

Les coulisses de l'expédition de Darwin (1831-1836)

La Fondation Tara Océan vous propose d'entrer dans les coulisses des grandes expéditions maritimes. Ce dossier est consacré à l'expédition de Charles Darwin à bord du Beagle, au cours de laquelle, grâce à ses observations, il formulera bien des années plus tard la théorie de l'évolution des espèces.

A travers des activités à destination des jeunes de cycle 3 et cycle 4, découvrez les enjeux de cette expédition, son contexte historique et scientifique. Les liens avec les programmes sont précisés.

Sommaire

1. Préambule	3
2. Introduction	3
3. Qui était Charles Darwin ?	4
4. L'expédition, 1831–1836	4
5. Activités en lien avec les programmes	9
Activité 1 : Les risques sismiques et volcaniques	10
Activité 2 : Observer des êtres vivants microscopiques	14
Activité 3 : L'esclavage	17
Activité 4 : Les pinsons de Darwin	21
Activité 5 : Evolution et environnement	24
Activité 6 : Darwin cherche des preuves à l'évolution	26
Activité 7 : Un long voyage	27
6. Annexes	28

1. Préambule

Véritable laboratoire scientifique flottant, la goélette *Tara* a déjà parcouru depuis 2004 plus de 400 000 kilomètres, faisant escale dans plus de 60 pays. Elle s'inscrit ainsi dans la droite lignée des grandes expéditions qui, depuis le XV^{ème} siècle, ont exploré le monde et ont permis de construire l'ensemble des connaissances scientifiques dont nous disposons aujourd'hui.

Au XV^{ème} siècle, le monde occidental connaît une révolution technique et scientifique : l'idée que la Terre est ronde est enfin admise et la généralisation de nouveaux instruments tels que la boussole ou l'astrolabe (qui permet le calcul de la latitude en pleine mer, à toute époque de l'année) ouvre la voie aux Grandes Découvertes. Avec les progrès de la construction navale, les caravelles puis les galions joueront un rôle majeur dans l'exploration de l'Océan Indien, la découverte de l'Amérique et de l'Océan Pacifique.

Le XVIII^{ème} siècle voit la naissance des premières expéditions dites « scientifiques » avec le départ en 1764 du *Dolphin* de John Byron pour le sud de l'Océan Atlantique. Bougainville, Cook, La Pérouse, Darwin, Dumont d'Urville... chacun de ces grands explorateurs a contribué à la connaissance et à la compréhension de notre monde. En parallèle de ces voyages, les instruments de mesure et d'observation ont été développés et adaptés à cette volonté d'approche scientifique de l'univers.

Nous vous invitons aujourd'hui à revivre ces grandes expéditions pour comprendre comment elles ont contribué à l'élaboration des outils que les scientifiques utilisent aujourd'hui à bord de la goélette *Tara*, lorsqu'ils cherchent à enrichir encore notre connaissance de l'Océan.

- Pour en savoir plus sur les caravelles, avec des idées d'activités pédagogiques :

- <https://www.fondation-lamap.org/page/9619/leurope-des-d%C3%A9couvertes-section-enseignant>
- <https://vimeo.com/458928568>
- <http://expositions.bnf.fr/marine/arret/04.htm>

- Pour en savoir plus sur les navires de demain :

<https://www.ademe.fr/recherche-innovation/programme-dinvestissements-davenir/projets-laureats>

2. Introduction

Le 27 Décembre 1831, le *Beagle*, vaisseau anglais de Sa Majesté Guillaume IV, commandé par le Capitaine Robert Fitz-Roy, largue les amarres et quitte le port de Plymouth avec pour objectif de cartographier l'Amérique Latine. A son bord, un jeune naturaliste de 22 ans allait bouleverser notre perception du vivant. Son nom est Charles Darwin.

Aujourd'hui, près de 200 ans après cette étape majeure dans notre compréhension du vivant, la Fondation Tara Océan vous propose de plonger dans les coulisses de cette expédition mythique.

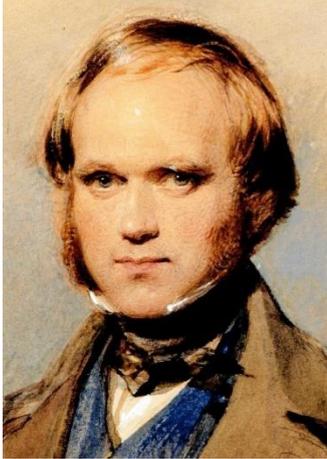
A travers cette fiche d'activités à destination des jeunes de cycle 3 et cycle 4, découvrez les enjeux de l'expédition de Darwin et les instruments scientifiques dont il disposait pour réaliser ses observations.

Sources :

- <https://www.universalis.fr/encyclopedie/grandes-decouvertes/>
- <https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/expeditions-scientifiques-que-reste-il-decouvrir-de-la-terre>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Voyage_d%27exploration_scientifique

3. Qui était Charles Darwin ?

Issu d'une famille de médecins renommés, Charles Darwin est né le 12 février 1809 à Shrewsbury à l'ouest de l'Angleterre. Charles grandit dans un environnement matériellement et intellectuellement riche. Peu intéressé par l'école, c'est un enfant qui aime surtout pêcher, chasser et collectionner les insectes.



À seize ans, son père l'envoie faire des études de médecine à Edimbourg, comme le veut la tradition familiale. Mais Charles montre peu d'intérêt pour ses études et échoue. Ayant la passion pour les choses de la nature, il part alors à Cambridge faire des études pour devenir pasteur car à cette époque, c'est au sein de cette profession que l'on étudie le plus la nature. Il acquiert de bonnes connaissances en sciences de la nature mais ne deviendra jamais pasteur. À son retour d'un voyage dans les îles Tenerife sur les traces du naturaliste allemand Alexander Von Humboldt, il découvre une lettre de son professeur fétiche le révérend John Stevens Henslow qui le recommande pour s'embarquer comme naturaliste sur un navire de la Royale Navy, le Beagle.

Portrait de Charles Darwin âgé de 31 ans

A cette époque, Charles Darwin a alors 22 ans. Après d'âpres négociations avec son père pour obtenir son approbation, il se rend à Plymouth en septembre 1831 pour rencontrer le Capitaine Robert Fitz-Roy qui commandera le Beagle. Ce navire est un brick de dix canons, vaisseau de Sa Majesté ! Le 27 Décembre 1831, les vents sont enfin favorables et le Beagle largue les amarres : l'expédition qui bouleversera notre perception du vivant démarre....

4. L'expédition, 1831–1836

Contexte historique et objectifs de l'expédition

Au début du XIX^{ème} siècle, Napoléon est vaincu et son empire est réparti entre les vainqueurs. L'armement de l'Europe est démantelé, et l'Espagne, alliée de la France pendant de longues années de guerre, n'a pu contenir les révolutions provinciales dans ses colonies américaines, révolutions soutenues et financées par les britanniques. Les principaux ports d'Amérique du Sud abritent des navires de guerre britanniques ainsi que des navires de commerce étrangers. Les capitalistes européens redécouvrent le Nouveau Monde et son incroyable richesse.

Il subsiste tout de même des freins au développement du continent américain, en particulier la difficulté de circulation entre la côte Atlantique de l'Amérique du Sud et le grand bassin du Pacifique. Mais il n'y a pas de passage au Nord par l'Arctique et le canal de Panama n'ouvrira qu'en 1914. Le meilleur passage à cette époque est donc le Cap Horn mais il reste dangereux avec ses nombreuses tempêtes. Trouver un chemin plus sûr est donc vital pour le commerce mondial. C'est dans ce contexte que le Beagle est envoyé en Amérique Latine à deux reprises : d'abord en 1826, sous le commandement du capitaine Philip Parker King et ensuite en 1831, commandé par le jeune capitaine Robert Fitz-Roy. Il fallait absolument fournir des cartes précises des côtes sud-américaines, en particulier celles des canaux découpés du Cap Horn et de ses environs.

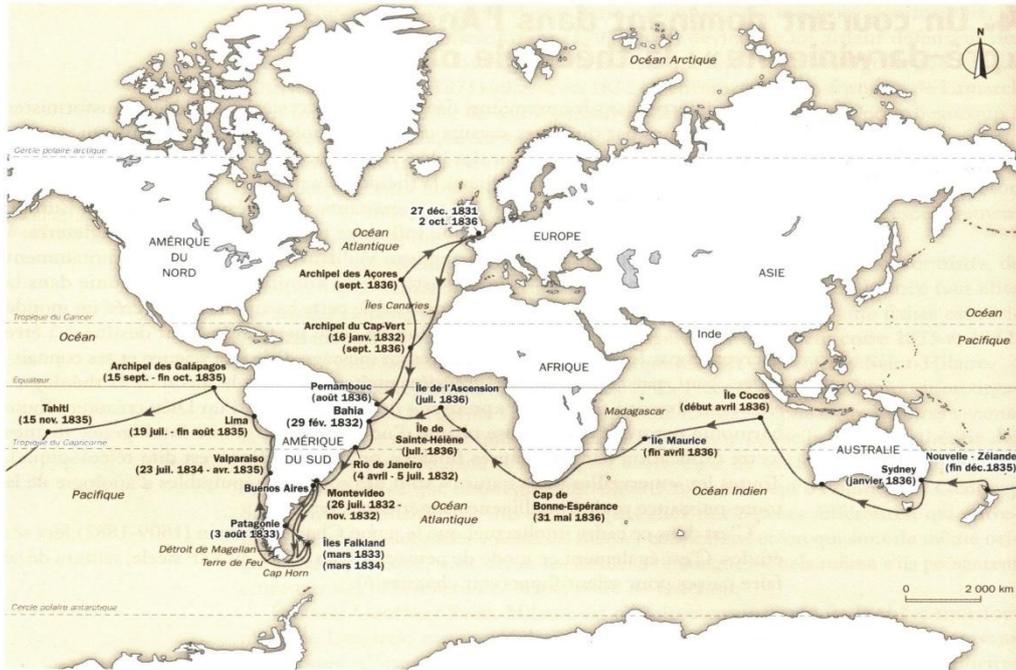


Figure 1. Le voyage de Darwin à bord du *Beagle* (27 décembre 1831 - 2 octobre 1836).

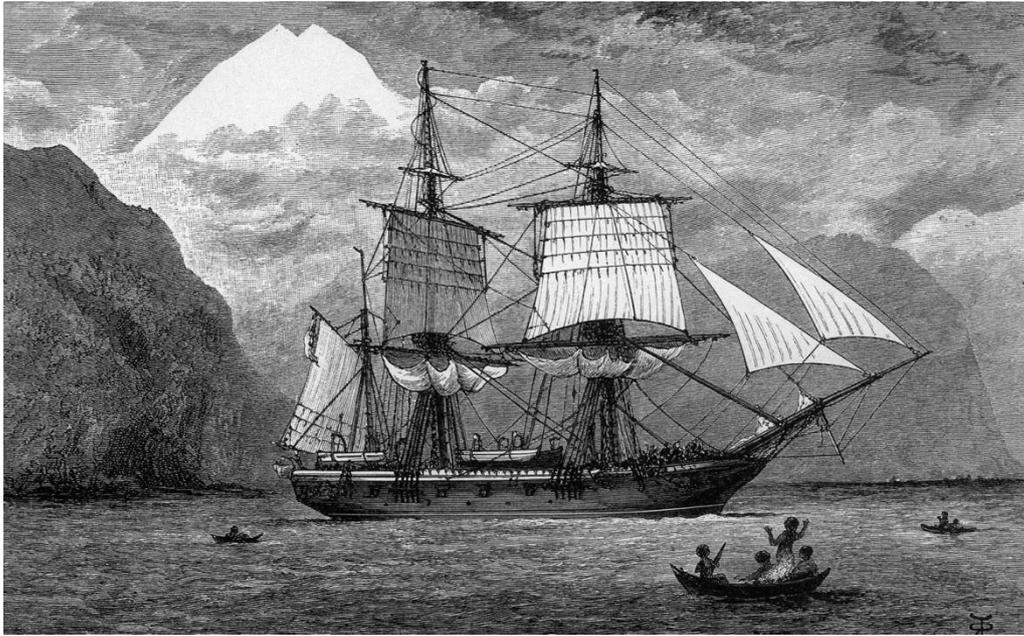
Source : *Guide critique de l'évolution* sous la direction de Guillaume Lecointre aux Editions Belin

Les observations de Darwin durant l'expédition

A bord du *Beagle*, le rôle de Darwin en tant que naturaliste est d'étudier la faune, la flore et la géologie des lieux rencontrés. Il entame ses premières observations dès l'escale au Cap Vert mais c'est une fois le *Beagle* arrivé en Amérique Latine, en juillet, qu'il peut véritablement entamer de longues expéditions à terre, tandis que l'équipage du navire commence la cartographie des côtes de la région...

Darwin passe plusieurs semaines à collecter des fossiles à Punta Alta. Il découvre notamment d'immenses os fossilisés de *Megatherium*, de *Megalonyx*, de *Myloodon darwini* et de *Toxodon*. Certains de ces énormes mammifères disparus présentent d'étranges similitudes avec le paresseux ou le tatou actuel. Ces observations participeront à la remise en cause de la fixité des espèces...

Le 27 novembre 1832, le navire fait route vers la Terre de Feu à la pointe sud du continent américain. Le capitaine Fitz-Roy libère les trois otages fuégiens qu'il avait emmenés avec lui lors d'un précédent voyage. La rencontre entre l'équipage et ces hommes du bout du monde est étonnante ! Ils n'ont pour seul vêtement qu'une peau de guanaco (lama sud-américain) et certains sont coiffés de plumes. Le climat est rude et agité dans ce pays montagneux couvert de forêts inhospitalières et en partie submergé. Les tempêtes successives forcent l'équipage du *Beagle* à passer Noël à l'abri prêt du Cap Horn.



