

LE BAL DES ESPECES - 51'15

TC 10 00 00

Générique.

TC 10 00 05

Voix-off féminine : Au commencement, Dieu créa le ciel, la mer et les continents, puis les plantes et les animaux, petits et grands, selon leurs espèces. Le sixième jour, il créa l'homme. Homme et femme à son image, il les créa. Dieu les bénit et dit : « remplissez la terre et dominez-la ».

TC 10 00 31

Musique.

TC10 00 52

Voix-off féminine : Toutes les religions ou toutes les civilisations racontent le régime de la vie et des hommes. De manière générale, un ou plusieurs dieux créateurs vont faire le monde vivant et ce monde ne changera plus.

TC 10 01 05

Musique.

TC 10 01 17

Voix off féminine : La science occidentale a proposé une vision différente des choses. Les espèces entrent dans la danse. Toutes ont un certain temps et disparaissent toutes, tour à tour, quittant la piste. C'est le bal des espèces. André Langaney va nous dévoiler un peu de ce qu'on sait maintenant de l'évolution et de notre place dans ce bal.

TC 10 01 43

André Langaney : Jules César Vanini est mort sur la place publique à Toulouse, brûlé vif après avoir été strangulé et qu'on lui ait coupé la langue, pour avoir annoncé au début du 17^{ème} siècle que l'homme était issu du singe. Après, bien des chercheurs ont commencé à penser que les espèces vivantes se transformaient. Il faut bien sûr citer Buffon avec l'âne et le cheval, mais c'est surtout Lamarck qui plus tard proposera une transformation générale des espèces vivantes. Dès 1800, dans l'introduction à son cours au Muséum d'histoire naturelle, Lamarck propose que l'ensemble des espèces vivantes ait eu une origine commune à partir des formes de vie les plus simples. Et Lamarck suppose que l'adaptation des espèces à leur milieu par des voies qu'il est bien en peine de préciser, a permis de faire apparaître les nouveaux groupes d'espèces et les nouvelles espèces. Il propose que l'homme, lui-même, soit l'issue de toute une évolution animale qui l'aurait précédé à partir des formes de vie les plus simples, en passant progressivement au plus compliqué.

TC 10 02 53

Musique.

TC 10 03 04

André Langaney : Les propositions de Lamarck sont révolutionnaires parce qu'elles en finissent avec le fixisme, elles proposent que les espèces transforment, ce qui est la base de la théorie de l'évolution. Mais, c'est une théorie de la l'évolution qui va vers l'homme, l'homme en est l'aboutissement, on est toujours en plein finalisme.

TC 10 03 20

Voix off féminine : La transformation progressive des espèces, annoncée il y a 200 ans, est toujours un sujet d'études. On crée même des arbres généalogiques à partir des fossiles. Vous allez voir qu'avec

Pascal Tassy, la reconstitution de l'histoire d'une espèce semble un jeu éléphantin.

TC 10 03 38

Pascal Tassy : Ce, ce premier crin qui a entre 30 et 40 millions d'années, à première vue n'a, n'a rien d'éléphantin. Il est allongé, il est bas, les fosses nasales, ici, sont à l'avant du museau, ne sont pas reculées au niveau des orbites qui sont ici, vous voyez. Et donc le fait d'avoir des fosses nasales avancées est un trait primitif et qui est lié à une morphologie peu spécialisée. On peut dire que il n'y a pas de trompe chez cet animal.

TC 10 04 05

Musique.

TC 10 04 09

Pascal Tassy : Cet animal-là justement a déjà acquis d'autres caractères éléphantins et à partir de cette forme qui est un paléomastodonte on peut envisager donc cette évolution éléphantine. Le museau est allongé et les fosses nasales sont reculées... jusqu'à cet endroit-là, qui est au-dessus des orbites. Autrement dit, là nous, nous avons l'ébauche de la trompe éléphantine, assortie d'incisives à croissance continue qui sont donc des défenses, quoi que petites, deux sur la mâchoire supérieure et deux sur la mâchoire inférieure.

TC 10 04 44

Musique.

TC 10 04 57

Pascal Tassy : Alors, je saute des millions et des millions d'années et j'arrive vers ce, ce fossile qui a 2 millions d'années et qui est déjà un, un véritable éléphant, hein. Ça c'est un... un animal du genre de

l'éléphant d'Asie, le (léface ?), le crâne est beaucoup plus court, beaucoup plus haut. Les fosses nasales qui sont ici sont... reculées au niveau des orbites, hein, les yeux se, se placent là. Vous avez ici les alvéoles pour les, les grandes défenses. Ces bosses correspondent aux bosses que l'on voit chez l'éléphant d'Asie d'aujourd'hui. Bref, ça c'est un, un vrai crâne d'éléphant.

TC 10 05 31

Musique.

TC 10 05 43

Pascal Tassy : La cladistique est la science des arbres généalogiques tel celui de l'éléphant, qui montre qu'en fait l'évolution n'est pas une flèche orientée vers les espèces actuelles, mais qui est un buissonnement de différentes lignées. Les toutes premières, très anciennes, avec... cet animal qui vivait il y a... près de 60 millions d'années et deux lignées parmi toutes ces lignées persistent encore dans la nature actuelle, il s'agit de l'éléphant d'Afrique et de l'éléphant d'Asie.

TC 10 06 07

Musique.

TC 10 06 10

Voix-off féminine : Bon, reprenons notre histoire.

TC 10 06 13

André Langaney : Si Jean Lamarck est indiscutablement l'auteur de la première théorie synthétique de l'évolution avant même la naissance de Charles Darwin, l'apport de Charles Darwin lui-même est considérable dans la théorie de l'évolution. D'abord parce qu'il a proposé un mécanisme qui n'existait pas dans Lamarck, à savoir le

LE BAL DES ESPECES

mécanisme de la sélection naturelle. Cela consiste tout simplement à dire que transmettre leurs caractères, ceux qui d'une part survivent et d'autre part, ceux qui se reproduisent plus que les autres transmettent plus leurs caractères que ceux qui se reproduisent moins.

