

## LA VALSE DES CONTINENTS

### NARRATION ÉPISODE « EUROPE 1 » VERSION 51 MN

---

#### **Narration :**

- 10 :00 :04 - Depuis sa création, la Terre ne cesse de se transformer.
- 10 :00 :11 - Des collisions inouïes ont créé nos continents.
- 10 :00 :17 - Des forces colossales ont soulevé des planchers océaniques qui sont devenus des montagnes grandioses.
- 10 :00 :26 - Ces forces tectoniques se manifestent aujourd'hui encore à coups d'éruptions volcaniques, de tremblements de terre et de tsunamis.
- 10 :00 :37 - La tectonique sculpte nos paysages, modifie le climat, efface les mers et peut anéantir la vie.
- 10 :00 :53 - L'histoire de l'Europe est imprégnée de mystères. Avec des scientifiques, nous découvrirons comment des cataclysmes d'une ampleur prodigieuse ont créé un monde aux formes étranges et aux couleurs vives.
- 10 :01 :13 - Au fil du temps, l'Europe est devenue un fond marin. Elle a été envahie par des formes de vie insolites -- certaines de ces espèces ont modifié la forme même du continent.
- 10 :01 :26 - Ces métamorphoses dans le temps et l'espace s'inscrivent dans l'incessante... Valse des continents.

#### **TITRE**

#### **Narration :**

- 10 :01 :54 – L'histoire de l'Europe commence peu de temps après la naissance de la Terre.
- 10 :02 :03 - Il y a 4,5 milliards d'années, la planète était une boule de feu en fusion.
- 10 :02 :10 - Les îlots de croûte terrestre qui parvenaient à se former étaient rapidement engloutis par la lave et retournaient dans les entrailles de la Terre. Ce recyclage de matière a duré des millions d'années avant que la planète refroidisse.
- 10 :02 :34 - La ville de Kirkenes, située, à l'extrémité nord de la Norvège, fait partie du bouclier scandinave.
- 10 :02 :43 - Cette région stable et ancienne serait une des premières à avoir survécu aux colères de la Terre primitive.
- 10 :02 :54 - Certains scientifiques pensent même que cette contrée serait la terre originelle à partir de laquelle toute l'Europe se serait construite.
- 10 :03 :03 - Les roches qui forment ce paysage sont des gneiss, des pierres qui ont fondu dans le sous-sol de la Terre il y a environ trois milliards d'années.
- 10 :03 :13 - Pavel Kepezhinskas est convaincu que ces pierres dissimulent un précieux secret. Géologue et prospecteur, Pavel parcourt le globe à la recherche des roches les plus anciennes, parce qu'elle peuvent cacher des diamants.
- Pour savoir si les pierres de Kirkenes sont diamantifères, Pavel cherche les traces d'une lave particulière : la kimberlite, qui fait remonter les diamants à partir des profondeurs de la Terre.
- Les éruptions de kimberlite sont si violentes qu'elles percent des cheminées à travers les roches les plus solides au monde.

#### **Pavel Kepezhinskas : 10 :03 :50**

*What we're looking at is a very important indicator of the presence of kimberlites in the area. These are feeder channels, feeder pipes, that allow basaltic magma to come to the surface from a depth of approximately 150 kms. It's very important for us because it tells us that kimberlites are somewhere nearby in this area and it's just a matter of time for us to discover them.*

Ce qu'on voit là, est une indication très importante de la présence des kimberlites dans la région. Ce sont des conduits ou des 'pipes' qui permettent au magma basaltique de remonter à la surface d'une profondeur d'à peu près 150 kilomètres. C'est très important pour nous, car cela nous indique la présence de kimberlites dans les environs, et ce n'est qu'une question de temps avant qu'on les découvre.

#### **Narration :**

- 10 :04 :12 - Le diamant demeure la pierre la plus précieuse sur Terre. Mais il est également un trésor scientifique.

**Pavel Kepezhinkas : 10 :04 :19**

*A diamond is a beautiful record of the early Earth, what was going on 3.5, 3 billion years ago. And that's absolutely amazing, it's just a great piece of geological history*

Un diamant est un magnifique enregistrement de ce qu'était la Terre primitive il y a trois milliards d'années. C'est tout à fait étonnant; c'est un beau morceau d'histoire géologique.

**Pavel Kepezhinkas : 10 :04 :39**

*We've got to get to these two spots here.*

Il faut aller à ces deux endroits là.

**Narration :**

10 :04 :42 - Pavel a choisi de parcourir le fjord Bokfjorden en espérant qu'il le mènera vers des gisements de kimberlite.

10 :04 :49 - La recherche de diamants est très rarement couronnée de succès. La plupart des chercheurs, aussi tenaces soient-ils, échouent. Mais Pavel est convaincu qu'il réussira grâce à la science. Soudain, quelque chose attire son regard.

**Pavel Kepezhinkas : 10 :05 :06**

*Freddy? Can we go inside there, just nearby, just to see these things?*

*There's a big dyke over there.*

*Oh, look at that!*

*Look at that! Jeez!*

Freddy ? On peut s'approcher, pour y voir de plus près ?

Il y a un grand 'dyke' là.

Regarde-moi ça!

Regarde! Wow !

**Pavel Kepezhinkas : 10 :05 :21**

*This is a dyke, right here.*

*Absolutely gorgeous dyke, look at that.*

Ca, c'est un dyke, là.

Il est magnifique, le dyke, regarde-moi ça.

**Pavel Kepezhinkas : 10 :05 :26**

*This is the channel. This is how the magma is coming up. Find the crack, find the empty space and just... poum!... go all the way up and then maybe if they're lucky they get out and the surface forms, like lava flow, or a big eruption.*

*This is a beautiful fissure, I mean, it's very rare you can see stuff like that.*

C'est le conduit ! C'est ainsi que le magma monte. Il trouve une fissure, il trouve un espace vide, et puis poum!... il monte jusqu'en haut, et avec un peu de chance il sort en surface, comme une coulée de lave ou une éruption.

Quelle belle fissure. C'est très rare d'en voir des comme ça.

**Narration :**

10 :05 :45 - Les parois du fjord sont difficiles d'accès, Pavel demande tout de même à son équipe d'aller prendre des échantillons.

Ces murs de basalte sont le résultat d'éruptions de lave qui se sont refroidis presque instantanément au contact de l'eau.