Le Beagle dans le détroit de Magellan, avec le Mont Sarniento au loin.

Source : Charles Darwin, le voyage du Beagle : l'édition illustré du carnet de voyage et du journal de bord aux éditions Delachaux et Niestlé

Début août, Darwin part accompagné de Gauchos explorer les rives du rio Negro. C'est dans un contexte mouvementé qu'il tente de mener sa mission à bien : le gouvernement a envoyé dans cette région une armée sous le commandement du despotique général Rosas. Darwin est choqué par la brutalité de ces soldats qui massacrent les femmes indiennes et font de leurs enfants des esclaves. Bien sûr, les représailles des indiens sont nombreuses et Darwin devra rester très prudent lors de ses excursions. En dépit du contexte, il observera de nombreux animaux : tatous, autruches, serpents, échassiers, lézards, poissons, viscaches, perroquets, bœufs, hiboux, cygnes, batraciens, pumas et il sera étonné par des animaux qui parviennent à survivre dans la saumure boueuse des lacs salés. Ils sont la preuve que des êtres organisés sont capables de s'adapter et de se développer dans les environnements les plus hostiles. Par ailleurs, des observations de fossiles nourrissent ses interrogations sur le dogme religieux selon lequel les espèces n'auraient pas évolué depuis leur création par Dieu.

En mai 1834, le voilier parvient à l'embouchure orientale du détroit de Magellan reliant Atlantique et Pacifique. L'hiver arrive et dans la matinée du 10 juin, après une longue nuit de quatorze heures, le Beagle se jette enfin dans le Pacifique. Au cours de cette navigation, Darwin observe les affleurements géologiques qui l'entourent et il devient de plus en plus convaincu que ces falaises, ainsi que la Cordillère de Andes elle-même, résultent d'un lent mouvement d'élévation depuis le niveau de la mer.

Le navire remonte ensuite la côte chilienne : Valparaiso d'abord puis Valdivia. Là, le 20 février 1835 à 11h30, la ville est soudainement secouée par un violent tremblement de terre de deux minutes. Les maisons de bois sont fortement secouées, la mer monte comme si c'était la grande marée et les habitants effrayés sortent dans les rues. Une vague immense a pratiquement rayé de la carte la ville de Talcahuano. Pour Darwin, c'est l'occasion d'observer des fragments de rochers marins qui ont été jetés très haut sur la côte par la secousse. En faisant un rapprochement entre ce phénomène et les coquillages qu'il a précédemment observés à haute altitude dans la Cordillères des Andes, ainsi que des restes de laves sous-marines à plus de 2000 mètres d'altitude, il comprend que ces montagnes sont issues d'une grande élévation provoquée par des tremblements de terre successifs de ce type.

Le 17 septembre 1835, le Beagle arrive dans l'archipel des Galápagos. Darwin est enthousiaste à l'idée de découvrir ces fascinantes îles du Pacifique. Il ne le sait pas encore, mais cette prochaine étape s'avérera décisive pour la future mise au point de la théorie de la sélection naturelle...

Darwin est intrigué par de véritables routes tracées dans le sable en direction des sources d'eau. Il tombe

alors sur deux immenses tortues, véritables emblèmes des Galápagos. Un homme lui certifie qu'il peut savoir de quelle île provient une tortue, rien qu'en l'observant ! Sur le moment, il ne prête pas attention à cette information...

Il parcourt les différentes îles et collecte en un mois pas moins de 193 espèces de plantes, 26 espèces d'oiseaux terrestres, 17 espèces de coquillages, 15 de poissons de mer, 11 d'échassiers et d'oiseaux aquatiques, des reptiles, des insectes, etc. Ce qui est le plus surprenant, c'est qu'un grand nombre de ces espèces sont uniques au monde et certaines d'entre elles existent sur une île bien précise de l'archipel mais pas sur les autres. Ainsi, chaque île semble avoir généré des espèces qui se sont adaptées spécifiquement à leur environnement. L'exemple des pinsons est à ce titre révélateur. Ces



oiseaux, tout en présentant entre eux de frappantes ressemblances morphologiques, se distinguent par divers caractères comme la forme et la taille de leur bec. Charles comprendra que l'isolement de ces volatiles sur ces îles les a conduits, à partir d'une souche unique d'origine continentale, à présenter des variations probablement liées à des différences de mode de vie et d'habitudes alimentaires. Ceci contribuera à l'élaboration de sa théorie de la sélection naturelle et à la mise en lumière du mécanisme par lequel les espèces évoluent en s'adaptant à leur milieu.

Spécimens de pinsons étiquetés de la main de Charles Darwin et posés sur son journal.

Source : Charles Darwin le voyage du Beagle : l'édition illustrée du carnet de voyage et du journal de bord aux éditions Delachaux et Niestlé

Le 12 janvier 1836, le navire accoste à Sydney et Charles, que la nostalgie du pays commence à gagner, est subjugué par la capitale australienne avec ces rues larges et propres, de grandes maisons et des boutiques garnies, comme dans les rues de Londres.

Après être passé par la Tasmanie et le détroit du Roi-Georges, les explorateurs du Beagle mettent le cap sur les îles Cocos le 14 mars. Le 1er avril, ils aperçoivent ces atolls recouverts de forêts de cocotiers. Et l'origine de ces îles coralliennes passionnera Darwin... A force d'observations, il aboutit à la conclusion que les polypes du corail se développent sur des terres autrefois émergées, s'étant probablement affaissées très

lentement en dessous du niveau de la mer.

Le 12 avril, les explorateurs quittent les îles Cocos, direction l'île Maurice puis le Cap Bonne-Espérance qu'il dépasse fin mai 1836. Sur place, Darwin rencontre Sir John Herschel, astronome et philosophe anglais résidant au Cap. Les deux hommes ne se doutent pas alors qu'ils seront enterrés un jour côte à côte à l'abbaye de Westminster à Londres... En juillet, alors qu'ils sont sur l'île d'Ascension, Charles reçoit une lettre de ses sœurs lui annonçant qu'on lui propose d'occuper un poste scientifique important. Après un périple de quatre ans, neuf mois et cinq jours, ils arrivent enfin le 2 octobre 1836 à Falmouth en Angleterre.

De retour en Angleterre...

Après ce voyage hors du commun autour du monde, Charles Darwin s'installe à Londres et se marie le 29 janvier 1839. Son épouse, Emma Wedgwood, lui donnera dix enfants. Il publie son journal de voyage, connu sous le titre « Voyage du Beagle ». Le succès de son livre propulse Darwin au poste de secrétaire de la Geological Society.

Souffrant de faiblesse chroniques dont on ne trouvera jamais la cause, il décide de s'installer en 1842

dans un petit village du Kent. Il y mène une vie campagnarde et exploite méthodiquement le matériel rapporté de son périple. La comparaison minutieuse des plantes, animaux et fossiles collectés durant le voyage lui procure de nombreuses informations sur la manière dont des espèces similaires s'adaptent à des environnements différents. Comme il en avait pris l'habitude sur le Beagle, il continue de noter ses observations au jour le jour sur un petit cahier jaune, rituel qu'il gardera jusqu'à son décès en 1882. Si l'idée de la sélection naturelle s'impose à lui dès son retour en 1836, il lui faudra plus de vingt ans pour ordonner son travail. C'est à l'été 1858 qu'un événement va accélérer les choses. En effet, le naturaliste Alfred Wallace lui envoie pour avis un projet d'article dans lequel il expose l'essentiel des idées que Darwin a déjà formulées depuis longtemps sans les publier. Cet épisode précipite la publication en 1859 de « L'Origine des espèces ».

Source : https://sagascience.cnrs.fr/dosdarwin/contenu/alternative/alter1_plansite.html

5. Activités en lien avec les programmes

Les activités proposées ci-dessous sont en lien avec les programmes de cycle 3 et cycle 4.

Discipline	Compétences et Points du programme	Activités n°
Sciences de la Vie et de la Terre Cycle 4 ou Seconde	<p>Compétences : Pratiquer des démarches scientifiques Pratiquer des langages</p> <p>Points du programme : Explorer et expliquer certains phénomènes géologiques liés au fonctionnement de la Terre. Mettre en relation différents faits et établir des relations de causalité pour expliquer : - la nutrition des organismes, - la dynamique des populations, - la classification du vivant, - la biodiversité (diversité des espèces), - la diversité génétique des individus, - l'évolution des êtres vivants.</p>	1, 4, 5 et 6
Sciences et Technologie Cycle 3	<p>Compétences : Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques Se situer dans l'espace et dans le temps</p>	2
Histoire Géographie Cycle 4	<p>Compétences : Se repérer dans le temps Se repérer dans l'espace Analyser et comprendre un document</p> <p>Points du programme : Repère annuel : 4ème, Histoire, Thème 2 : L'Europe et le monde au XIX^e siècle</p>	3
Mathématiques Cycle 3	<p>Compétences :</p> <p>Chercher : -Extraire d'un document les informations utiles, les reformuler, les organiser, les confronter à ses connaissances. -Tester, essayer plusieurs pistes de résolution. -Décomposer un problème en sous-problèmes.</p> <p>Raisonner : -Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs variées (géométriques, physiques, économiques) : mobiliser les connaissances nécessaires, analyser et exploiter ses erreurs, mettre à l'essai plusieurs solutions.</p> <p>Calculer : -Calculer avec des nombres rationnels, de manière exacte ou approchée, en combinant de façon appropriée le calcul mental, le calcul posé et le calcul instrumenté (calculatrice ou logiciel). -Contrôler la vraisemblance de ses résultats, notamment en estimant des ordres de grandeur ou en utilisant des encadrements.</p>	7

Activité 1 : Les risques sismiques et volcaniques

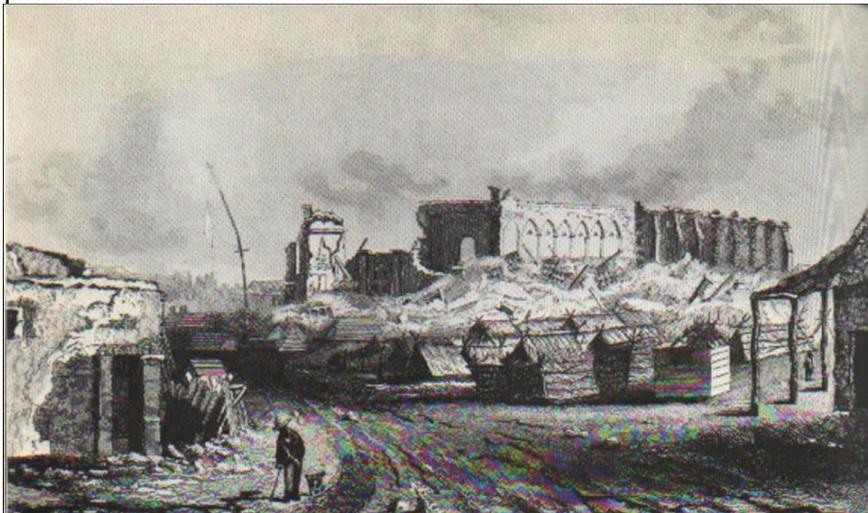
Document 1 : extrait de « Le Voyage du Beagle » de Charles Darwin

Nuit du 19 janvier – Pendant la nuit, le volcan d'Orsone se met en éruption. A minuit, la sentinelle observe quelque chose qui ressemble à une grande étoile ; cette étoile augmente à chaque instant et, à trois heures du matin, nous assistons au spectacle le plus magnifique. A l'aide du télescope, nous voyons, au milieu de splendides flammes rouges, des objets noirs projetés incessamment en l'air et retomber. Dans la matinée, le volcan reprend sa tranquillité.

J'ai été tout étonné d'apprendre plus tard que l'Aconcagua, au Chili, 480 milles (772km) plus au nord, s'était mis en éruption pendant la même nuit.

20 février — Ce jour a été mémorable dans les annales de Valdivia, pour le tremblement de terre le plus violent qu'ait connu l'habitant le plus âgé. Je me trouvais sur le rivage et j'étais allongé dans le bois pour me reposer. Il est arrivé soudainement et a duré deux minutes, mais le temps est apparu beaucoup plus long. Le balancement du sol était très sensible. Les ondulations semblaient ...venir du plein est ... Il n'y avait aucune difficulté à me tenir debout, mais le mouvement me donnait presque le vertige. Dans la forêt, je n'ai senti que la terre trembler, mais je n'ai vu aucun autre effet. Le capitaine Fitz Roy et quelques officiers étaient à la ville pendant le choc, et là la scène était plus frappante ; car bien que les maisons, parce qu'elles étaient construites en bois, ne tombèrent pas, elles furent violemment secouées, et les planches craquèrent et s'entrechoquèrent. Le peuple se précipita dehors dans la plus grande alarme. Au cours de la soirée, il y eut beaucoup de secousses plus faibles.

4 mars — Pendant que le navire battait jusqu'au mouillage, j'ai débarqué sur l'île de Quiriquina. Le maire du domaine est rapidement descendu pour m'annoncer la terrible nouvelle du grand tremblement de terre du 20 février : « Que pas une maison à Concepcion ou à Talcahuano (le port) n'était debout ; que soixante-dix villages ont été détruits ; et qu'une grande vague avait presque emporté les ruines de Talcahuano ». De cette dernière affirmation, je vis bientôt des preuves abondantes : toute la côte était jonchée de bois et de meubles comme si mille navires avaient fait naufrage. Outre des chaises, des tables, des étagères, etc., en grand nombre, il y avait plusieurs toits de chaumières, qui avaient été transportées presque entières.



