

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^e 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.

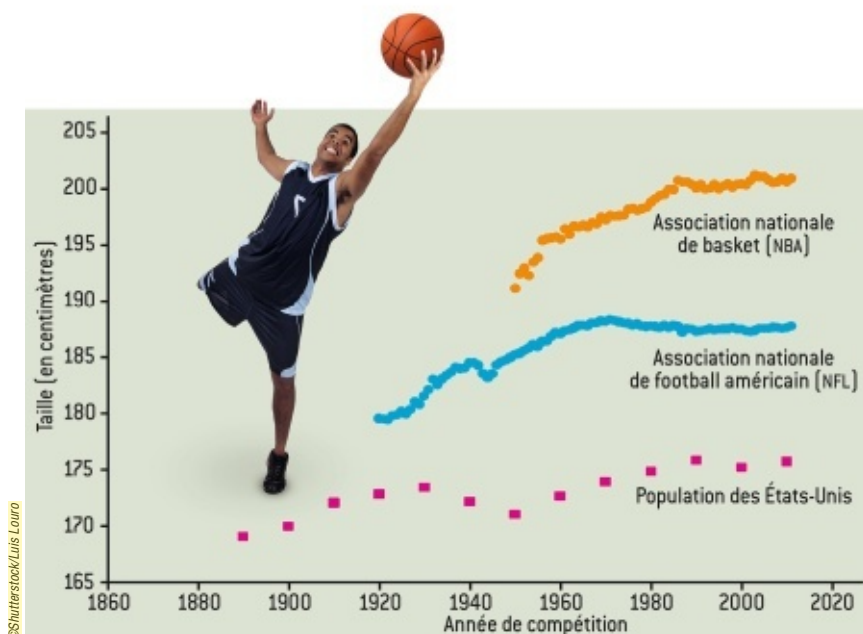
On suppose aujourd'hui que certains athlètes, tels qu'Usain Bolt ou Florent Manaudou, cumulent plusieurs gènes favorisant la performance. Leur équation pourrait être du type : *ACNT3* + gènes associés à la taille (dont l'effet prédomine sur les membres inférieurs pour l'un, et sur les membres supérieurs 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



©Shutterstock/Luis Louro

6. LES ÉVOLUTIONS DE LA TAILLE MOYENNE DES JOUEURS de basket-ball (NBA), de football américain (NFL) et de la population américaine illustrent les plafonds observés depuis la fin du XX^e siècle. Dans ces deux sports où les critères biométriques reflètent des avantages cruciaux, la croissance de la taille moyenne des athlètes a cessé dès les années 1980 : l'exploitation du vivier mondial des très grands gabarits est alors complète.

marche féminin), l'athlétisme stagne, voire régresse dans certaines épreuves (les lancers notamment). Ce phénomène se manifeste désormais pour toutes les disciplines « matures ». Malgré l'annonce d'une « pluie de records » en natation, il n'y en a eu que huit, contre 25 à Pékin... Ces nouvelles performances concernent d'ailleurs les épreuves (brasse, papillon et longues distances) qui avaient le moins bénéficié des progrès hydrodynamiques apportés par les combinaisons en polyuréthane. Leur marge de progression reste encore possible et est en tout cas supérieure à celles des épreuves dont les records avaient explosé en 2008 et 2009 (nage libre, dos et courtes distances).

Dans un contexte de maturation de plus en plus fréquent, comment produire encore des records ? La création de gestes techniques est une voie. L'exemple le plus frappant est l'invention du rouleau dorsal (*Fosbury-flop*) au saut en hauteur. Introduite dans les années 1970, cette technique a permis une nette amélioration des performances. Quatre ans à peine après son introduction par Dick Fosbury en 1968, 28 des 40 compétiteurs en saut en hauteur l'utilisaient déjà. Aujourd'hui, cette méthode, qui a permis de porter le record du monde à 2,45 mètres pour les hommes et à 2,09 mètres chez les femmes, est la plus couramment utilisée.

Encore faut-il que les techniques inventées respectent la physiologie, tant pour l'efficacité du geste que pour la sécurité de

l'athlète. Quand bien même, une technique apte à changer les performances de haut niveau ne s'invente pas facilement. Dans les sports qui nécessitent un équipement, tels le saut à la perche, le ski ou le patinage, le recours à de nouvelles techniques dans la conception du matériel sportif peut sans doute plus facilement changer la situation. Cela s'est par exemple produit en patinage de vitesse, quand furent introduits les klaps pour patins (fixation de la lame seulement à l'avant de la chaussure).

Un cas similaire s'est produit entre 2007 et 2009 en natation. Élaborées en collaboration avec des ingénieurs de la NASA, les combinaisons en polyuréthane ont entraîné une augmentation sans précédent des vitesses de nage (plus de deux pour cent). Mais, en janvier 2010, la Fédération internationale de natation, arguant d'un bénéfice technique trop important au regard de la composante physiologique et du coût trop élevé de ces équipements, a interdit leur usage. Les vitesses moyennes de nage ont aussitôt baissé de 1,8 pour cent... Le dopage technologique est une question de règle et de convention, puisqu'il change la nature du sport et biaise les compétitions s'il n'est pas universellement partagé.

Moins de dopage, moins de records...

