



Les espèces évoluent grâce à la sélection naturelle.

Contredisant l'Église, Darwin avance l'idée que les espèces sont le fruit d'une longue évolution. Et il en démontre le mécanisme, remplaçant la main du Créateur par une histoire de la vie faite d'hérédité, de hasard et de lutte.

Sylvie Redon-Clauzard

Londres, le 24 novembre 1859. Dans la très puritaine Angleterre victorienne, les librairies sont assaillies... Les clients veulent tous se procurer *L'Origine des espèces au moyen de la sélection naturelle* de Charles Darwin. Pensez donc, un livre qui balance un coup de pied dans les idées reçues, c'est tentant. Surtout si le pied est celui d'un savant respecté par ses pairs. Les 1250 exemplaires du premier tirage

partent en une journée. Par peur du scandale, Darwin a reculé au maximum le moment de publier son ouvrage. Pour se préparer aux attaques, il a peaufiné pendant plus de vingt ans sa théorie, rajoutant des exemples, anticipant les arguments des contradicteurs. Il a bien fait, car nul autre livre n'aura autant de retentissement et d'influence dans l'histoire des sciences du vivant. Mais malgré ces précautions, la pilule darwinienne va avoir du mal à passer pendant quelques décennies. Il faut dire que durant la première moitié du XIX^e siècle, la théorie dominante est que les **espèces** sont, grosso modo, telles que Dieu les a créées. Pendant le Moyen Âge et la Renaissance, on a pris au pied de la lettre ce

ZOOM

À l'époque de Darwin, la définition d'**espèce** est floue. Aujourd'hui, on considère qu'il s'agit d'une population pour laquelle, dans la nature, il n'y a pas de barrières (biologiques, géographiques, comportementales) empêchant les individus de se reproduire entre eux.

DON FARRALL/GETTY - DK IMAGES/GETTY



ction naturelle

qui est écrit dans la **Genèse**. Bien mal avisé celui qui proposait une version alternative... Parce qu'il avait écrit que la semence du singe et de la guénon avait pu, en se perfectionnant, finir par donner naissance à l'homme, un philosophe italien vivant en France a été brûlé en 1619! Mais au cours du XVIII^e siècle, l'exploration de nouvelles terres révèle une faune et une flore de plus en plus riches. De grands savants comme le Suédois Linné et le Français Buffon (voir encadré p. 9) s'affrontent ///

ZOOM

Premier livre de la Bible, la **Genèse** raconte comment Dieu a créé la Terre, puis les plantes, les animaux et les hommes, en six jours.

sur la façon dont il faut classer les espèces et sur d'éventuels liens entre elles. La géologie aussi progresse. Alors qu'un archevêque avait fixé d'après la Bible la date de la création de la Terre au 23 octobre 4004 av. J.-C., l'étude des roches commence à raconter une histoire plus longue, faite d'érosions, de **sédimentations**, de volcanisme. Or, si les roches ont eu le temps de changer, il peut en être de même du monde vivant. Et puis, il y a ces fossiles d'animaux inconnus dont les découvertes s'accumulent au XVIII^e siècle. Quels liens ont-ils avec les animaux d'aujourd'hui? Le Français Cuvier, père de la **paléontologie**, répond aucun, les fossiles étant pour lui des espèces disparues lors de catastrophes, point barre! Mais son compatriote Lamarck, lui, les voit comme les ancêtres des espèces actuelles. Il est le premier à affirmer clairement que les espèces se transforment lentement pour s'adapter au climat et aux changements de leur milieu de vie. Il propose même un mécanisme : pour faire face à de nouvelles contraintes, les animaux changent leurs habitudes, sollicitent certaines parties de leur corps, les renforcent... et ces caractéristiques nouvellement gagnées sont transmises à leurs petits.

Sur ce point, Lamarck se trompe. On démontrera plus tard que les caractéristiques physiques ou comportementales qu'un individu acquiert par l'effort ou l'expérience durant sa vie ne se transmettent pas à ses enfants. Mais qu'importe! Malgré cette erreur, la théorie de Lamarck est un grand pas. Pourtant, la majorité des scientifiques restent fidèles aux idées de Cuvier. Après tout, c'est lui l'expert des fossiles!

