

Exercice 1

HISTOIRE D'EAU

Deux méthodes historiques permettant d'estimer l'âge de la Terre

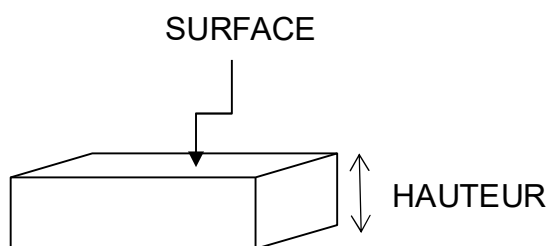
Deux approches ont permis d'estimer l'âge de la Terre au cours du XIX^e siècle. La première utilise la mesure de la salinité de l'eau des océans tandis que la seconde se base sur l'étude des phénomènes de sédimentation et d'érosion.

Partie 1. Estimation de l'âge de la Terre à l'aide de la salinité des eaux de mer

À la toute fin du XIX^e siècle, le physicien irlandais John Joly proposa une méthode d'estimation de l'âge de la Terre basée sur le taux de sel dans les océans, la salinité. Les eaux de pluie ruissèlent à la surface de la Terre et se chargent en sel contenu dans les roches de la croûte terrestre pour ensuite alimenter les rivières qui à leur tour se déversent dans les océans. La quantité de sel dissous dans les océans résulterait donc du déversement du sel contenu dans les rivières.

La première question porte sur le calcul de la masse de sel contenue dans les océans.

1-a Calculer le volume total des océans en km³, modélisés sous la forme d'un parallélépipède rectangle (cf. schéma ci-dessous)



Données utilisées par John Joly :

- Superficie totale des océans : 360×10^6 km²
- Profondeur moyenne des océans : 3,797 km
- Masse volumique moyenne des océans : $1,03 \times 10^9$ tonnes par km³
- L'eau des océans contient environ 1,07 % en masse de sel dissous.
- Déversement des rivières dans les océans : $2,72 \times 10^4$ km³ par an
- Concentration moyenne du sel dissous dans les rivières : 5 250 tonnes par km³

1-b Calculer la masse totale des océans en tonnes.

1-c En déduire que la masse de sel contenue dans les océans est d'environ : $1,5 \times 10^{16}$ tonnes. On fera apparaître le calcul.

2- Calculer la masse de sel apportée chaque année par les rivières à l'océan.

3- En déduire comme l'a fait John Joly que l'âge de la Terre calculé par cette méthode est d'environ 100 millions d'années.

4- En réalité, une partie du sel dissous subit une sédimentation dans certaines régions littorales et peut également être échangé avec du calcium lors de l'altération sous-marine du basalte, commenter la validité de la méthode de calcul proposée par John Joly.

Partie 2. Érosion et sédimentation

Document 1 - Un exemple de destruction due à l'érosion.

Le "Grind of the Navir" correspond à une ouverture faite par la mer dans une falaise des îles Shetland. Cette ouverture est élargie d'hiver en hiver par la houle qui s'y engouffre.



Extrait de la sixième édition de *Principles of geology* (1833) par Charles Lyell.

Document 2 - L'argument des temps de sédimentation et d'érosion par Charles Darwin, extrait de *L'Origine des espèces* (1859).

“Ainsi que Lyell l'a très justement fait remarquer, l'étendue et l'épaisseur de nos couches de sédiments sont le résultat et donnent la mesure de la dénudation¹ que la croûte terrestre a éprouvée ailleurs. Il faut donc examiner par soi-même ces énormes entassements de couches superposées, étudier les petits ruisseaux charriant de la boue, contempler les vagues rongant les antiques falaises, pour se faire quelque notion de la durée des périodes écoulées [...]. Il faut surtout errer le long des côtes formées de roches modérément dures, et constater les progrès de leur désagrégation. [...] Rien ne peut mieux nous faire concevoir ce qu'est l'immense durée du temps, selon les idées que nous nous faisons du temps, que la vue des résultats si considérables produits par des agents atmosphériques² qui nous paraissent avoir si peu de puissance et agir si lentement. Après s'être ainsi convaincu de la lenteur avec laquelle les agents atmosphériques et l'action des vagues sur les côtes rongent la surface terrestre, il faut ensuite, pour apprécier la durée des temps passés, considérer, d'une part, le volume immense des rochers qui ont été enlevés sur des étendues considérables, et, de l'autre, examiner l'épaisseur de nos formations sédimentaires. [...] J'ai vu, dans les Cordillères [une chaîne de montagnes], une masse de conglomérat³ dont j'ai estimé l'épaisseur à environ 10 000 pieds [3km] ; et, bien que les conglomérats aient dû probablement s'accumuler plus vite que des couches de sédiments plus fins, ils ne sont cependant composés que de cailloux roulés et arrondis qui, portant chacun l'empreinte du temps, prouvent avec quelle lenteur des masses aussi considérables ont dû s'entasser. [...] M. Croll démontre, relativement à la dénudation produite par les agents atmosphériques, en calculant le rapport de la quantité connue de matériaux sédimentaires que charrient annuellement certaines rivières, relativement à l'étendue des surfaces drainées, qu'il faudrait six millions d'années pour désagréger et pour enlever au niveau moyen de l'aire totale qu'on considère une épaisseur de 1 000 pieds [305 mètres] de roches. Un tel résultat peut paraître étonnant, et le serait encore si, d'après quelques considérations qui peuvent faire supposer qu'il est exagéré, on le réduisait à la moitié ou au quart. Bien peu de personnes, d'ailleurs, se rendent un compte exact de ce que signifie réellement un million”.

Extrait “*Du laps de temps écoulé, déduit de l'appréciation de la rapidité des dépôts et de l'étendue des dénudations*”, *L'Origine des espèces*, Charles Darwin, (p. 393 - 398).

1 - La dénudation correspond à l'effacement des reliefs par érosion.

2 - Les agents atmosphériques désignent les agents responsables de l'érosion comme la pluie, le gel, le vent.

3 - Un conglomérat est une roche issue de la dégradation mécanique d'autres roches et composée de sédiments liés par un ciment naturel.

5- Expliquer la démarche utilisée par C. Darwin permettant d'estimer un âge minimal pour la Terre. La réponse ne doit pas excéder une demi-page.

6- Commenter les résultats obtenus par ces deux méthodes au regard de l'âge de la Terre estimé aujourd'hui.