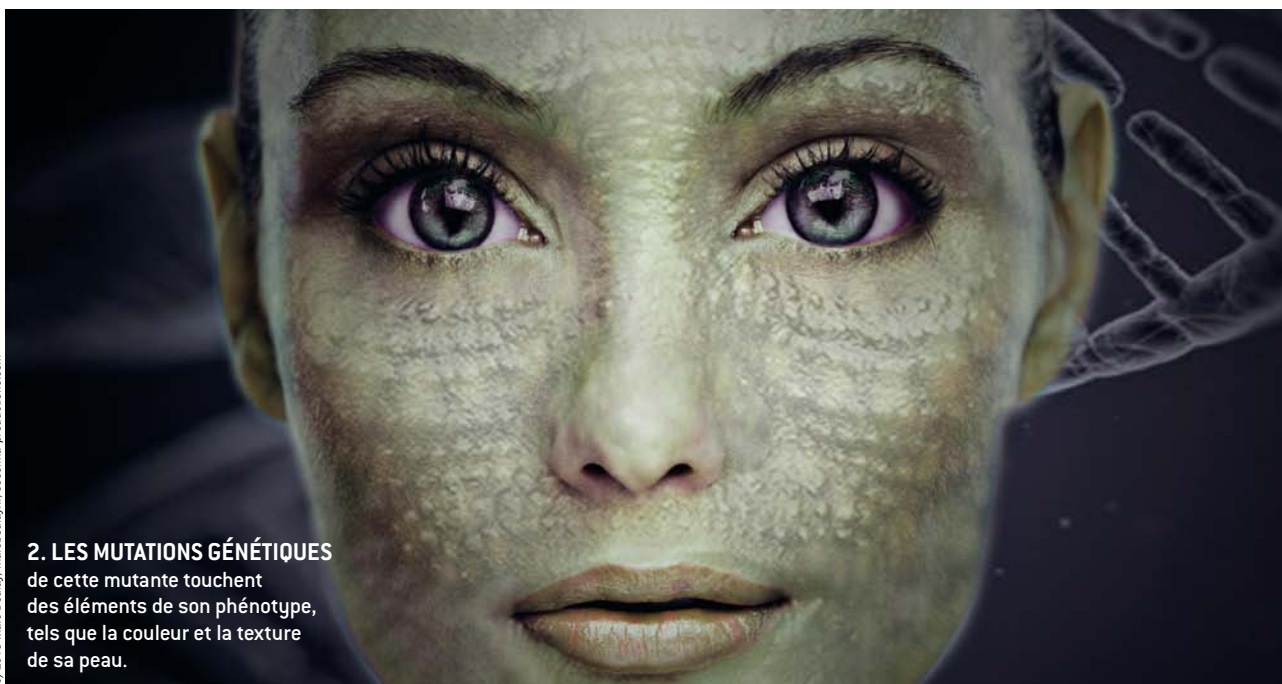




2. LES MUTATIONS GÉNÉTIQUES

de cette mutante touchent des éléments de son phénotype, tels que la couleur et la texture de sa peau.

distance la flamme d'un briquet – un pouvoir nommé pyrokinésie. Le fait qu'un mutant puisse naître de parents « normaux » suggère donc qu'une modification génétique s'est produite soit dans le spermatozoïde fécondant ou l'ovule fécondé (la mutation est alors dite germinale ou *de novo*) soit dans l'œuf après la fécondation (la mutation est alors dite postzygotique). Chez l'enfant, les mutations germinales sont souvent à l'origine d'anomalies chromosomiques. Statistiquement, elles affectent plus les spermatozoïdes que les ovules, bien que le risque augmente avec l'âge de la mère.

Les mutations postzygotiques étant bien plus rares, les X-men sont plus probablement des mutants germinaux. Mais puisque leurs pouvoirs tendent à se manifester à l'adolescence, ils pourraient aussi être issus de mutations touchant leur propre ADN en cours de développement. Cependant, ces mutations sont transmises uniquement aux cellules filles de la cellule mutée et peuvent parfois produire des cellules tumorales, voire des cancers, ce qui n'est pas le cas des X-men.