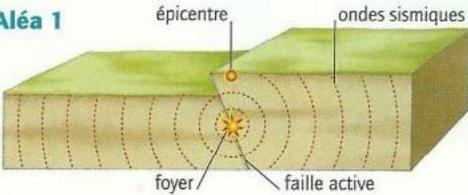
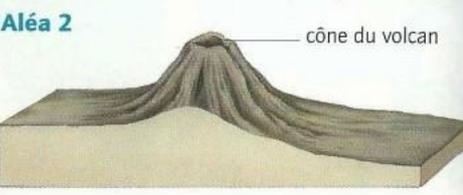
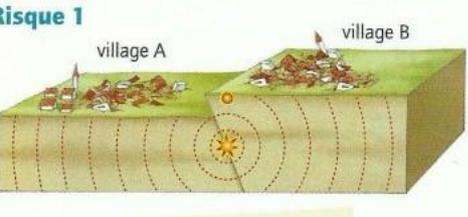
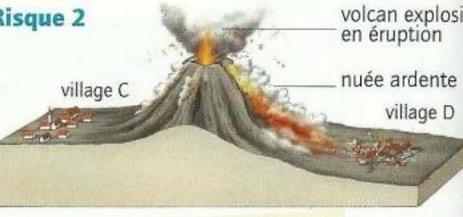
Dessin de la cathédrale détruite de Concepción. Dessiné par Charles Darwin

Toute l'île témoignait de la puissance écrasante du tremblement de terre et de la grande vague qui s'ensuivit. Le sol dans de nombreuses parties était fissuré dans les lignes nord et sud, peut-être à cause du fléchissement des côtés parallèles et escarpés de cette île étroite. Certaines des fissures près des falaises avaient un mètre de large.

Le lendemain, j'ai débarqué à Talcahuano, puis j'ai roulé jusqu'à Concepción. Les deux villes ont présenté le spectacle le plus horrible et le plus intéressant que j'ai pu voir à ce jour. Pour une personne

qui les avait connus auparavant, cela aurait peut-être été encore plus impressionnant ; car les ruines étaient si mêlées, et toute la scène avait si peu l'air d'un lieu habitable, qu'il était à peine possible d'imaginer son ancien état. Le tremblement de terre a commencé à onze heures et demie du matin. Si cela s'était produit au milieu de la nuit, le plus grand nombre d'habitants (qui dans cette seule province doit s'élever à plusieurs milliers) aurait péri, au lieu de moins d'une centaine.

Document 2 : qu'est-ce qu'un risque géologique ?

<p>L'aléa géologique : possibilité qu'un phénomène géologique (un séisme ou une éruption volcanique) se produise dans une région donnée.</p>	<p>Aléa 1</p>  <p>épïcentre, ondes sismiques, foyer, faille active</p>	<p>Aléa 2</p>  <p>cône du volcan</p>
<p>L'enjeu : ensemble des personnes et des biens vulnérables à la survenue de l'aléa géologique.</p>	<p>Enjeu 1</p>  <p>village A, village B</p>	<p>Enjeu 2</p>  <p>village C, village D</p>
<p>Le risque géologique : association d'un aléa géologique et d'un enjeu. C'est la probabilité que survienne un phénomène géologique dont les effets peuvent menacer la population et les biens.</p>	<p>Risque 1</p>  <p>village A, village B</p> <p>Risque sismique</p>	<p>Risque 2</p>  <p>volcan explosif en éruption, nuée ardente, village C, village D</p> <p>Risque volcanique</p>

Source : <https://gouberville.etab.ac-caen.fr/IMG/pdf/RisqueGeologique.pdf>.

Document 3 : définitions

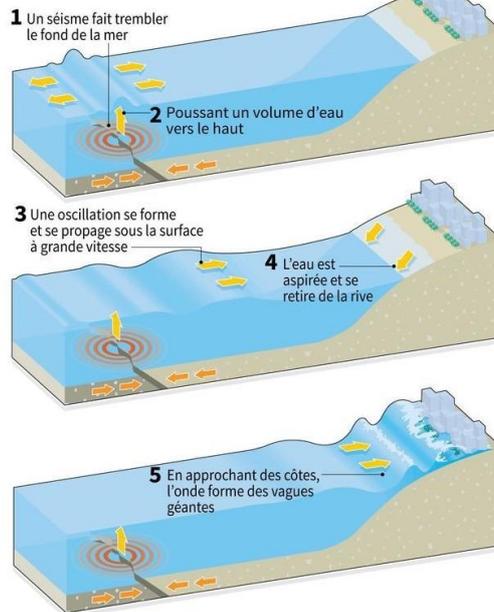
- Une faille : cassure au sein de couches géologiques, accompagnée d'un déplacement



Sources : <https://www.papergeek.fr/pourquoi-y-a-t-il-des-seismes-24776>
et <http://www.structurotheque.universite-paris-saclay.fr/picture.php?/1034>

- Un tsunami : immense vague ayant pour origine un tremblement de terre, une éruption volcanique sous-marine ou la chute dans la mer de grands pans de falaises ou de glaciers, et provoquant de graves dégâts quand elle déferle sur une côte.

Formation d'un tsunami



Sources : Nature, USGS

AFP

Document 4 : quelques phénomènes géologiques récents au Chili

- Des géologues de l'université du Chili ont annoncé ce mardi 7 avril 2021 avoir découvert un nouveau volcan actif au Chili. Le volcan, considéré comme actif car âgé de moins de 5.000 ans, culmine à 1.280 m d'altitude, soit la taille du Vésuve (Italie), précisent les géologues (Source : 20 minutes).
- Un large panache de cendres s'est élevé du volcan Calbuco mercredi 22 avril 2015. Une autre éruption a eu lieu le lendemain matin. Après 43 ans de sommeil, son réveil est pour le moins explosif. (Sources : Emol, Sernageomin et Futura sciences)
- Les autorités chiliennes ont levé l'alerte au tsunami, jeudi 17 septembre, (2015) lancée la veille après un violent séisme de magnitude 8.3, dont le bilan s'élève à huit morts. (Source : Le Monde)
- En éruption depuis le 2 décembre 2014, le volcan Villarica connaît une nouvelle explosion le 2 mars 2015 à 3 heures du matin qui nécessite l'évacuation en urgence de plus de 3 000 personnes vivant aux alentours (Source : Wikipedia).



Questions :

- Quels sont les phénomènes géologiques rencontrés par Darwin lors de son expédition au Chili ?
- Quel est le ressenti de Darwin au moment du tremblement de Terre ? Où se trouvait-il ?

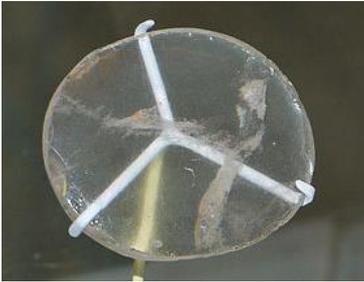
- 3) Quel est le ressenti de Fitz Roy au moment du tremblement de Terre ? Où se trouvait-il ?
- 4) Quels sont les dégâts subis par le Chili à la suite du tremblement ?
- 5) Dans sa description, Darwin parle d'une « grande vague ». Comment nomme-t-on ce phénomène ? Expliquez à quoi il est dû.
- 6) « Le sol dans de nombreuses parties était fissuré » A quelles structures géologiques Darwin fait-il référence ici ? Détaillez votre réponse à l'aide des documents.
- 7) Le risque sismique et volcanique est-il toujours présent actuellement au Chili ? Expliquez pour quelle raison le risque géologique peut être faible même si l'aléa est important.

Éléments de correction :

- 1) Lors de son expédition au Chili, Darwin a pu observer l'éruption du volcan Orsone. Il a également subi le tremblement de terre du 20 février à Valdivia.
- 2) Lors du séisme, Darwin se trouvait dans les bois, il a ressenti des ondulations du sol mais n'avait aucune difficulté à se tenir debout.
- 3) Fitz Roy se trouvait en ville avec d'autres officiers, ils ont assisté à une scène frappante : les maisons construites en bois furent violemment secouées, et les planches craquèrent et s'entrechoquèrent. Le peuple se précipita dehors.
- 4) 70 villages ont été détruits. Dans les villes de Concepción et Talcahuano, plus une seule maison n'était debout, une grande vague a emporté les ruines de Talcahuano. Sur la côte, le sol était jonché de bois, de meubles (chaises, tables, étagères) et de toits de chaumières. Une centaine de personnes sont décédées.
- 5) La grande vague correspond à un tsunami. Lorsqu'un séisme a lieu dans l'océan, il se forme une vague géante qui vient déferler sur la côte et détruit tout sur son passage.
- 6) Les structures géologiques que décrit Darwin sont des failles qui se sont formées suite au séisme.
- 7) Actuellement au Chili, il y a encore des volcans en activité et régulièrement des séismes. Le risque sismique et volcanique est donc toujours présent. Bien que l'aléa soit fort, le risque géologique peut être faible si on se trouve dans une zone inhabitée (où l'enjeu est faible).

Activité 2 : Observer des êtres vivants microscopiques

Document 1 : la lentille de Nimrud (VIII^{ème} siècle av. JC)



La plus ancienne lentille* découverte est une lentille plan convexe* provenant des fouilles opérées près de Nimrud, en Irak, par Austen Henry Layard en 1845. Son ancienneté est remarquable et elle pourrait être la plus ancienne lentille optique jamais découverte, mais son usage continue à faire débat.

La plus ancienne lentille découverte (Source : Google libre de droits)

Document 2 : les premiers microscopes



Les microscopes composés (c'est à dire à plusieurs lentilles) les plus anciennement connus datent de 1590. Ils ont été construits par les opticiens lunetiers hollandais Jansen père et fils, qui ont découvert les capacités de l'association de plusieurs lentilles en observant le paysage à travers les vitres (dites aujourd'hui « culs de bouteille ») des fenêtres de leur atelier.

Le microscope composé de Jansen (Source : Google libre de droits)

Document 3 : les microscopes de Darwin



Charles Darwin reçut son 1^{er} microscope de façon anonyme lorsqu'il était au Christ College à Cambridge. Il fut rapidement captivé par les possibilités que celui-ci lui offrait. Lors de son voyage sur le Beagle, il emporta avec lui un petit microscope d'efficacité réduite qui lui permit tout de même de faire de nombreuses observations. En 1846, Darwin commença à trier les quelques échantillons restant de son voyage. Il se mit à étudier les Balanes (espèce de Cirripèdes). L'observation de ces espèces nécessitait l'utilisation d'un microscope beaucoup plus puissant qu'il acheta en 1847. Dans une lettre du 10 mai 1848, il écrivit : *"I have purchased a 1/8" object glass, & it is grand. I have been getting on well with my beloved cirripedia, & get more skillfull in dissection."* Ce qui signifie : *"J'ai acheté un objectif 1/8 en verre et il est excellent. Je me débrouille bien avec mon cher cirripedia et je deviens plus doué en dissection"*. Sources :

- <https://www.whipplemuseum.cam.ac.uk/explore-whipple-collections/microscopes/charles-darwins-microscopes> <https://sites.google.com/site/svtmethodes/observer>
- http://fr.hellokids.com/c_10839/lire-et-apprendre/reportages-pour-enfant/fiches-pedagogiques-sur-les-animaux/les-balanes

Questions :

- 1) Après avoir exploré la rubrique « Au fil de l'histoire » correspondant au microscope, dans le laboratoire interactif en ligne (<https://fondationtaraoccean.org/coulissesdelabo/>), complète sur la frise chronologique ci-dessous les découvertes qui ont mené à la construction du microscope tel que nous le connaissons actuellement.

- 2) Compléter les mots croisés.

Horizontal

3. Qualificatif des êtres vivants observables au microscope
4. Néron l'était, c'est pour cela qu'il utilisait des lentilles
6. Dernier microscope inventé

