

LA VALSE DES CONTINENTS L'AMERIQUE DU NORD

Continuité Dialoguée 52'

10 00 03 00 : Commentaire (Teaser série)

Depuis sa formation, notre planète ne cesse de se transformer.

10 00 12 00

Des collisions inouïes ont créé les continents. Des forces colossales ont soulevé des planchers océaniques, qui sont devenus des montagnes grandioses.

10 00 27 00

Ces mouvements à la surface de la Terre se manifestent aujourd'hui encore à coups d'éruptions volcaniques, de séismes ou de tsunamis.

10 00 38 00

La tectonique sculpte nos paysages, modifie le climat, déplace les océans et peut même influencer le monde vivant.

10 00 54 00 : Commentaire (Teaser épisode)

Pendant des millions d'années, des fragments de croûte terrestre s'assemblent, puis se déchirent au prix d'intenses bouleversements.

10 01 02 00

Aujourd'hui encore, le continent porte les stigmates de ce passé tumultueux.

10 01 11 00

Des cratères fumants jusqu'aux montagnes escarpées, les spécialistes sont en quête de ces indices cachés. Sous leur regard, chaque roche, chaque fossile devient un livre ouvert sur l'histoire de l'Amérique du Nord...

Un témoignage exceptionnel de l'incessante... valse des continents.

10 01 30 00

Générique Début

1/ Les débuts de l'A-d-N - des roches les plus anciennes de la planète

10 01 49 00 : Commentaire

A sa naissance il y a 4,6 milliards d'années, la Terre est une gigantesque boule de lave. Puis elle se refroidit, et des plaques rocheuses s'agrègent, formant les premiers fragments de croûte terrestre.

10 02 05 00

C'est à ce moment-là que s'écrit le premier chapitre de l'histoire du continent nord-américain.

10 02 14 00

A Montréal, à l'est du Canada, un chercheur étudie justement les vestiges de cette enfance de notre planète.

10 02 22 00

Le professeur Don Francis travaille au département des sciences de la Terre de la prestigieuse université McGill.

10 02 32 00

Chaque jour, il sillonne à vélo le centre historique de Montréal pour rejoindre son laboratoire.

10 02 42 00

C'est un terrain d'étude rêvé pour le géologue.

Car la province du Québec est recouverte à 90% par ce que l'on appelle « un craton ». Il s'agit d'un fragment de croûte terrestre n'ayant subi aucun changement majeur depuis des milliards d'années.

10 03 01 00

Les roches qui affleurent à cet endroit ne sont pas les plus vieilles... Mais pour le chercheur, chacune d'elle est néanmoins susceptible de raconter un épisode de l'histoire nord-américaine.

10 03 12 00

Don Francis

So all these rocks are much younger than the rocks of the craton which are normally 2.7 and our team have discovered an area within the craton where the rocks are as old as 4.3 billion years old. This is a very old age, and the rocks there tell us a lot of interesting things about that time. For example, we know that because there are Pillow lavas there, that there was an ocean. This is a time when the moon was being bombarded by very large meteorites: all the big craters you see on the moon were produced during this time, and in fact, it must have been happening on the Earth as well. So you have a marine environment, where there are hot springs and big meteorites falling out of the sky so there was a very unusual environment.

Toutes ces roches sont beaucoup plus récentes que celles du craton, qui datent normalement de 2,7 milliards d'années. Notre équipe a découvert une zone où les roches se sont formées il y a 4,3 milliards d'années. Elles sont très anciennes, et elles nous donnent beaucoup d'informations intéressantes sur cette période. Par exemple, la présence de lave en coussins indique qu'il y avait un océan. À cette époque, la lune se faisait bombarder par d'énormes météorites. Tous les cratères que l'on voit aujourd'hui sur la lune ont été formés à ce moment-là. D'ailleurs, le même phénomène a dû se produire sur Terre. Imaginez un environnement marin, avec des sources chaudes et des météorites qui tombent du ciel. C'est plutôt inhabituel !

10 04 05 00 : commentaire

Ces roches âgées de 4,3 milliards d'années ont été découvertes récemment dans le nord du Québec par Don Francis et ses collègues.

10 04 13 00

Cette annonce a fait grand bruit au sein de la communauté scientifique. Il s'agirait en effet des roches les plus anciennes jamais découvertes...

10 04 27 00

L'étude de leur structure ouvre une fenêtre inédite sur l'environnement qui régnait sur la Terre primitive.

10 04 38 00

Mais les géologues doivent encore confirmer l'âge de la roche de façon ferme et définitive. Pour y parvenir, ils recherchent des traces d'un minéral particulier à l'intérieur du granite : le zircon. Celui-ci a la particularité d'être exceptionnellement stable, et de contenir d'infimes quantités d'uranium qui, au fil du temps, se transforme en plomb.

Ainsi, en déterminant les proportions de plomb et d'uranium dans les cristaux de zircon, on peut calculer l'âge exact de la roche qui le contient.

10 05 10 00

Découpé en tranches ultra fines, les échantillons révèlent leur structure intime sous l'objectif du microscope.

10 05 19 00

Don Francis

There's one of these granit, in black... with the filter in, but when you take the filter out they're clear... And that's the way you identify them...

Voici l'un de ces granites... En noir, avec le filtre. Sinon, il est transparent. C'est comme ça qu'on les identifie.

Don Francis

Up until recently, 3.8 was the oldest rocks. The result of that is a lot of people are now going back to 3.8 areas, which are not very many, you can probably count them on two hands, maybe less, but they're been going back into these areas trying to see whether they can find the same anomaly that we've found and to see whether in fact there are more than one occurrence of very old rocks.

Jusqu'à récemment, les roches les plus anciennes dataient de 3,8 milliards d'années. Suite à notre découverte, beaucoup de chercheurs retournent dans les zones "3,8". On peut les compter sur les doigts des deux mains, et encore. Ils y retournent pour essayer de trouver la même anomalie que nous, et savoir si ces roches très anciennes existent ailleurs.

10 05 57 00 : commentaire

Tous les jours, Don enseigne l'histoire du craton canadien à ses étudiants.

D'autres analyses sont encore nécessaires pour s'assurer que les roches les plus anciennes ont bien 4,3 milliards d'années.

Mais si les résultats sont confirmés, un nouveau chapitre s'ajoutera au programme des cours...

