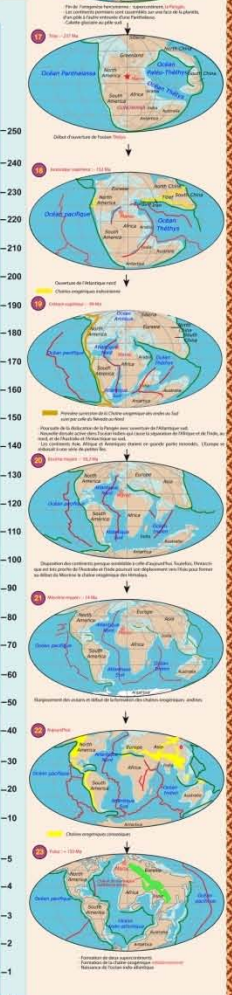
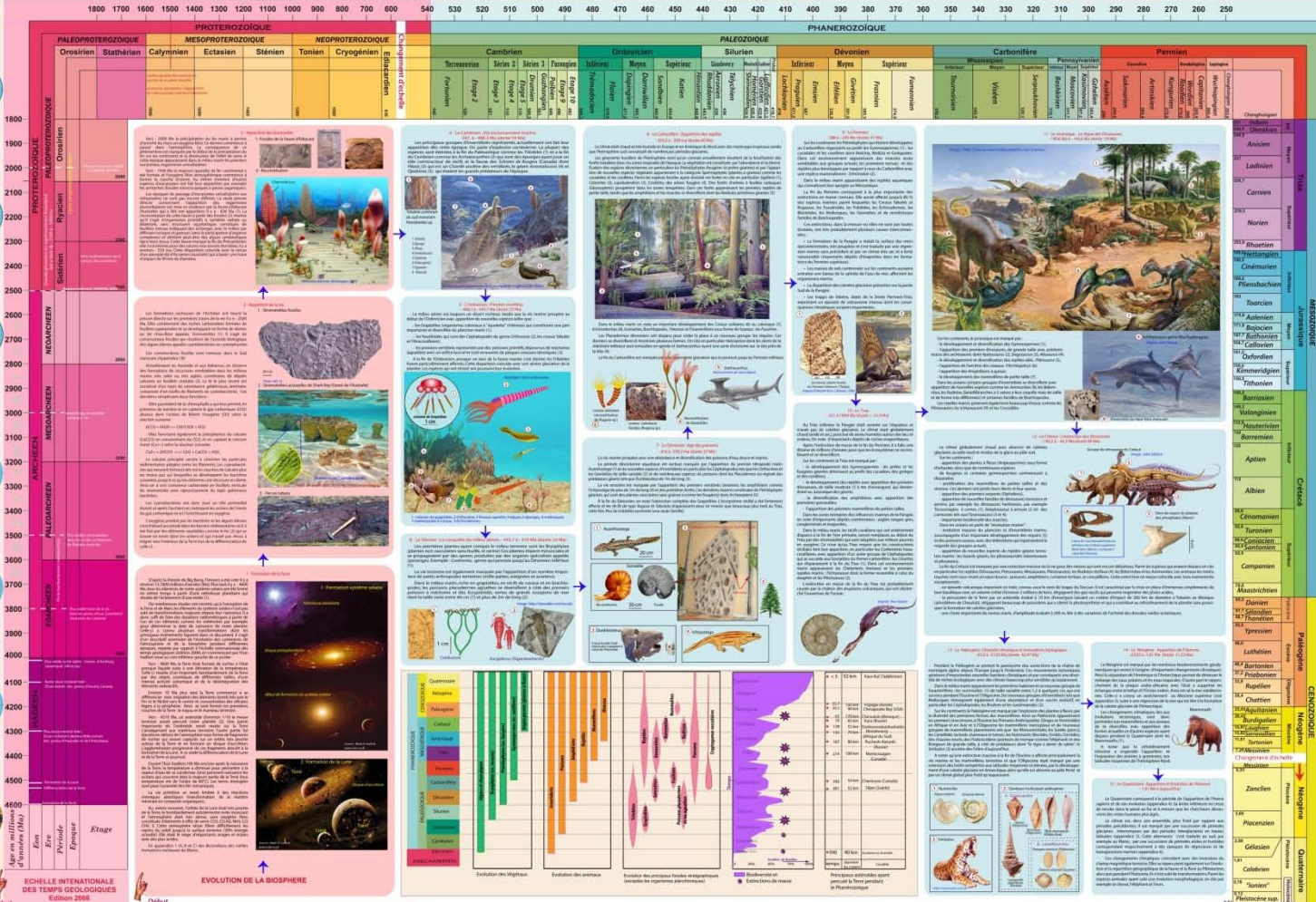
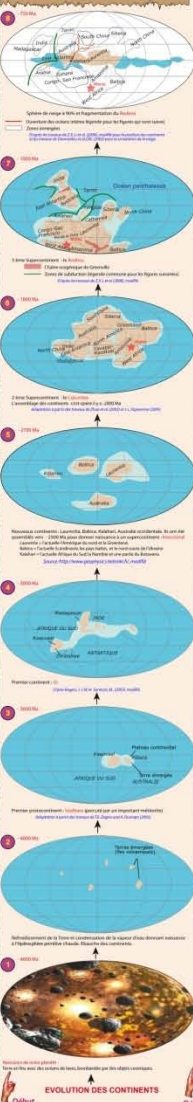