Darwin aurait pu ne jamais entrer dans ce débat. Fils d'un éminent médecin, il s'apprête à endosser l'habit de pasteur d'une petite paroisse après ses études scientifiques et religieuses. C'est le moment choisi par son professeur de botanique, qui connaît ses rêves d'aventures et sa passion pour la nature, pour lui dégoter une place à bord du *Beagle*, un navire d'exploration. Le trois-mâts part le 27 décembre 1831 pour cartographier les côtes de l'Amérique du Sud. Darwin n'a que 22 ans. Le voyage s'étalera sur presque cinq années.

Bien qu'il ait été impressionné par la démonstration d'un philosophe affirmant que les organismes vivants

sont trop bien conçus pour ne pas être l'œuvre d'un Créateur, le jeune Charles embarque sur le *Beagle* avec l'esprit ouvert (et le mal de mer). Et, même si sa pensée ne prendra forme qu'à son retour en Angleterre, le voyage lui apporte de quoi nourrir ses réflexions. Il croise une espèce de cormorans n'ayant que des moignons d'ailes, une vipère qui agite la queue comme un serpent à sonnette alors qu'elle n'a pas de sonnette, un rongeur vivant sous terre dont les yeux ne fonctionnent presque pas... Il faudrait qu'un Créateur ait vraiment l'esprit tortueux pour doter des animaux de particularités physiques ou comportementales aussi inutiles. Mais ce sont surtout les fossiles de tatous et de paresseux géants qu'il découvre en Amérique du Sud qui le convainquent que les espèces évoluent. Trouver ces espèces disparues dans des régions où vivent les tatous et les paresseux d'aujourd'hui lui souffle qu'il y a une parenté entre les formes préhistoriques et actuelles, malgré la différence de taille (*voir ci-dessous*).

ZOOM

La **sédimentation** est le phénomène par lequel des débris de roches et de restes d'êtres vivants s'accumulent en couches plus ou moins épaisses.

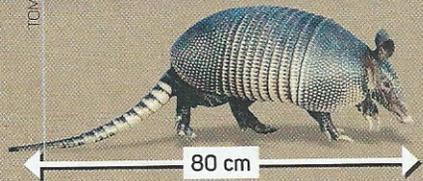
La **paléontologie** est la science qui étudie les fossiles d'animaux et de végétaux.

Les «pinsons» de Darwin

Autre observation cruciale : celle de la faune des Galápagos, un archipel d'îles très différentes les unes des autres, situé dans l'océan Pacifique, à un millier de kilomètres des côtes équatoriennes. Darwin voit, à la nature du sol, que ces îles volcaniques sont récentes, et il est d'autant plus surpris que chacune possède sa propre faune. Il en rapporte des «pinsons» (en fait, de petits passereaux proches des pinsons) prélevés sur plusieurs îles. Il pense qu'il y a là quatre variétés distinctes de la même espèce. Mais le grand ornithologue à qui il les montre le détrompe : d'après les tailles, les formes du bec et leur ali-

ANCÊTRE XXL

Grosse différence de gabarit entre ce glyptodon (remonté et trônant au Muséum de Dijon depuis 1852) et le tatou à neuf bandes. Le premier appartient à une espèce disparue, très répandue il y a plusieurs millions d'années en Amérique du Sud. Exactement là où vit aujourd'hui le tatou à neuf bandes. Leur ressemblance permet à Darwin de soupçonner que l'un était la version ancestrale de l'autre.



TOM BRAKERFIELD/GETTY - JARDIN DES SCIENCES DE LA VILLE DE DIJON/JACQUES BLANCHARD

tiennent en fait à treize espèces différentes, toutes proches d'une espèce du continent sud-américain. Darwin comprend la source de son erreur : sur ces îles récentes, ces espèces n'ont pas eu beaucoup de temps pour se différencier. Il en déduit un scénario : quelques piafs venus du continent se sont installés dans l'archipel. Leurs descendants se sont retrouvés isolés sur différentes îles, où chaque groupe a été confronté à des conditions spécifiques. Ils s'y sont adaptés, jusqu'à devenir des espèces distinctes.