Celui de la naissance des toutes premières terres du continent nord américain.

10 06 27 00

Par la suite, les fragments de croûte terrestre dispersés à la surface du globe se déplacent et se combinent les uns aux autres. En s'entrechoquant, ils créent des montagnes... En se déchirant, ils creusent des mers et des océans.

10 06 48 00

Puis l'eau et le vent érodent leur surface pendant des millions d'années.

10 06 56 00

Les traces de ces épisodes anciens sont encore visibles aujourd'hui, en particulier dans le plateau du Colorado, au cœur de la célèbre Monument Valley.

10 07 09 00

Ici, les strates successives sont les témoins l'incessante évolution du relief pendant des millions d'années.

10 07 20 00

Mais les plaques tectoniques sont sans cesse en mouvement.

Et il y a 500 millions d'années, les masses continentales de l'hémisphère nord commencent à se rapprocher...

10 07 31 00

Elles entrent peu à peu en collision avec l'Afrique.

10 07 36 00

Et près de 100 millions d'années plus tard, un vaste supercontinent se forme : la Pangée.

2/ L'A-d-N prend son indépendance - l'ouverture de l'Atlantique

10 07 43 00

Aujourd'hui, les paysages racontent cette naissance de la Pangée, épisode majeur de l'histoire américaine.

10 07 56 00

Au Sud-Est du Canada, dans la province de Nouvelle Ecosse, la ville de Passboro se trouve non loin du massif des Appalaches.

Une vaste chaîne de montagne, née au moment de la collision entre l'Amérique et l'Afrique.

10 08 23 00

Paul Olsen, géologue et biologiste à l'université de Columbia, à New York, connaît la région par cœur.

Il parcourt les côtes depuis de longues années, en quête de nouveaux indices sur l'histoire de la Pangée.

10 08 44 00

Paul Olsen

This is Nova Scotia in eastern Canada. 300 million years ago, at this spot, North America and Africa collided, producing Pangaea, the last of the great supercontinents. This is really the centre of the action. Let me show you with a drawing. Here's N. America, and it's heading this way. And here comes Africa, and it's being shoved below N. America. And when they finally collide, they produce an enormous mountain range, the Appalachians.

Nous sommes en Nouvelle-Écosse, sur la côte Est du Canada. Il y a 300 millions d'années, c'est ici que l'Amérique du Nord et l'Afrique sont entrées en collision, formant la Pangée, le dernier des supercontinents. Ici, on est vraiment au cœur de l'action. Je vais vous faire un dessin. Ça, c'est l'Amérique du Nord. Elle se déplace par là. Et ça, c'est l'Afrique. Elle glisse en dessous de l'Amérique du Nord. Lorsqu'elles entrent en collision, ça forme une chaîne de montagnes énorme : les Appalaches.

10 09 27 00 : commentaire

Sorti de terre il y a 270 millions d'années, le massif des Appalaches s'étire aujourd'hui sur plus de 3000 km.

10 09 36 00

Véritable archive géologique à ciel ouvert, il est la preuve qu'autrefois, Amérique et Afrique ne formaient qu'un seul et même territoire.

10 09 46 00

Paul Olsen

When the N. American and African plates collided, they did so with tremendous force. So much so, that they shoved the rocks up from their original flat-line position to these twisted and contorted forms that you can see here; barely recognisable from the way they were when they were formed. And you can find exactly the same kind of rocks in Africa today. But what actually happened, at about 50 million years later, the N. American and African plates began to collapse, and as they collapsed, Africa began to pull away from NA and the crust began to stretch and sink, forming a giant rift basin. And finally the Atlantic Ocean formed, about 200 million years ago.

La collision entre ces deux plaques tectoniques a été particulièrement violente. À tel point que les couches de roches, qui étaient horizontales, ont été soulevées et très fortement déformées. Elles n'ont plus grand-chose à voir avec les roches d'origine. Et aujourd'hui, on trouve exactement les mêmes types de roches en Afrique. En fait, environ 50 millions d'années plus tard, les plaques nord-américaine et africaine ont commencé à s'effondrer. Ce faisant, l'Afrique s'est progressivement éloignée de l'Amérique du Nord. La croûte a commencé à s'amincir et à s'affaisser, formant un gigantesque bassin d'effondrement. Et finalement, l'océan Atlantique s'est formé il y a environ 200 millions d'années.

10 10 40 00 : commentaire

L'ouverture de l'Océan Atlantique marque la fin de la Pangée... Mais cet éclatement ne se fait pas en douceur... Tandis que les continents s'écartent, la Terre se fissure de toutes parts.

10 10 53 00

Dans les interstices, des quantités astronomiques de magma remontent des profondeurs du manteau.

10 11 04 00

Des éruptions volcaniques massives se succèdent alors pendant plus de 600 000 ans.

10 11 15 00

Paul Olsen

Now that rock is really interesting. On this side, you see red sediments, deposited by streams and rivers. On this side, you have a completely different kind of rock, it's called basalt, it's basically hardened lava. It's 201.6 million years old. And it's vivid evidence of the formation of the Atlantic Ocean, right here. If you look carefully, you can see little white dots. Those are minerals that filled in holes that were originally filled with gases. And those gases caused a mass extinction at exactly the time of the eruptions of these lavas. One that shaped the future of life on Earth, and in fact, allowed our ancestors, very long ago, to survive and fill the void.

Cette roche est très intéressante. Sur ce côté-ci, on voit des sédiments rouges, déposés par des ruisseaux et des rivières. Sur l'autre, il y a une sorte de roche complètement différente: le basalte... en gros, c'est de la lave durcie. Elle a 201.6 millions d'années. C'est une preuve évidente de la formation de l'Océan Atlantique, à cet endroit.

Si on regarde de près, on voit des petits points blancs. Ce sont des minéraux qui ont rempli des trous, à l'origine remplis de gaz. Et ces gaz ont provoqué une extinction massive au moment même de l'éruption de ces laves. Une extinction qui a influencé l'avenir de la vie sur Terre, et qui en fait, a permis à nos ancêtres, il y a très longtemps, de survivre, et de remplir le vide.

Paul Olsen

Animals and plant were quite different in different places. And there was tremendous amount of diversity on the land. There were crocodile relatives that were dominated the landscape over all Pangaea. When NA and Africa began to split apart, and the lava erupted in an enormous area, the gases that were produced by that eruption caused climate changes that killed off almost all of the crocodile relatives, leaving ecological space open for the dinosaurs to occupy, and after that, the dinosaurs actually took over the Earth and we begin the real part of the age of dinosaurs.