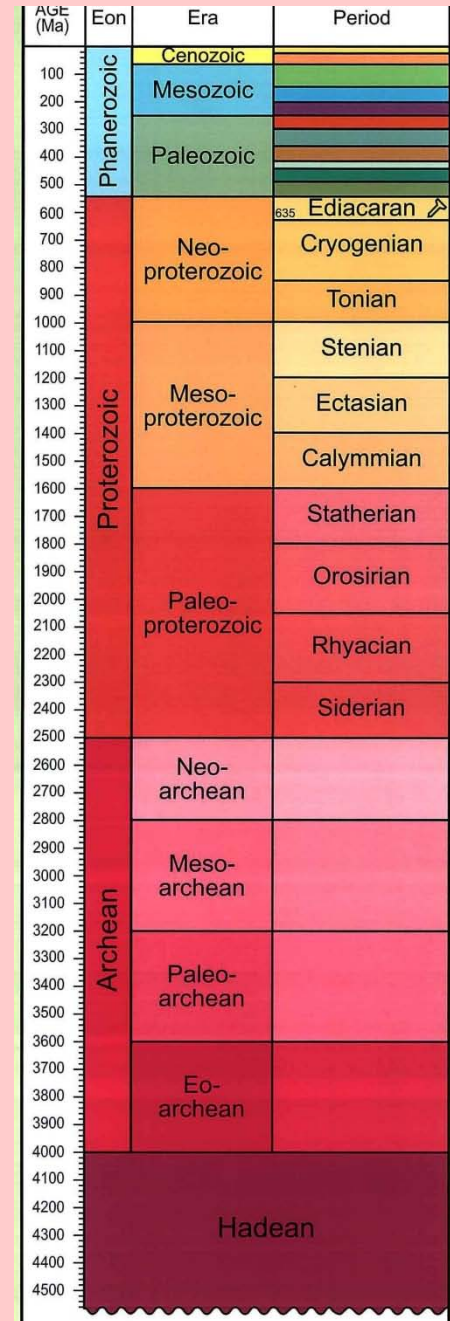
HISTOIRE DE LA TERRE (Pr. Driss FADLI) Décembre 2010