10 :06 :02 - Pavel espère qu'ils contiennent des diamants -- ou tout au moins des cristaux qui le renseigneraient sur l'âge de la région.

10 :06 :14 - Plus les roches sont anciennes et dures, plus elles sont propices à être percées par des éruptions de kimberlite.

10 :06 :25 - Ces éruptions doivent fendre d'un trait les granits à une vitesse supérieure à celle du son sinon les diamants se transformeraient en banals blocs de graphite.

10 :06 :42 - Pavel a un autre atout dans son jeu, il sait que les glaciers qui ont creusé le fjord ont pu charrier des particules de kimberlite, déposant ces précieux indices tout au long du cours d'eau.

10 :06 :57 - Il se rend sur une plage où se sont accumulés des sédiments transportés par les glaciers.

10 :07 :07 - Si la chance lui sourit, ce rivage pourrait même receler des poussières de diamants.

10 :07 :14 - Avec l'aide de son équipe, Pavel passe la plage au peigne fin.

### **Pavel Kepezhinskas : 10 :07 :25**

*Well, we're basically taking a sample of this sand because we hope that kimberlite minerals will show up in this sand. (We specifically)... if you look at the sand, it's white, but then there are some black things here. It's dark, so kind of blackish. Black typically means we might have some spinels here, some chrome-rich spinels, like chromite, which is a very good kimberlite indicator mineral.*

*Some of this sand probably came from some of the mountains, you know, erosion... It's a good mixture, it will give us some good ideas about the distribution of indicator minerals (sort of like) inland and hopefully it will lead us to the kimberlite source.*

Donc on prend un échantillon de ce sable, en espérant y trouver des minéraux propres à la kimberlite. Si vous regardez le sable, il est blanc, mais il y a des traces noires. C'est foncé, noirâtre. Et typiquement le noir indique qu'on pourrait trouver des spinelles; des spinelles riches en chrome, comme la chromite, qui est un très bon indicateur pour la kimberlite.

Une partie de ce sable est probablement venue des montagnes, à cause de l'érosion. C'est un bon mélange, et il nous donnera une bonne idée de la distribution des indicateurs minéraux, et on espère qu'il nous mènera vers la source de la kimberlite.

### **Narration :**

10 :08 :07 - Si les échantillons de sable et de basalte contiennent des indicateurs de kimberlite, Pavel pourrait être le premier prospecteur à trouver un gisement de diamants d'importance en Norvège.

10 :08 :20 - Mais seule une analyse en laboratoire pourra révéler si le rêve de Pavel deviendra réalité.

10 :08 :29 - Une fois l'échantillonnage terminé, les pierres recueillies dans la région de Kirkenes sont transportées en Finlande.

10 :08 :39 - Les échantillons sont confiés à Hugh O'Brien et Marja Lehtonen.

### **Hugh O'Brien : 10 :08 :45**

*All exploration projects at Pavel's stage have great difficulties ahead. He's at the point of now really looking into sediments to see if they have indicator traits. And that's the first stage, that's really the first stage.*

Les projets à ce stade se heurtent à de grandes difficultés. Pavel est en train d'analyser les sédiments pour trouver des indices... C'est la première étape... la toute première.

### **Narration :**

10 :09 :00 - Les techniciens en laboratoire fragmentent les échantillons en leur faisant subir des chocs électromagnétiques.

10 :09 :10 - Les éclats sont ensuite séparés par gravité.

Puis, les particules sont décantées.

Il faut investir énormément d'argent, de temps et d'énergie pour trouver de la kimberlite. Mais le succès et le fruit du hasard.

### **Hugh O'Brien : 10 :09 :27**

*It's actually amazing that kimberlites can actually be right next to each other; one can be diamondiferous, and the other can be completely free of diamonds. So we know that the sampling is actually quite by chance, and there's no rule about which kimberlites can be diamondiferous and which is not.*

C'est surprenant, mais on peut trouver deux kimberlites l'une à côté de l'autre. L'une peut être diamantifère, et l'autre non. On sait que l'échantillonnage est aléatoire; il n'y a pas de règle pour déterminer quelle kimberlite serait diamantifère ou pas.

### **Narration :**

10 :09 :46 - Une fois nettoyés, les échantillons de Pavel sont examinés au microscope.

10 :10 :02 - Les analyses révèlent que les échantillons prélevés à Kirkenes ne contiennent ni diamant, ni kimberlite.

10 :10 :10 - Mais une surprise de taille ravit les scientifiques.

10 :10 :15 - En cherchant des diamants, Pavel a trouvé le plus vieux cristal du continent européen: un zircon âgé de 3,69 milliards d'années!

10 :10 :28 - Cette découverte ajoute 200 millions d'années à l'âge que les scientifiques ont donné au continent.

10 :10 :46 - Le zircon que Pavel a trouvé prouve que la région de Kirkenes est la première pièce du bouclier scandinave. C'est à partir de cette masse de terre que commence la construction de l'Europe tout entière.

10 :11 :06 - Bientôt, d'autres masses rocheuses se soudent au bouclier scandinave. Ensemble, ils forment un premier continent: Baltica. Mais ce continent primitif n'est pas seul. À l'ouest rôde une seconde

masse de terre: Laurentia, formé du bouclier Canadien et du Groenland. Il y a plus de 400 millions d'années, la tectonique propulse les deux géants l'un vers l'autre.

10 :11 :34 - La collision marque la première étape majeure de la construction de l'Europe.

Rob Butler, de l'Université d'Aberdeen, étudie cet événement qui a laissé de gigantesques morceaux d'Amérique au nord de l'Europe.

**Rob Butler : 10 :11 :48**

*Welcome to Laurentia. These gneiss' are 1.8 billion years old. Sounds old, but they're actually the youngest part of the Laurentian continent, and it's this continent that collided with Baltica. We've come here to find out what happened when Laurentia met Baltica.*

Bienvenue en Laurentia. Ces gneiss datent d'il y a 1,8 milliard d'années. Ça paraît vieux, mais, en fait, ils constituent la partie la plus jeune du continent Laurentien, et c'est ce continent qui est entré en collision avec la Baltica. On est venu ici pour découvrir ce qui s'est passé quand la Laurentia a rencontré la Baltica.

**Narration :**

10 :12 :18 - Nous sommes dans les Highlands au Nord-ouest de l'Écosse.