La faune et la flore étaient très différentes, selon les endroits. Il y avait une biodiversité incroyable sur le continent. Les cousins des crocodiles régnaient en maîtres sur toute la Pangée. Mais lorsque l'Amérique du Nord et l'Afrique ont commencé à s'éloigner, de la lave s'est mise à jaillir sur une zone très étendue. Les gaz libérés lors de cette éruption ont entraîné des changements climatiques, qui ont tué la plupart des cousins des crocodiles. C'est ce vide qui a permis aux dinosaures de se développer. Après ça, ils ont envahi toute la planète. C'est là qu'a véritablement commencé l'ère des dinosaures.

10 13 15 00 : commentaire

Il y a 200 millions d'années, la tectonique des plaques a donc entraîné une extinction massive d'espèces.

10 13 21 00

Paul Olsen

These are interesting

Ils sont intéressants

10 13 24 00 : commentaire

Au total, la moitié de la diversité biologique disparaît, laissant la place libre aux dinosaures. Ces derniers commencent alors à régner sans partage sur toute la planète.

Le long des rivages de la Nouvelle-Ecosse, quelques empreintes fossilisées de ces reptiles sont encore visibles, comme d'ultimes témoignages de leur domination passée.

10 13 50 00

Mais beaucoup plus à l'ouest, à l'intérieur des terres, ces géants du crétacé ont laissé bien d'autres indices de leur passage.

3/ La naissance des grandes plaines

10 14 09 00 : commentaire

Dans la province canadienne de l'Alberta, la ville de Drumheller abrite le Royal Tyrrell Museum, le plus grand musée au monde dédié aux dinosaures.

10 14 23 00

Ici sont rassemblés les squelettes de centaines de spécimens appartenant à plus de 35 espèces différentes.

10 14 31 00

François Therrien est paléontologue et géologue. Sa spécialité : l'étude de l'environnement et du mode de vie des dinosaures à l'époque du crétacé.

10 14 42 00

François Therrien

Donc ici on est dans la salle d'entreposage. C'est ici que les plâtres qui contiennent les fossiles viennent à être entreposés en attendant d'être préparés. Comme vous pouvez le voir on a une grande abondance de fossiles. Les plus vieux remontent à 1962 et on arrivera jamais probablement à les préparer parce qu'on a tellement de spécimens. Y a toujours une priorité on prépare toujours les plus beaux spécimens avant les derniers.

10 15 25 00

François Therrien et Collègue

F : - Hi Dana ! How are you ?

- Bonjour ! Ça va ?

Collègue : - Hello. I'm good. How are you ?

- Oui, et toi ?

F : - Good, good. What are you working on ?

- Ça va. Sur quoi tu travailles ?

C : - I'm working on a gar block. A 3D gar. Very rare. So far I've found about 20 of them in here.

- Sur une orphie. Une orphie en 3D. C'est très rare. Pour l'instant, j'en ai trouvé une vingtaine par ici.

F : - Well I was coming to ask you : "Do you wanna go to the field, to the X X dig site

?

- Je venais voir si tu voulais m'accompagner au site de fouilles de X ?

C : - Sure !

- D'accord.

F : - Cool. OK, well I have a few things to do, and then I'll just meet you at the site then.

F : - Super. J'ai quelques bricoles à terminer, mais je te rejoins là-bas.

- Cool.

- Cool.

H : - Cool. See you then.

- Cool ! A plus.

F et C : - See you then.

- Oui.

10 16 00 00 : commentaire

La région de l'Alberta constitue le principal terrain d'enquête de François Therrien. La grande majorité des fossiles exposés au musée proviennent en effet d'ici... de ce que l'on appelle « les badlands ». En français, les « mauvaises terres ».

Cette vallée au décor presque lunaire dessine une longue cicatrice dans l'ouest canadien. Elle s'est formée il y a une centaine de millions d'années.

10 16 25 00

A ce moment là, le visage de l'Amérique du Nord est bien différent de ces paysages spectaculaires.

10 16 35 00

FrançoisTherrien

Il y a environ 180 millions d'années à la fin de l'ère jurassique, une zone de subduction se développe sur la côte ouest du continent Nord Américain.

Comme les fragments de croûtes s'élèvent et s'appuient sur le continent Nord Américain, le continent commence à s'affaisser formant une grosse dépression au milieu du continent Nord Américain.

Au cours des millions d'années qui suivirent, des changements du niveau marin firent que la mer envahit le centre du continent Nord Américain, développant une grande mer intérieure qui connectait l'océan arctique jusqu'au golfe du Mexique.

Et au cours des millions d'années le niveau marin a fluctué, de sorte que de grandes plaines côtières se développèrent de part et d'autre de cette mer intérieure et ces zones côtières étaient peuplées par des dinosaures.

10 17 28 00 : commentaire

Enfouis sous les sédiments, les squelettes des reptiles ont traversé le temps, et réapparaissent aujourd'hui dans un parfait état de conservation.

10 17 42 00

FrançoisTherrien

François : *Hi guys ! How is it going ?*

Salut tout le monde! Comment ça va ?

Collègue : *Good good ?*

Bien, bien ?

François : *Anything new ? A skull or something ?*

Quelque chose de neuf ? Un crâne ou autre chose ?

10 17 55 00

FrançoisTherrien

Les dinosaures ayant vécu seulement entre 230 et 66 millions d'années, il faut retrouver des roches qui se sont déposées durant cette période, donc le sud de l'Alberta est l'endroit idéal au monde parce qu'on trouve tous ces critères là. On a des affleurements rocheux qui ont été formés il y a environ 80, 66 millions d'années, déposés par des rivières et des lacs et aussi on a le bénéfice d'avoir un climat très aride, ce qui limite la végétation. On n'a pas de grandes forêts qui vont couvrir tous les affleurements, donc on a beaucoup d'affleurements rocheux qui nous permettent de se promener dans ces paysages typiques des Badlands et de découvrir les autres dinosaures.

10 18 40 00 : Commentaire

François et ses collègues creusent délicatement le sol, à la recherche du moindre fragment d'os fossilisé. Et comme chaque année, les fouilles s'annoncent prometteuses.