TC 10 06 41

Musique.

TC 10 06 49

André Langaney : La sélection naturelle, c'est la grande voix d'un monde vivant. Elle permet d'interpréter beaucoup de choses, mais pas tout, c'est ce que l'on a découvert récemment et d'autre part, elle connaît des modalités variables, en particulier en fonction des activités sexuelles des animaux qui peuvent prêter parfois d'autres formes de sélection.

TC 10 07 08

Bruit de l'eau.

TC 10 07 14

Franck Cézilly : Chez beaucoup d'espèces qui ont une reproduction sexuée, on observe un phénomène de dimorphisme sexuelle, c'est-à-dire que les mâles et les femelles sont différents dans leur forme, dans leur apparence. On le voit par exemple ici, c'est une espèce de poisson d'eau douce, xiphophorus, les mâles ont une nageoire caudale extrêmement allongée, un peu extravagante, alors que ce même caractère n'existe pas chez les femelles. On peut se demander comment un tel caractère peut évoluer.

TC 10 07 41

Musique.

TC 10 07 46

Voix-off féminine : En digne héritier de Darwin, le biologiste Franck Cézilly nous invite à découvrir les comportements sexuels de nos amis les bêtes. Du déjà vu et... du jamais vu.

TC 10 07 58

Franck Cézilly : La théorie de la sélection naturelle que Darwin avait proposé initialement ne peut pas expliquer un tel caractère. Si ces caractères étaient intéressants pour la survie des individus, ils devraient être présents chez les mâles et chez les femelles. Or, ce n'est pas le cas. Prenons un exemple très simple, le bois des cerfs. Chez les cerfs, seuls les mâles ont des bois, les femelles n'en ont pas. Darwin explique ce phénomène par le fait que ces bois sont utiles aux mâles dans la compétition entre eux pour avoir accès aux femelles, aux partenaires reproducteurs. C'est ce que Darwin appelle la sélection intra-sexuelle, première composante de la sélection sexuelle.

TC 10 08 35

Musique.

TC 10 09 21

Franck Cézilly : La seconde composante de la sélection sexuelle, c'est la sélection inter-sexuelle. Dans ce cas, le moteur de l'évolution des caractères des mâles, ça va être non pas la compétition entre les mâles, mais la préférence des femelles, la préférence des femelles vis-à-vis de certains caractères des mâles. Comme c'est le cas ici, par exemple, chez ces diamants mandarins. On voit, quand on regarde ces mâles et ces femelles qu'ils ont des caractères différents. En effet, le mâle ici a des joues orangées qui sont absentes chez les femelles, il a des zébrures sur le cou qui sont aussi absentes chez les femelles et il a un bec qui est d'un rouge plus prononcé que celui des femelles. Eh bien, ces caractères, ils ont évolué sous l'effet de la préférence des femelles. Alors pourquoi les femelles préfèrent ces caractères ? Il y a plusieurs

LE BAL DES ESPECES

possibilités. La première, c'est qu'en fait elle ont un choix qui est tout à fait intéressé parce que ces caractères signalent la qualité des mâles. C'est-à-dire par exemple que les joues rouges ou le bec rouge, eh bien, ils vont signaler simplement que le mâle est de bonne qualité et capable de ramener, par exemple, de la nourriture. Parce que pour avoir un tel caractère, il faut toutes les (..... ?) on trouve de la nourriture. Les mâles qui ont ce caractère sont des mâles qui, par ailleurs, sont en bonne santé et ont une résistance aux pathogènes, aux parasites et ces gènes qui confèrent une résistance et des pathogènes et des parasites pourront être transmis à la progéniture de la femelle. La femelle obtient donc des bénéfices indirects à travers le choix qu'elle opère.

TC 10 10 47

Franck Cézilly : Une autre possibilité, c'est que la préférence des femelles n'apparaisse pas après le trait des mâle, mais au contraire précède le trait des mâles. C'est ce que l'on appelle l'hypothèse d'exploitation sensorielle. Et on va essayer de voir qu'elle peut être cette hypothèse à partir d'expérience qu'a fait Nancy Burley, récemment, sur ces mêmes diamants mandarins. Eh bien, ce qu'a fait Nancy Burley, c'est quelque chose de très simple, elle a introduit, elle-même, un nouveau caractère, comme on va le voir ici chez un mâle. Voilà un mâle qui a une petite crête blanche, alors que dans la nature, les diamants mandarins n'ont pas de crête blanche et on pourrait penser que les femelles ne présentent aucun intérêt pour ce genre d'ornement.

TC 10 11 29

Franck Cézilly : Eh bien en fait, les femelles se mettent à préférer les mâles qui ont ce caractère.

TC 10 11 37

Franck Cézilly : Et les mâles peuvent donc exploiter cette préférence qui existe chez les femelle et si un mâle avait aujourd'hui une mutation

qui lui conférerait cette plume blanche sur la tête, eh bien ce mâle aurait beaucoup de succès auprès des femelles et très certainement cette mutation génétique se répandrait très rapidement dans la population.

TC 10 11 54

Musique.

TC 10 12 02

Franck Cézilly : Pourquoi c'est important pour l'évolution des espèces ? Ça signifie simplement qu'il existe un réservoir important au sein des espèces pour l'évolution future de traits chez les mâles, éventuellement si un tel phénomène se produit dans une population mais pas dans une autre, eh bien, l'espèce concernée pourrait alors diverger vers deux espèces différentes. C'est un exemple de spéciation à partir d'un biais sensoriel chez les femelles.