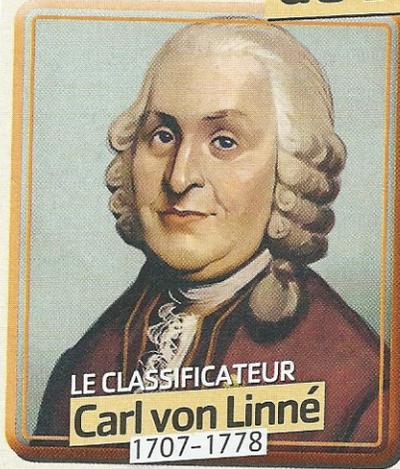
L'élevage : un miroir de la sélection naturelle

Mais Darwin n'arrête pas là son raisonnement. Il note que si les espèces évoluent, c'est parce qu'elles cachent en elles de la variété : il n'y a qu'à regarder les animaux domestiques comme les chiens ou les chevaux, que les éleveurs déclinent en races différentes, pour s'en convaincre. Il se lance alors dans l'élevage de pigeons, mène l'enquête auprès d'éleveurs bovins, canins ou équins pour vérifier par exemple que c'est bien en croisant les chevaux les plus rapides que l'on crée des chevaux de course. Ses conclusions ? Des caractères héréditaires passent de génération en génération, mais parfois apparaît aussi une nouveauté, comme des pattes très raccourcies sur un agneau, et cette nouveauté se transmet aux descendants. Darwin tient là la première grande idée de sa théorie.

La seconde lui est également inspirée par le travail des éleveurs : pour obtenir des races correspondant à leurs besoins, ils choisissent les bêtes ou les plantes qui pourront se reproduire, et laissent les autres sans descendance. C'est la sélection artificielle. Et s'il y avait le même genre de sélection dans la nature ?

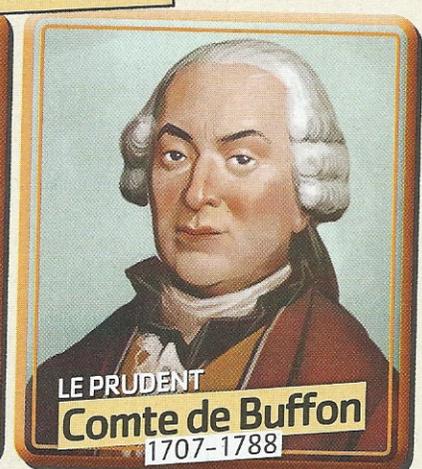
Darwin a une révélation en lisant les écrits de l'économiste Thomas Malthus, qui explique que sans contrainte (famine, guerre, épidémie...) une population humaine croît beaucoup plus vite que les ressources pour la nourrir. Darwin transpose alors l'idée aux plantes et aux animaux, en proposant que ce qui empêche une espèce végétale ou animale de pulluler de façon déraisonnable, c'est qu'à chaque génération beaucoup d'individus ne peuvent pas se reproduire. Soit parce qu'ils sont morts avant, soit ///

Les prédécesseurs de Darwin



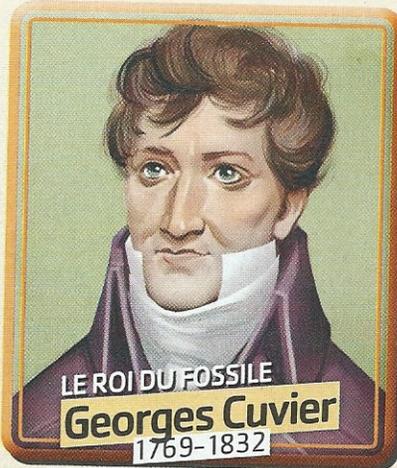
LE CLASSIFICATEUR
Carl von Linné
1707-1778

Il est convaincu que les espèces n'ont pas changé depuis que Dieu les a créées. Pour montrer la perfection de la Création, il classe en catégories et sous-catégories quelque 9 000 espèces sur les 70 000 alors connues... Il finit par accepter que les espèces originelles aient pu parfois se modifier, mais juste par croisement des unes avec les autres. Quoi qu'il en soit, sa classification, en pointant des ressemblances (il a classé homme et chimpanzé dans le même genre), mettra la puce à l'oreille d'autres savants sur les liens de parenté qui peuvent exister entre espèces.