10 19 00 00

FrançoisTherrien

Donc ici on voit...c'est un os qui sort de la roche. C'est une épine dorsale de dinosaure à corne, un cératopsien

FrançoisTherrien

Donc à la fin on peut dire que la tectonique est non seulement responsable pour la formation des grandes plaines du continent Nord-Américain, mais la tectonique est aussi responsable pour les conditions idéales de préservation pour tous les os de

dinosaures qu'on trouve ici. Alors que les rocheuses s'élevaient et que la croûte terrestre s'affaissaient, il y avait beaucoup de rivières qui s'écoulaient vers une mer intérieure. Ces rivières là en crue inondaient les plaines d'alluvions et ensevelissaient tous ces animaux-là. Et c'est grâce à ce phénomène tectonique qu'on peut admirer des os de dinosaures partout dans tous les musées du monde entier.

10 19 53 00 : Commentaire

Inlassablement, les chercheurs continuent chaque année d'exhumer de nouveaux ossements.

10 20 04 00

Ces fossiles permettent d'améliorer sans cesse nos connaissances sur les dinosaures, mais aussi sur l'histoire des grandes plaines, nées au cœur de l'Amérique du nord il y a plus de 100 millions d'années.

4/ L'Amérique poussée vers l'ouest

10 20 18 00 : commentaire

Mais un peu plus à l'ouest, l'âge des dinosaures est marqué par un autre phénomène géologique d'envergure...

10 20 25 00

Le continent dérive lentement, et entre en collision avec des fragments de croûtes continentale dispersés à la surface de l'océan.

Ces petits bouts de terre viennent se souder successivement à la plaque nord-américaine, qui s'agrandit peu à peu.

C'est ainsi qu'apparaissent les 4 Etats les plus à l'ouest du continent : le Nevada, l'Oregon, la Californie et Washington...

10 20 56 00

Alan Glazner, géologue à l'université de Californie, étudie justement l'histoire de ces collisions, qui ont donné à l'Amérique du nord ses contours définitifs.

10 21 09 00

Il mène ses recherches au cœur du célèbre parc national de Yosemite.

10 21 20 00

Avec ses montagnes, ses lacs, et ses chutes d'eau qui dévalent les pentes, c'est l'un des plus beaux parcs de tous les Etats-Unis.

10 21 30 00

Il est le résultat de la rencontre de l'Amérique du nord avec les futurs états de l'Ouest.

10 21 38 00

Les collisions ont entraîné un plissement de la roche, et de violentes éruptions volcaniques.

10 21 53 00

Du magma est remonté depuis les profondeurs, et en refroidissant, il a formé ces gigantesques dômes de granit.

10 22 11 00

Alan Glazner

If you looked to western north america from space before Pangaea broke up, It would have been quite different, much of today's nevada, oregon washington california would have been under water, but as subduction started, as NA moved westward, then suddenly the continent started to grow because it started adding things like the granite that we're standing on, and if you look at it carefully, you can see lots of detail in it that shows how different pockets of magma came up and cooled and crystallized to form this body here, and one of the most obvious examples of that are these late dykes (?) that came in. As the magma cools, as it gets almost 100% crystallised, it cracks and the very last liquid gets sucked into those cracks to form these beautiful dykes that show up so well here (...) on this surface.

Si on avait pu voir la côte ouest de l'espace, avant l'éclatement de la Pangée, on aurait eu du mal à la reconnaître. La majeure partie du Nevada, de l'Oregon, de l'État de Washington et de la Californie actuels étaient submergés. Puis avec le phénomène de subduction, l'Amérique du Nord s'est déplacée vers l'ouest, et tout à coup, le continent s'est mis à s'agrandir. De nouvelles roches ont été créées, comme le granite sur lequel je me trouve. Si on l'observe attentivement, plusieurs indices révèlent comment il s'est formé : des poches de magma sont remontées à la surface, ont refroidi et se sont cristallisées pour former ce bloc. Ces dykes, qui sont apparus plus tard, illustrent bien le phénomène. Le magma a refroidi, il s'est presque entièrement cristallisé, puis il s'est fissuré. De la roche encore liquide s'est infiltrée dans les fissures pour former ces superbes dykes que l'on voit si bien à la surface.

10 23 11 00 : commentaire

Ces filons de roche que les scientifiques appellent des Dykes, sont la preuve d'une intense activité volcanique passée.

10 23 23 00

Alan Glazner

So on the map, we've mapped out all the different pulses. some of them have dark color, some have very light color stripes and they allow us to work out a sequence of injection of magma into this area.

Donc, sur la carte, on a marqué toutes les impulsions: quelques-unes sont foncées, d'autres forment de rayures très claires, et elles nous permettent d'établir une séquence d'injections de magma à cet endroit.

10 23 40 00 : commentaire

Partout, du magma venu des profondeurs s'est donc faulé dans les fissures de la roche, pour rejoindre la surface.

10 23 53 00

Autrefois, le parc du Yosemite comme tout l'ouest américain se trouvait en fait au large des côtes, au beau milieu de l'océan Pacifique.

10 24 05 00

Mais lorsque les morceaux de croûte terrestre se sont percutés, ils ont fini par se fondre en un seul et unique continent.

10 24 13 00

Tout autour, ces collisions ont fait sortir de terre la plus haute chaîne de montagne de Californie : La Sierra Nevada, qui s'étire sur plus de 700 km du Nord au Sud

10 24 30 00

Sur le terrain, Alan Glazner analyse sans relâche les indices de ces événements passés, pour retracer en détails l'histoire géologique de la région.

10 24 58 00

Aujourd'hui, il rejoint l'un de ses étudiants aux pieds de la falaise la plus célèbre du parc : El Capitan. Ici, la paroi granitique s'élève sur plus d'un kilomètre de haut.

10 25 07 00

Glazner et Putman

A : - Roger ! How is it going ?

- Roger ! Comment ça va ?

R : - Well

- ca va!

R : - Check this out, Alan... here's a piece of that...

- Regarde ça, Alan. Tu en dis quoi

R : - What's the black? Biotite?

- Le noir, c'est quoi ? c'est de la biotite ?

A : - Yeah, all I can identify is biotite.