10 :12 :24 - Les paysages qu'on peut observer ici ont mystifié les géologues d'hier et d'aujourd'hui.

10 :12 :33 - Rob Butler est capable de lire ces formations rocheuses et de recréer la collision entre l'Europe et l'Amérique.

10 :12 :44 - Cet événement a créé une immense chaîne de montagnes : les calédoniennes.

**Rob Butler : 10 :12 :52**

*Collision between continents is about one of the most dramatic things that can happen in tectonics and it can change the face of the Earth and make great mountain ranges. But the trouble with ancient mountain ranges is they're gone, so we need to look for the geological clues for how those mountain ranges formed, and that's why we've come up here to Loch Glencoul.*

Une collision entre continents est plus ou moins la chose la plus dramatique qui peut se produire dans la tectonique; elle peut changer la face de la Terre et créer de grandes chaînes de montagnes. Mais le problème avec les chaînes de montagnes anciennes, c'est qu'elles ont disparues, donc on doit chercher des indices géologiques pour voir comment elles se sont formées, et c'est pour ça qu'on est venu ici à Loch Glencoul.

**Narration :**

10 :13 :17 - Généralement, les pierres plus jeunes se déposent sur des roches plus âgées. Mais à Loch Glencoul, on observe quelque chose de très différent.

**Rob Butler : 10 :13 :27**

*Those are the quartz sandstones and they're forming a layer coming up from the sea all the way up to the top of the mountain there. Now they're half a billion years old, and they're sitting on top of the Laurentian gneiss's. Those are really old Laurentian gneiss's, those are 3 billion years old, it's quite a difference. But what's that on top? It's the Laurentian gneiss's again, look at them... all the way back here, all the way back, all the way back, and they've been carried right over the top of the quartzite, of the quartz sandstone.*

Ce sont des grès quartzeux et ils forment une couche qui va de la mer jusqu'au sommet de la montagne. Ils ont 500 millions d'années, et il reposent sur le gneiss Laurentien. Le gneiss est très vieux, 3 milliards d'années, donc c'est une différence considérable. Mais ça c'est quoi, tout en haut ? C'est de nouveau le gneiss Laurentien, regardez... il vient par là, par là, jusqu'au bout. Il a été amené par-dessus la quartzite, le grès quartzeux.

**Narration :**

10 :14 :01 - Lorsque Baltica et Laurentia se sont percutés, les forces tectoniques ont poussé une partie de la plaque américaine au-dessus de l'Europe charriant des morceaux d'Amérique sur la surface de l'Écosse sur des dizaines de kilomètres.

10 :14 :17 – Des scientifiques ont compris ce phénomène grâce à un site non loin d'ici, qui a révolutionné les connaissances géologiques.

10 :14 :35 - Découverte au 19e siècle, le chevauchement du Moine, s'étend sur près de 200 km.

10 :14 :50 - Ce relief est la ligne de front entre les continents Laurentia et Baltica. Mais contrairement à la faille de Loch Glencoul, ici c'est l'Europe qui surplombe l'Amérique.

**Rob Butler : 10 :15 :01**

*Well these cream-coloured rocks, they're the top of the Cambrian sequence, about 500 million years old. But those green rocks on top, that dark mass, that's a unit called the Moine, it's a thousand million years old. So*

*older rocks on top of younger. But more importantly, those Moine rocks have been cooked and sheared deeper in the crust, deeply buried, and been brought up across the sedimentary rocks of Cambrian age, that are part of Laurentia, and the contact is the Moine Thrust. It's up here. So that's the Moine Thrust. 1,000 million-year-old Moine, on top of 500-million-year-old Cambrian sediments. Older on younger. And it's happened on this knife-edge contact, this knife-edged thrust. And it's moved, this thrust has moved a hundred kms. It probably took a few million years. And it all happened about 420 million years ago. It was the final act in when the Laurentian continent met Baltica.*

Ces roches de couleur crème marquent le sommet de la séquence cambrienne, et datent d'il y a 500 millions d'années. Mais les roches vertes, en haut, cette masse foncée, forment un bloc appelé le Moine, qui a un milliard d'années. Donc, les roches plus vieilles sont au dessus des roches plus jeunes. Mais le plus important, c'est que les roches du Moine ont été chauffées et déformées sous la croûte terrestre, profondément enterrées, et puis soulevées au-dessus des roches sédimentaires du Cambrien, qui proviennent de la Laurentia, et la ligne de contact s'appelle le chevauchement du Moine. C'est par là...  
Donc, voici le chevauchement du Moine. Le Moine, qui a mille millions d'années, repose sur les sédiments cambriens, vieux de 500 millions d'années. Les roches plus vieilles sont au-dessus des roches plus jeunes. Et ça s'est produit le long de cette ligne, ce chevauchement, fin comme une lame de couteau. Et le chevauchement s'est déplacé, d'une centaine de kilomètres; ce qui a dû prendre quelques millions d'années. Tout cela s'est produit il y a 420 millions d'années. C'est l'acte final de la rencontre entre le continent Laurentien et la Baltica.

### **Narration :**

- 10 :16 :14 - C'est ici, dans les Highlands, que les scientifiques ont compris pour la première fois que ce sont les déplacements horizontaux des plaques tectoniques qui créent les plus hauts sommets de la Terre.
- 10 :16 :27 - Les montagnes calédoniennes ne sont plus que l'ombre d'elles-mêmes, mais la matière qui formait cette chaîne est toujours présente.
- 10 :16 :37 - Ces montagnes primitives font aujourd'hui partie de l'Écosse, des Alpes scandinaves, de la Bretagne et des Appalaches en Amérique du Nord.
- 10 :16 :50 - Il y a 420 millions d'années, la collision entre Baltica et Laurentia ne soulève pas seulement des montagnes, elle crée un nouveau continent : la Laurasia, qui réunit l'Europe septentrionale et l'Amérique du Nord. Au même moment, les autres terres fermes du globe forment un seul et unique continent: le Gondwana. Bientôt, les forces tectoniques poussent les mastodontes l'un vers l'autre.
- 10 :17 :22 - C'est sur une minuscule étendue de terre, au large de la Bretagne, qu'on peut observer les vestiges de la seconde grande collision qui a transformé le continent européen.
- 10 :17 :35 - L'île de Groix a enregistré à même les roches qui la forment les poussées, les secousses et les déformations engendrées par l'assemblage de la Laurasia et du Gondwana. Les scientifiques croient que ce cataclysme a formé le cœur de l'Europe telle qu'on la connaît aujourd'hui.
- 10 :17 :59 - Pascal Philippot, de l'Institut de Physique du Globe de Paris, arrive à l'île de Groix pour trouver des pierres fines capables de raconter la rencontre extraordinaire entre l'Europe, l'Amérique et le reste du monde.

