

## 2 L'Évolution en biologie et en géologie

### 2.1. L'évolution est une notion centrale et familière en biologie.

On en rappelle les principales caractéristiques de grande échelle en examinant et commentant le document de l'arbre phylogénétique du vivant (**Figure 1**).

On rappelle brièvement le principe de sa construction à partir des séquences d'ADN codant pour les ARN des petites sous-unités des ribosomes ; en mesurant la distance, au sens génétique (nombre de paires de bases différentes) dans ces séquences très conservées au cours de l'évolution. On explique l'intérêt de ces séquences particulières, présentes chez tous les êtres vivants, bien conservées et subissant de faibles variations au cours de l'évolution, ce qui permet d'embrasser l'ensemble de l'arbre du vivant et de l'Évolution.

Quelques notions importantes tirées du commentaire de l'arbre du vivant :

- Ancêtre commun. LUCA (Last Universal Common Ancestor)
- Procaryotes ; bactéries et archaea ; métabolismes très variés ; milieux de vie très divers
- Caractéristiques tranchées entre bactéries, archaea et eucaryotes.
- Thermophilie et hyperthermophilie en relative proximité de LUCA.
- Méthanogenèse en relative proximité de LUCA.
- Cyanobactéries (bactéries à photosynthèse oxygénique) pas très près de LUCA.
- Positionnement des chloroplastes et des mitochondries dans les branches procaryotes, pas très près de LUCA. Proximité entre chloroplastes et cyanobactéries.
- Eucaryotes. En général, respiration oxygénique et milieux plutôt restreints par rapport aux procaryotes.
- Relativement faible place occupée par les multicellulaires (végétaux supérieurs, champignons, animaux).

La paléontologie étudie l'histoire de l'évolution biologique.

Les fossiles sont utilisés pour cela. Mais il y a peu de fossiles de procaryotes ou d'eucaryotes unicellulaires. On perd le plus gros de l'arbre du vivant.

La paléontologie moléculaire (cf arbre du vivant) apporte un regard nouveau et complémentaire.

Note : L'évolution contient souvent des discontinuités, des crises biologiques, extinctions massives d'espèces (exemple limite permo-trias, limite créacé tertiaire) .

Quelques ordres de grandeurs pour se repérer dans l'échelle des temps (1 Ga =  $10^9$  ans = 1 giga-année = 1 milliard d'années)