TC 10 12 26

André Langaney : Finalement, le grand apport de Charles Darwin aura été d'avoir été le premier à oser dire qu'apparemment la vie n'avait pas de projet que les lois de la sélection naturelle permettait aux espèces d'apparaître, de disparaître, de se transformer au cours du temps et ceci sans qu'il y ait un plan pré-établi.

TC 10 12 42

Musique.

TC 10 12 50

H : Avec les sélections naturelles, Darwin propose un mécanisme pour la transformation des espèces. Mais, c'est un mécanisme aveugle puisqu'il ne comprend pas comment les caractères qui vont se transformer se transmettent de génération en génération, des parents

aux enfants. Ce sont les découvertes de la génétique par un contemporain de Darwin, Mendel, qui vont enfin permettre de comprendre cette transmission.

TC 10 13 17

François Jacob : La génétique a été l'une des spécialités du siècle, elle a commencé au début du siècle et elle s'est prolongée pendant toute la durée de ce siècle. Ce qu'avait trouvé Mendel c'est que ce qu'on regarde chez les individus, les caractères, sont déterminés par des facteurs cachés dans la cellule et qu'on a appelé les gènes. Et la recherche de ce qu'est un gène, de comment il fonctionne, à quoi il sert, a fonctionné pendant tout le siècle et ce qu'on a très vite constaté c'est que la sexualité, le fait que pour se faire un, un individu, il faut se mettre à deux pour faire un troisième... sert à ce que chacun des individus fabriqués, sauf les frères jumeaux, soit différent des uns des autres. Nous sommes tous différents, nous sommes des milliards sur cette terre, chacun est différent des autres.

TC 10 14 03

Musique.

TC 10 14 06

François Jacob : Alors tant qu'on a travaillé sur des organismes compliqués, sur des, des animaux ou des plantes, il était très difficile de comprendre ce qu'était un gène et comment il fonctionnait. On a pu le comprendre au milieu du siècle quand on s'est adressé à des bactéries qui ont des propriétés beaucoup plus simples que, que les (..... ?) supérieurs. Et là est née ce qu'on a appelé la biologie moléculaire, c'est-à-dire une biologie qui essaie d'expliquer les propriétés extraordinaires des êtres vivants, pour lesquels on a longtemps invoqué une force vitale, essayer d'expliquer ces propriétés par la structure des molécules qui les composent et les interactions de ces molécules et c'est comme ça qu'on a trouvé l'acide

désoxyribonucléique et les protéines qui assurent les fonctionnements des êtres vivants.

TC 10 14 44

Musique.

TC 10 14 50

Voix-off féminine : La génétique, on en parle donc depuis un siècle. N'empêche qu'une petite révision pourrait nous clarifier les idées. Vous allez voir, ce n'est pas si difficile que ça.

TC 10 14 59

Musique.

TC 10 15 03

Voix-off féminine : Tout organisme vivant est constitué de cellules. Dans le noyau de chaque cellule, on trouve les chromosomes. Chaque espèce possède un nombre défini de chromosomes, 46 pour les humains et les pommes de terre, par exemple. Lors de la fécondation, chaque parent apporte 23 chromosomes qui se recombinent en 23 nouvelles paires.

TC 10 15 26

Musique.

TC 10 15 31

Voix-off féminine : Celles-ci se retrouvent au sein d'une cellule : l'œuf qui se divisera pour donner les milliards de cellule qui forment l'individu.

TC 10 15 40

LE BAL DES ESPECES

Musique.

TC 10 15 46

Voix-off féminine : Les chromosomes sont les supports des gènes. Les chromosomes d'une même paire portent des gènes correspondants. Ces doubles sont les deux allèles. Chaque paire de gène est composée d'un allèle paternel et d'un allèle maternel. Mais l'un d'un peut être dominant. Un exemple connu, bien qu'il y ait des exceptions, est un gène de la couleur des yeux. Il peut comporter un allèle yeux bleus et un allèle yeux bruns. Seul l'allèle dominant, ici yeux bruns, s'exprime chez l'individu qui possède les deux. Mais, ce dernier peut transmettre également à sa descendance, l'allèle yeux bleus. Si l'autre parent en fait autant leur enfant peut avoir les yeux bleus avec des parents aux yeux bruns. 30 000 gènes environ, souvent avec beaucoup d'allèles constituent le génome humain. Cela fait plusieurs milliards de combinaisons. Donc, de génération en génération, les individus transmettent au hasard leur précieux patrimoine génétique à leurs descendants. Simple ! Mais on peut aussi envisager cette hérédité d'une toute autre et bien surprenante manière.

TC 10 16 54

Musique.

TC 10 16 56

Pierre Henri ? : L'hérédité, c'est un processus qui est pas récent, c'est aléatoire. On a chacun reçu, pour chaque gène, un exemplaire de son père et un exemplaire de sa mère. Et quand on fait un descendant, eh bien ce qu'on fait c'est que on va, dans ce descendant, mettre l'un ou l'autre des deux exemplaires, celui qu'on a reçu de son père et celui qu'on a reçu de sa mère. Ça, c'est un premier élément aléatoire. Quand on réfléchit à l'évolution, on doit regarder ça à l'échelle d'une population. Ça fait que c'est encore plus compliqué parce que non seulement il y a cet aléatoire à l'échelle de chaque descendant produit, mais il y a aussi le fait que certains individus font beaucoup de

descendants, que d'autres en font peu, que d'autres enfin n'en font pas du tout. Et tout ça crée encore un aléatoire supplémentaire. La première conséquence c'est que comme chaque génération constitue un tirage au hasard des gènes de la génération précédente, eh bien, ça va créer des fluctuations, des proportions des différentes formes des gènes. Par exemple, un gène qui fait la couleur des yeux, bleu ou brun, eh bien, si jamais on laissait une population complètement isolée pendant très longtemps, eh bien on verrait que les proportions d'yeux bleus et d'yeux bruns, varient au hasard et finissent par tomber sur la paire de l'un ou l'autre. On l'a pas fait sur des humains, mais on l'a fait sur des petites mouches et ça marche très bien.