Autre possibilité, leurs mutations sont conditionnelles. Elles sont toujours présentes, mais ne s'expriment qu'à certains moments, dans certaines conditions. C'est le cas des drosophiles mutantes sensibles aux variations de température. Dans le cas des X-men, nous pourrions imaginer des mutations conditionnelles s'exprimant à la suite d'un stress ou d'une poussée d'hormones de croissance.

Quel que soit le type de mutation, les X-men apparaissent sur toute la surface de la Terre. Leurs mutations semblent donc aléatoires, et non produites par des agents mutagènes spécifiques tels les rayonnements de haute énergie ou des produits chimiques. Ces mutations participeraient au « bruit de fond » de l'évolution, produisant parfois de nouvelles formes qui sont sélectionnées ou non. Même si la plupart sont imperceptibles, les mutations sont donc des moteurs de l'évolution et les X-men seraient un exemple du potentiel évolutif de l'espèce humaine. Mais contrairement à ce qu'affirme Kitty Pryde, le génome des X-men n'est pas amélioré par rapport à celui des hommes, il est juste différent.

Un saut évolutif

Dans l'univers Marvel, les X-men appartiennent d'ailleurs à l'espèce *Homo superior*. Cette dénomination rappelle certaines théories dépassées de « racisme scientifique » qui considéraient certains individus comme supérieurs aux autres, justifiant ainsi des atrocités, telles que l'esclavage ou la Shoah. Cette dérive n'est pas possible avec les X-men qui sont de diverses origines : par exemple, Épervier est apache tandis que Tornade est africaine. Mais ces mutations font-elles pour autant des X-men une espèce différente d'*Homo sapiens* ? Ce saut évolutif qui transforme une espèce en une autre le temps

d'une génération est nommé saltation, et la mutation responsable une macromutation. Ce phénomène, observé chez des vers et des arthropodes, est si rare qu'il est parfois considéré comme un modèle évolutif hypothétique. Mais de récentes expériences sur des gènes architectes (participant à la morphogenèse du corps) ont montré que de petites modifications peuvent créer des mutants très différents de leurs parents, telle la drosophile *Antennapedia* qui porte une paire de pattes à la place des antennes !

Ces mutations rappellent la théorie des « monstres prometteurs » développée par l'embryologiste Richard Goldschmidt (1878-1958) selon laquelle les macromutations, certes rares, sont à l'origine de la spéciation tandis que les micromutations, plus nombreuses, ne produisent que des variations intraspécifiques. En 1935, l'embryologiste quitta son Allemagne natale, car il était juif ; en cela il rappelle un peu Magneto. Goldschmidt s'est réfugié aux États-Unis où il est devenu professeur d'université, comme Charles Xavier ! Goldschmidt nous enseigne donc que les X-men pourraient bien être des mutants prometteurs. ■

J.-S. STEYER est paléontologue au CNRS-MNHN, à Paris. R. LEHOUCQ est astrophysicien au CEA, à Saclay.



Retrouvez la rubrique
Science & fiction sur
www.pourlascience.fr

ART & SCIENCE

Alerte à la pollution en rouge et en vert

*Comment connaître les pollutions des siècles passés ?
En examinant les proportions de rouge et de vert des ciels
peints par les grands maîtres, tel le Britannique William Turner.*

Loïc MANGIN

En mars 2014, plusieurs alertes à la pollution, notamment en région parisienne, ont été lancées par l'Agence Airparif. En effet, les seuils tolérés de concentration en particules fines (des poussières que l'on distingue selon différentes catégories de diamètre) ont été dépassés à plusieurs reprises. Ces particules fines, ou aérosols, sont d'origine humaine ou naturelle : dans le premier cas, elles sont émises par les installations de chauffage, les transports, l'industrie... ; dans le second, elles émanent de feux de forêts, d'éruptions volcaniques, etc.

Les équipes d'Airparif utilisent divers instruments scientifiques pour leurs mesures *in situ*. Mais comment faire pour étudier les pollutions du passé, dont on pourrait tirer des enseignements ? Christos Zerefos, de l'Académie d'Athènes, en Grèce, a récemment proposé d'examiner les toiles des grands maîtres du paysage, au premier rang desquels le Britannique William Turner (1775-1851), surnommé le peintre de la lumière. Sa *Vue du lac de Petworth : rayons de soleil, un cerf buvant* (voir l'illustration) le démontre.