LUCA : - 4 Ga

Eucaryotes : -2 Ga

Animaux multicellulaires : -0.6 Ga

Vie sur les continents : -0.4 Ga

Crise de la fin du Permien : -0.25 Ga

Crise de la fin du Crétacé : -0.065 Ga

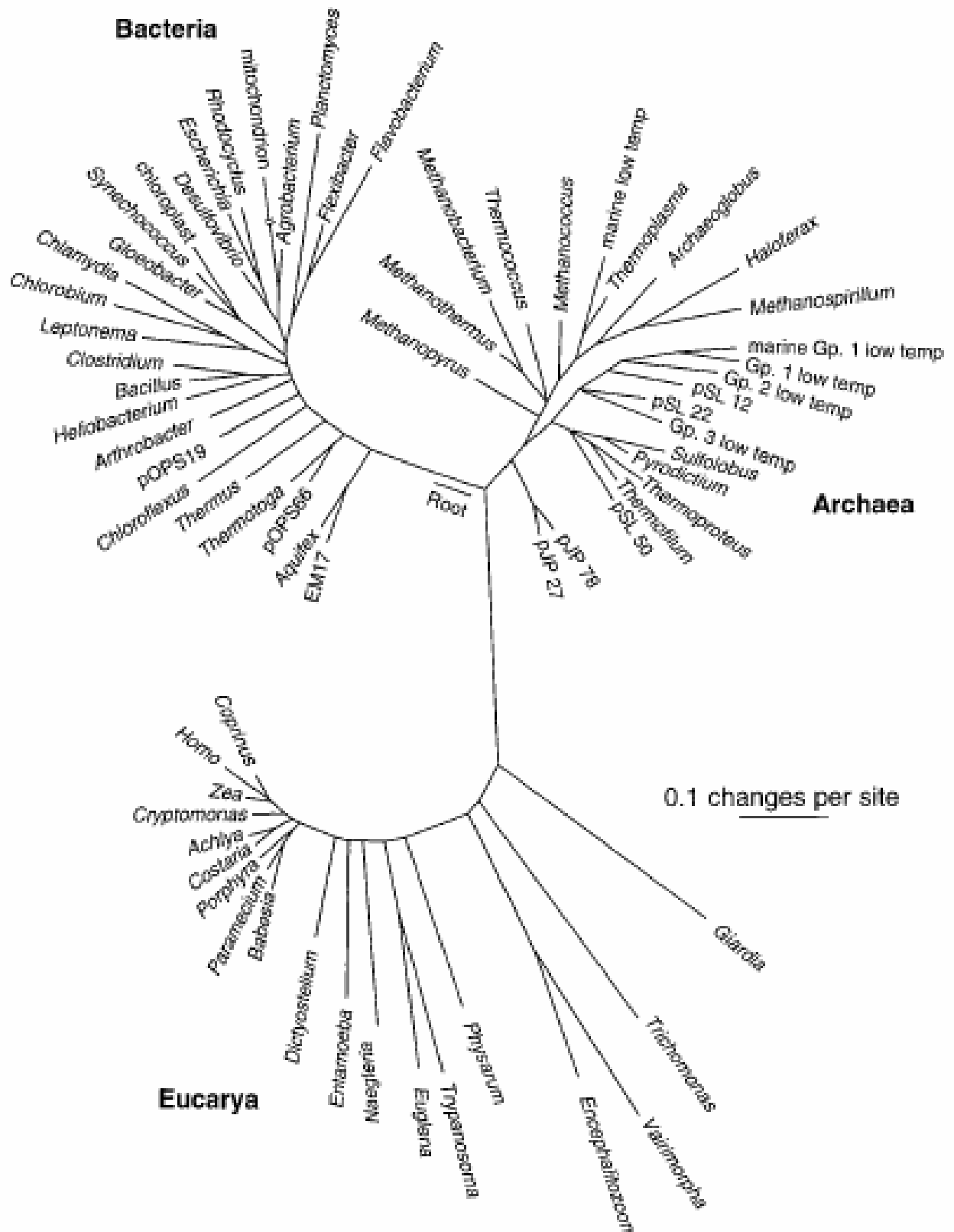


Figure 1 - Arbre phylogénétique du Vivant basé sur des séquences d'ARNr (SSU), d'après Pace, 1997.

## 2.2. L'évolution est une aussi une notion centrale et familière en géologie.

Historiquement, les idées d'évolutions biologique et géologique se sont développées conjointement.

Comme la Vie, la Terre n'existe pas de toute éternité. Elle est bien datée à  $-4.45$  Ga (1 Ga = 1 giga-année = 1 milliard d'années).

L'atmosphère a beaucoup changé au cours de l'histoire de la Terre. Pas de  $O_2$  avant  $-2.3$  Ga ; des pressions de  $O_2$  modérées entre  $-2.3$  Ga et  $-0.6$  Ga ; des pressions proches de l'actuelle à partir de  $-0.6$  Ga.

Le  $CO_2$  a beaucoup fluctué. Le  $CO_2$  est un gaz à effet de serre c'est à dire que sa présence dans l'atmosphère confère à la surface terrestre une température supérieure à la valeur qu'elle aurait s'il était absent. Le  $CO_2$  continue à bouger. Il augmente en ce moment, et très rapidement puisque c'est visible à l'échelle humaine (+30% en 50 ans).

La température globale de la surface de la Terre a beaucoup évolué elle aussi.

Pendant de longues périodes de l'histoire de la Terre, pas de calottes glaciaires polaires ni au nord ni au sud. Niveaux des mers : 400 m au dessus de l'actuel (exemple dépôts sédimentaires secondaires et tertiaires massifs dans le bassin parisien).

En ce moment, période froide. Calottes glaciaires polaires, niveau marin bas.

Dans le passé lointain, périodes encore plus froides. Snowball Earth. Terre totalement englacée = crises majeures.

Quelles relations entre évolutions biologique et géologique?

## 2.3. Relations entre évolutions biologique et géologique

Existent elles ? Peut on les mettre en évidence ?

Ces deux évolutions sont elles corrélées ?

L'une pilote-t-elle l'autre ?

Remarque : les étages géologiques (on en distribue une échelle **Figure 2**) ont des limites souvent marquées par des crises biologiques.

Comment l'environnement géologique influe-t-il sur l'évolution biologique ? Sujet de recherche ancien mais toujours de grande actualité en biologie. On constate des coïncidences temporelles entre de grands changements géologiques et des bifurcations dans l'arbre du vivant. Par exemple, certains aspects peuvent être mentionnés : thermophilie et origine de la Vie ; eucaryotes et oxygène atmosphérique ; explosion cambrienne et composition chimique de l'océan ; pressions d'oxygène élevées (au niveau actuel) et conquête des continents. Ces aspects seront repris dans le cours de paléontologie de Karim Benzerara qui suivra immédiatement ce cours en novembre.

Ici, on va d'abord se demander : comment la Vie peut-elle influencer la géologie ? On traitera plus spécifiquement les questions suivantes :

L'importance du cycle du carbone pour la Terre et l'action du vivant sur ce cycle.

L'histoire des gaz atmosphériques, les traces géologiques qu'ils ont laissées et leurs relations avec les métabolismes.

Le rôle des êtres vivants dans la formation des roches et l'importance globale de ces processus.

On verra que la géochimie isotopique joue un rôle important dans ces recherches d'où le cours d'introduction de Magali et leur utilisation importante dans la suite.