LES PRINCIPAUX VISAGES DE LA TERRE DEPUIS SA CRÉATION

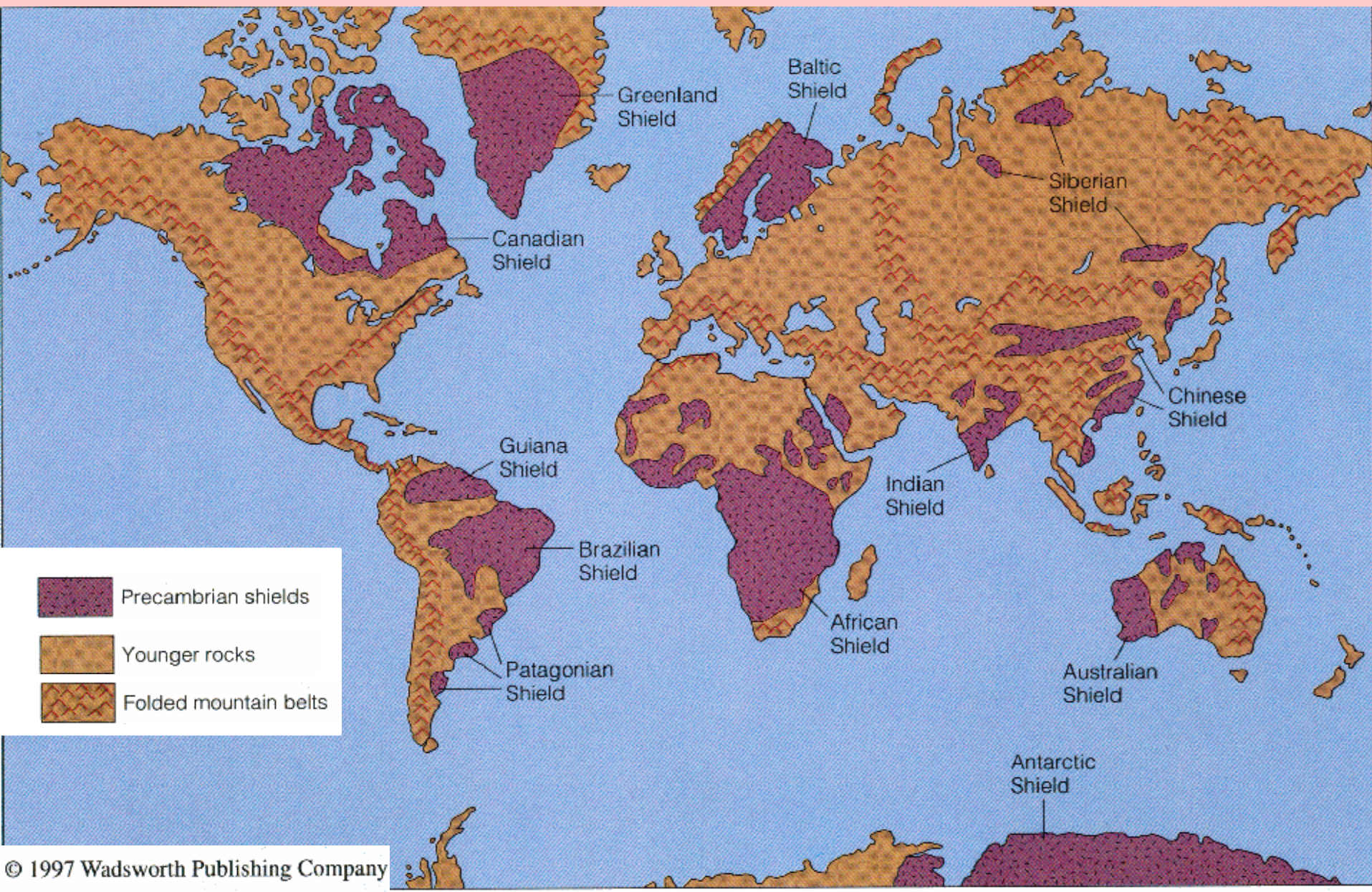


PREMIERE PARTIE : LE PRECAMBRIEN

- Représente 80 % de l'histoire de la Terre
- Roches les plus anciennes de la croûte terrestre
- = *actuels cratons*
- Trois unités chronologiques = **Eons**
 - **Le Hadéen**
Absence de témoins stratigraphiques
 - **L'Archéen**
Roches les plus primitives
 - **Le Protérozoïque**
Nombreux phénomènes géologiques (orogénèses)



Répartition actuelle des terrains précambriens



LE HADEEN : - 4 600 Ma – 4 000 Ma (1/4)

(de Hadès, le dieu des enfers)