### **Pascal Philippot : 10 :18 :21**

L'île de Groix c'est le meilleur endroit pour étudier l'histoire de la collision entre le Gondwana et la Laurasia. Cette collision, elle se traduit d'abord par la fermeture d'un océan qui séparait les deux continents.

### **Narration :**

- 10 :18 :37 - Au fur et à mesure que le Gondwana et la Laurasia se rapprochent, des kilomètres de plancher marin sont engloutis dans le manteau de la Terre. Certains minéraux se métamorphosent en pierres fines. Ces pierres réapparaîtront à la surface.  
Les rochers de l'île de Groix sont marqués par ces allers-retours entre la surface du globe et l'intérieur de la Terre.
- 10 :19 :05 - Ces voyages à la verticale ont créé des grenats, des pierres précieuses qui se sont cristallisées à des températures extrêmes à des dizaines de kilomètres sous le niveau de la mer.

### **Pascal Philippot : 10 :19 :16**

Ah ouais, c'est pas mal, là. Venez voir. Y'a les zones à grenat, glaucophane, et si on regarde d'un peu plus près, on voit—on retrouve ici la matrice bleue de glaucophanes dans lequel on a le grenat, qui est en rouge. Ce qui est intéressant c'est que ça cristallise de part et d'autre du grenat, et donc ça, ça indique la direction de mouvements des deux

plaques. Donc uniquement à une échelle du centimètre, on arrive à retracer quelque chose qui a duré sûrement plusieurs millions, voire dizaine de millions d'années.

### **Narration :**

- 10 :19 :52 - Les grenats de l'île de Groix permettent aux scientifiques de reconstituer la suite de l'histoire de l'Europe.  
10 :20 :03 - Ces petites pierres révèlent qu'après la disparition de l'océan entre la Laurasia et le Gondwana, les deux supercontinents se sont percutés il y a environ 300 millions d'années.

### **Pascal Philippot : 10 :20 :18**

Le résultat de la collision entre le Gondwana et la Laurasia est une chaîne de montagne très épaisse et très longue qu'on appelle la chaîne hercynienne. Elle fait environ 800 km de large et plusieurs milliers de km de long. Elle part de la Pologne, passe par l'Europe, en France, en Allemagne jusqu'au sud du Portugal et continue en Afrique, en Afrique du Nord. On appelle ça les Mauritanides. Et passe également par l'Amérique du Nord et du Sud où on l'appelle les Appalaches.

### **Narration :**

- 10 :20 :50 - Pendant des millions d'années, la chaîne Hercynienne va s'ériger aussi haute et vaste que l'Himalaya.  
Aujourd'hui, il reste très peu de traces de ces si hauts sommets.  
10 :21 :06 - À Ploumanac'h, au nord de la Bretagne, on peut voir d'étranges formations de granit. La collision entre la Laurasia et le Gondwana a plongé ces pierres à l'intérieur de la Terre où elles ont fondu pour se transformer en magma.  
Plus tard, ce magma s'est figé dans les racines des montagnes hercyniennes.  
10 :21 :31 - Quand l'érosion a raboté les montagnes, la lave figée, plus résistante, est restée en place tel des stèles. .  
Exposé à l'air, le fer qui se trouvait dans le magma a oxydé, donnant aux pierres de Ploumanac'h un teint rosé.  
10 :21 :57 - Après la collision entre le Gondwana et la Laurasia, toutes les terres du monde sont réunies en un seul super-continent : la Pangée. À cette époque, une grande partie de ces terres se trouvent au Pôle sud et sont recouvertes d'un manteau de glace  
10 :22 :22 - Mais l'Europe, située près de l'équateur, connaît une toute autre histoire.  
10 :22 :34 - La vie, autrefois cloisonnée dans les mers et les océans se met à foisonner sur la terre ferme. Les plantes se développent à un rythme effréné.  
10 :22 :51 - Dans la forêt de Champclauson, dans le sud de la France, Jean Galtier, professeur émérite du CNRS, fait revivre les espèces végétales qui régnaient en Europe à l'ère carbonifère.

### **Jean Galtier : 10 :23 :07**

Si je marchais dans cette forêt il y a 300 millions d'années, je verrais des arbres complètement différents. Aussi grands, même plus. Mais on n'aurait pas de pins. On n'aurait pas de noisetiers. On aurait des arbres avec des grandes feuilles en aiguilles qui s'appellent les sigillaires. On aurait des fougères et on aurait des groupes complètement disparus.

Si les forêts de cette époque-là étaient si luxuriantes c'est que l'Europe était pratiquement sous l'équateur. Le climat donc, était tropical, très chaud. Et c'était des groupes qui étaient complètement adaptés à cet environnement. Ils n'avaient rien à voir avec les végétaux que l'on connaît à l'heure actuelle.

### **Narration :**

- 10 :23 :53 - Sous cette végétation, Champclauson est un véritable cimetière qui abrite les restes d'une forêt tropicale.

### **Jean Galtier : 10 :24 :01**

On a ici un magnifique exemple de ce que sont devenues ces forêts luxuriantes du carbonifères. Cette veine de charbon, en réalité, résulte de l'accumulation de matière organique, qui devaient faire plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, qui ont été comprimées et qui se retrouvent ici en petites veines, quelques fois intercalées avec du sédiment.

### **Narration :**

- 10 :24 :28 – Alors que les plantes de l'époque carbonifère se développent à toute vitesse, les bactéries n'arrivent pas à les décomposer.
- 10 :24 :45 - Les restes végétaux s'accumulent, formant des veines de houille, une forme de charbon qui sera à l'origine de la révolution industrielle.

