TEMPÉRATURE AMBIANTE INFLUE SUR LES PERFORMANCES DES MARATHONIENS,** montrent les histogrammes de la répartition des résultats du marathon de Chicago en 2001 et en 2008. Il en est ainsi de toutes les pratiques sportives associées à une élévation thermique corporelle importante, tels les sports 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<sup>e</sup> 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<sup>e</sup> 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.

sance», lié aux limites biométriques du corps humain ?

La seconde hypothèse est clairement la plus probable. Dans certains sports où la taille est un avantage majeur (basket, volley, rugby, lancers...), la sélection a déjà été orientée depuis longtemps pour recruter les athlètes de poids et de tailles les plus élevés. Le cas de la NBA (*National Basketball Association*) américaine est particulièrement démonstratif. Après l'ouverture à l'international en 1984, les joueurs de plus de 2,13 mètres ont été recrutés dans le monde entier. La taille moyenne des équipes américaines de basket a immédiatement augmenté, mais elle a aussi très vite atteint un plateau. Il en a été de même dans la plupart des autres sports professionnels, où l'on observe depuis 20 ans une diminution nette du taux de croissance de la taille des athlètes (voir la figure 6). Ces constatations s'expliquent facilement si l'on prend en compte le fait

que les tailles des populations suivent le même rythme. Après des gains très importants au début du XX<sup>e</sup> siècle, les augmentations de la taille moyenne au sein des nations sont désormais bien plus modestes. Et rien ne dit que les conditions environnementales (et nutritionnelles) qui nous ont été favorables perdureront.

## L'acmé est proche

Si le recrutement d'athlètes aux mensurations très supérieures à la moyenne devient de plus en plus difficile, quel en sera l'impact sur la performance ? Quand on examine la situation dans chaque discipline, il apparaît que de nombreux facteurs ont été exploités au maximum. Désormais, on ne peut guère plus que les améliorer à la marge, soit par des modifications des règlements, soit par le recours à des moyens biotechnologiques illicites (amphétamines, anabolisants, EPO...).

En athlétisme, seule une poignée d'athlètes, en sprint ou en marathon, semblent avoir les capacités de repousser encore un peu les limites, mais deux tiers des épreuves ne progressent déjà plus. Affiner les mesures au millième de seconde permettra peut-être d'établir de nouveaux records, mais cela ne fera en réalité que rééchantillonner les courbes. Tous ces constats laissent penser que, pour des raisons de limites endogènes autant que de contraintes croissantes sur les ressources, l'amélioration de la performance, à l'instar de celle de l'espérance de vie, approche de son acmé.

Les derniers jeux Olympiques, à Londres, ont accentué ces tendances. Comme nous l'avons déjà noté, en comparaison des 42 records du monde battus à Pékin en 2008, seuls 20 nouveaux records du monde ont été établis à Londres. Avec quatre records (relais 4 × 100 mètres féminin et masculin, 800 mètres masculin, 20 kilomètres

## Génétique et performance

Les paramètres morphologiques et métaboliques d'un coureur sur 800 mètres sont à mi-chemin de ceux des sprinteurs et des marathoniens. Quels gènes jouent un rôle dans leurs différences ? Parmi ceux qui ont été récemment identifiés, on peut citer :

— *ACNT3* : ce gène est présent dans les fibres musculaires associées aux efforts de sprint. Son impact sur la performance de course fait l'objet d'un large consensus entre chercheurs. Les génotypes des marathoniens internationaux (l'allèle X est présent chez 50 pour cent d'entre eux) diffèrent de ceux des sprinteurs de même niveau (l'allèle R est présent chez plus de 95 pour cent d'entre eux). Le gène *ACNT3* est fréquent dans la population jamaïcaine.

— *HFE* : ce gène régule le métabolisme du fer. Son lien avec la performance en endurance (en aviron comme en ski de fond) a été mis en évidence par quatre équipes françaises (CNRS Hématologie Necker, Labex Globules Rouges, IBT Troyes & Parc INSERM, associées à l'IRMES). La pratique du sport d'endurance de haut niveau s'accompagne d'une augmentation des pertes de fer et d'une diminution de son absorption intestinale.

Le manque de fer limite alors les capacités en réduisant la production de globules rouges, mais aussi les fonctions musculaires et cardiaques. Dès lors, on comprend la fréquence élevée d'une mutation associée à une plus grande absorption du fer chez les sportifs d'endurance qui trident les podiums internationaux. Toutefois, cette mutation, lorsqu'elle se présente sous forme homozygote (lorsque les deux allèles, maternel et paternel, sont concernés), est habituellement responsable d'une maladie héréditaire : l'hémochromatose, qui entraîne une intoxication des tissus par le fer en excès. Cet effet, dit de superdominance, est très important pour comprendre la persistance de certaines maladies génétiques récessives (se déclarant à l'état homozygote), mais dont l'état hétérozygote se révèle très favorable à la survie dans certaines conditions (à l'époque où les blessures et pertes hémorragiques étaient plus fréquentes et où la transfusion n'existait pas).

— Les gènes influant sur la taille : un consortium international, associant 322 chercheurs et 174 institutions, a récemment mis en évidence la complexité des interrelations génétiques dans la détermination de

la taille, un paramètre « héritable ». Au-delà des locus codant l'hormone de croissance ou ses récepteurs, plus de 180 sites du génome, associés dans des voies métaboliques cohérentes, ont ainsi été découverts. Mais à eux tous, ils n'expliquent que dix pour cent de l'hérédité. Il reste encore un long chemin à parcourir pour l'identification de chacun des autres locus, mais on comprend mieux comment ces génotypes favorables se transmettent « en bloc » de parents grands à enfants grands.

On suppose aujourd'hui que certains athlètes, tels qu'Usain Bolt ou Florent Manaudou, cumulent plusieurs gènes favorisant la performance. Leur équation pourrait être du type : *ACNT3* + gènes associés à la taille (dont l'effet prédomine sur les membres inférieurs pour l'un, et sur les membres supérieurs pour l'autre) + régénération musculaire et vasculaire (facilitant la résistance et la récupération après des entraînements intenses) + allèle X = titre olympique. La même équation, combinée avec une innovation technique, pourrait donner un nouveau record du monde.

L'apparition d'athlètes génétiquement taillés pour la performance ré-

sulte de deux facteurs. Le premier est un effet de l'essor démographique mondial (de un à sept milliards d'êtres humains en cinq générations). Avec l'augmentation du nombre d'individus, la probabilité de voir apparaître des personnes aux performances exceptionnelles augmente selon des lois statistiques précises. Le second facteur est l'optimisation des processus de détection : la probabilité conjointe de cumuler des gènes favorables et de bénéficier des hasards de la sélection conduisant aux qualifications olympiques reste encore perfectible.

Un dernier exemple de l'influence des gènes sur la performance est celui de ces skieurs qui avaient été temporairement interdits de course aux derniers jeux Olympiques d'hiver, en raison de taux d'hémoglobine sérique trop élevés. On les pensait dopés ! En réalité, ces athlètes synthétisent naturellement plus d'hémoglobine que la normale grâce à une prédisposition génétique. Dès lors, et compte tenu des plafonds de performance objectivés, la question principale redevient celle des limites physiologiques : sont-elles déjà optimisées au regard de notre génétique ?

Jean-François Toussaint,  
IRMES