- Oui, c'est tout ce que je peux identifier

A : - *That's a pretty rock. We should definitely get a sample of it analysed, if it isn't in your database already.*

- C'est joli. Tu devrais en prendre un échantillon pour l'analyser, s'il n'est pas déjà dans ta base de données

R : - *I don't have it from specifically here yet, so, yeah, let's get one.*

- Je n'en ai pas encore prélevé ici. C'est une bonne idée

R : - I think one the coolest pieces of geology about the geology of el capitan is that where we are right now, at the base of el cap, was ten kilometers below the air surface, a hundred of four millions years ago, which is the same time of dinosaurs remain on earth, so 10 km about above where we are now, there were dinosaurs walking around, which is the coolest think I have ever think

- Une de mes anecdotes préférées au sujet d'El Capitan est la suivante : l'endroit précis où nous nous trouvons, c'est-à-dire la base de la formation rocheuse, se trouvait à 10 km de profondeur il y a environ 100 millions d'années. À l'époque, les dinosaures régnaient encore en maîtres sur la Terre. Ils se baladaient 10 km au-dessus de l'endroit où nous sommes aujourd'hui. Je trouve ça vraiment incroyable !

A : - *And there were big volcanos going off at the same time, so those dinosaurs had a lot to worry about.*

- Au même moment, d'énormes volcans sont entrés en éruption. Les dinosaures avaient du souci à se faire.

10 26 46 00 : commentaire

Aujourd'hui, le plus haut sommet de la Sierra Nevada culmine à 4400 mètres d'altitude.

10 27 01 00

Mais il ne s'agit là que d'un pâle reflet du massif colossal qui se dressait autrefois. Car pendant des millions d'années, l'eau, le vent et la glace ont dégradé la roche.

Depuis le sommet du « half dome », Alan peut contempler le résultat de cette lente érosion.

10 27 21 00

La Sierra Nevada se compose désormais d'une succession de vallées et de montagnes aux cimes arrondies.

10 27 31 00

Alan Glazner

When the Sierra Nevada formed, say 90 million years, and we're sitting here, you'd be about 10 kms down in the crust, there'd be a very tall chain of volcanoes above you, and there would be a subduction zone being subducted about the normal angle of, the plate was going down, it's maybe 45 degrees... I'll make a sketch... to illustrate that better. So if we have a normal subduction zone, going down at about a 45 degree angle, like this... for some reason, when the subducted plate gets to a depth of about 100 kms, chemical reactions occur that produce magma, and so this magma rises, being less dense, gets to the surface, it piles up, and erupts, forms volcanoes and lava flows... it erupts volcanic ash, and some of that magma gets trapped in the crust, at depths of, let's say 10 to 20 kms, and when it cools and hardens, it forms granite. And that's what we're standing in here. Erosion has taken off the upper layers of the crust and we're down in this magma factory.

La Sierra Nevada s'est formée il y a environ 90 millions d'années. L'endroit où nous sommes assis aujourd'hui se trouvait à 10 km sous la croûte terrestre. Au-dessus, il y avait une immense chaîne de volcans, ainsi qu'une zone de subduction. Imaginez une plaque qui plonge à un angle de 45 degrés environ. Je vais vous faire un schéma, pour que ce soit plus clair. Lorsque la plaque qui subducte atteint la profondeur de 100 km, des réactions chimiques entraînent la production de magma. Puisqu'il est moins dense, le magma est entraîné vers le haut, atteint la surface, s'accumule et jaillit par les cratères sous forme de lave. Des cendres volcaniques sont éjectées. Une partie du magma reste piégée dans la croûte, à 10 ou 20 km de profondeur. Lorsqu'il refroidit et qu'il durcit, il devient ce qu'on appelle du granite.

C'est ce qui nous entoure. L'érosion a fait disparaître les couches supérieures de la croûte, et a mis au jour l'usine à magma.

5/ Sierra Nevada Les Rocheuses

10 28 35 00 : commentaire

Les paysages somptueux de la Sierra Nevada font partie des sites qui racontent le mieux l'évolution permanente des continents. C'est à partir d'ici qu'il y a 100 millions d'années, l'Amérique du Nord s'est agrandie par l'ouest, pour acquérir sa forme actuelle.

10 28 53 00

Mais à la même période, un autre phénomène se déroule un peu plus à l'est.

Une autre chaîne de montagne sort également de Terre : les Rocheuses.

Ce massif s'étend sur plus de 4 800 km, depuis le Nouveau-Mexique jusqu'au Nord de la Colombie-Britannique.

10 29 14 00

Les Rocheuses se sont formés à la même période que la Sierra Nevada. Mais pendant longtemps, elles ont intrigué les géologues du monde entier.

10 29 23 00

La plupart des chaînes montagneuses naissent en effet à la lisière des plaques en collision. Dès lors, comment expliquer la présence de ces sommets à près de 1000 km à l'intérieur des terres ?

Aujourd'hui, une hypothèse se dessine enfin.

10 29 44 00

Il y a environ 80 millions d'années, une plaque se glisse sous le continent nord-américain. Mais au lieu de plonger à 45 degrés, comme c'est le cas habituellement, elle se faufile beaucoup plus près de la surface.

10 29 57 00

Résultat : les roches n'atteignent pas une profondeur suffisante pour fondre sous l'effet de la chaleur. La plaque continue alors son chemin, et bouscule la croûte terrestre sur son passage, faisant émerger les montagnes rocheuses.

10 30 14 00

Aujourd'hui, tous les détails de cet événement ne sont pas encore parfaitement élucidés. Mais selon toute vraisemblance, les rocheuses auraient donc pour origine une anomalie géologique... une plaque capricieuse, qui aurait soudain refusé de s'enfoncer.

6/ Yellowstone, un super volcan au coeur de l'Amérique

10 30 37 00 : commentaire

Adossée aux montagnes rocheuses, une autre région subit les colères de la Terre depuis des milliers d'années.

10 30 47 00

Il s'agit du parc national de Yellowstone, dans l'Etat Wyoming.

10 31 06 00

Henry Heasler est le géologue du Parc. Chaque jour, il sillonne cette immense réserve naturelle.

10 31 16 00

Sa mission : surveiller le monstre qui sommeille juste sous la surface... Un supervolcan à la puissance démesurée.

10 31 26 00

Pendant des années, les spécialistes ont tenté de comprendre l'origine de ce supervolcan.

Ils ont finalement découvert que le parc de Yellowstone était situé sur ce que l'on appelle un « point chaud ».