### **Jean Galtier : 10 :24 :51**

Ce site, Champclauson, est exceptionnel pour la compréhension de la forêt houillère et des plantes qui l'ont composées. Ce qui est le plus exceptionnel ici ce sont ces troncs d'arbres dressés en position de vie qui ont plusieurs mètres de haut. Ce sont des moulages, des troncs d'origine qui ont été pris dans la boue d'une inondation extrêmement rapide, et donc qui a provoqué la mort de ces arbres, et que l'on va retrouver maintenant sous la forme de ces moulages en trois dimensions qui vont nous renseigner sur la biologie de ces grands arbres qui pouvaient atteindre 20 mètres de haut. Ce tronc de sigillaire c'est sûrement un des plus gros qu'il y ait dans la carrière. C'est le même arbre mais qui fait presque un mètre de diamètre à la base et on reconnaît à la surface les cicatrices là où étaient insérées les feuilles.

### **Narration :**

- 10 :26 :01 - Les troncs d'arbres de Champclauson ont été préservés pendant 300 millions d'années! Ces restes de forêt équatoriale trouvée dans l'hémisphère nord sont une preuve indéniable du déplacement des continents sur la surface du globe.
- 10 :26 :24 - Au moment où la végétation prolifère au sud de l'Europe, le chaîne hercynienne, subit une érosion intense.
- 10 :26 :37 - Après 50 millions d'années d'usure, l'océan Téthys, l'ancêtre du Pacifique, ouvre une brèche au sud-est de la Pangée. L'eau se dirige vers le cœur de l'Europe.
- 10 :26 :55 - Le va et vient des vagues de la Téthys transporte d'immenses quantités de sédiments qui forment des plages le long des côtes.
- 10 :27 :11 - Dans le Massif des aiguilles rouges, situé sur la frontière entre la Suisse et la France, le temps a transformé les anciennes plages sablonneuses en grès.
- 10 :27 :22 - Autour du vallon d'Émosson, la puissance inouïe de la tectonique a déformé ces plages de grès et les a soulevées à flanc de montagnes.
- 10 :27 :34 - Lionel Cavin et son collègue se dirigent vers une plage située à une altitude de 2400 mètres.
- 10 :27 :45 – Malgré sa fragilité, le site est si bien préservé qu'on peut y observer l'ondulation des vagues formées il y a 240 millions d'années.

### **Lionel Cavin : 10 :27 :56**

Les rides de vague, en fait, c'est quelque chose qu'on peut voir assez couramment sur les roches. C'est pas quelque chose d'exceptionnel. Par contre ici, on a quelque chose qui est extrêmement rare et qu'on ne trouve que très rarement, en particulier sur les Alpes, ce sont ces petits trous qu'on voit ici, qui sont en fait des empreintes de pas de dinosaures...

### **Lionel Cavin : 10 :28 :18**

Voilà, ici on a un exemple d'empreinte avec trois doigts, trois doigts dans cette direction, d'un animal qui se promenait sur cette plage il y a 240 millions d'années. Alors comme sur place on n'a pas de squelette, on ne peut pas savoir directement quelle était l'apparence de cet animal. Donc on va comparer l'empreinte avec des squelettes qu'on connaît ailleurs dans le monde pour essayer de savoir quel dinosaure ou quel reptile a pu laisser une trace de ce type-là. Et là, en l'occurrence, cet animal était considéré comme un dinosaure très primitif, il y a une vingtaine d'années. Et maintenant on remet un petit peu en question ces interprétations; on se demande s'il ne s'agirait pas de sortes de proto-dinosaures, donc une lignée de reptiles qui va évoluer vers les dinosaures, mais qui n'est, techniquement parlant, pas encore de vrais dinosaures...

### **Lionel Cavin : 10 :29 :08**

Alors ici on observe des empreintes qui sont différentes de celles qu'on a vu précédemment où on observe plus du tout de traces de doigts. On observe uniquement un gros bourrelet comme ça qui tourne autour de l'empreinte. Alors ce type de structure

nous donne des informations sur le sédiment à l'époque. Donc ces empreintes de pas sont intéressantes pour mieux comprendre la sédimentologie, c'est-à-dire comment les dépôts se forment au cours des millions d'années.

**Narration :**

10 :29 :36 - Les forces tectoniques, climatiques et l'érosion ont dû travailler de concert pour que les traces de dinosaures d'Émosson parviennent jusqu'à nous.

**Lionel Cavin : 10 :29 :44**

Lorsque ces reptiles ont marché sur la plage, ils ont marché sur du sable qui était meuble à l'époque. Et il a fallu beaucoup de conditions pour que ces empreintes se préservent pendant 240 millions d'années. Alors notamment il a fallu que le sable ne soit ni trop mou ni trop sec pour que les empreintes se préservent au moins pendant quelques heures. Ensuite la surface de la plage s'est durcit, a séché, de façon à préserver les empreintes pendant quelques jours peut-être. Et, grand coup de chance, toutes la surface de la plage a été recouverte par une nouvelle couche de boue et de sable. Et c'est cette couche qui va en quelque sorte sceller la surface avec les empreintes de pas. Et puis c'est la pression de ces sédiments qui va transformer le sable avec les empreintes en grès. Donc on va obtenir un grès qui maintenant va pouvoir se préserver pendant des millions d'années.

**Lionel : 10 :30 :30**

Ici il y en a quelques-unes qui sont jolies. Mais je pense que les plus belles c'est là-bas.

**Collègue :**

Faudra essayer plus loin.

**Lionel :**

On va aller voir.

**Lionel Cavin : 10 :30 :37**

Ça a démarré essentiellement lorsque les glaciers se sont installés sur les Alpes au début de la période glaciaire. Et ces glaciers, en se développant, en avançant et en reculant, vont creuser les vallées qu'on voit actuellement. Et en creusant les vallées, les glaciers ont dégagé la surface avec les empreintes de pas de reptiles. Alors forcément, une fois que les empreintes sont à l'air libre, elles vont disparaître très rapidement. Donc l'érosion va être responsable de la destruction de ces empreintes de pas. Mais d'un autre côté, l'érosion va aussi découvrir de nouvelles empreintes que nous pourrions observer dans quelques dizaines d'années.

**Narration :**

10 :31 :09 - Après avoir formé des plages au sud de l'Europe, l'océan Téthys continue d'envahir les terres du continent.

10 :31 :29 - En quelques 50 millions d'années, la Téthys se rend jusqu'au sud de l'Allemagne. La Bavière devient un archipel entouré d'une mer peu profonde.