TC 10 18 00

Musique.

TC 10 18 06

Pierre Henri : C'est-à-dire qu'en fait ce processus est un processus homogénéisant a priori.

TC 10 18 09

Musique.

TC 10 18 13

H : Ce qui va empêcher cette homogénéisation, c'est deux choses, d'une part la mutation qui elle aussi aléatoirement va de temps en temps transformer un gène et refabriquer une nouvelle forme et d'autre part, un processus qui est pas de l'ordre de l'aléatoire, lui au départ, qui est la sélection qui va être que certains individus se reproduisent, ou survivent mieux que les autres.

TC 10 18 29

Musique.

LE BAL DES ESPECES

TC 10 18 35

Pierre Henri : Cette sélection va en fait influencer dont l'aléatoire fonctionne, c'est-à-dire que... bien entendu, il y en a qui se reproduisent plus que d'autres, il y en a plein pour lesquels c'est du hasard, mais globalement, quand on a un certain génome type eh bien on a plus de chance de se reproduire plus que d'autres. Et le résultat de cette sélection, ça va être que progressivement ne vont être conservés que les gènes qui fabriquent des individus qui les reproduisent bien. Une fois qu'on a bien compris ça, on a une autre perspective sur l'évolution. Jusque-là, on voyait l'évolution comme l'histoire d'individus qui se reproduisaient grâce à des gènes en quelque sorte et en fait, depuis quelques temps, on a complètement renversé la logique. On s'est rendu que ce qui se reproduit c'est les gènes, au cours du temps, et que les individus ne sont que la manière par laquelle les gènes se reproduisent, que les individus ne sont que des artifices inventés par les gènes pour se reproduire et que c'est seulement les gènes qui fabriquaient les individus qui les reproduisaient bien qui sont encore là aujourd'hui.

TC 10 19 24

Musique.

TC 10 19 59

Voix-off féminine : Dans l'océan Antarctique, les invertébrés marins présentent un plus grand nombre d'espèces que dans les mers tempérées. Qu'est-ce que ça veut dire ? Ça veut dire que des populations ont évolué chacune de leur côté, au point de ne plus pouvoir se reproduire entre elles. On a alors des espèces différentes. Un généticien et un paléontologue ont fait l'hypothèse qu'il y a un rapport entre cette variété des espèces marines et leur mode de reproduction qui est très particulier en Antarctique. Les voilà partis explorer les mers du sud pour vérifier leur hypothèse. Une recherche qui, comme vous allez le voir, ne manque pas de piquants.

LE BAL DES ESPECES

TC 10 20 40

H : Chez la plupart des invertébrés marins, les spermatozoïdes et les ovules sont relâchés dans l'eau de mer et il y a fécondation externe. Cette fécondation externe donne d'abord un œuf qui va se transformer en petite larve. Cette petite larve va passer plusieurs jours, voire plusieurs semaines dans le plancton, elle va dériver un peu au cours des courants et donc on va avoir une dispersion importante d'une génération à l'autre. C'est-à-dire que la distance qui sépare la génération maternelle de ses enfants peut représenter plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de kilomètres, dans certains cas.

TC 10 21 09

Bruit de la mer.

TC 10 21 16

H : Alors en Antarctique, eh bien, en Antarctique les invertébrés marins ont une reproduction particulière, en ce sens qu'ils protègent leurs œufs et les embryons qui en sont d'issus, dans des poches, un peu à la manière des kangourous. On dit qu'ils incubent.

TC 10 21 30

H : Lorsque vient le moment qu'ils mènent leur vie libre, les jeunes sont alors relâchés à proximité immédiate de leur mère. Donc, la dispersion d'une génération à la suivante est devenue très faible. Il y aura beaucoup moins d'échanges de gènes entre les populations même distantes de quelques kilomètres, et à ce moment-là on va assister à une différenciation beaucoup plus forte en populations, assez indépendantes les unes des autres, au point qu'elles puissent devenir un jour des espèces distinctes. L'objet de notre étude consiste à observer des oursins antarctiques chez lesquels l'incubation et donc la non-dispersion est dominante, puis l'on compare ces oursins antarctiques à des modèles que l'on prend en mer tempérée où la majorité des oursins possèdent des larves et sont donc potentiellement

capables d'avoir de vastes dispersions. Une première approche est une approche génétique, où l'on va s'intéresser à l'ADN de ces oursins et l'on va essayer de voir dans quelles mesures les ADN sont déjà un peu différenciés d'une génération à l'autre.

TC 10 22 30

H : D'autre part, on va avoir une approche morphologique et on va essayer de la même manière de comprendre s'ils se mettent déjà en place une petite différenciation morphologique entre les oursins dans les différentes populations qu'on aura échantillonnées.

TC 10 22 44

Voix-off féminine : Après l'exploration, l'explication.

TC 10 22 46

H : La tectonique des plaques qui s'est produite entre l'Antarctique et l'Australie nous aide à mieux comprendre ce qui s'est passé.

TC 10 22 53

H : En effet... si on se souvient que l'Antarctique et l'Australie étaient accolées à une époque, puis l'Australie est montée vers le nord pendant que l'Antarctique descendait vers le sud pour prendre sa position polaire actuelle.

TC 10 23 08

Musique.

TC 10 23 15

H : A ce moment-là, les faunes qui étaient de part et d'autre de ce continent, étaient les mêmes. A l'origine, on a deux faunes sœurs et

elles ont évolué chacune pour leur compte en fonction de l'histoire de ces... de ces plaques justement.