Vertical

1. Inventées par les moines
2. Forme de la lentille qui grossit
5. Microscope inventé par Talbot en 1834

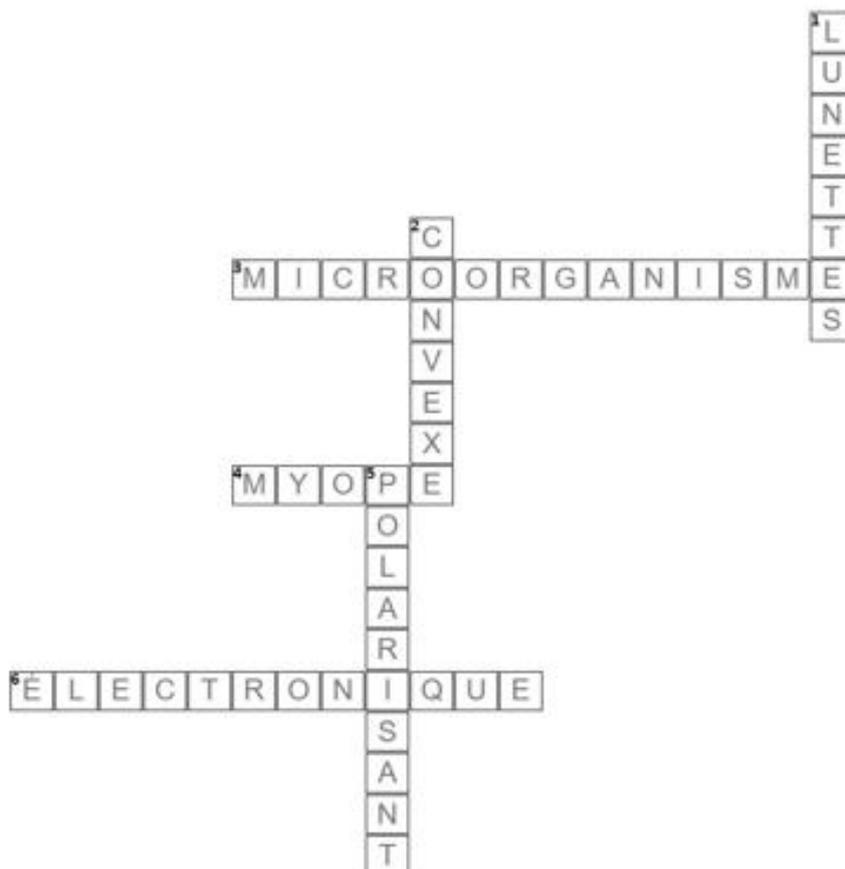
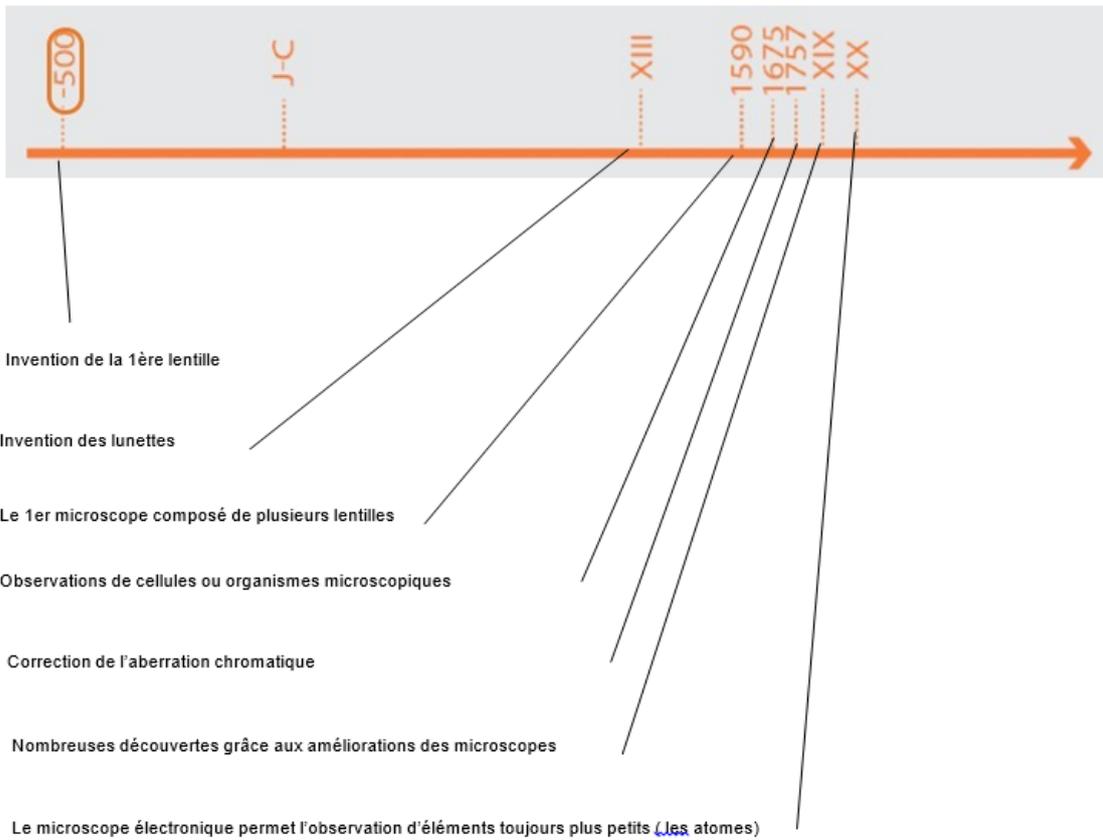
The image contains a timeline and a crossword puzzle. The timeline at the top shows a horizontal orange arrow pointing right, with a grey background above it. Key dates and periods are marked: -500, J-C, XIII, 1590, 1675, 1757, XIX, and XX. Below the timeline, several empty rectangular boxes are connected to the timeline by lines, indicating where to place answers for specific dates or periods. The crossword puzzle below consists of a grid of empty cells with numbers 1 through 6 indicating the starting points for the words.

Timeline Markers: -500, J-C, XIII, 1590, 1675, 1757, XIX, XX

Crossword Puzzle:

- 1: Vertical word starting at the top right.
- 2: Vertical word starting at the intersection of 1 and 3.
- 3: Horizontal word starting at the intersection of 2 and 4.
- 4: Horizontal word starting at the intersection of 2 and 5.
- 5: Vertical word starting at the intersection of 4 and 6.
- 6: Horizontal word starting at the intersection of 5 and 6.

Éléments de correction :



Activité 3 : L'esclavage

Document 1 : extrait du « voyage du Beagle » de Charles Darwin

« Le 19 août (1836), nous quittons définitivement les côtes du Brésil, je remercie Dieu de n'avoir plus à visiter un pays à esclaves. Aujourd'hui encore, quand j'entends un cri dans le lointain, cela me rappelle qu'en passant auprès d'une maison de Pernambouc, j'entendis des gémissements ; l'idée me frappa immédiatement, et ce n'était que trop vrai, que l'on était en train de torturer un pauvre esclave, mais je comprenais en même temps qu'il m'était impossible d'intervenir. A Rio de Janeiro, je demeurais en face de la maison d'une vieille dame qui possédait des vis pour écraser les doigts de ses esclaves femmes. J'ai habité une maison où un jeune mulâtre était à chaque instant insulté, persécuté, battu, avec une rage qu'on n'emploierait pas contre l'animal le plus infime. »

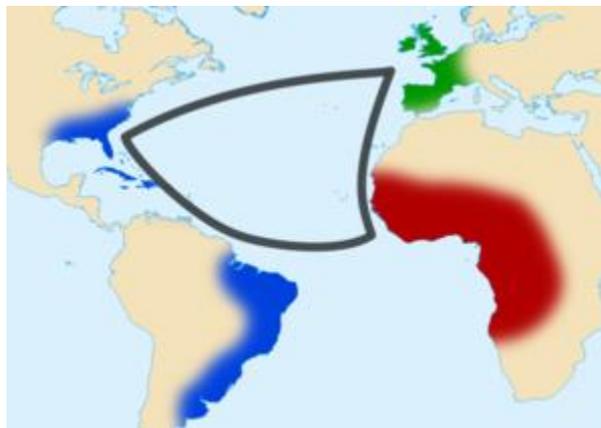
Document 2 : le commerce triangulaire

Le commerce triangulaire est un commerce d'échanges, qui du XVI^e au XVIII^e siècle a été réalisé entre l'Europe, l'Afrique et l'Amérique. Il était basé sur la traite des personnes à peau noire. L'esclavage a été aboli à Paris le 27 avril 1848, après une longue "réunion" décisive pour la liberté des personnes ayant la peau noire.

Le commerce triangulaire consistait, pour des navires européens, à amener sur les côtes atlantiques de l'Afrique différentes marchandises d'origine européenne de peu de valeur (des pacotilles), mais recherchées par les Africains. Ces marchandises étaient échangées contre des prisonniers africains, qui étaient alors transportés de force vers le continent américain. Là, hommes, femmes et enfants étaient vendus comme esclaves pour travailler dans les champs de coton ou de canne à sucre.

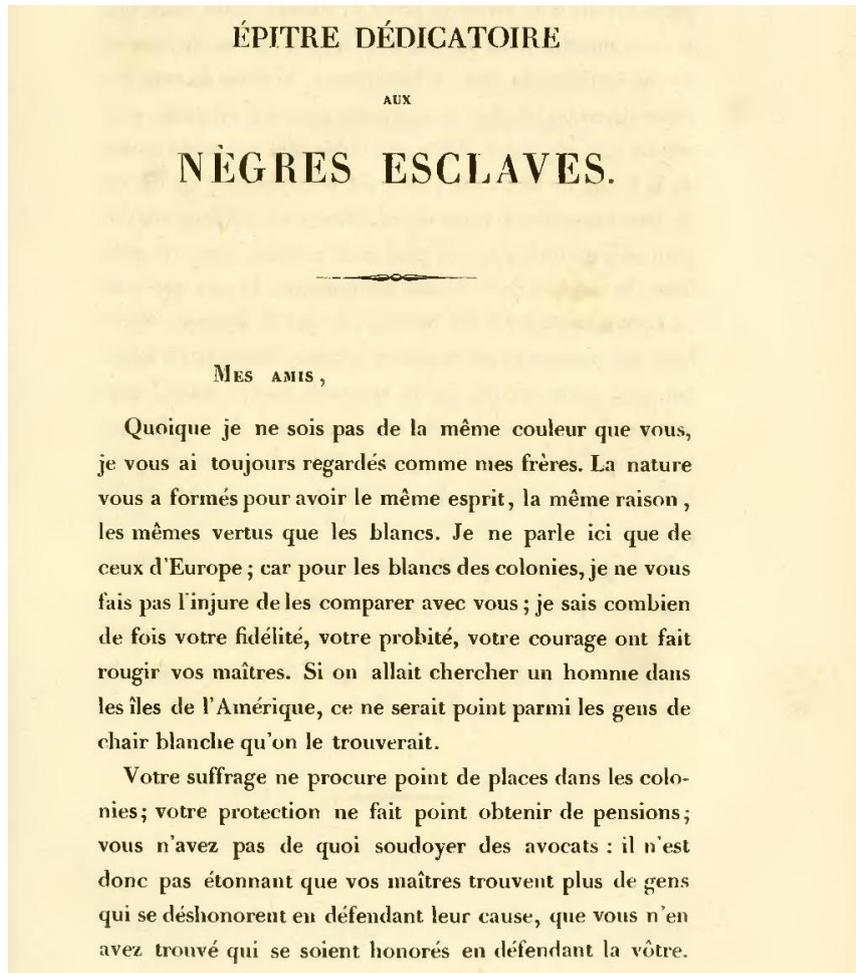
Les navires revenaient ensuite vers l'Europe avec des produits américains. Ce commerce a fonctionné du XVI^e siècle jusqu'au début du XIX^e siècle. On dit qu'il est triangulaire car, sur une carte, si l'on relie l'Europe, l'Afrique tropicale et l'Amérique par des flèches, on obtient un triangle. Le voyage, s'il se passait normalement, durait près d'un an (quelquefois deux).

Source : Vikidia



Une des routes du commerce triangulaire. En Europe, les royaumes européens où s'armaient les navires négriers. L'Afrique, la zone d'origine des esclaves. L'Amérique, la zone de destination des esclaves.

Document 3 : vers l'abolition de l'esclavage en Europe



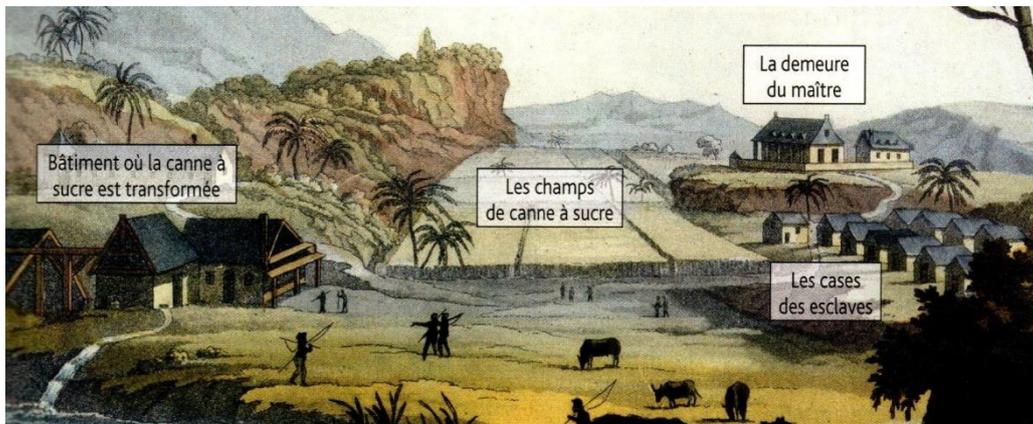
Texte de Nicolas de Condorcet : mathématicien, philosophe, homme politique et éditeur français, représentant des Lumières.

Source : https://fr.m.wikisource.org/wiki/Page:Condorcet_%C5%92uvres,_Didot,_1847,_volume_7.djvu/73



« Am I Not a Man and a Brother ? », illustration du célèbre médaillon anti-esclavagiste dessiné par William Hackwood ou Henry Webber pour le compte de Josiah Wedgewood, vers 1787. L'abolition de l'esclavage au Royaume-Uni, aura lieu en 1833. (Source : Wikipedia)

Document 4 : le sort des esclaves dans les plantations

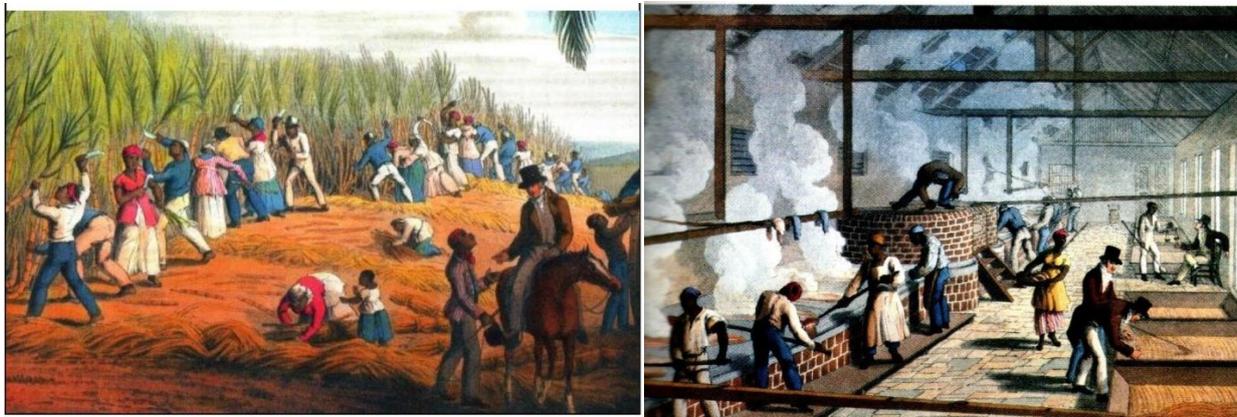


Organisation d'une plantation aux Antilles au XVIII^{ème} siècle.