10 :31 :43 - À cette époque, Le climat est chaud, sec et l'eau de la Téthys s'évapore rapidement, laissant des strates de sédiments dans la région de Solnhofen. Les espèces marines téméraires qui s'aventurent jusqu'à Solnhofen suffoquent dans cette eau stagnante et peu oxygénée. La région se transforme en un cimetière marin.

10 :32 :08 - Au fil de millions d'années, le plancher marin de Solnhofen s'est métamorphosé en dépôt de calcaire.

10 :32 :18 - Au 19e siècle, des ouvriers qui exploitaient cette matière pour en faire des matériaux de construction y ont trouvé des fossiles qui ont émerveillé et déconcerté les scientifiques.

10 :32 :33 - Martina Kölbl-Ebert raconte l'époque où l'Allemagne s'est transformé un monde marin.

**Martina Kölbl-Ebert : 10 :32 :42**

*Kalksteinschichten hier, wir sind in einem der Becken abgelagert worden. So wenn man mit dem Flugzeug oder damals natürlich per Flugsaurier hätte über die Landschaft fliegen können, dann würde man jetzt überall ringsum Höhe sehen, euh... Sandhügel oder Riffe oder gar richtige Koralleninseln, die aus dem Wasserhaus ragen. Und ...dieser Steinbruch ist ganz ganz besonders: hier finden wir die Wunderwasserfossilienfische, die ich hier gesehen habe und sie sind nicht nur schön, sondern es sind noch sehr viele neue Arten, die überhaupt noch gar nicht wissenschaftlich bekannt sind.*



Des couches de calcaire se sont déposés dans des bassins. Si on survolait le paysage en avion ou comme alors sur un ptérosaure, on verrait des sommets tout autour : des collines de sable et des récifs, ou encore d'authentiques îles de corail émergeant de l'eau. Cette carrière a une particularité : nous y trouvons de magnifiques fossiles de poissons, et non seulement ils sont beaux, mais il y a également de très nombreuses espèces jusque-là inconnues des scientifiques.

### **Narration :**

10 :33 :20 - Aujourd'hui, en Bavière, les traces de l'océan Téthys semblent avoir disparues. Mais les pierres qui forment le sol de Solnhofen ont gardé le souvenir de l'époque où une faune riche et diversifiée peuplait cette région.

10 :33 :41 - Le Jura Muséum d'Eichstätt héberge des fossiles qui nous transporte 150 millions d'années en arrière dans un univers tropical, habité de créatures étranges, d'insectes primitifs, de planctons, de lézards minuscules, et surtout, de poissons insolites.

### **Martina Kölbl-Ebert : 10 :34 :10**

*Dieser Fisch ist aus unserer neuen Grabung. Natürlich kommen sie so nicht aus dem Steinbruch, so sie müssen erst präpariert werden, in dem Fall sind das mehrere hundert Stunden Arbeit. Aber wenn das mal gemacht ist, dann sieht man, das ist einfach eine perfekte Erhaltung, besser geht's im Prinzip überhaupt nicht mehr. Euh... Sind nicht nur die ganzen Schuppen an ihrer Stelle, wo sie hingehören, sondern man sieht sogar Farbmuster drauf, also man kriegt einen Eindruck, wie dieser Fisch im Leben ausgesehen hatte. Und diese dunklen Schatten hier im Bauchraum, das sind die Überreste der inneren Organe also dass man tatsächlich dann auch über die Physiologie dieser Tiere arbeiten kann.*

*Dieser Fossilhai ist ein ganz besonders Exemplar: es ist nicht nur ein, ein fossiles Skelett, sondern er zeigt sämtliche Flossen, so das ist mehr eine Mumie als sonst irgendetwas.*

*Und selbst wenn wir nur das Skelett hätten, wäre es schon ein wunderbares Fossil, denn Haie sind Knorpelfische und normalerweise finden wir von denen nur isolierte Zähne.*

*Wir finden die Fossilien in den tieferen Becken, das ist aber nicht dort, wo sie gelebt haben, euh... denn die tieferen Becken sind eigentlich lebensfeindliche Orte. Dort war der Sauerstoffgehalt sehr niedrig und der Salzgehalt erhöht.*

*Und das ist aber eine glückliche Situation, denn sie verhindert, dass Aasfresser Zugang zu den Leichen haben und doch die Bakterienaktivität war sehr begrenzt und nachdem die Leiche erstmal vom Kalkschlamm bedeckt war, hatte sie Zeit zu mineralisieren und dann schließlich Fossil zu werden.*

Ce poisson vient de notre dernière fouille. Bien sûr, ils ne sortent pas de la carrière dans cet état, ils doivent d'abord être préparés, ce qui nécessite plusieurs centaines d'heures de travail. Mais quand c'est fait, le résultat est proche de la perfection. Non seulement toutes les écailles sont à leur place, mais on voit même un peu de leur couleur. On peut ainsi se faire une idée de l'apparence du poisson de son vivant. Ces ombres sur la zone abdominale sont les traces des organes internes, ce qui nous permet aussi d'étudier la physiologie de ces animaux.

Ce fossile de requin est un des spécimens rare. Ce n'est pas qu'un squelette, car il a toutes ses nageoires. Il s'apparente plutôt à une momie.

Même en n'ayant que le squelette, ce serait déjà un beau fossile, car les requins sont des poissons cartilagineux et en général, on ne retrouve d'eux que quelques dents isolées.

Nous trouvons les fossiles dans les bassins les plus profonds. Mais ils ne vivaient pas dans ces environnement hostile, car la teneur en oxygène y était très faible et la teneur en sel élevée.

Cet environnement représente pourtant des avantages, car il interdit également aux charognards d'atteindre les cadavres, et l'activité bactérienne étant très réduite, dès que le cadavre était recouvert d'une première couche de boue calcaire, il avait le temps de se minéraliser, puis de se transformer en fossile.

### **Narration :**

10 :35 :58 –Après avoir découvert la faune marine de Solnhofen, les chercheurs ont trouvé le fossile d'un archæoptéryx, le premier oiseau connu sur Terre et un proche parent des dinosaures.