TC 10 23 29

Voix-off féminine : Ainsi, ces deux faunes séparées géographiquement ont évolué chacune à sa manière. L'une aboutissant à peu de diversités, l'autre en se différenciant en une multitude d'espèces.

TC 10 23 40

Musique.

TC 10 24 28

Voix-off féminine : L'information génétique est constituée par la succession de petits éléments, représentés ici par les barreaux de la célèbre double hélice d'acide désoxyribonucléique, l'ADN. Chaque gène est un segment de la molécule d'ADN. Au moment du grand brassage génétique de la reproduction, l'hélice d'ADN se casse par le milieu. Ces deux montants se dissocient et deux hélices nouvelles se reconstituent. La plupart du temps, pas de problème car les briques qui portent les informations se succèdent dans un ordre très précis, très défini dans chacun des gènes. Mais, la reconstitution n'est pas toujours parfaite. Une information peut être réincorporée anormalement, modifiant au hasard la succession des informations génétiques et ainsi une mutation apparaîtra. Souvent, ces mutations sont sans conséquence pour l'individu ou pour l'espèce. Mais, certaines mutations peuvent être transmises aux descendants et avoir des effets majeurs sur l'évolution.

TC 10 25 28

Musique.

TC 10 25 35

LE BAL DES ESPECES

Voix-off féminine : Tout dépend des mœurs sexuelles et conjugales des populations. Comme nous l'avons déjà compris pour les oursins, plus les populations sont stables, plus les mutations se fixent rapidement, à plus forte raison si lesdites mutations offrent des avantages reproducteurs aux mâles ou aux femelles.

TC 10 25 51

Eau.

TC 10 26 00

André Langaney : Charles Darwin, comme Lamarck et Leibniz, pensait que la nature ne faisait pas de saut. L'évolution devait être quelque chose de continue, graduelle. Mais voilà que depuis quelques années, un certain nombre de généticiens de Bâle et de Genève nous proposent des idées très différentes. Ils ont découvert des gènes qui changent tout dans un organisme et qui peuvent faire apparaître ou disparaître des organes, qui peuvent modifier complètement le plan de cet organisme. Somme toute, ils trouvent les monstres prometteurs qu'un embryologiste des années 40, Goldsmith avait proposé. Alors, il s'agit d'en savoir plus parce que l'évolution n'est pas ce que les néo-darwiniens pensaient, c'est un processus dans lequel il y a des sauts, il y a des ruptures.

TC 10 26 39

Musique.

TC 10 27 05

Denis Duboule : Donc, mon laboratoire s'intéresse à la génétique moléculaire de développement. Qu'est-ce que c'est ? C'est l'étude des gènes qui contrôlent notre développement. Le développement des... individus, comme vous pouvez le voir, il est pareil au sein d'une espèce. Tous les hommes se développent de la même façon, c'est pour ça qu'on... tous les hommes se ressemblent, tous les chats se

développent d'une autre même façon, et ce qui fait que cette façon est toujours la même, c'est le contrôle génétique. C'est parce que chacun de nous a un programme complet qui sert, qui nous sert à nous développer. Cela se fait selon un plan qui est fixé dans nos chromosomes, qui est fait par des gènes. Alors, on a à peu près 10, 15, 20 000 gènes dont la fonction est de régler notre développement. Et ce qui nous intéresse ici, c'est d'isoler, d'analyser quels sont les gènes, par exemple qui vont fixer le départ du bras ici et pas là, par exemple qui vont nous mettre deux oreilles ici et pas là, etc., etc., les gènes qui vont construire d'une façon cohérente un individu. Il y a certains gènes dont la fonction, dont le rôle, est de construire les pattes, les bras, les jambes et comment peut-on être sûr de ça, simplifiant en modifiant la fonction de ces gènes, en les détruisant et en voyant que cela a un effet sur la structure qu'ils devraient construire. Alors par exemple, vous avez vu ce qui se passe quand on modifie l'activité d'un gène qui est nécessaire pour fabriquer les doigts. Quand le gène ne fonctionne plus, on a une main qui a les doigts plus courts, plus de doigts, mais plus court. Les petites souris qui ont ses... ses pattes et ses... ses pattes avant et ses pattes arrières raccourcies, on a l'impression qu'elles vivent leur petite vie de souris et qu'elles n'ont pas d'autres problèmes. En fait, c'est faux. Ces souris, elles ont les doigts raccourcis, elles ont des espèces de palmes comme ça, mais elles ont plein d'autres problèmes à l'intérieur, pourquoi ? Parce que, au moment où l'évolution, entre guillemets, a décidé de faire des membres, on n'a pas inventé 10 000, 15 000 nouveaux gènes pour fabriquer des membres. On est allé rechercher dans cette librairie génétique, dans cette collection de gènes, des gènes qui en plus de leur travail pourraient donner un coup de main pour faire des membres. Alors quand on touche, quand on modifie ces gènes, effectivement on voit sur les souris que vous avez vues en bas, qu'il y a un problème dans les doigts, mais elles ont plein d'autres problèmes. Et ça, ça soulève la question importante de la solidarité génétique, de la solidarité entre les gènes.

TC 10 29 45

Denis Duboule : Si l'on considère cette machine comme un être vivant, ce que faisait Jean (Tinglime ?), on peut se demander quelle est la pression de sélection, quelle est la valeur adaptative de cette oscillation, pourquoi ce rythme-là ? De la même façon qu'on peut se demander pourquoi nous avons cinq doigts, pourquoi pas six, pour... pourquoi pas quatre. Mais, en fait, lorsque l'on considère la machine dans sa cohérence, dans son ensemble, on s'aperçoit que ces questions sont... sont de fausses questions, car l'oscillation de cette épée, dépend intégralement du centre de cette machine. Elle est liée à cette machine et c'est donc la logique de cette partie de la machine qui va faire osciller cette épée. Donc, il n'y a pas de raison en soi pour fixer l'amplitude et l'oscillation de cette épée. Alors, inversement, si l'on introduisait une petite modification dans cette machine, ici, eh bien, on risquerait d'avoir un effet sur cette épée, bien que l'on ne la touche pas. Et ça, c'est parce que toutes les parties de cette machine sont solidaires les unes des autres, comme dans un corps humain, comme dans un organisme biologique, dans lequel si l'on introduit une petite mutation sur un gène, on va avoir des effets multiples, des effets pléiotropiques. Cette machine est donc stabilisée par sa cohérence.