Source : Gravure extraite de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert, 1751-1772

Le pasteur Frossard décrit les conditions de vie et de travail des esclaves dans les Antilles françaises :
« Les esclaves qui vont au jardin, c'est-à-dire qui cultivent la plantation, sont réveillés avant l'aurore par le claquement du fouet du Commandeur chargé d'inspecter leur conduite et de punir leur négligence. A midi, on leur accorde deux heures, non pour prendre du repos mais pour aller préparer leur repas. A deux heures précises, le Commandeur rappelle les esclaves à la plantation et le travail dure jusqu'à la nuit pour ceux qui ne sont pas obligés de veiller au moulin. Le travail de ceux qui sont au moulin ou aux chaudières est extrêmement pénible. Aussi l'excès de fatigue tue-t-il bientôt ceux qui y sont soumis. »

Source : Le pasteur B.S. Frossard, *La cause des esclaves nègres*, 1788



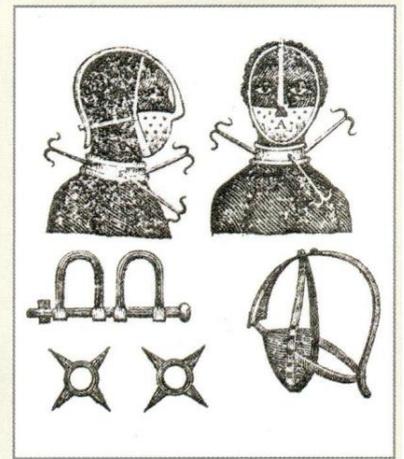
Travail de la canne à sucre (gauche) (Source : gravure de 1823) et la transformation de la canne à sucre (droite) (Source : Lithographie de W. Clarck, 1823, British museum, Londres).

Pendant quelques semaines, je fus employé à désherber et à désempierrier une plantation. Comme l'homme à qui appartenait ce domaine tomba malade, on m'envoya dans sa demeure pour l'éventer pendant son sommeil. En traversant la maison, je vis une esclave noire qui préparait le dîner : la pauvre était cruellement harnachée de divers instruments en fer, dont un qu'elle portait sur la tête et qui lui fermait si étroitement la bouche qu'elle pouvait à peine parler, manger et boire. Je fus choqué par ce dispositif dont j'appris plus tard qu'on l'appelait muselière de fer.

Oludah Equiano, *op. cit.*

Muselière et fers infligés aux esclaves, XVIII^e siècle.
Ces instruments étaient fabriqués par les forgerons,
sur commande de certains maîtres.

Thomas Branagan, *The penitential Tyrant*, New York, 1807.
© Library of Congress, États-Unis.



Questions :

- 1) Que dénonce Darwin lors de son voyage en Amérique du Sud ?
- 2) Les esclaves dont parle Darwin sont des hommes et des femmes à la peau noire. Ces personnes ne sont pas originaires d'Amérique du Sud. Expliquez comment elles sont arrivées là.
- 3) Décrivez la vie des esclaves dans les colonies. Quelles sont leurs tâches, comment sont-ils traités ?
- 4) Que condamne Condorcet ? Quels sont ses arguments ?
- 5) Quand a eu lieu l'abolition de l'esclavage en France ? Au Royaume-Uni ?

Éléments de correction :

- 1) Lors de son voyage en Amérique du sud, Darwin a été choqué par la façon dont sont traités les esclaves dans les colonies.
- 2) Les Européens allaient acheter des esclaves en Afrique contre des pacotilles afin de les revendre en Amérique. Les esclaves étaient alors vendus aux enchères pour travailler dans les plantations de coton et de canne à sucre. Les Européens repartaient en Europe avec leurs bateaux chargés de marchandises (épices, tabac, sucre, ...).
- 3) Les esclaves sont logés dans des cases, ils se lèvent tôt le matin pour aller travailler dans les plantations. Ils subissent des châtiments corporels de la part de leur maître.
- 4) Condorcet et Mirabeau dénoncent les atrocités faites aux esclaves. Mirabeau décrit les conditions inhumaines dans lesquelles on fait voyager les esclaves noirs à bord des bateaux négriers. Selon Condorcet, les hommes noirs sont les frères des hommes blancs et doivent être traités à égalité avec eux. Ces deux hommes militent pour l'abolition de l'esclavage.
- 5) L'abolition de l'esclavage a eu lieu le 27 avril 1848 pour la France et en 1833 pour l'Angleterre.

Activité 4 : Les pinsons de Darwin

Document 1 : sélection naturelle et biodiversité

Chez les oiseaux, on observe une très grande diversité de la forme du bec : l'excellente adéquation entre le régime alimentaire de l'oiseau et la forme de son bec peut paraître étonnante.



Source : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BirdBeaksA.svg>

Document 2 : réflexions de Darwin

Lors de son voyage sur le Beagle, Darwin fait escale sur les îles Galápagos. Conformément à sa mission, Darwin capture et naturalise (empaille) de nombreux oiseaux insulaires dont des pinsons qui se différencient par la taille de leur corps et leur bec (taille et forme). À son retour en Angleterre, il apporte ces oiseaux dans un musée où un spécialiste (John Gould) lui fait remarquer que, malgré leurs ressemblances, les pinsons ramenés d'Amérique du sud ne sont pas de la même espèce que ceux des Galápagos.

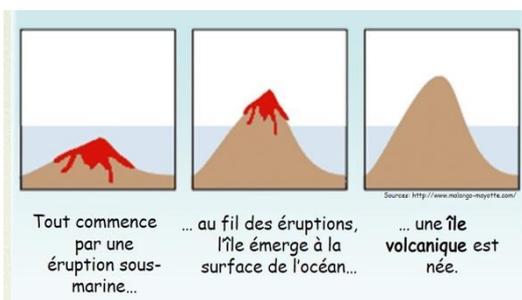
Darwin sait que les îles Galápagos sont des îles volcaniques formées relativement récemment. Par conséquent, elles n'ont pas toujours existé et lorsqu'elles sont apparues, il n'y avait pas de pinsons dessus. Cela signifie que les pinsons qui y vivent aujourd'hui sont venus d'ailleurs.

Darwin suppose que les pinsons des îles sont originaires d'Équateur parce que c'est l'endroit le plus proche des îles Galápagos et qu'on y trouve également des pinsons qui ressemblent à ceux des îles. Voilà pourquoi Darwin pense tout d'abord que les pinsons des Galápagos sont de la même espèce que les pinsons d'Équateur. Et cela explique qu'il soit très surpris d'apprendre que ce n'est pas le cas.

Darwin ne voit alors qu'une seule explication à ce paradoxe : autrefois les pinsons des îles Galápagos étaient bien de la même espèce que ceux de l'Équateur, mais ils se sont transformés au cours du temps (évolution) et donc aujourd'hui, ils ne sont plus de la même espèce.

Document 3 : formation des Galápagos

Il y a 6 millions d'années, les îles des Galápagos n'existent pas encore. Il y a 5 millions d'années, des éruptions volcaniques dans l'océan Pacifique forment les îles volcans des Galápagos. Il y a 4 millions d'années, les éruptions cessent et les îles des Galápagos deviennent habitables. Peu à peu, le vent et les courants marins y apportent des graines qui, en germant, donnent naissance à une végétation susceptible de nourrir les animaux qui échouent sur les rivages de l'île. Evidemment, les plantes et les animaux qui colonisent un archipel volcanique proviennent essentiellement des terres environnantes.



Formation d'une île volcanique. Source : http://www.malango-mayotte.com



Geospiza fortis: bec de taille moyenne, se nourrit de graines plus ou moins grosses



Certhidea olivacea: bec très fin, idéal pour saisir des insectes ou des petites graines.



Geospiza magnirostris: bec puissant, idéal pour broyer les grosses graines



Geospiza parvula: petit bec arrondi, insectivore

Quatre espèces de pinsons dessinées par Darwin lors de son escale

Éléments de correction :

- 1) Les îles Galápagos se sont formées il y a environ 5 millions d'années suite à une éruption volcanique dans le fond de l'océan. Le volcan a produit tellement de lave qu'il a fini par émerger et former une île.
- 2) Il existe 14 espèces de pinsons sur les îles des Galápagos.
- 3) Les différentes espèces de pinsons possèdent des becs de taille et de formes différentes.
- 4) Sur certaines îles, comme Santa Cruz, il y a plusieurs espèces de pinsons alors que sur d'autres îles comme Wolf ou Isabella, il n'y a qu'une seule espèce de pinsons. Ces espèces sont endémiques de ces îles, c'est-à-dire qu'elles s'y sont installées naturellement.
- 5) Les pinsons seraient arrivés du continent il y a 5 millions d'années et auraient évolué différemment les uns des autres sur ces différentes îles.
- 6) 1- *Geospiza magnirostris* ; 2- *Geospiza fortis* ; 3- *Geospiza parvula* ; 4- *Certhidea olivacea*

Activité 5 : Evolution et environnement

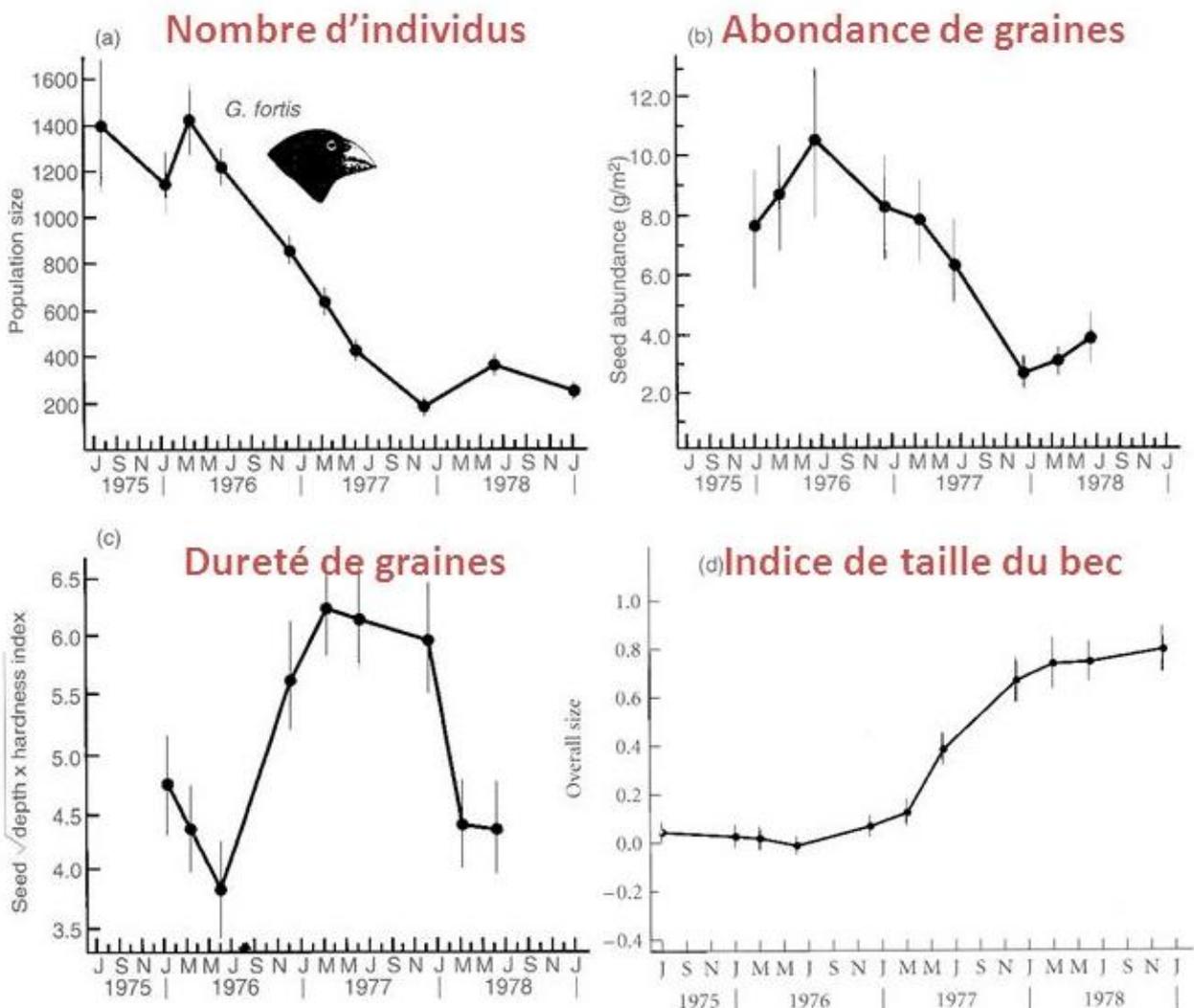


Depuis une quarantaine d'années, des études sont menées sur l'évolution des pinsons sur l'île de Daphne Major, dans l'archipel des Galápagos, avec un intérêt particulier pour l'espèce *Geospiza fortis*. Les scientifiques ont remarqué, chez cet oiseau, une variabilité de la dimension de son bec.

L'année 1977 a été marquée par une forte sécheresse sur l'archipel des Galápagos : les graines sont devenues moins abondantes et plus dures à broyer.