### **Martina Kölbl-Ebert : 10 :36 :17**

*Immer sich das Skelett genauer anschaut, dann fällt auf, das es einen langen Wirtelschwanz hat, dass Zähne im Maul sind, auch Krallen an den Armen, das ist ein Skelett wie, wie bei nur Dinosauriern. Auf der anderen Seite gibt es Abdrücke von Federn und wenn man sich genau anschaut, dann ist es ein richtiger Flügel wie bei einem flugfähigen Vogel.*

Plus on observe le squelette, plus on remarque la longue queue, la gueule avec des dents, ainsi que des griffes aux pattes avant. C'est un type de squelette qu'on trouve seulement chez les dinosaures. Il y a également des traces de plumes, et en regardant de

plus près on s'aperçoit que c'est en fait une aile, comme celle d'un oiseau capable de voler.

### **Narration :**

10 :36 :42 - L'archéoptéryx de Solnhofen a probablement survolé les eaux de la Téthys alors que cet océan continuait d'envahir l'Europe.

10 :36 :52 - À la même époque, il y a 200 millions d'années, le sort de la planète bascule.

Les forces tectoniques déchirent la Pangée. Les terres ne seront plus jamais réunies en un seul et même continent.

L'Amérique septentrionale et l'Europe sont poussées vers le Nord, créant un espace aussitôt rempli par un océan. Au sud, les territoires des futures Alpes deviennent un fond marin.

10 :37 :27 - Sur le Mont Chenaillet, dans le massif du Queyras, à la frontière de la France et de l'Italie, des géologues cherchent des vestiges de l'époque où les Alpes étaient recouverte par les flots.

Jean-Marc Lardeaux et Raymond Cirio s'intéressent particulièrement à des roches qui contiennent des traces de vie.

### **Jean-Marc Lardeaux : 10 :37 :48**

C'est absolument superbe. Là tu as des roches fantastiques parce que ça va vraiment nous permettre de démontrer l'affinité océanique. Ça c'est extraordinaire.

On trouve à cet endroit-là des roches sédimentaires qui sont des roches sédimentaires à une composition chimique très particulière : riche en silice et pleine de nanofossiles. Et ces sédiments ne se forment aujourd'hui dans l'océan mondial, que dans des zones extrêmement spécifiques à grande profondeur, dans l'océan mondial et uniquement en domaine océanique, donc il n'y a aucune ambiguïté sur le type d'environnement dans lequel ces roches sédimentaires se sont déposées. Elles sont de couleur rouge. Elles sont pleines de nanofossiles qu'on appelle des radiolaires et en plus ces radiolaires ont ceci de fantastique, qu'ils sont des chronomètres, c'est-à-dire que grâce à leur morphologie, que nous étudions en détail au microscope, nous allons pouvoir les dater. Et ceci a été fait ici et l'âge de dépôts de ces sédiments sur un fond océanique à plus de 2000 ou 3000 mètres de profondeur c'était 160 millions d'années, c'est-à-dire au jurassique. Nous sommes là sur la couverture sédimentaire de la Téthys.

### **Narration :**

10 :39 :04 - La présence des radiolaires, une forme de zooplancton qui vit seulement dans les grandes profondeurs, confirme que ces montagnes, qui s'élèvent aujourd'hui à plus de 3000 mètres, était situées à plus de 2000 mètres sous le niveau des mers.

10 :39 :20 - Au moment où ce fond marin était encore jeune et instable, des éruptions volcaniques ont percé le plancher océanique des futures Alpes. Ces jaillissements de lave se retrouvent aujourd'hui sur les flancs du Mont Chenaillet.

### **Jean-Marc Lardeaux : 10 :39 :33**

Voilà Raymond. Nous sommes en train d'arriver sur un des exemples les plus spectaculaires : ces tubes de lave. En fait les roches ici sont des basaltes, c'est-à-dire les roches qui forment le fond des océans et ces basaltes qui sont en principe sous forme de coulée de lave ici ne peuvent pas s'épancher. Pourquoi? Parce que la lave est immédiatement refroidie par l'eau de mer. Elle est trempée et en conséquence de quoi on n'a pas de coulée qui s'étale. La lave peut s'écouler dans les tubes. Elle craquelle le tube, elle sort du tube mais elle est immédiatement figée. Et on retrouve là toutes les caractéristiques des basaltes océaniques, ces pillow lava, basaltes en polochon.

### **Narration :**

10 :40 :24 - À la naissance des Alpes, les laves qui s'étaient figées dans l'eau de mer ont été soulevées bien au-dessus de l'océan.

### **Jean-Marc Lardeaux : 10 :40 :36**

Dans les Alpes, comme dans toutes les chaînes de montagnes de la Terre, on peut quasiment dire que les chaînes de montagnes contiennent la mémoire des océans disparus.

### **Narration :**

10 :40 :47 - Alors que les plus hautes montagnes d'Europe n'existent pas encore, les continents, collés les uns contre les autres pendant des centaines de millions d'années, continuent de s'émanciper.

10 :41 :02 - La tectonique poursuit l'œuvre de la Téthys. La brèche créée par cet océan primitif s'ouvre pour former l'océan Atlantique.

L'eau chaude de la Téthys est envahie par les mers froides du Nord et par des micro-organismes qui transforment la géographie du Nord de la France et du sud-est de l'Angleterre.

10 :41 :27 - Dans la région Nord-Pas-de-Calais, à l'Université de Lille, au département des Sciences de la Terre, le sédimentologue et géochimiste Nicolas Tribovillard étudie les océans d'antan et les êtres vivants qui les ont colonisés.

**Nicolas :** 10 :41 :42

Philippe. Bonjour.

**Philippe :**

Bonjours Nicolas

**Nicolas :**

Ça va ?

**Philippe :**

Ça va. Oui, oui.

**Nicolas :**

Alors qu'est-ce que ça donne?

**Philippe :**

Une belle coccosphère.

**Nicolas :**

Une coccosphère. Super.

### **Narration :**

10 :41 :51 - Nicolas s'intéresse à des algues microscopiques qui se protègent avec des plaques de calcaire qu'on appelle des coccolites.

**Nicolas Tribovillard :** 10 :42 :00

Le coccolite, c'est cet objet minuscule, puisque vous voyez que ici, le petit trait blanc représente 2 microns. Un micron c'est un millièmième de mètre, c'est un millièmième de millimètre. Donc cet objet fait à lui tout seul quelques millièmièmes de mètre. Autrement dit, il est minuscule. C'est minuscule. Et ce coccolite est ce qui fait la craie, la craie qui est une roche typique du crétaqué, puisque la craie a donné son nom au crétaqué.