TC 10 31 06

Denis Duboule : Alors, comment, pourquoi cette étude du développement... qu'est-ce qui nous intéresse ici, nous fait passer la barrière de l'évolution ? C'est assez simple à comprendre dans le fond, puisque ces mêmes gènes que l'on utilise pour se développer, sont évidemment les cibles que choisit l'évolution pour qu'un animal se développe un peu différemment.

TC 10 31 36

Musique.

TC 10 32 44

André Langaney : Il est vraisemblable que peu de gènes séparent l'homme du chimpanzé. Les gènes du développement contrôlent la

fabrication d'un organisme animal, leur nature importe, mais aussi la durée pendant laquelle ils vont fonctionner. C'est ce qui explique des différences, comme par exemple celle de la forme et du volume du cerveau entre les grands singes et l'homme. L'homme naît prématurément, mais son cerveau va croître très vite après la naissance, beaucoup plus qu'il ne croît dans aucune autre espèce, c'est ce qui donne une certaine particularité que n'ont pas les autres.

TC 10 33 21

Musique.

TC 10 33 45

François Jacob : Alors, il y a quelques dizaines d'années, on pensait que... les, les structures moléculaires qui composaient chaque espèce étaient différentes les unes des autres et on croyait que les... les molécules d'une chèvre étaient complètement différentes des molécules d'une vache ou des molécules d'un escargot. Et ce qu'a montré ce siècle, c'est que c'est pas du tout comme ça que ça se passe, que presque tous les organismes sont faits des mêmes molécules, des mêmes cellules, simplement on en met un peu plus... un peu plus de certaines molécules ici, un peu moins là, et que par conséquent on réassortit les mêmes éléments, et que finalement le monde vivant est fait par des espèces moléculaires qui sont presque toujours les mêmes, qui sont réassorties, qui sont une combinatoire d'éléments. C'est une sorte... le monde vivant est une sorte de mécano.

TC 10 34 34

François Jacob : Longtemps on a comparé le travail de l'évolution au travail d'un ingénieur qui fabriquerait des organismes nouveaux chaque fois. Mais, c'est pas comme ça que fonctionne l'évolution. L'évolution... fonctionne en transformant des organismes qui existent déjà. Elle fabrique du neuf avec du vieux et ça, ça ressemble beaucoup plus à du bricolage qu'à du travail d'ingénieur.

TC 10 34 55

Musique.

TC 10 34 59

André Langaney : Beaucoup d'évolutions d'espèces tiennent à leur rencontre avec un environnement physique ou bien leur rencontre entre elles qui va les contraindre à se transformer d'une manière ou d'une autre pour simplement pouvoir survivre et procréer.

TC 10 35 12

Musique.

TC 10 35 16

Doyle McKey : Une espèce n'évolue pas toute seule. Pour chaque espèce, nous composons un proton, le milieu, c'est les autres espèces animales ou végétales, avec lesquelles elle interagit.

TC 10 35 26

Marie-Charlotte Anstett : Et quand deux espèces évoluent ensemble et interagissent, on appelle ça de la co-évolution. C'est le cas, par exemple, des parasitismes.

TC 10 35 36

Doyle McKey : Et des mutualismes.

TC 10 35 38

Marie-Charlotte Anstett : Le cas le plus simple de co-évolution est la co-évolution gène pour gène où un caractère de l'autre, par exemple, va entraîner une plus grande résistance et le parasite en retour va développer une nouvelle capacité pour parasiter son hôte.

LE BAL DES ESPECES

TC 10 35 56

Doyle McKey : Nous étudions un autre type d'interaction, différent du parasitisme, c'est le mutualisme. Une interaction dans laquelle les deux partenaires tirent un bénéfice net de l'interaction. La, la co-évolution fait évoluer, fait progresser en quelque sorte les écosystèmes. Alors, on peut pas s'imaginer, par exemple, une forêt tropicale sans les mutualismes de dissémination des pollens et de graines qui permettent l'existence de toutes ces espèces d'arbres à très faible densité.

TC 10 36 26

Doyle McKey : Marie-Charlotte a étudié, par exemple, le mutualisme entre le figuier et son pollinisateur.

TC 10 36 32

Marie-Charlotte Anstett : On a environ 800 espèces de figuiers et tous ces arbres sont caractérisés par le fait qu'ils ont une inflorescence de forme spéciale où les fleurs sont enfermées à l'intérieur de la figue. A cause de ça, la pollinisation peut pas être effectuée par le vent ou par des insectes généralistes et seul un petit hyménoptère spécifique est capable de rentrer à l'intérieur de la figue et de polliniser.

TC 10 37 00

Bruits de la nature.

TC 10 37 10

Marie-Charlotte Anstett : L'arbre dépend donc entièrement de son pollinisateur spécifique pour sa reproduction et la production de graines.

TC 10 37 16

Bruits de la nature.

TC 10 37 21

Marie-Charlotte Anstett : De son côté, le pollinisateur ne peut pondre ses œufs qu'à l'intérieur de certaines fleurs femelles du figuier et dépend lui aussi entièrement de son arbre spécifique pour sa reproduction.

TC 10 37 33

Bruits de la nature.