Avec ses collègues, Ch. Zerefos a peaufiné une méthode conçue en 2007 pour déterminer la quantité d'aérosols dans le ciel au moment où les œuvres ont été réalisées. Pour ce faire, les chercheurs ont calculé un indice, le ratio de rouge et de vert dans les représentations du ciel figurant sur

124 toiles conservées à la Tate Gallery, à Londres. Ce ratio reflète l'épaisseur optique de l'atmosphère, qui dépend de la quantité d'aérosols. La lumière du Soleil est filtrée par l'atmosphère qui favorise les grandes longueurs d'onde (le rouge) au détriment des courtes (le vert). Cet effet, accentué lorsque l'astre du jour est bas, par exemple au coucher, est d'autant plus important que la quantité d'aérosols est grande. Ainsi, le ratio de rouge et de vert est un indicateur de pollution.

Et c'est bien ce qui a été vérifié. Les toiles de Turner peintes peu de temps après l'éruption du volcan Tambora, en Indonésie, entre le 5 et le 10 avril 1815, sont plus riches en rouge que celles d'autres périodes. Lors de cet événement, des cendres ont été projetées à plus de 44 kilomètres d'altitude, d'où elles sont parties pour faire plusieurs fois le tour de la Terre. Les conséquences furent telles que l'on nomma l'été 1815 l'« été sans soleil », et l'année 1816 l'« année sans été ».

De même, certaines toiles du Français Edgar Degas (1834-1917) témoignent de l'éruption du volcan Krakatoa, lui aussi indonésien, les 26 et 27 août 1883.

La méthode du ratio de rouge et de vert renseigne bien sur le contenu en aérosols de l'atmosphère. Un autre pan de l'étude a consisté à regrouper des tableaux peints entre 1500 et 2000 par intervalles de 50 ans. Les années caractérisées par une éruption volcanique et les trois suivantes étaient écartées. On put alors calculer



© Tate, Londres. Dist. RMN-Grand Palais / Tate Photography

une moyenne des ratios de rouge et de vert pour chaque intervalle et en fin de compte obtenir des mesures continues pour cinq siècles. Les physiciens grecs n'ont pu alors que constater ce que d'autres techniques avaient montré par ailleurs : les émissions de particules n'ont cessé d'augmenter depuis le milieu du XIX^e siècle jusqu'à la fin du XX^e.

Pour vérifier le bien-fondé de la méthode, l'équipe de Ch. Zerefos a eu une idée originale. Elle a sollicité les services du peintre grec Panayiotis Tetsis et lui a demandé de représenter les couchers de soleil de plusieurs jours consécutifs, au mois de juin 2010, sur

l'île d'Hydra, à environ 80 kilomètres au Sud d'Athènes. L'artiste ignorait qu'un nuage de sable du Sahara passait au-dessus de l'île (la trajectoire a été calculée à partir de modèles et d'observations satellitaires).

En mesurant d'une part les ratios de rouge et de vert dans les œuvres obtenues, et d'autre part le contenu de l'atmosphère par des méthodes radiométriques, les chercheurs ont pu corroborer leur hypothèse fondée sur les toiles du XIX^e siècle. Le ciel est bien plus riche en rouge en présence de poussières qu'en leur absence. Certes, le sable n'est pas constitué de cendres volcaniques, mais son effet sur la lumière solaire est similaire.

Le grand nombre de peintures prises en compte, et ce quelle que soit l'école artistique dont pouvait se revendiquer l'artiste, plaide pour la robustesse de la méthode. Elle vient donc s'ajouter à l'arsenal dont les climatologues disposent pour reconstituer les climats du passé. Elle a même un avantage, par exemple, sur l'étude des carottes de glaces : elle est beaucoup plus confortable puisqu'elle consiste à aller au musée ! ■

.....
Ch. Zerefos *et al.*, Further evidence of important environmental information content in red-to-green ratios as depicted in paintings by great masters, *Atmos. Chem. Phys.*, vol. 14, pp. 2987-3015, 2014.