Alors le coccolite, qu'est-ce que c'est? C'est une toute petite partie d'une coccosphère, c'est-à-dire un assemblage de ces disques, de ces assiettes, qui sont assemblés en petites sphères. Je peux en montrer une très rapidement. Voilà. Une coccosphère où les coccolites sont assemblées, c'est le squelette calcaire d'une algue unicellulaire. Et ces algues vivent depuis très longtemps, elles sont très banales. Toutes les mers en comportent. Et elles se développent surtout au jurassique et au crétaqué. Donc la craie n'est faite que de l'accumulation de ces squelettes en forme de petites sphères, de ces algues unicellulaires qui ont colonisé toutes les mers et qui les colonisent encore.

### **Narration :**

10 :43 :14 - En descendant les marches de la carrière de Lezennes, Nicolas retourne 30 millions d'années en arrière. Il peut ainsi observer les carcasses des premières algues qui ont colonisé l'Atlantique.

Les squelettes de coccolites ne pèsent que quelques microgrammes; mais ils se sont superposés des milliards et des milliards de fois au fond des eaux. Sur les côtes de la Manche, ce charnier atteint une épaisseur de 700 mètres d'épaisseur !

10 :43 :44 - À l'époque où ces masses de craie se sont accumulées, le niveau des eaux était beaucoup plus élevé.

**Nicolas Tribovillard :** 10 :43 :51

Pourquoi cette élévation du niveau marin? Parce que c'est un moment où la Pangée, ce grand – c'est ce qu'on appelle ce super continent – qui se divise en morceaux qui se séparent les uns par rapport aux autres. La Pangée et le mouvement tectonique qui

accompagne sa dislocation se traduit par une création de plancher océanique, c'est-à-dire que du matériel remonte du manteau, sort au niveau des rides médio-océaniques lesquels, sous cette augmentation de matériel chaud qui arrive, enflent. Elles occupent un volume énorme. Et moi, quand je rentre dans ma baignoire, le niveau de l'eau monte. Donc de la même façon, quand cette chaîne de montagnes sous-marines enfle, dans un espace total qui est fini—Donc le niveau marin est obligé de monter, probablement jusqu'à 200, 250 mètres au dessus du niveau actuel des mers.

### **Narration :**

- 10 :44 :42 - Lorsque le niveau de la mer s'est abaissé, à Douvres, au sud de la Manche, des falaises de coccolites qui atteignent une hauteur de 80 mètres ont émergés des eaux.
- 10 :45 :01 - Après l'ouverture de l'Atlantique, la construction de l'Europe – telle qu'on la connaît aujourd'hui - est presque achevée. La dernière pièce du continent se détache de l'Afrique il y a 100 millions d'années; elle percute le sud de l'Europe pour former l'Italie et la Croatie.
- 10 :45 :30 - La collision Europe-Afrique redessine le visage du continent européen sur plus de 300 000 km<sup>2</sup>, l'équivalent de la superficie du Royaume-Uni.
- 10 :45 :45 - Cet événement soulève les Alpes. Et plisse des planchers océaniques et des terres continentales en des formes surprenantes.
- 10 :46 :00 - La puissance tectonique qui a façonné ces montagnes est incommensurable. Bientôt, les Alpes deviendront la plus grande chaîne montagneuse de l'Europe, qui culminera à plus de 4800 mètres.
- 10 :46 :33 - Le géologue Michel Marthaler se rend à Zermatt, dans les Alpes suisses. Il se dirige vers un lieu exceptionnel qui permet de saisir d'un seul coup d'œil les éléments colossaux d'origines lointaines qui se sont manifestés pour façonner les Alpes.

### **Michel Marthaler : 10 :46 :56**

Alors ici c'est tout à fait extraordinaire parce que ici c'est du plancher océanique qui était donc à 3000 mètres de profondeur au secondaire, il y a très longtemps. Et maintenant on est en pleine montagne donc ce lieu il permet d'expliquer comment les Alpes se sont formées. Parce qu'on a tout autour de nous des restes d'océan. Donc c'est très paradoxal. Et on a quand même aussi ce magnifique massif qu'on appelle le Mont Rose, qui est fait de granit et de gneiss qui sont des roches typiquement continentales, qui sont plus anciennes, qui ont eues 400 millions d'années, donc le double d'âge de cette croûte, donc beaucoup plus ancien. Et en plus un troisième partenaire. C'est là, on voit, un petit peu caché par les nuages, une autre croûte continentale qui est posée sur ce reste océanique. C'est le Cervin. Plus d'autres montagnes qu'on voit au fond, qui sont toutes d'origines africaines. Donc on a ici la chance de vivre et de pouvoir venir visiter l'Europe ici. L'océan ici. Et l'Afrique là haut.

### **Narration :**

- 10 :48 :08 - La forme pyramidale du Mont Cervin, aussi appelé le Matterhorn, en fait l'une des montagnes les plus faciles à reconnaître.
- 10 :48 :21 - À ce jour, plus de 500 alpinistes ont perdu la vie en essayant d'atteindre son sommet.
- 10 :48 :39 - Depuis la naissance du bouclier scandinave jusqu'au soulèvement des Alpes, l'Europe n'a cessé de prendre de l'ampleur, en superficie et en hauteur. Les forces tectoniques qui l'ont façonnée ont créé des écosystèmes prospères et meurtriers pour de nombreuses espèces insolites. Aujourd'hui, l'Europe abrite 733 millions d'habitants dans 51 pays.
- 10 :49 :08 - Mais la tectonique ne cesse de transformer et réinventer l'Europe, invitant les scientifiques à comprendre le passé récent, le présent et l'avenir du continent.
- 10 :49 :20 - Alors que l'Afrique continue de s'enfoncer dans l'Europe, elle redessine inlassablement le relief européen et engendre des phénomènes grandioses et destructeurs.
- 10 :49 :31 - Comme la disparition de la Méditerranée.
- 10 :49 :36 - L'apparition de souterrains majestueux.
- 10 :49 :39 - La création de volcans irascibles.
- 10 :49 :45 - Et la présence de tremblements de terre imminents.
- 10 :49 :50 - Ces manifestations ne sont que quelques-unes des conséquences des forces tectoniques qui s'affrontent en permanence sur le continent européen.