TC 10 37 37

Marie-Charlotte Anstett : On a des arbres qui peuvent être soit mâles, soit femelles. Un insecte a donc le choix entre rentrer dans une figue mâle où il va être capable de pondre, ce qui va assurer sa descendance, mais il va plus pouvoir ressortir. Soit rentrer dans une figue femelle où il va être incapable de pondre, il va pas non plus pouvoir ressortir et donc rentrer dans une figue femelle est nécessaire pour le maintien du cycle et la production de graines, mais complètement contre-sélectionné au niveau de l'insecte, puisque rentrer dans une figue femelle consiste à mourir sans laisser de descendance.

TC 10 38 12

Bruits de la nature.

TC 10 38 19

Marie-Charlotte Anstett : Donc, si par exemple l'insecte trouve la façon de faire le choix entre les figues mâles et les figues femelles, il va aller visiter que des figues mâles et ça peut être la fin... du mutualisme figuier pollinisateur.

TC 10 38 31

Doyle McKey : On voit donc que ces interactions mutualistes ont gardé certains aspects antagonistes et parasitismes à partir desquels ils ont évolué et ce n'est pas simplement une belle histoire d'amour.

TC 10 38 42

Musique.

TC 10 39 15

André Langaney : Guêpes et figuiers, insectes pollinisateurs et fleurs, proies et prédateurs, les espèces n'arrêtent pas d'inter-vivre entre-elles. Et à chaque fois que l'une acquiert une spécialisation, l'autre court après pour répondre à cette spécialisation, que ce soit pour échapper aux prédateurs ou que ce soit pour mieux s'adapter encore à celui avec lequel on coopère dans la nature. Et cette course poursuite est une des grandes lois de la nature.

TC 10 39 41

Musique.

TC 10 39 56

André Langaney : Lorsqu'il y a un semblant de progrès dans l'adaptation c'est un petit peu une fiction qui résulte soit de la compétition, soit de cette course à l'adaptation, mais ailleurs d'autres espèces n'ont pas du tout les mêmes rythmes. Ils ne vont vers aucun perfectionnement.

TC 10 40 10

Musique.

TC 10 40 13

LE BAL DES ESPECES

Voix-off féminine : Donc, dans le bal, ça va, ça vient. Ça rentre, ça sort sans avoir vraiment progressé. Mais combien sommes-nous à rester en piste.

TC 10 40 22

Musique.

TC 10 40 26

Voix-off féminine : Tandis que les paléontologues observent les espèces disparues et fossilisées, des milliers de naturalistes et de biologistes décomptent, étudient et classent les espèces vivantes actuelles. Ils en ont répertorié, tenez-vous bien, 1 450 000. Parmi celles-ci 248 000 espèces de plantes supérieures, 751 000 espèces d'insectes, c'est-à-dire plus de la moitié du total, 281 000 autres espèces animales, dont 4 000 espèces de mammifères seulement.

TC 10 41 01

Musique.

TC 10 41 04

Voix-off féminine : Le nombre total d'espèces pourrait se situer dans une fourchette allant de 10 à 100 millions.

TC 10 41 10

Musique.

TC 10 41 24

Bruno David : Nous sommes ici dans une forêt du Val de Saône en Bourgogne, qui est la forêt de (Cito ?) et si on se promène dans cette forêt et qu'on regarde les arbres, qu'on regarde les écureuils, qu'on regarde les grenouilles et qu'on regarde les insectes de cet écosystème

LE BAL DES ESPECES

forestier, on a en quelque sorte une image de l'évolution en train de se dérouler sous nos yeux. C'est-à-dire que l'on est confronté, on est en train d'observer le double mécanisme de l'adaptation et de la sélection.

TC 10 41 50

Bruits.

TC 10 41 57

Bruno David : Prenons tout simplement un exemple, chez les... les carabes forestiers, on constate que les mâles de ces carabes ont sous leurs pattes avant des petites ventouses. Ces petites ventouses, elles servent aux mâles à s'agripper au dos de la femelle au moment de l'accouplement et il est bien évident que les mâles qui auront les plus belles ventouses, les ventouses les plus efficaces, pourront mieux s'agripper sur le dos des femelles et pourront ainsi mieux transmettre leurs gènes. Donc, c'est vraiment le couple adaptation, j'ai de belles ventouses, sélection, les individus qui ont les meilleures ventouses sont sélectionnés. Tout ça c'est l'évolution en train de se faire sous nos yeux, c'est, c'est magnifique, mais c'est à une relativement petite échelle temporelle, c'est-à-dire c'est à l'échelle de quelques années, de quelques centaines d'années ou de quelques milliers d'années ou dizaines de milliers d'années. Maintenant, si on fait un zoom arrière dans le temps, si on se déplace maintenant sur des échelles de l'ordre du million d'années ou de centaines de millions d'années, voire de milliards d'années, des événements peuvent survenir qui rendent finalement cette adaptation sans grand effet par rapport aux enjeux de l'évolution en général. Ainsi, si on a un bouleversement climatique tel que cette forêt... de Bourgogne se transforme en une steppe aride, les carabes auront d'autres soucis pour s'adapter que ceux d'avoir de petites ventouses sous les pattes. S'il y a un bouleversement tectonique important qui fait qu'il y a une transgression marine et que la mer envahit cette plaine de Saône et cette forêt de Bourgogne, il est évident que les carabes ne pourront y survivre et que par conséquent le fait d'avoir de très belles ventouses sous les pattes ne servira à rien en

quelque sorte. On entre ici dans le domaine de la macro-évolution où la part de la contingence devient beaucoup plus important.

TC 10 43 42

Mer.

TC 10 43 54

André Langaney : A l'heure actuelle, il y a beaucoup de discussions entre les spécialistes pour savoir si la part de la sélection... la part de l'adaptation vont être plus grandes que la part du hasard ou de la contingence dans l'histoire de la vie. Est-ce que l'on doit plus au hasard ou est-ce que l'on doit plus à la nécessité ?