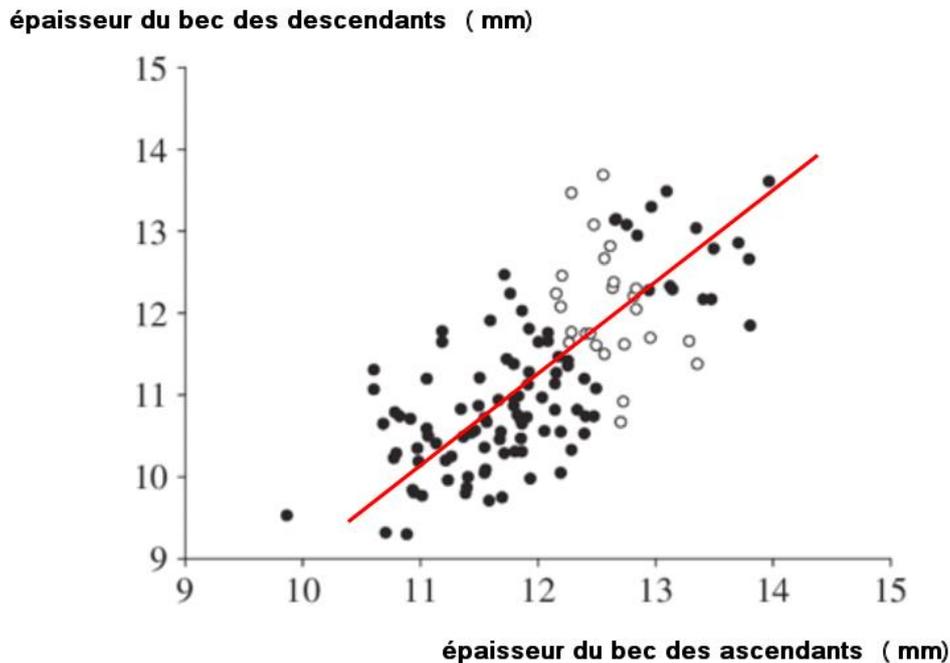
Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geospiza_fortis.jpg

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats des mesures de la taille du bec avant et après l'année de sécheresse.



Source : https://www.mun.ca/biology/scarr/Natural_Selection_on_Geospiza.html

Le graphique ci-dessous montre la relation entre la taille du bec des ascendants adultes et celui de leurs jeunes descendants.



Source : https://www.researchgate.net/figure/Distribution-of-beak-sizes-in-G-fortis-at-three-different-sites-on-Santa-Cruz-Island-in_fig1_41656297

Questions :

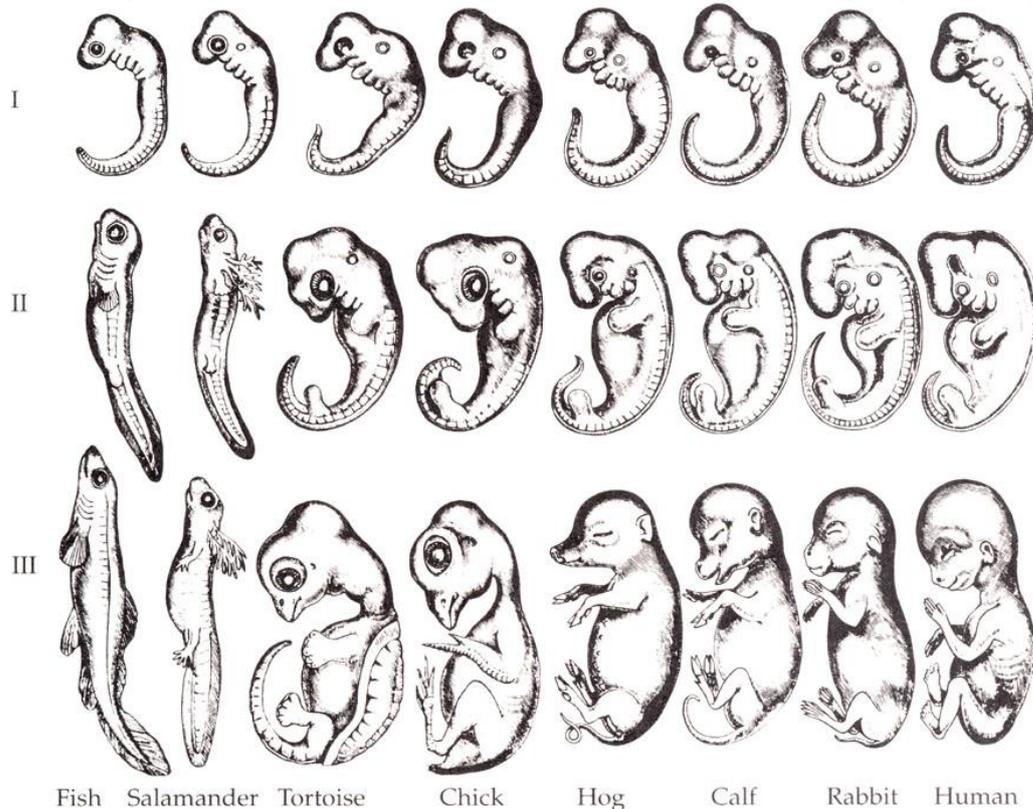
- 1) Comment évolue le nombre de *G. Fortis* entre 1976 et 1978 ? Comment expliquez-vous cela ?
- 2) Comment évolue la taille du bec de *G.Fortis* entre 1976 et 1978 ? En utilisant l'ensemble des documents, expliquez cette évolution.

Éléments de correction :

- 1) Le nombre de ces oiseaux diminue entre 1976 et 1978. La forte sécheresse de 1977 est responsable de la diminution du nombre de graines qui sont également devenues plus dures à broyer et donc de la disparition des *G Fortis*.
- 2) Le bec des *G.Fortis* est devenu plus épais après la sécheresse. Nous avons vu dans les documents précédents que les oiseaux possédant un gros bec se nourrissent de graines plus grosses, ils les broient plus facilement. Nous pouvons donc supposer que les *G.Fortis* ayant les plus gros becs ont été favorisés à la suite de la sécheresse et ont transmis ce caractère à leur descendance.

Activité 6 : Darwin cherche des preuves à l'évolution

Charles Darwin, qui suit les théories transformistes de Lamarck, trouve dans le développement embryonnaire des vertébrés des « preuves » de l'évolution : *“Le grand fait ici, c'est la ressemblance beaucoup plus étroite entre les embryons des divers animaux qu'entre ces mêmes animaux adultes : ainsi les embryons d'un mammifère, d'un oiseau ou d'un serpent ne se laissent pas distinguer les uns des autres, aux premiers stades de développement. Un autre fait est la ressemblance, chez l'embryon, des parties homologues destinées à se différencier plus tard. Tout ceci ne peut s'expliquer que d'une seule façon : l'embryon représente l'état de l'ancêtre, commun à plusieurs groupes d'animaux”.*



Dessins d'Ernst Haeckel, biologiste allemand (1866)

I, II et III représentent 3 stades successifs du développement des embryons chez différents Vertébrés.

Source :

https://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9orie_de_la_r%C3%A9capitulation#/media/Fichier:Haeckel_drawings.jpg

Questions :

- 1) Au premier stade de développement embryonnaire, est-il possible de reconnaître visuellement à quelle espèce ou à quel groupe appartient un embryon pris au hasard ?
- 2) Même question en observant le deuxième stade de développement.
- 3) A partir de ses propres observations et celles de Haeckel (dessins), expliquez pourquoi Darwin pense que le développement embryonnaire retrace l'évolution des espèces.

Éléments de correction :

- 1) Ce n'est pas possible : ils se ressemblent tous.
- 2) Il n'est possible de reconnaître que les embryons qui seront des poissons une fois adultes.
- 3) Darwin pense que si tous les embryons se ressemblent au premier stade de développement embryonnaire, c'est parce que tous les êtres vivants sont issus d'un même ancêtre commun.

Activité 7 : Un long voyage

Le navire Beagle quitte le port de Plymouth le 27 décembre 1831. L'expédition prévue initialement pour deux ans dure finalement beaucoup plus et le Beagle ne rentrera en Angleterre que le 2 octobre 1836. Durant l'expédition, Darwin passe la plupart de son temps hors du bateau : 3 ans et 3 mois à explorer les terres accostées et 18 mois en mer.



Trajet de l'expédition du Beagle

Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Voyage_of_the_Beagle.jpg

Questions :

- 1) Quelle a été la durée exacte (en jours) du voyage de Darwin à bord du Beagle ?
- 2) Estime la distance parcourue par le Beagle
- 3) Calcule la vitesse moyenne (en km/h) du navire en mer

Eléments de correction :

- 1) Du 27/12/ 1831 au 02/10/1836 : le voyage aura donc duré un peu moins de 5 ans.
Une méthode de calcul : si le voyage avait duré exactement 5 ans cela aurait fait $5 \times 365 = 1825$ jours. Il est arrivé un 02 octobre et non un 27 décembre, donc $27 + 30 + 29$ jours plus tôt.
 $1825 - (27 + 30 + 29) = 1739$ jours
- 2) Il faut se servir de l'échelle.
Une estimation est une approximation. On peut mesurer en centimètres le trajet sur la carte et ensuite faire le calcul avec l'échelle.
La méthode proposée ici est plus simple : découper un fil qui représente exactement les 4000 km de l'échelle et ensuite compter combien de fois on reporte ce fil le long du trajet. On doit approcher les 14 fois. Estimation du trajet $14 \times 4000 = 56\ 000$ km
- 3) Le bateau a parcouru 56 000 km en 18 mois
 $18 \text{ mois} = 18 \times 30 \text{ (jours)} \times 24 \text{ (heures)} = 12960 \text{ heures}$
Vitesse moyenne = $56\ 000 / 12960 = 4.3 \text{ km/h}$

6. Annexes

Informations complémentaires sur Darwin et l'expédition.

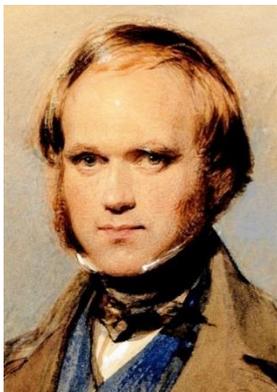
Qui est Charles DARWIN ?

Son enfance :

Charles Darwin est né le 12 février 1809 à Shrewsbury à l'ouest de l'Angleterre, dans une famille de médecins renommés. Son grand-père, Erasmus Darwin, était aussi naturaliste, contemporain de Lamarck. Charles grandit dans un environnement matériellement et intellectuellement riche car les Darwin, en tant que libéraux, participent au développement de l'Angleterre au XIX^{ème} siècle avec le savoir, le commerce et les industries. Cette famille, riche d'une fortune acquise par la connaissance et le travail, se heurte à la société plus traditionnelle issue de la vieille noblesse liée à la religion. Il est un élève dilettante qui préfère s'intéresser à la nature et aux sciences expérimentales. Il aime pêcher, chasser et collectionner les insectes.



Charles Darwin à l'âge de sept ans en 1816, un an avant la mort de sa mère.



Portrait de Charles Darwin âgé de 31 ans

Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_Darwin,_1816,_by_Sharples.jpg

Les études :

À seize ans, son père l'envoie faire des études de médecine à Edimbourg mais Charles montre peu d'intérêt pour ses études et échoue. Ayant la passion pour les choses de la nature, il part à Cambridge faire des études pour devenir pasteur car à cette époque, ce sont ceux qui s'intéressent le plus à la nature. Il acquiert de bonnes connaissances en sciences de la nature mais ne deviendra pas Pasteur. Après avoir réussi ses études, il part l'été dans les îles Tenerife, inspiré par le journal de voyage du naturaliste allemand Alexander Von Humboldt. À son retour, il découvre une lettre de son professeur fétiche le révérend John Stevens Henslow qui le recommande pour s'embarquer comme naturaliste sur un petit navire de la Royale Navy.

L'embarquement à bord du Beagle :

Charles Darwin a 22 ans. Après avoir difficilement convaincu son père, il se rend à Plymouth en septembre 1831 pour rencontrer le Capitaine Robert Fitz-Roy qui commande le Beagle (en anglais, « beagle » signifie : le limier, un chien de chasse à courre qui a du flair et qui recherche le gibier en reniflant une piste). Ce navire est un brick de dix canons, vaisseau de Sa Majesté. Le 27 Décembre 1831, quand les vents sont enfin favorables, le Beagle largue les amarres et entame son expédition.



Robert Fitz-Roy, capitaine du Beagle

L'expédition :

Cette expédition, qui durera cinq ans en tout au lieu de deux années prévues initialement, a pour mission de :

- compléter l'étude des côtes de la Patagonie et de la Terre de feu
- relever les côtes du Chili, du Pérou et de quelques îles du Pacifique
- faire une série d'observations chronométriques autour du monde.

Le rôle de Darwin est de réaliser des études géologiques, zoologiques et botaniques.