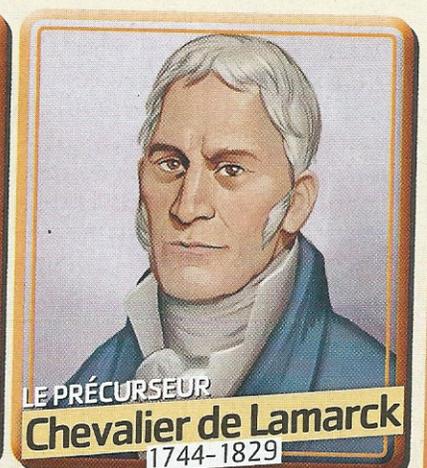
LE PRUDENT
Comte de Buffon
1707-1788

Pour lui, la Terre est bien plus vieille que ne le prétend la Bible. Il envisage que des climats différents puissent faire apparaître des races ou des variétés au sein d'une espèce. Envisage-t-il pour autant que les espèces évoluent ? Les historiens en débattent : il développe cette hypothèse dans un texte, en supposant que l'âne puisse être le résultat d'une lente dérive du cheval (espèce parfaite créée par Dieu) causée par le climat, la nourriture... mais il la démolit dans la foulée ! Par conviction ou pour éviter la censure ? Mystère.



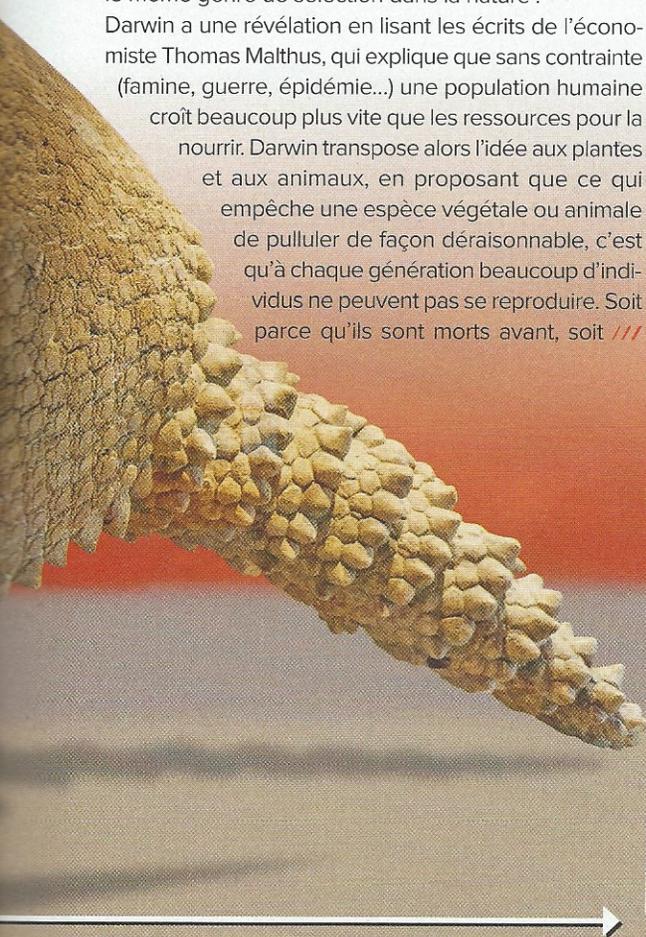
LE ROI DU FOSSILE
Georges Cuvier
1769-1832

Il pense que les espèces ne se transforment pas. La preuve : les antiques ibis momifiés trouvés en Égypte sont identiques à l'espèce actuelle. Pour lui, la Terre n'est pas vieille, son relief a été forgé par des catastrophes qui ont par exemple soulevé des montagnes... et éliminé des espèces. D'où ces fossiles d'animaux inconnus. Il montre que certaines parties du corps vont de pair avec d'autres et devient ainsi expert pour identifier les fossiles. Paradoxe : ses travaux feront progresser le « transformisme » qu'il combat.