TC 10 44 11

Musique.

TC 10 44 32

André Langaney : C'est un questionnement qui est un petit peu absurde parce que la réponse varie selon les espèces, selon les temps et selon les circonstances. Au début de l'histoire de la vie, les fossiles nous réservent des surprises avec toute une série de formes de vie qui manifestement ont été essayées et qui n'ont pas réussi. Le hasard a inventé des animaux presque aberrants, presque des animaux de science-fiction, dont la plupart ne sont pas parvenus jusqu'à nous. Seul un très petit nombre de plans d'organisation, de plantes et d'animaux se sont révélés assez efficaces face à des sélections naturelles pour pouvoir parvenir jusqu'à nous et créer le futur de la vie.

TC 10 45 09

Voix-off féminine : Les grandes crises, les disparitions brutales d'espèces, Patrick De Wever travaille dans l'infini. L'infini

LE BAL DES ESPECES

profondeur des temps géologiques et dans l'infinie petitesse de minuscules espèces pétrifiées.

TC 10 45 23

Patrick De Wever : Si je regarde, je vois que des petits points qui sont très, très petits. Je ne distingue rien. Les espèces qui m'intéressent sont des radiolaires. Alors les radiolaires, comme leur nom l'indique, ce sont des, des formes faites essentiellement avec des rayons qui... émergent de cette forme. Et ces radiolaires sont des formes extrêmement petites qui vivent dans le plancton marin, c'est-à-dire ces organismes qui sont en très grande abondance dans l'eau de mer, mais si petits qu'on ne les voit pas à l'œil nu. Néanmoins, si abondants qu'il en arrivent à reconstituer les sédiments du fond des mers et même ultérieurement des roches.

TC 10 45 57

Patrick De Wever : A partir de la répartition des, des espèces à travers le temps, on peut regrouper ces espèces en genres et ces genres eux-mêmes en familles et on en fait des diagrammes, tel celui-ci, où l'on voit les niveaux les plus anciens sur cette partie gauche, le précambrien, 550 millions d'années, et les terrains les plus récents ici, zéro million d'années. Il apparaît ainsi très, très clairement sur ce diagramme que l'on a... que certaines espèces sont apparues, par exemple, il y a 500 millions d'années et sont disparues il y a 400 millions d'années. Au contraire, d'autres sont apparues il y a 200 millions d'années, disparues il y a 100 millions d'années, etc., etc. On a donc ainsi toute une graduation depuis les temps très anciens jusqu'à l'actuel. Néanmoins, il y a des périodes un peu particulières, telle celle-ci à la limite entre l'ère primaire et l'ère secondaire où l'on voit un grand nombre d'espèces du radiolaire qui disparaissent. C'est ce que l'on appelle une, une extinction, une crise du monde vivant. C'est une crise qui touche ces radiolaires du plancton, l'ensemble du plancton, mais même beaucoup plus généralement l'ensemble du monde vivant alors. Au contraire, peu de temps après, il est fréquent que beaucoup d'espèces apparaissent. Il y a une diversification. C'est

ce que l'on appelle une radiation dans le monde vivant. Généralement, une radiation suit une extinction. Il est ainsi connu dans l'ensemble du monde vivant, pas seulement pour le plancton, pas seulement pour les radiolaires, mais cinq crises majeures dans le monde vivant. Et ces crises sont généralement dues à une conjonction de facteurs. Il n'y a pas un seul élément, il y a divers éléments, tels que le niveau marin, le taux de gaz carbonique dans l'air, le climat, la position géographique, etc., etc., le volcanisme, avec des, des incidences ou des... des impacts plus ou moins forts. Quand on dit crise dans le monde vivant, on entend des modifications brutales de la diversité biologique. Mais quand on dit brutal à l'échelle géologique, par exemple pour prendre la plus grande crise, celle qui a séparé l'ère primaire de l'ère secondaire, c'est 10 millions d'années. Il faut comparer ce chiffre de 10 millions d'années avec la crise de la bio-diversité que l'on connaît actuelle et qui se produit depuis... au plus ancien, 10 000 ans. C'est donc une crise beaucoup plus forte et surtout, c'est une crise qui est essentiellement due à la prédominance d'une seule espèce, l'espèce humaine.

TC 10 48 08

Musique.

TC 10 48 14

André Langaney : Alors, dans cette affaire, nous pauvres humains, sommes-nous une étape provisoire destinée à être remplacés plus tard par les scorpions qui résisteront mieux à la radioactivité ou par des insectes qui auraient conquis des formes d'intelligence plus performantes que la nôtre... peut-être, mais qu'avons-nous apporté de différents, car chaque espèce apporte quelque chose de différent. Les bactéries apportent une vitesse d'évolution fantastique, elles vont peut-être gagner la course que nous leur disputons avec les antibiotiques. Elles sont très efficaces, elles sont bien plus nombreuses, elles pèsent beaucoup lourd que nous à la surface de la planète. Mais, d'un autre côté, nous nous avons inventé une nouvelle forme d'adaptation.

LE BAL DES ESPECES

TC 10 48 56

Avion.

TC 10 49 01

André Langaney : Nous avons acquis le pouvoir de modifier les patrimoines génétiques des plantes ou des animaux qui nous sont utiles ou bien même modifier nos propres patrimoines génétiques, certes pour éviter des maladies, certes peut-être pour éviter des risques dans notre existence. Mais, nous pourrions aller beaucoup plus loin. Or, cette nature dans laquelle nous vivons ne nous propose aucun projet. C'est à nous, les humains, d'inventer un projet pour le bien-être de nos semblables et pour celui du monde vivant. Somme toute, nous devons quelque peu vouer les dieux que nous n'avons pas trouvés en explorant la nature.

TC 10 49 36

Musique.

TC 10 49 38

Générique.