Il s'agit de zones où, sous la surface, une température particulièrement élevée règne en permanence.

10 31 46 00

D'énormes quantités de magma remontent alors depuis les profondeurs, et s'accumulent dans une poche à plusieurs centaines de km sous terre, que l'on appelle un panache. Lorsque ce magma est expulsé, il perce la croûte terrestre... Et un volcan apparaît. Mais tandis que la plaque tectonique dérive lentement au-dessus de lui, le point chaud, lui, ne bouge pas. Il imprime donc sa marque à intervalles réguliers à la surface du sol.

10 32 17 00

Au cours des 2 derniers millions d'années, la région de Yellowstone a été le théâtre de trois éruptions majeures.

La dernière remonte à 642 000 ans.

Accumulée sous l'écorce terrestre, la lave a crevé son enveloppe, et projeté dans les airs des milliers de tonnes de roches en fusion, de cendres et de vapeurs sulfureuses.

10 32 41 00

Henry Heasler

When material is forcefully erupted, not as a big blast, but basically vented through all the fissures and cracks that were forming in the earth, it forms a caldera, which is a subsidence feature, and behind me, you can see the evidence for that. Basically, the caldera starts almost exactly where I'm standing and then goes 72 kms directly behind me, where it's covered by more recent lava flows.

Lorsque la matière jaillit avec force, non pas sous la forme d'une explosion, mais plutôt comme si elle s'échappait à travers les fissures et les crevasses qui se forment à la surface de la Terre, ça crée ce qu'on appelle une caldeira, une dépression circulaire. En voici un parfait exemple. La caldeira commence là où je me trouve et s'étend sur 72 km derrière moi, où elle est recouverte de coulées de lave plus récentes

10 33 13 00 : commentaire

Au cœur du parc national, la caldeira forme une gigantesque cuvette, de 72 km de long et 56 de large. C'est tout ce qu'il reste de cette explosion colossale, l'une des plus dévastatrices de l'histoire de la Terre.

10 33 28 00

Mais aujourd'hui, le supervolcan est bien loin d'être éteint. Ici, la terre gronde sans discontinuer... Les geysers, fumerolles et autres sources chaudes jalonnent le paysage, témoins de l'intense activité qui règne sous la surface.

10 33 46 00

Le volcan est simplement assoupi... Et il s'agit potentiellement du plus destructeur de toute la planète.

10 33 57 00

Henry Heasler

The super eruptions of Yellowstone were catastrophic for hundreds of kms around what is currently Yellowstone national park, there would be no life left because of the force of the eruptions, the pyroclastic, the hot rock flows, that come out, tens of kms, the resulting ash clouds, the volcanic ash, and volcanic gases, that would be ejected high into the atmosphere and basically circle the entire globe, would cause a volcanic winter to cover the entire world.

Les super-éruptions de Yellowstone ont eu des conséquences catastrophiques sur plusieurs centaines de kilomètres autour du parc national actuel. Aucune forme de vie n'aurait pu survivre à des éruptions d'une telle force. Les nuées ardentes, les coulées de lave qui s'épandirent sur des dizaines de kilomètres, les nuages de cendres que cela a engendré, les cendres volcaniques, les gaz volcaniques rejetés dans l'atmosphère et qui ont enveloppé la Terre entière... Tout ça a entraîné un hiver volcanique qui a touché le monde entier.

10 34 50 00 : commentaire

Depuis de longues années, le supervolcan de Yellowstone est placé sous étroite surveillance.

10 34 58 00

Le centre de contrôle est basé à environ 500 km de là, au sein de l'université de Salt Lake City, dans l'Utah.

10 35 16 00

Jamie Farrel est géologue. Sa mission : analyser chaque jour les moindres soubresauts du volcan, grâce à un réseau de capteurs qui mesurent en temps réel les déformations du sol. Récemment, il a également reconstitué le passé du monstre, et modélisé la vaste chambre magmatique qui l'alimente.

10 35 37 00

Jamie Farrel

So this is a visualization tool that we use to kind of show the data that we record in Yellowstone, so if we turn of the topography, and we put on the earthquakes we've recorded in Yellowstone, these red dots, what you can do here, you can zoom around and look underneath the ground, you can look at the patterns of earthquakes that have occurred from 1973 to the present there's roughly about 46,000 earthquakes here. If you want to look at a little bit of the bigger picture, we can turn on the Yellowstone plume, and that's the orangish-yellowish feature here, this is basically the Yellowstone hot spot, this is the feature that's providing all the heat and energy coming up from the mantle to feed the Yellowstone volcanoes. So you can see here, it comes down, down into the mantle...

Voici l'outil de visualisation que nous utilisons pour voir les données enregistrées à Yellowstone. Si je désactive la topographie et que j'affiche les tremblements de terre relevés dans la région – tous ces points rouges –, je peux faire pivoter la carte et regarder ce qui se passe sous terre. Voici les séismes qui se sont produits de 1973 à aujourd'hui. Il y en a eu 46 000 environ. Pour se faire une idée un peu plus générale, on peut ajouter le panache de Yellowstone. C'est cette masse jaune-orangé. Pour faire simple, c'est le point chaud de la région. C'est ce qui fournit la chaleur et l'énergie qui remontent du manteau pour alimenter les volcans de Yellowstone. On peut retracer son origine jusque dans le manteau.

Jamie Farrel

So, the Yellowstone hot spot manifested itself on the surface about 16 or 17 million years ago down in this area, in the Nevada-Oregon (area)... so this is kind of the track of the Yellowstone hot spot, as the North American plate has moved over it.

The western US is stretching, we have an area called the Basin and Range, where the crust is being thinned and stretched, and the reason why the Yellowstone hot spot is here is because of that thinning and that may have provided a path for the hot spot to make it to the surface.

Le point chaud de Yellowstone s'est manifesté à la surface de la terre il y a 16 ou 17 millions d'années, dans la région du Nevada et de l'Oregon actuels. On peut suivre le déplacement de la plaque américaine par rapport à lui.

L'ouest des États-Unis continue de s'étirer. Dans toute la province de Basin and Range, la croûte s'étire et s'amincit. C'est pour ça que le point chaud de Yellowstone se trouve ici. La croûte est tellement fine qu'il a réussi à atteindre la surface.