LE PRÉCURSEUR
Chevalier de Lamarck
1744-1829

Il ose affirmer que les espèces se transforment lentement. Mais ce pionnier se trompe sur le mécanisme. Dans sa vision, la girafe a hérité d'un long cou parce que, pendant des milliers de générations, ses lointains ancêtres ont tiré dessus pour atteindre des feuilles toujours plus haut perchées. L'effort allongait légèrement ce cou, transformation qui se serait transmise par hérédité. Selon lui, les premières formes de vie ont été créées par la nature à partir de matière inanimée, puis les espèces sont devenues de plus en plus complexes.



pour d'autres raisons. Ainsi, animaux et végétaux sont confrontés en permanence à une sorte de lutte pour continuer d'exister et pouvoir se reproduire, et seul les mieux adaptés aux conditions dans lesquelles ils vivent s'en sortent. Ceux qui héritent d'une nouveauté avantageuse (un plumage qui permet de mieux se camoufler, par exemple) survivent mieux et se reproduisent plus. Au fil des générations, ce caractère se répand dans la population. Jusqu'à former une nouvelle espèce qui sera stable tant que les conditions (climat, prédateurs, etc.) ne changeront pas.

Il n'y a pas de « grand projet » dont l'homme est la finalité

C'est donc la nature – avec ses variations climatiques, la nourriture disponible ou pas, les espèces concurrentes ou prédatrices – qui joue les sélectionneurs. Voilà pourquoi, par analogie avec la sélection artificielle pratiquée par les éleveurs, Darwin choisit de nommer le mécanisme responsable de l'évolution des espèces « sélection naturelle ».

Des espèces qui se transforment, qui descendent toutes du même ancêtre commun : voilà qui n'est pas facile à digérer. D'autant que si Darwin évite de parler de l'homme, l'idée que l'humanité partage un proche ancêtre avec le singe est sous-entendue. Aïe ! Ça fait mal à l'ego humain et à ses croyances religieuses. Le principe de sélection naturelle contredit aussi l'existence d'un « grand projet divin » visant à fabriquer des créatures de plus en plus parfaites, dont l'homme aurait été l'aboutissement. Nous ne sommes que le produit du hasard, c'est-à-dire de l'apparition (ou non) de nouveautés, et des contraintes de notre milieu qui favorisent la propagation de certaines d'entre elles. Re-aïe !

Darwin défendra sa théorie dans de nouveaux livres, mais il manquera de billes pour développer deux points importants : d'abord, il ne sait pas expliquer la transmission des caractères héréditaires. On pense alors qu'un homme grand et une femme petite ont des enfants de taille moyenne ; même si l'on voit bien que ça ne marche pas toujours, loin de là. Autre problème : l'origine des variations qui causent la diversité au sein des espèces.

Les réponses viendront, non sans mal, d'une nouvelle discipline : la génétique. En 1885, le microscope révèle les **chromosomes** dont on comprend qu'ils ont un rôle clé dans l'hérédité. En 1900, trois biologistes redécouvrent ce qu'avait déjà pointé Gregor Mendel en 1865 en croisant des plants de pois verts ou jaunes, à cosses ridées ou lisses : il y a des caractères héréditaires dits dominants qui s'expriment d'office quand ils sont transmis, alors que d'autres peuvent rester muets sur plusieurs générations. Et l'ensemble obéit à des lois statistiques.

L'un de ces trois biologistes, Hugo de Vries, prouve aussi en travaillant sur des plantes que des caractères nouveaux, qui n'existaient pas dans les générations précédentes, peuvent apparaître. Il les nomme « mutations ». Puis, on découvre en étudiant les mouches qu'à des caractères héréditaires précis correspondent des endroits précis sur les chromosomes. Il y a donc dans le chromosome des entités physiques (dont on découvrira plus tard qu'il s'agit de bouts d'**ADN**) responsables de la transmission de chaque caractère (la couleur de l'œil de la mouche, la longueur de l'aile...). On décide de nommer ces entités « gènes ». Et de baptiser les variantes d'un même gène (rendant par exemple

ZOOM

les **chromosomes** sont de longues pelotes, faites de protéines et d'**ADN**, (voir p. 56) nichées au cœur de chaque cellule d'un individu. Ils contiennent son patrimoine génétique, hérité pour moitié de chacun de ses parents.