Le dopage pharmacologique, lui, existe depuis fort longtemps. Il n'a toutefois pas empêché le plafonnement des performances observé aujourd'hui. Depuis plusieurs années, un renforcement de la lutte contre ce dopage a été mis en place. À Londres, plus de 6000 tests urinaires et sanguins ont été effectués, de sorte que plus d'un athlète sur deux a été contrôlé pendant cette olympiade. Ce nombre important pourrait dissuader certains de frauder, d'autant qu'il a été complété, pour la première fois, par le passeport biologique : un suivi des athlètes permettant de déceler des anomalies du profil sanguin (afin de cibler les suspects à contrôler). Certaines substances ou procédés restent cependant encore difficiles à détecter, telle la transfusion autologue, qui consiste à se réinjecter son propre sang pour augmenter le nombre de globules rouges, donc l'apport d'oxygène aux muscles.

Le renforcement de la lutte antidopage dirigée par l'AMA (l'Agence mondiale antidopage) entraîne un nouveau recul des performances. Cela avait été observé lors

BIBLIOGRAPHIE

N. Lanotte et S. Lem, *Sportifs high tech*, Belin/Pour la Science, 2012.

G. Dine *et al.*, HFE mutations associated with high level sport performance, *Hematologica*, vol. 96(2), p. 229, 2011.

R. Floud *et al.*, *The Changing Body : Health, Nutrition, and Human Development in the Western World since 1700*, Cambridge University Press, 2011.G.

G. Berthelot *et al.*, Athlete atypicality on the edge of human achievement : performances stagnate after the last peak, in 1988, *PLoS ONE*, vol. 5, e8800, 2010.

R. Neptune *et al.*, The influence of muscle physiology and advanced technology on sports performance, *Annual Review of Biomedical Engineering*, vol. 11, pp. 81-107, 2009.

J. Charles, The evolution of speed, size and shape in modern athletics, *The Journal of Experimental Biology*, vol. 212, pp. 2419-2425, 2009.

des derniers championnats du monde d'athlétisme en 2011. Les valeurs établies à Daegu, en Corée du Sud, étaient en effet inférieures de quatre pour cent aux records du monde en vigueur.

Le plafonnement des performances révèle que, malgré le recours aux produits dopants, les performances associées au phénotype humain (l'ensemble des caractères de notre espèce) sont intrinsèquement limitées par nos gènes et par les conditions de leur expression, c'est-à-dire par l'environnement. Si ce dernier se révélait moins favorable dans une ou plusieurs de ses composantes (climatique, économique, démographique ou culturelle), les performances optimales autorisées par le génome humain se restreindraient fortement. De fait, avec leur mesure précise et leur archivage sur plus d'un siècle, les maxima physiologiques, certifiés par le sport de haut niveau, révèlent un processus beaucoup plus global, en cours dans l'ensemble des activités humaines. En effet, les principes qui gouvernent ces progressions limitent

aussi nos taux de croissance actuels – qu'ils soient énergétiques, économiques, agricoles, technologiques ou démographiques. Et si certains frisent le zéro, beaucoup plongent déjà dans le négatif.

IL EST DIFFICILE D'IMAGINER comment progressera la recherche à laquelle se livre l'humanité pour tenter d'accroître encore ses performances.

Dès lors, que va-t-il se passer à court terme ? Un premier recul des performances se produira très probablement dès 2013. Cette cyclicité est en effet observée tous les quatre ans à l'issue de chaque olympiade. Elle traduit le renouvellement des générations sportives autant que la fatigue des meilleurs, une fois récompensés et rassurés dans leur quête de gloire.

Les athlètes continueront cependant d'éprouver leurs limites, mais dans des marges de progression de plus en plus restreintes. Ce stress supplémentaire poussera certains à s'orienter vers de nouveaux procédés illicites et indétectables. Le dopage

génétique (par détournement des thérapies géniques) apparaît comme l'ultime utopie de ces tentatives. Son échec est cependant prévisible tant sa maîtrise est, à ce jour, incertaine. De plus, la multitude des interactions entre les gènes cibles rend très aléatoire le gain de performance espéré, sans parler des déséquilibres physiologiques que ne manquera pas d'occasionner toute altération d'un génome aussi complexe que celui de l'homme. Les nombreux échecs qu'essuient les manipulations génétiques de végétaux en témoignent.

Il est donc difficile d'imaginer comment progressera la recherche à laquelle se livre l'humanité pour accroître encore ses performances sportives. Cette quête est soumise à des contraintes croissantes d'ordre technique, économique, environnemental ou sociopolitique. Une seule chose est certaine ; comme les chercheurs à l'orée d'une découverte ou les politiques à la veille d'une élection, les athlètes vont continuer à mettre tout leur talent en jeu pour atteindre leur objectif : monter sur la plus haute marche dans leur discipline. ■

universcience présente

cité des sciences et de l'industrie

Palais DÉCOUVERTE

les conférences

entrée libre

JUSQU'EN DÉCEMBRE 2012

théma La fin des mondes

Est-ce pour 2012 ? D'où vient le mythe ?

Anthropologues, économistes, astrophysiciens, biologistes et même auteurs de SF partageront leur vision de l'avenir.

En partenariat avec

Avec le soutien de

AFAS

programme complet sur www.universcience.fr