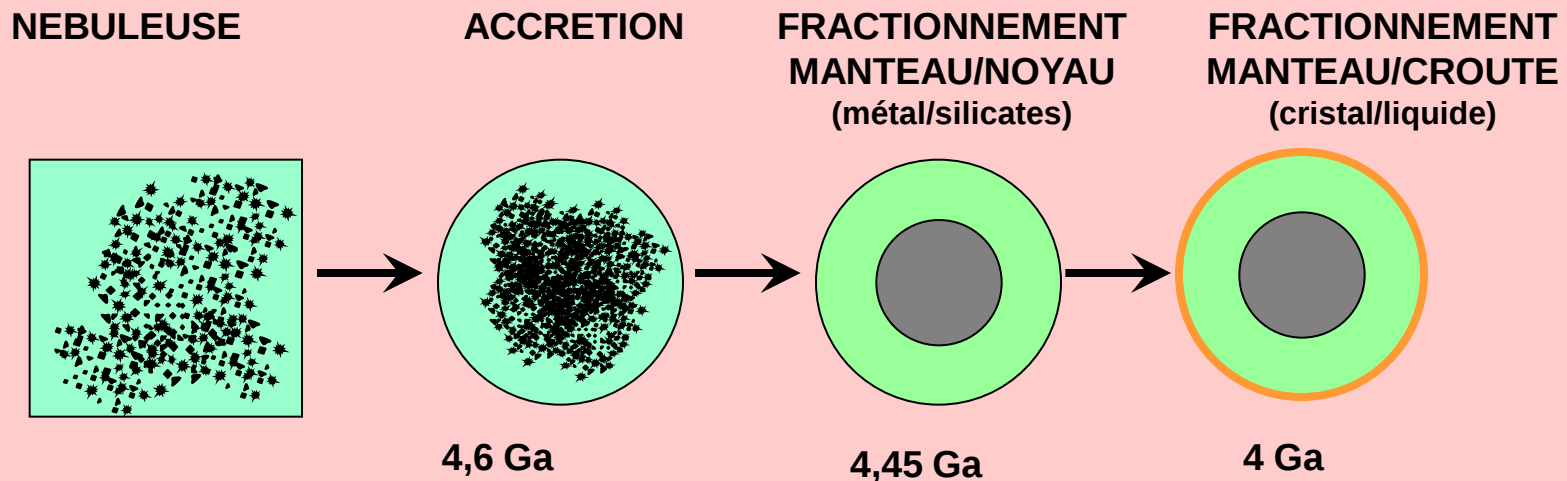
1 - Pluie d'objets cosmiques

2 - Augmentation de la température à partir de 3 sources de chaleur :

- Impacts des objets cosmiques et chaleur d'accrétion
- Désintégration des éléments radioactifs
- Activité volcanique

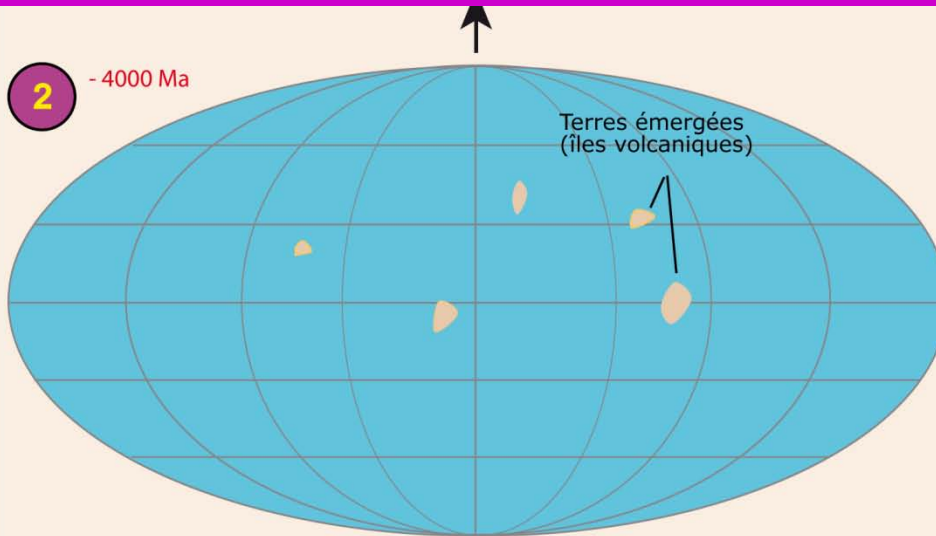
3 - Différenciation en enveloppes concentriques