▼ Un *G fortis* mâle à gros bec. Les femelles et les jeunes arborent pour leur part un plumage plus clair.



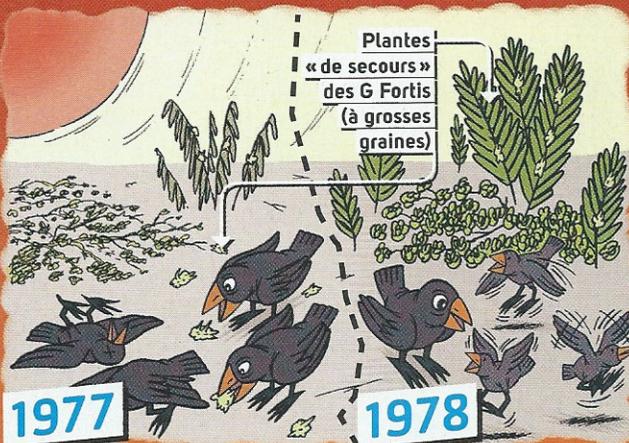
LA SÉLECTION NATURELLE, EN DIRECT ET EN ACCÉLÉRÉ

Les chercheurs britanniques Peter et Rosemary Grant ont observé pendant quarante ans les « pinsons » de la minuscule île volcanique des Galápagos, Daphne Major.

Ils ont surtout suivi l'espèce *Geospiza fortis* (ou *G fortis*). Année après année, les Grant ont pisté les piafs, les ont bagués, pesés, leur ont prélevé du sang, dénombré leurs



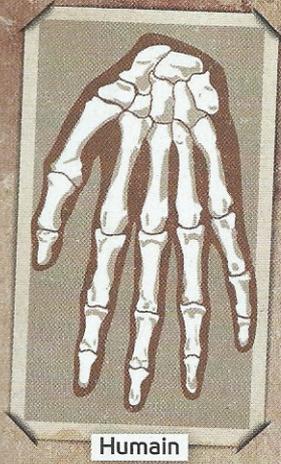
Sur l'île de Daphne major, les *G fortis* n'ont quasiment pas de prédateurs, ni de concurrents. Ils se nourrissent de petites graines issues de plantes au ras du sol. Parmi eux, quelques-uns ont un bec plus épais que les autres.



Une énorme sécheresse ravage la végétation. Très vite, il y a pénurie de petites graines. Des graines plus grosses et plus dures sont disponibles, mais parmi les *G fortis*, seuls ceux dotés de gros becs peuvent les casser pour les manger. Résultat : 85 % des *G fortis* périssent. Chez les survivants, les gros becs, jusqu'à minoritaires, deviennent majoritaires. Cette caractéristique physique « gros bec » est fortement héréditaire, pour preuve les oisillons de la génération suivante ont en moyenne un plus gros bec, qu'ils transmettront à leur tour. Les *G fortis* ont donc évolué.



L'île connaît une année chaude et pluvieuse qui transforme la végétation : des plantes à graines minuscules prolifèrent au détriment des préférées (à petites graines) et de celles de « secours » (à grosses graines) que mangent d'habitude les *G fortis*.



Humain



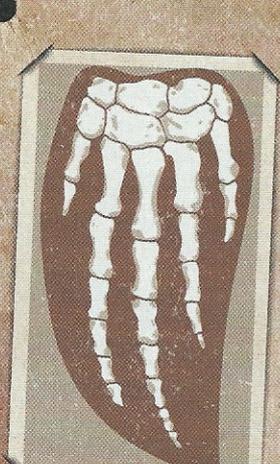
Orang-outan



Chien



Phoque



Dauphin

UNE THÉORIE BIEN EN MAIN!