10 37 20 00 : commentaire

Quelques 3000 séismes de faible magnitude secouent chaque année la région de Yellowstone.

La terre tremble, le sol se déforme, la composition des gaz évolue...

10 37 34 00

Mais pour les spécialistes, il n'y a pour l'heure aucune preuve d'une éruption imminente.

10 37 51 00

Henry Heasler

Change is the normal situation at Yellowstone, with earthquakes, with ground deformation, with the geothermal system, with the gases. So, roughly, the probability of another catastrophic eruption is very poorly understood, because we've only had three in the past two million years, but it's about the same as a large asteroid hitting the earth and destroying it. So if you're concerned about a large asteroid hitting the earth, then maybe you should be concerned about Yellowstone erupting,.

Le changement, c'est dans l'ordre des choses à Yellowstone. Les tremblements de terre, les déformations de terrain, les phénomènes géothermiques, les émissions de

gaz... Il est très difficile d'évaluer la probabilité d'une nouvelle éruption catastrophique, parce qu'il n'y en a eu que trois en l'espace de 2 millions d'années. Cette probabilité est comparable à celle qu'un astéroïde entre en collision avec la Terre et la détruit. Si vous craignez qu'un astéroïde s'écrase sur Terre, alors il faut aussi craindre une éruption catastrophique à Yellowstone.

Henry Heasler

The future of this volcano, eventually, is to become very, very cold and inactive. It will probably end with an outpouring of basalts, the ground elevation will go down because it will no longer be very hot, so we'll have a very, very different looking terrain, some time into the future, maybe millions of years into the future, so the more interesting question for me is, will humanity even be around when Yellowstone changes a lot?

L'avenir de ce volcan, en fin de compte, est de devenir très, très froid et inactif. Il finira, sans doute, dans un déversement de basaltes, l'élévation du terrain va diminuer parce qu'il ne sera plus très chaud... donc le paysage aura un aspect très différent dans le futur, peut-être dans des millions d'années, donc la question la plus intéressante, pour moi, est : de savoir si l'humanité sera toujours là quand Yellowstone se transformera.

10 39 10 00 : commentaire

Un jour le supervolcan finira donc par disparaître... En attendant, ce monstre à la puissance insensée continuera longtemps de faire danser ses fumerolles au cœur des paysages à la beauté sidérante.

7/ La confrontation avec le Pacifique : San Andrea

10 39 26 00 : commentaire

Mais aujourd'hui, un autre phénomène de grande ampleur est en cours.

10 39 31 00

Une balafre immense déchire tout l'ouest du continent nord-américain.

Baptisée « faille de San Andrea », elle s'étend sur 1300 km, le long de la Californie.

10 39 45 00

A cet endroit, la plaque pacifique remonte vers le nord-ouest, tandis que la plaque nord-américaine descend en direction opposée. Résultat : les 2 fragments de croûte terrestres coulissent l'un contre l'autre, et font trembler le sol à intervalles réguliers.

10 40 05 00

Sur les rives de la baie de San Francisco, les spécialistes de l'Université de Californie surveillent la faille de San Andrea 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24.

10 40 15 00

Ici, tout le monde est habitué aux secousses régulières générées par les mouvements de la terre. La faille fait en fait partie du quotidien des californiens.

10 40 28 00

Sur le campus, le géologue Roland Burgmann enseigne son histoire géologique, mais aussi son avenir.

10 40 37 00

Car inexorablement, la Californie se désolidarise du continent au rythme de 5 cm par an. Dans un million d'années, elle sera devenue... une île.

10 40 49 00

Roland Burgmann

The San Andreas fault was born about 25 million years ago. Before that time, California was a place where subduction occurred, so the San Andreas fault is a strike-slip fault. That means that motions of plates adjacent to the fault or parallel to the fault are horizontal, in a strike-slip motion (?) rather than one plate moving on top of the other, as we might see in a subduction zone. And if we have the SA fault continue with its motion and there's no reason to believe that it would stop, in another 9 million years, we should be seeing the LA basin offshore here and ruining our views

La faille de San Andreas s'est formée il y a 25 millions d'années environ. Avant ça, la Californie était une zone de subduction. La faille de San Andreas est ce qu'on appelle une faille de décrochement. Cela veut dire que les plaques qui se trouvent le long de la faille coulissent horizontalement, au lieu de passer l'une au-dessus de l'autre, comme on peut le voir dans une zone de subduction. Si la faille de San Andreas continue de s'élargir – et il n'y a pas de raison que ça change – alors dans 9 millions d'années, le bassin de Los Angeles se retrouvera au large. Et ça nous gâchera la vue !

10 41 38 00 : commentaire

Glissière grinçante entre 2 plaques de croûte terrestre, la faille de San Andreas a donné naissance à un système complexe de fissures...

10 41 49 00

Plusieurs failles secondaires sont apparues, et se combinent désormais dans toute la région. Parmi elles, Celle dite de « Hayward », qui s'étire vers l'est, inquiète tout particulièrement les sismologues.

10 42 02 00

La française Aurélie Guilhem est post-doctorante à l'université de Berkeley.

Sur le terrain, elle recherche les moindres signes de mouvements le long de cette faille d'Hayward.

10 42 13 00

Aurélie Guilhem

Alors ici nous sommes dans la ville d' Hayward qui porte le même nom que la faille d' Hayward. Et c'est ici dans cette ville là qu'a eu lieu le séisme de 1868. Et en plus de ces forts tremblements de terre, environ à magnitude 7, que l'on observe sur cette faille, cette faille est aussi responsable de glissements lents. Et ces glissements lents peuvent être observés au niveau des trottoirs comme ici, mais également par des fissures, le long des chaussées. Ce trottoir ici n'a pas été fait de cette façon-là. C'était un trottoir qui était linéaire, mais depuis il a été déformé par la faille, la zone de faille qui passe ici. On peut bien voir le déplacement de ces deux blocs par rapport à l'un à l'autre. Le mouvement que l'on observe correspond au mouvement de la faille d' Hayward. Où l'on a un mouvement décrochant dextre, donc ce bloc-là se propage vers le sud par rapport à ce bloc-là qui se propage vers le nord.

10 43 12 00 : commentaire

Les plaques coulissent ainsi lentement l'une contre l'autre... Mais parfois, l'énergie accumulée fait brusquement craquer la faille... C'est la rupture. Le tremblement de terre.