4 - Formation de la croûte primitive

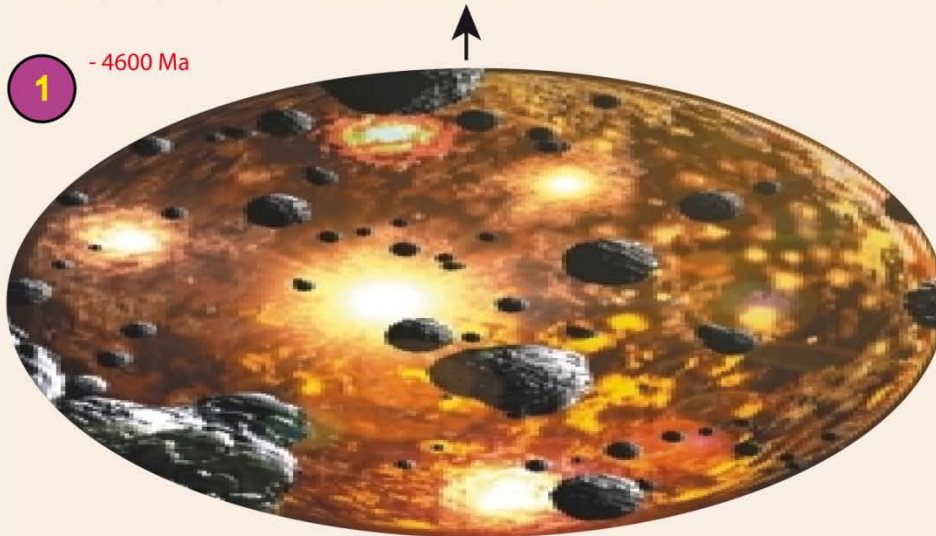


Lehmann et al., 2000 (modifié)

LE HADEEN : - 4 600 Ma – 4 000 Ma (2/4)

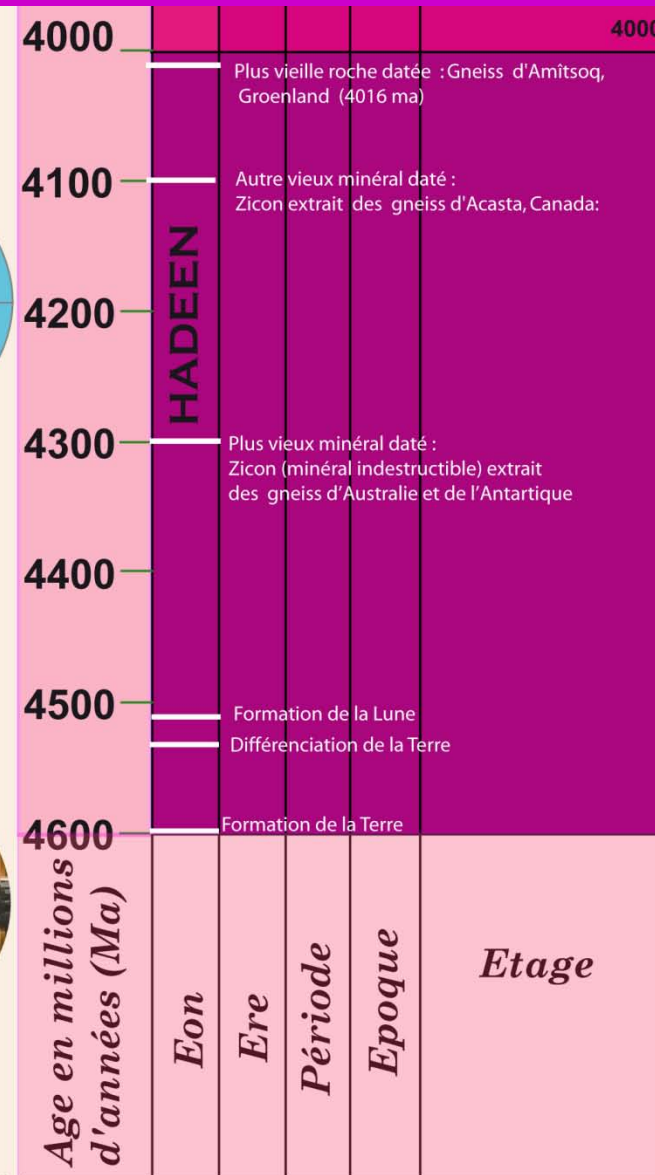


Refroidissement de la Terre et condensation de la vapeur d'eau donnant naissance à l'Hydrosphère primitive chaude. Ebauche des continents.



Naissance de notre planète :
Terre en feu avec des océans de laves, bombardée par des objets cosmiques.

EVOLUTION DES CONTINENTS



**ECHELLE INTERNATIONALE
DES TEMPS GEOLOGIQUES**
Edition 2008



Début



Début

5 – Formation de l'hydrosphère

- condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère primitive
  réseau hydrographique et à des bassins sédimentaires.
- hydrosphère très riche en CO₂ et en Fer

6 - Atmosphère primitive : sans oxygène libre, CO₂, N, H₂O, CH₄, NH₃, SO₂, HCl,...