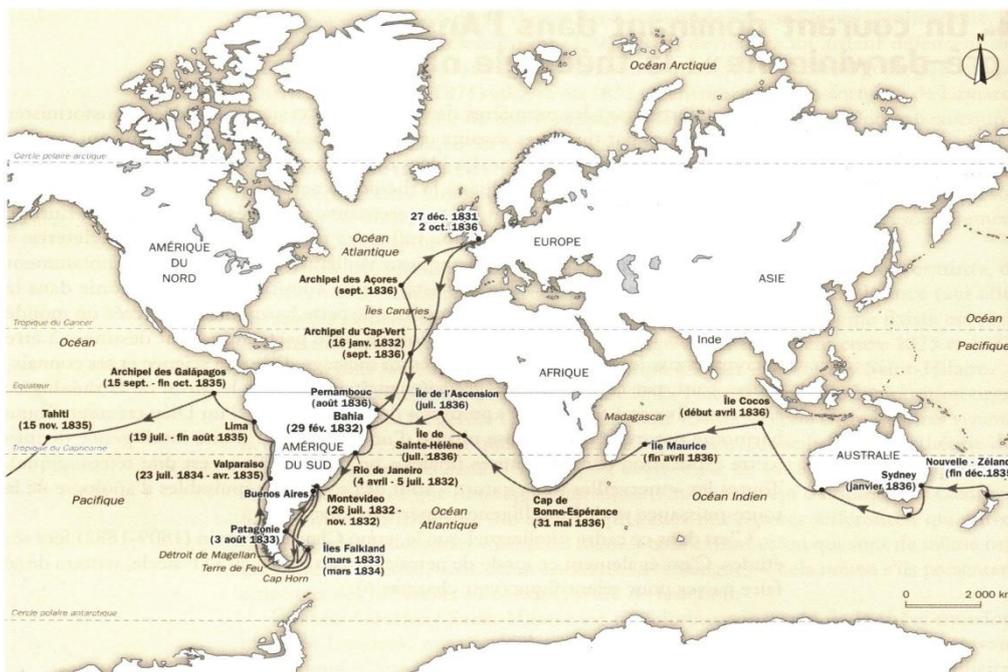
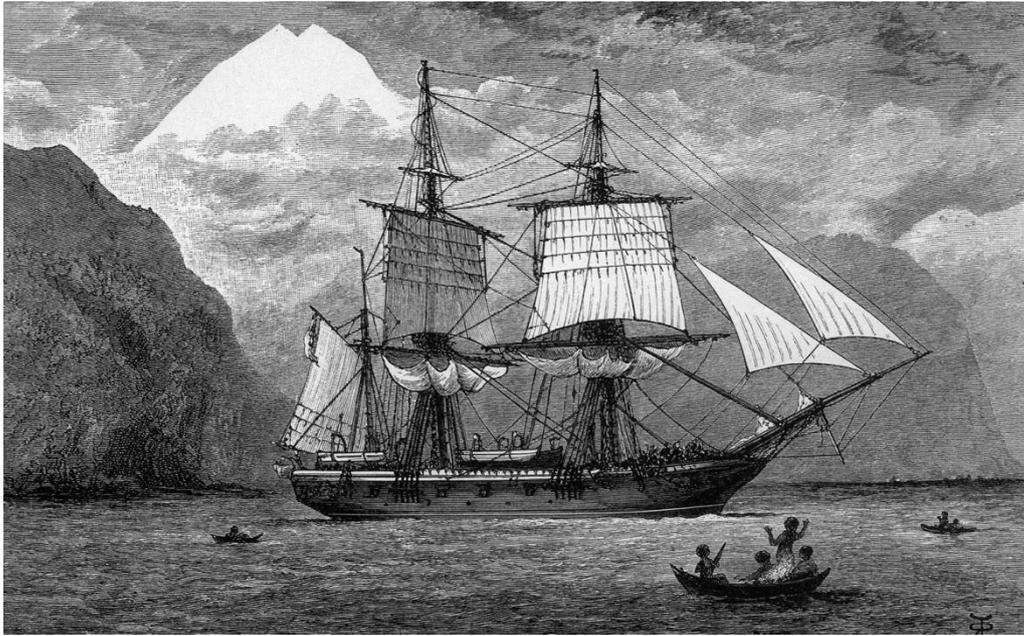


Figure 1. Le voyage de Darwin à bord du Beagle (27 décembre 1831 - 2 octobre 1836).

Source : Guide critique de l'évolution sous la direction de Guillaume Lecointre aux Editions Belin



Le Beagle dans le détroit de Magellan, avec le Mont Sarniento au loin.

Source : Charles Darwin, le voyage du Beagle : l'édition illustré du carnet de voyage et du journal de bord aux éditions Delachaux et Niestlé

Contexte historique

Au début du XIX^{ème} siècle, Napoléon est vaincu et son empire est réparti entre les vainqueurs. L'armement de l'Europe est démantelé, les régiments sont licenciés ou envoyés dans de nouvelles colonies et les flottes passent du blocus à la poursuite du commerce. L'Espagne, alliée de la France pendant de longues années de guerre, n'a pu contenir les révolutions provinciales dans ses colonies américaines, révolutions soutenues et financées par les britanniques. Les principaux ports d'Amérique du Sud abritent des navires de guerre britanniques ainsi que des navires de commerces étrangers. Les hommes d'affaires latino-américains se retrouvent à faire des affaires fabuleuses avec l'Angleterre ou de riches anglais. Les capitalistes européens redécouvrent le Nouveau Monde et son incroyable richesse.

Il subsiste tout de même des freins au développement du continent américain, en particulier la difficulté de circulation entre la côte Atlantique de l'Amérique du Sud et le grand bassin du Pacifique. Mais il n'y a pas de passage au Nord par l'Arctique et le canal de Panama n'ouvrira qu'en 1914. Le meilleur passage à cette époque est donc le Cap Horn mais il reste dangereux avec ses nombreuses tempêtes. Trouver un chemin plus sûr est donc vital pour le commerce mondial. C'est dans ce contexte que le Beagle est envoyé en Amérique Latine à deux reprises : d'abord en 1826, sous le commandement du capitaine Philip Parker King et ensuite en 1831, commandé par le jeune capitaine Robert Fitz-Roy. Il fallait fournir des cartes précises des côtes sud-américaines, en particulier celles des canaux découpés du Cap Horn et de ses environs.

Pour ce faire, Fitz-Roy fait remettre en état le Beagle en y apportant quelques améliorations. Pour une meilleure navigation dans les eaux de la Terre de Feu, il fait surélever des ponts de 2 à 3 centimètres ; pour optimiser la cartographie, il fait retirer quatre canons et installer à leur place des instruments modernes dont vingt-deux chronomètres, un sympiesomètre (baromètre plus précis que ceux au mercure) pour les relevés météorologiques.

Lors de son premier voyage, Fitz-Roy avait capturé deux jeunes hommes et deux enfants indiens de la Terre de Feu (en rançon contre une baleinière volée), qu'il voulait « éduquer » et christianiser afin de les ramener au Cap, dans un avant-poste de la civilisation britannique. Ce comportement « humaniste » pour l'époque était de l'ordre de la croyance d'un missionnaire.

Source : https://www.asap.unimelb.edu.au/bsparcs/covingto/chap_1.htm

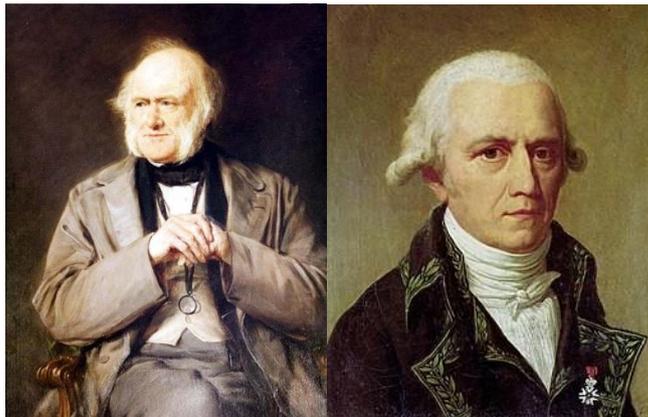
Le contexte scientifique en Angleterre pendant la jeunesse de Darwin

Pourquoi les pasteurs étudient-ils les sciences de la nature ?

La plupart des naturalistes sont aussi pasteurs et liés à la théologie naturelle de William Paley (1743-1805) qui consiste en l'admiration de l'harmonie dans la nature et en une explication divine de cette harmonie. Dieu crée un monde parfait avec les lois de la nature, expression de cette perfection, qui sont destinées à être décryptées par les Hommes, destinataires du message divin. Les sciences et leurs connaissances sont donc maîtrisées par les théologiens et elles contribuent à fournir les preuves de l'omniscience d'un dieu créateur. Toutes les merveilles de la nature sont donc considérées comme des sources d'apologie de la toute-puissance et de l'intelligence supérieur divine.

Qui sont les inspirateurs de Darwin ?

Jusqu'à Charles Lyell (1797-1875), les géologues soutenaient le catastrophisme qui expliquait que les reliefs et les océans étaient apparus à la suite de catastrophes naturelles sur le modèle du déluge biblique. Mais Georges Buffon (1707-1788) pensait que la Terre était bien plus âgée que les six mille ans donnés par la Bible. Il parlait du « temps profond qui est le grand ouvrier de la nature ». Lyell apporta la preuve d'un gradualisme géologique en étudiant la stratigraphie : les processus de formation des montagnes sont aussi lents que ceux de la sédimentation. Ils ont opéré pendant des centaines de millions d'années et ils continuent d'opérer graduellement sous nos yeux sans que nous puissions les percevoir. Cette thèse uniformitariste conforta Darwin dans son idée de gradualisme pour la formation des organismes vivants.



Charles Lyell (à gauche) et Jean-Baptiste Lamarck (à droite)

Sources : <http://www.kcl.ac.uk/depsta/iss/archives/175th/faq40i.htm> et https://fr.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste_de_Lamarck

Vers la fin du XVIII^{ème} siècle, plusieurs naturalistes (dont Erasmus Darwin, le grand-père de Charles Darwin) estimaient que la vie avait évolué en fonction de changement de l'environnement, ce sont des « adaptationnistes ». Jean-Baptiste Lamarck avait aussi compris que l'évolution constituait l'explication la plus valable pour expliquer les archives fossiles et la diversité biologique actuelle.

Deux adaptationnistes économistes influenceront aussi Darwin :

1 - Adam Smith (1723-1790) qui prône le « laisser-faire » : les économistes et les experts doivent s'effacer pour laisser les individus lutter sans entrave pour leur profit personnel, ce qui ne mènerait pas au chaos mais au contraire à l'économie la plus prospère (on nomme ce concept « la main invisible »). Pour Darwin, la sélection naturelle est comparable à cela avec une nature qui procède avec maladresse et cruauté. Cette théorie permet à Darwin d'évacuer le fait que la réussite de la sélection naturelle ne provient pas d'un grand organisateur et donc de donner une version athée de l'adaptationnisme.

2- Thomas Malthus (1766-1834), confronté aux conséquences des famines chez les pauvres, expose une théorie basée sur le fait que la population s'accroît de manière exponentielle alors que les ressources n'augmentent pas autant. Il en conclut que les catastrophes démographiques sont inévitables par épuisement des ressources. Darwin en retient le principe de limitation des ressources qui, appliqué à la

nature, peut expliquer la compétition que se livrent les organismes, pour en tirer le meilleur profit. En cas de forte contrainte environnementale, le niveau de compétition entre organismes individuels augmente et certains peuvent être avantagés dans cette lutte pour la vie.

L'expédition de 1831 à 1836 :

Peu de temps après le départ, le Beagle arrive aux îles Canaries le 6 janvier. On interdit à l'équipage d'accoster car les autorités locales craignent le choléra qui sévit en Angleterre et qu'aurait pu ramener l'équipage. Ils repartent donc pour le Cap-Vert où ils jettent l'ancre le 16 janvier à Porto-praya. Pour Darwin, cette escale marque le début de ses observations. Il est d'abord surpris par la misère des populations locales, notamment des enfants. Il va examiner des crustacés, les cirripèdes (ex : balanes), à l'aide d'un microscope, qui feront l'objet d'un de ses premiers livres. Puis, en voyant une longue bande calcaire parfaitement horizontale au-dessus du niveau de la mer et remplie de coquillages fossiles, il sera alors convaincu par la thèse du gradualisme de Charles Lyell qui décrit de lents mouvements des structures géologiques sur de longues périodes. Il décide alors de consacrer autant de temps aux observations géologiques qu'aux collectes naturalistes. Après deux autres escales rapides pour traverser l'océan Atlantique, ils arrivent à Bahia au Brésil le 28 février 1832.

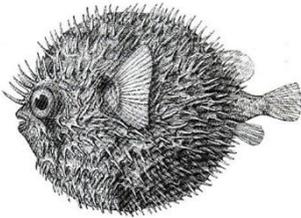


Fig. 314.—*Diodon maculatus*, inflaté.



Fig. 313.—*Diodon maculatus*.

Au Brésil, Darwin est subjugué par la luxuriance de la faune et de la flore tropicale. La géologie le questionne et notamment les blocs granitiques qui semblent être d'origine marine. Il s'intéresse au diodon, un poisson particulier qui a la capacité de se gonfler en une sorte de boule et qui sécrète une substance rouge carmin. Mais il va aussi être bouleversé par plusieurs scènes de maltraitance envers des esclaves en ville, alors que le capitaine Fitz-Roy au contraire fait l'éloge de l'esclavage. Cette différence de point de vue provoquera une dispute entre les deux hommes. Fitz-Roy interdira pour un temps Darwin de venir manger à sa table. Darwin ne cessera toute sa vie d'être révolté par l'esclavage.

Source : *Charles Darwin le voyage du Beagle : l'édition illustrée du carnet de voyage et du journal de bord aux éditions Delachaux et Niestlé*

En route vers Rio de Janeiro, l'océan prend une teinte brune rougeâtre. Darwin observe des échantillons d'eau de mer à la loupe et y observe de petites plantules en paquets cylindriques baptisées par les marins « sciure de mer ». Arrivé début avril à Rio, il part ensuite en excursion à cheval dans un climat équatorial (chaleur et pluies torrentielles) afin de collecter une grande diversité d'animaux et de végétaux. Il constate que les rapports entre certaines plantes et certains insectes sont les mêmes que ceux observés en Angleterre. Il étudie aussi les nématodes et leur régénération.

Mer colorée en brun-rougeâtre par une cyanobactérie : Trichodesmium erythraeum. En A et B : vue au microscope
Sources :

<https://pl.pinterest.com/pin/524387950337298721/visual-search/>
https://www.researchgate.net/figure/Microscopy-images-of-Trichodesmium-morphologies-trichomes-and-ultrastructure-A-a-puff_fig6_277503705

Le 5 juillet 1832, le Beagle part pour Montevideo, en Uruguay. Là, l'équipage du navire commence l'exploration des côtes de la région, ce qui permet à Darwin d'effectuer plusieurs expéditions dans les terres à la rencontre d'animaux parfois étranges. Il fait aussi la connaissance des Gauchos, ces fermiers locaux à dos de cheval qui mènent à l'aide de leur lasso d'immenses troupes de bétail à travers les pampas (vastes plaines herbeuses). Il passe plusieurs semaines à collecter des fossiles à Punta Alta. Il découvre notamment d'immenses os fossilisés de *Megatherium*, de *Megalonyx*, de *Mylodon darwini* et de *Toxodon*. Certains de ces énormes mammifères disparus présentent d'étranges similitudes avec le paresseux ou le tatou actuel. Ces observations participeront à la remise en cause de la fixité des espèces. En novembre, Darwin



retrouve à Buenos Aires un semblant de vie européenne avec le théâtre par exemple. Avant de partir pour la Terre de Feu, il envoie son deuxième lot de spécimens en Angleterre : fossiles, oiseaux étranges, serpents, coquillages et crustacés, plantes, poissons, crapauds, graines, coléoptères...