10 43 28 00

Aurélie Guilhem

Alors là on arrive au memorial stadium de la fac de Berkeley et ce stade a été construit en 1923 après le séisme de 1868 le séisme de la faille d'Hayward et c'est un séisme de 6,8 sur l'échelle de Richter. Ce stade a été construit après et il montre une certaine déformation comme on peut voir en haut de ce stade ici où en fait la faille d'Hayward coupe le stade en deux donc la structure du stade a été déformée au cours du temps depuis sa construction et sa déformation est de l'ordre de 40 cm et montre que la faille d'Hayward glisse de façon continue avec un glissement d'environ 0,5 cm par an. C'est relativement nouveau comme stade comme structure mais on observe une belle déformation visible à l'oeil nu.

10 44 31 00 : commentaire

Le 18 avril 1906, un autre séisme de magnitude 8,2 sur l'échelle de Richter a frappé la ville de San Francisco.

10 44 42 00

Il a fait 3000 victimes et transformé la ville en un vaste champ de ruines.

10 44 49 00

Le même phénomène s'est produit à nouveau le 17 octobre 1989. 63 personnes ont trouvé la mort, près de 4000 autres furent blessées et le montant des dégâts s'éleva à près de 6 milliards de dollars.

10 45 07 00

Aujourd'hui, ce que tout le monde redoute, c'est le « big one ».

Un méga-séisme censé frapper la Californie dans les 30 années à venir.

10 45 21 00

Pour Richard Allen, directeur du laboratoire de sismologie de l'Université de Californie, les habitants doivent sans nul doute se préparer à un tel scénario catastrophe.

10 45 31 00

Richard Allen

So here we're on the UC Berkeley campus, and the Hayward fault actually goes across the Berkeley campus, so if we have an earthquake on that fault, we expect fairly significant damage in this area. Most of the buildings on campus here have been retrofitted so they should not collapse during an earthquake, however, many may be seriously damaged and we won't be able to use them following the event.

Nous sommes sur le campus de UC Berkeley. La faille d' Hayward traverse le campus, donc si on a un Tremblement de Terre sur la faille, on peut s'attendre à des dégâts assez significatifs à cet endroit. La plupart des bâtiments ont été réaménagés, pour les empêcher de s'effondrer pendant un Tremblement de Terre, cependant beaucoup pourraient être sérieusement endommagés à la suite d'un tel événement.

Richard Allen

So while we can't predict the exact time at which an earthquake is going to occur, we know we're going to have big earthquakes in this region over the next few decades, in fact there's a two in three chance of a major damaging earthquake in the Bay Area in the next 30 years. So that's how we can then get ready for these earthquakes by building buildings, but the other thing that we can do is we can use the very beginnings of an earthquake, the P waves that radiate from a fault to say something about the shaking that's coming and provide a few seconds warning to people before they feel the shaking.

Personne ne peut prédire le moment exact où se produira un séisme. Par contre, nous savons que la région en connaîtra plusieurs de grande envergure dans les décennies à venir. D'ailleurs, il y a 2 chances sur 3 pour qu'un séisme majeur se produise ici dans les 30 prochaines années. On peut s'y préparer en construisant des bâtiments adaptés. On peut aussi utiliser les signes précurseurs d'un séisme, les ondes primaires qui se propagent à partir d'une faille, pour anticiper les secousses et donner quelques secondes de préavis aux habitants de la région.

10 46 39 00 : commentaire

Le célèbre pont du Golden Gate sera-t-il capable de résister au Big One lorsqu'il surviendra ?

Une chose est sûre : la population doit se préparer à une future tragédie...

Aurélié Guilhem a étudié les conséquences possibles d'un méga-séisme dans la région de San Francisco.

Et c'est depuis ce promontoire dominant la baie, que l'ampleur des dégâts potentiels est la plus perceptible.

10 47 04 00

Aurélié Guilhem

Alors là on peut avoir une vue un peu générale de la faille d' Hayward. Donc derrière la colline c'est Berkeley avec le Memorial Stadium. En face de nous c'est San Francisco et vraiment là à proximité même c'est Oakland.

Au cours d'un prochain séisme, la faille d'Hayward va rompre à cet endroit-là et ça va avoir de sérieuses conséquences. En bas de nous on voit un gros réseau autoroutier.

La faille d'Hayward va le couper. La rupture va casser l'autoroute en deux. On peut voir également que cette région-là est fortement peuplée. On a en face de nous également une usine d'électricité juste à proximité de la faille. On suppose qu'il peut y avoir des problèmes de production d'électricité dans les semaines à mois qui suivent un futur tremblement de terre. Egalement ce que l'on ne voit pas ici mais ce qui est actuellement dans la région, c'est qu'il y a des canalisations d'eau qui vont d'Est en Ouest et donc qui traversent cette faille d'Hayward.

10 48 15 00 : commentaire

Lors du séisme de 1906, la rupture des canalisations d'eau a empêché les pompiers d'éteindre les dizaines d'incendies qui ravageaient la ville...

10 48 30 00

Aurélie Guilhem

Si les canalisations d'eau ici sont bloquées, coupées, le réseau autoroutier également et l'électricité interrompue, on peut s'attendre à une relativement grosse catastrophe naturelle dans cette région fortement peuplée.

10 48 50 00 : commentaire

Chaque jour, les experts sont à l'affût de la moindre secousse, prêts à donner l'alerte en cas de séisme imminent.

10 49 00 00 : commentaire

Mais en attendant, San Francisco conserve son calme. Comme si les toutes puissantes forces tectoniques ne pouvaient pas défigurer l'une des plus belles villes du monde.

Conclusion

10 49 18 00 : commentaire

L'Amérique du nord telle que nous la connaissons aujourd'hui ne représente finalement qu'une étape éphémère dans l'histoire de la planète.

10 49 27 00

A l'avenir, les colères de la Terre vont continuer de modeler son paysage... Des séismes, des éruptions volcaniques risquent un jour de bouleverser durablement l'ensemble du monde vivant.

10 49 41 00

Et dans quelques millions d'années, le continent va se déchirer en 2. La Californie va se détacher, et s'élancer dans une longue dérive à travers l'Océan Pacifique.

10 49 52 00

Les forces colossales de la tectonique des plaques n'ont pas fini de sculpter la surface de l'Amérique du Nord.

10 50 02 06

Générique de fin