Les isotopes des gaz rares (hélium, argon, Néon, Xénon,.)

Dans les météorites :

$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} \rightarrow 10^{-2} - 10^{-4}$

Dans l'atmosphère :

$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} \rightarrow 296$

Volcans sous-marins :

$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} \rightarrow 20\,000$

- Donc origine interne : dégazage du manteau (activité volcanique)
- CO₂ et méthane  effet de serre
- importants orages
- pluies acides induites par CO₂, HCl et SO₂

7 - Vie primitive

- *synthèse abiotique*

= transformation des matières minérales en molécules organiques

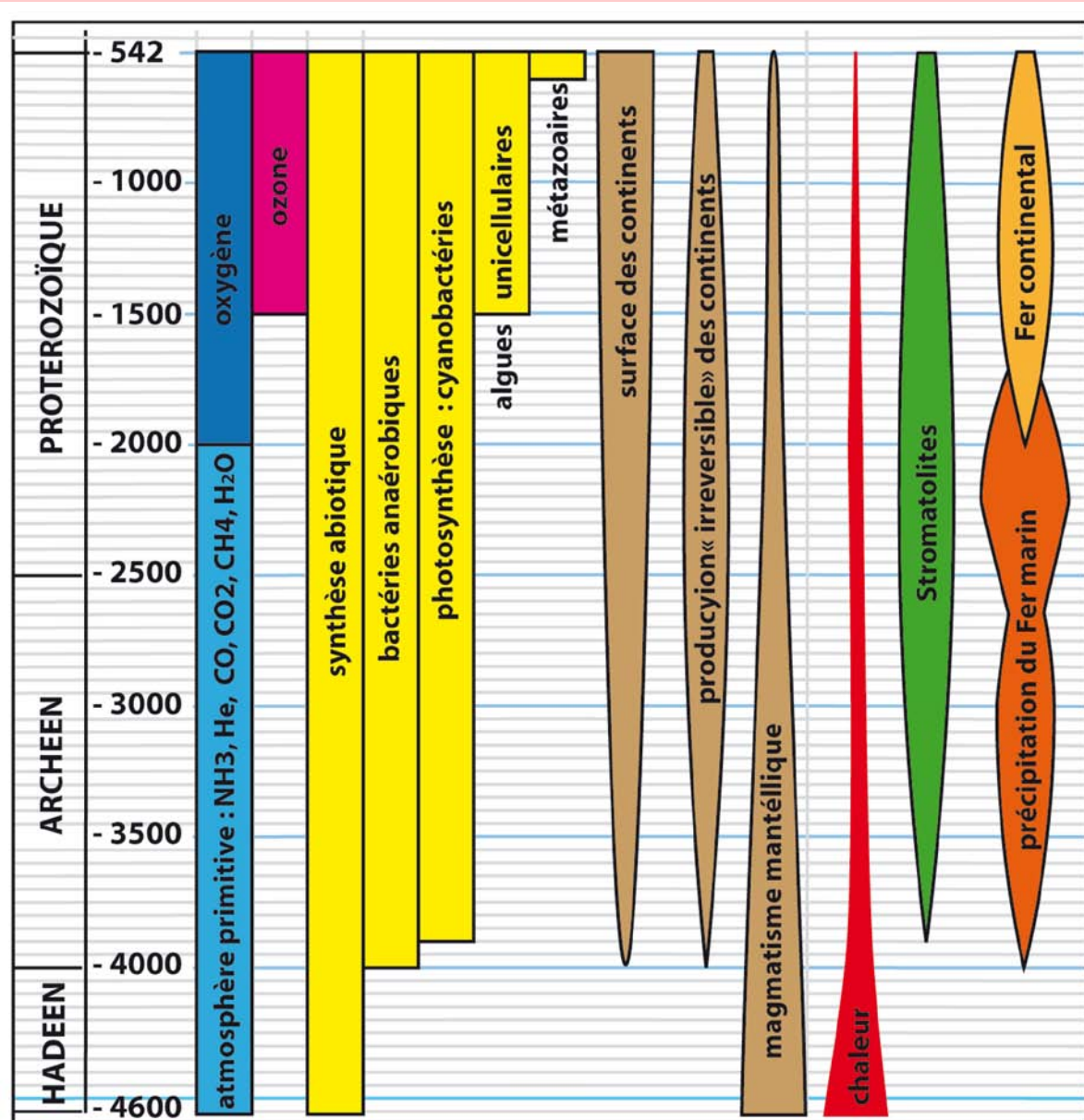


- acides aminés, oses, acides gras, Thio esters, bases puriques, nucléotides
- peptides → ARN → ADN