Le 27 novembre 1832, le navire fait route vers la Terre de Feu à la pointe sud du continent américain. Le capitaine Fitz-Roy libère les trois otages fuégiens qu'il avait emmenés avec lui lors du précédent voyage du Beagle. La rencontre entre l'équipage et ces hommes du bout du monde est étonnante. Ils n'ont pour seul vêtement qu'une peau de guanaco (lama sud-américain), certains sont coiffés de plumes. Le climat est rude et agité dans ce pays montagneux couvert de forêts inhospitalières et en partie submergé. Les tempêtes successives les forcent à passer Noël à l'abri prêt du Cap Horn. Le Beagle poursuit sa route vers les îles Falkland où Darwin sera intrigué par certaines différences entre les espèces malouines et celles observées sur le continent sud-américain. La comparaison minutieuse des plantes, animaux et fossiles collectés durant le voyage lui procurera ultérieurement de nombreuses informations sur la manière dont des espèces similaires s'adaptent à des environnements différents.

Le Beagle est de retour à Montevideo le 26 avril 1833. Darwin effectue plusieurs excursions jusqu'en décembre. Pour mener à bien ses collectes, il s'est adjoint un membre de l'équipage, Syms Covington. Début août, ils partent accompagnés de Gauchos explorer les rives du rio Negro. Charles éprouve un sentiment de totale liberté mais aussi de danger car les fermes sont parfois attaquées par des indiens très féroces. Afin de défendre les fermes, le gouvernement a envoyé une armée sous le commandement du despotique général Rosas. Darwin est choqué par la brutalité de ces soldats qui massacrent les femmes indiennes et font de leurs enfants des esclaves. À cause de cette extermination, les blancs sont pris pour cible par les Indiens rebelles et Darwin sera très prudent lors de ses excursions. Dans cette période d'instabilité, il continue de travailler et observe de nombreux animaux : tatous, autruches, serpents, échassiers, lézards, poissons, viscaches, perroquets, bœufs, hiboux, cygnes, batraciens, pumas et il sera étonné par des animaux qui parviennent à survivre dans la saumure boueuse des lacs salés. Ils seront la preuve que des êtres organisés sont capables de s'adapter et de se développer dans les environnements les plus hostiles. Des observations de fossiles nourrissent ses interrogations sur le dogme religieux selon lequel les espèces n'auraient pas évolué depuis leur création par Dieu.

Le 6 décembre, le Beagle repart pour la pointe sud du continent et le passage dans l'océan Pacifique. Ils font plusieurs escales à Port Désire, au port de Saint-Julien, mais le paysage devient de plus en plus aride et stérile. Le 5 mars 1834, le navire jette l'ancre à Woollya en Terre de Feu afin de voir si les trois fuégiens, « éduqués » par Fitz-Roy et laissés sur place, ont apporté les coutumes anglaises aux populations autochtones. Mais non, ils sont retournés à leur vie sauvage.

Durant la seconde quinzaine de mai, le voilier parvient à l'embouchure orientale du détroit de Magellan reliant Atlantique et Pacifique. L'hiver arrive et dans la matinée du 10 juin après une longue nuit de quatorze heures, le Beagle se jette dans le Pacifique. Au cours de cette navigation, Darwin observe les affleurements géologiques qui l'entourent et il devient de plus en plus convaincu que ces falaises, ainsi que la Cordillère de Andes elle-même, résultent d'un lent mouvement d'élévation depuis le niveau de la mer.

Le navire se dirige ensuite vers la ville chilienne de Valparaiso qu'il atteint le 23 juillet 1834

Fin septembre, Darwin tombe malade et sera cloué au lit jusqu'à fin octobre. En son absence, le Capitaine Fitz-Roy fait une dépression. Il demandera même à l'un de ses lieutenants de ramener le Beagle en Angleterre par le chemin inverse. Heureusement, cet ordre sera refusé sans quoi la théorie de l'évolution n'aurait peut-être pas vu le jour...

Mais l'équipage se ressaisit et le voilier reprend sa route le 10 novembre pour explorer les îles Chiloé et notre jeune naturaliste reprend ses observations de la faune et de la flore. Le 19 janvier 1835, Darwin assiste à l'éruption du volcan Osorno. Il apprendra plus tard que plusieurs volcans de cette partie de l'Amérique du sud sont entrés en éruption le même jour.

Il s'interroge alors sur la possible communication souterraine de ces volcans. Le 4 février, les explorateurs filent vers Valdivia sur la côte chilienne où ils arrivent le 20 février 1835 et à 11h30, la ville est soudainement secouée par un violent tremblement de terre de deux minutes. Les maisons de bois

sont fortement secouées, la mer monte comme si c'était la grande marée et les habitants effrayés sortent dans les rues. Une vague immense a pratiquement rayé de la carte la ville de Talcahuano.



Ruines de la cathédrale de Concepcion après le tremblement de terre de 1835

Source : Charles Darwin le voyage du Beagle : l'édition illustré du carnet de voyage et du journal de bord aux éditions Delachaux et Niestlé

Pour Darwin, c'est l'occasion d'observer des fragments de rochers marins qui ont été jetés très haut sur la côte par la secousse. En faisant un rapprochement entre ce phénomène et les coquillages qu'il a précédemment observés à haute altitude dans la Cordillères des Andes, ainsi que des restes de laves sous-marines à plus de 2000 mètres d'altitude, il comprend que ces montagnes sont issues d'une grande élévation provoquée par des tremblements de terre successifs de ce type.

Concernant la faune et la flore, il est surpris de la différence entre le versant Pacifique et le versant Atlantique de la cordillère des Andes. Cette barrière naturelle infranchissable semble avoir généré le développement d'espèces très différentes sur ses deux versants.

Le 19 juillet, le Beagle et son équipage arrivent à Callao, le port de Lima, capitale du Pérou. Dans un contexte de révolution, Darwin ne peut faire d'excursion à l'intérieur du pays. Il étudie les ruines d'un ancien village indien et s'émerveille de la modernité de cette civilisation passée.

Le 7 septembre, le Beagle quitte le port de Callao, direction plein-ouest vers l'archipel des Galápagos. Darwin est enthousiaste à l'idée d'aller découvrir ces fascinantes îles du Pacifique ainsi que de retrouver des températures plus agréables. Il ne le sait pas encore, mais cette prochaine étape s'avérera décisive pour la future mise au point de sa théorie de la sélection naturelle.

Le 17 septembre 1835, le Beagle accoste sur l'île Chatham. A première vue, il n'y a pas beaucoup de vie. Darwin est alors intrigué par de véritables routes tracées dans le sable en direction des sources d'eau. Il tombe alors sur deux immenses tortues, véritables emblèmes des Galapagos. Un jour, il rencontre un homme lui certifiant qu'il peut savoir de quelle île provient une tortue, rien qu'en l'observant. Sur le moment, il n'y prête pas attention...



Ile Bartolomé, Galapagos



Il parcourt les différentes îles et collecte en un mois pas moins de 193 espèces de plantes, 26 espèces d'oiseaux terrestres, 17 espèces de coquillages, 15 de poissons de mer, 11 d'échassiers et d'oiseaux aquatiques, des reptiles, des insectes, etc. Ce qui est le plus surprenant, c'est qu'un grand nombre de ces espèces sont uniques au monde et certaines d'entre elles existent sur une île de l'archipel et pas sur les autres îles. Ainsi, chaque île semble avoir généré des espèces qui se sont adaptées spécifiquement à leur environnement. L'exemple des pinsons est à ce titre révélateur. Ces oiseaux, tout en présentant entre eux de frappantes ressemblances morphologiques, se distinguent par divers caractères comme la forme et la taille de leur bec. Charles comprendra que l'isolement de ces volatiles sur ces îles les a conduits, à partir d'une souche unique d'origine continentale, à présenter des variations probablement liées à des différences de mode de vie et d'habitudes alimentaires. Ceci contribuera à l'élaboration de sa théorie de la sélection naturelle et à la mise en lumière du mécanisme par lequel les espèces évoluent en s'adaptant à leur milieu.

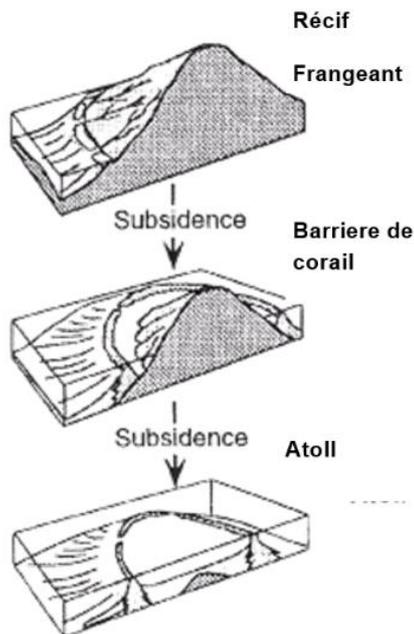
Spécimens de pinsons étiquetés de la main de Charles Darwin et posés sur son journal. Source : Charles Darwin le voyage du Beagle : l'édition illustrée du carnet de voyage et du journal de bord aux éditions Delachaux et Niestlé

Le 20 octobre, le Beagle hisse les voiles et part pour Tahiti où il arrive le 15 novembre 1835. Les explorateurs sont accueillis avec enthousiasme par une foule joyeuse et Darwin est immédiatement séduit par ce peuple charmant.

Le 21 décembre, le Beagle jette l'ancre en Nouvelle-Zélande où règne un calme pesant, bien loin de l'accueil des tahitiens. Darwin découvre des néo-zélandais à l'instinct guerrier, moins civilisés que les tahitiens. L'intérieur des terres est quasiment impénétrable et la nostalgie de l'Angleterre gagne le jeune Charles. C'est donc avec un certain soulagement qu'il quitte ce pays fin décembre. Le 12 janvier 1836, le navire accoste à Sydney et Charles est subjugué par la capitale australienne avec ces rues larges et propres, de grandes maisons et des boutiques garnies, comme dans les rues de Londres.

Mais la Nouvelle-Galles du Sud présente aussi un visage moins flatteur. Sa population se compose en partie d'anciens bagnards amenés d'Angleterre dont la course à l'argent semble être la principale motivation. Les indigènes sont décimés par les maladies et l'alcool. L'arrivée des colons anglais a également eu des conséquences sur la faune locale. Chassé par les lévriers, l'émeu et le kangourou se font de plus en plus rares. Mais notre naturaliste observe tout de même de magnifiques perroquets blancs, les cacatoès, ainsi que l'étrange ornithorynque.

Théorie de subsidence de Darwin



Après être passé par la Tasmanie et le détroit du Roi-Georges, les explorateurs du Beagle mettent le cap sur les îles Cocos le 14 mars. Le 1^{er} avril, ils aperçoivent ces atolls recouverts de forêts de cocotiers. Et l'origine de ces îles coralliennes passionnera Darwin. A force d'observations, il aboutit à la conclusion que les polypes se développent sur des terres autrefois émergées, s'étant probablement affaissées très lentement en dessous du niveau de la mer.

Source : <https://www.seos-project.eu/coralreefs/coralreefs-c01-p05.html>

Le 12 avril, les explorateurs quittent les îles Cocos, direction l'île Maurice (le 29 avril) puis le Cap Bonne-Espérance (le 31 mai 1836) où ils découvrent un paysage déprimant. Sur place, Darwin rencontre Sir John Herschel, astronome et philosophe anglais résidant au Cap. Les deux hommes ne se doutent pas alors qu'ils seront enterrés un jour côte à côte à l'abbaye de Westminster à Londres. Le 8 juillet, le Beagle jette l'ancre à Sainte-Hélène et Darwin s'installe près du tombeau de Napoléon. Le 19 juillet, ils arrivent sur l'île d'Ascension. Charles reçoit une lettre de ses sœurs lui annonçant qu'il est vivement attendu pour un poste scientifique important. Le capitaine Fitz-Roy

repassa par Bahia pour compléter des observations chronométriques avant de rentrer en Angleterre. Ils repartent de Bahia où Darwin a été une nouvelle fois confronté à l'insupportable esclavage le 19 août. Après un périple de quatre ans, neuf mois et cinq jours, ils arrivent enfin le 2 octobre 1836 à Falmouth en Angleterre.

Après ce voyage hors du commun autour du monde, Charles Darwin s'installe à Londres et se marie le 29 janvier 1839. Son épouse, Emma Wedgwood, lui donnera dix enfants. Il publie son journal de voyage, connu sous le titre « Voyage du Beagle ». Le succès de son livre propulse Darwin au poste de secrétaire de la Geological Society.

Souffrant de nausées, de vertiges, d'insomnie et de faiblesse chroniques dont on ne trouvera jamais la cause, il décide de s'installer en 1842 dans un petit village du Kent.

Il y mène une vie campagnarde et exploite méthodiquement le matériel rapporté de son périple. Comme il en avait pris l'habitude sur le Beagle, il continue de noter ses observations au jour le jour sur un petit cahier jaune, rituel qu'il gardera jusqu'à son décès en 1882. Si l'idée de la sélection naturelle s'impose à lui dès son retour en 1836, il lui faudra plus de vingt ans pour ordonner son travail. C'est à l'été 1858 qu'un événement va accélérer les choses. En effet, le naturaliste Alfred Wallace lui envoie pour avis un projet d'article dans lequel il expose l'essentiel des idées que Darwin a déjà formulées depuis longtemps sans les publier. Cet épisode précipite la publication en 1859 de « L'Origine des espèces ».

Source : https://sagascience.cnrs.fr/dosdarwin/contenu/alternative/alter1_plansite.html