Comment expliquer que la nageoire du dauphin ou du phoque ressemble à ce point à la patte du chien ou à une main de primate, si ce n'est en concédant

que tous ces mammifères descendent d'un ancêtre commun qui lui aussi avait une patte divisée en 5 doigts ? C'est ce que se dira Darwin.

l'œil de la mouche rouge ou blanc) « allèles ». On sait maintenant comment se transmettent les caractères héréditaires, et aussi quelle est l'origine des variations pouvant expliquer la diversité des espèces. Une aubaine pour la théorie de Darwin ? Pas tout à fait, car si, en ce début de XX^e siècle, la partie « transformation des espèces » est globalement bien acceptée, la partie « grâce à la sélection naturelle » prend l'eau. Les généticiens sont alors pour la plupart convaincus que les mutations et leur capacité de créer des individus nouveaux sont les seuls moteurs de l'évolution, indépendamment de la lutte pour la vie. Il faudra attendre

le développement de la génétique des populations pour réhabiliter la sélection naturelle. Cette nouvelle discipline, qui étudie à l'aide de modèles statistiques et d'équations complexes la façon dont se propagent les allèles d'un gène dans de grandes populations, confirme que les mutations ne suffisent pas ! Il faut aussi que la sélection naturelle fasse du tri. Dès les années 1940, on peut ainsi reformuler la théorie de l'évolution en y incorporant les résultats de la génétique, mais aussi des données venues de la paléontologie. La nouvelle mouture est baptisée « théorie synthétique de l'évolution ». La découverte du rôle de l'ADN, de sa structure en double hélice en 1953 et de la façon dont y sont codées les informations génétiques (voir p. 56) est venue la conforter. Si bien qu'aujourd'hui, plus aucun scientifique sérieux ne remet en doute les grandes lignes de la théorie de l'évolution. Tout au plus chipote-t-on sur des détails. ▀

descendants, noté les changements alimentaires. Et, surtout, ils ont mesuré longueur, largeur et épaisseur de leurs becs, qui variaient

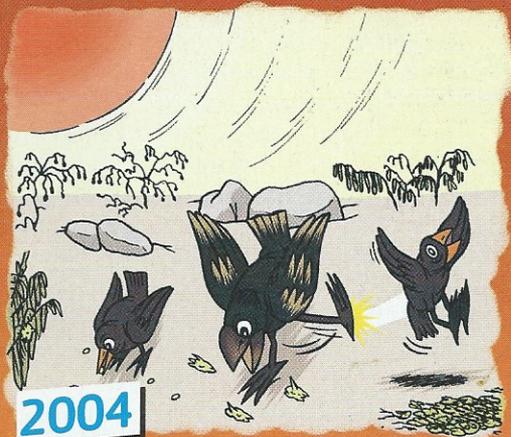
beaucoup. Ils ont ainsi vu l'évolution en action, car sur une petite île, soumise à de fortes variations climatiques, la sélection naturelle agit de façon plus visible et plus rapide.



Si bien qu'en 1985, quand survient une petite sécheresse, les graines disponibles sont pour la plupart trop minuscules pour les *G. fortis* à gros bec. Leurs semblables ayant gardé un bec plus fin survivent mieux... et se reproduisent plus. À la même époque, quelques oiseaux d'une nouvelle espèce débarquent d'une île voisine : les *Geospiza magnirostris*, plus gros, et ayant le bec le plus large et le plus épais de tous les pinsons de l'archipel.



La population de *G. magnirostris* s'agrandit au fil des générations, tandis que celle des *G. fortis* présente toujours une majorité de becs fins depuis la sécheresse survenue en 1985.



Sécheresse du même acabit qu'en 1977. Les graines préférées des *G. fortis* manquent à nouveau. Mais cette fois, la sélection naturelle ne va pas favoriser les *G. fortis* à « gros bec ». Car les *G. Magnirostris* font main basse sur les grosses graines disponibles. Au final, 90 % des *G. fortis* mourront, laissant dans les 10 % restant essentiellement des becs fins. Ils sont encore majoritaires aujourd'hui.