- *Archéobactéries*

fin de l'éon hadéen

- bactéries anaérobiques des grandes profondeurs près des sources thermales
- traces de carbone trouvées au Groenland qui semblent provenir d'êtres vivants feraient remonter la vie à au moins 4000 Ma



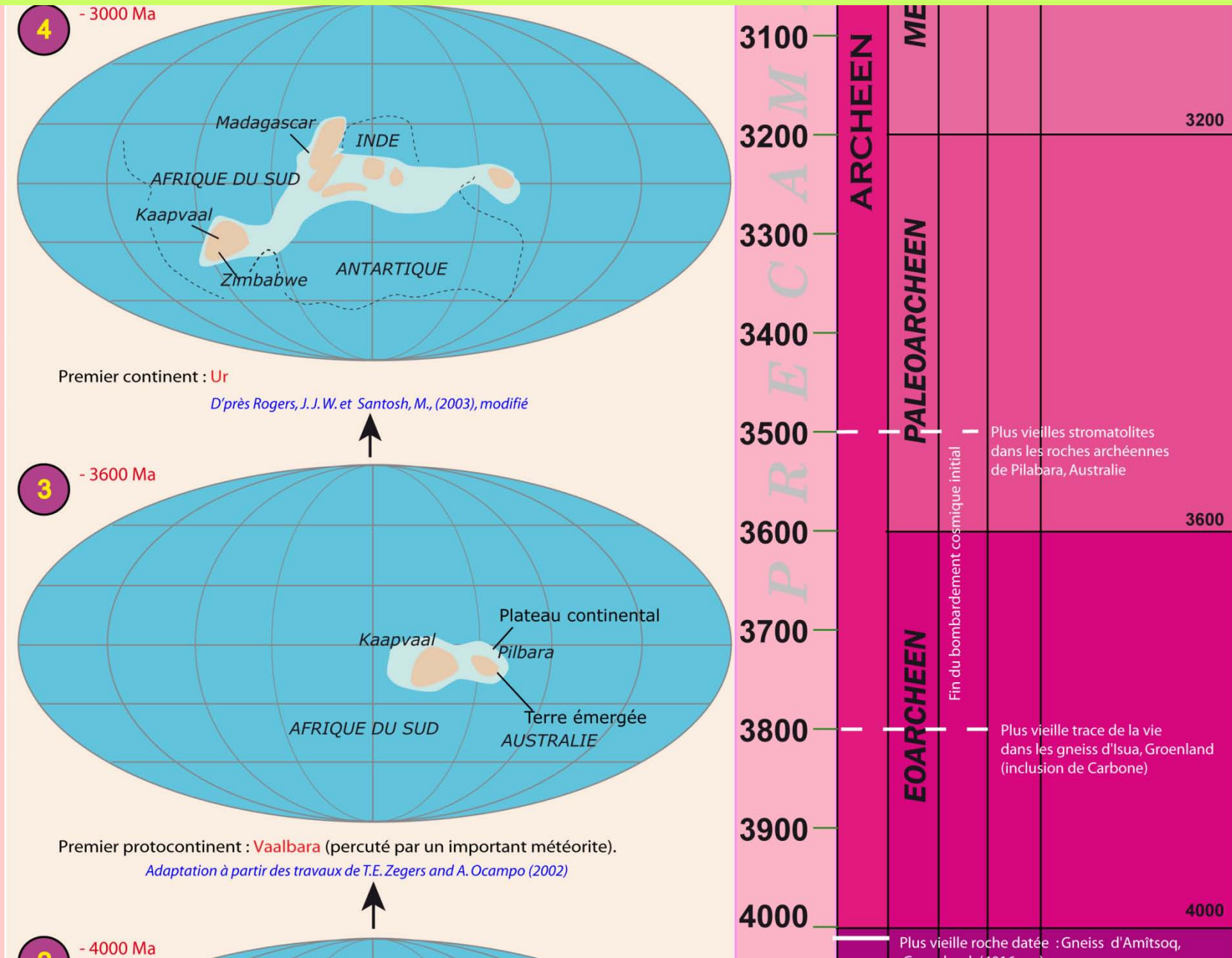
Acasta Gneiss



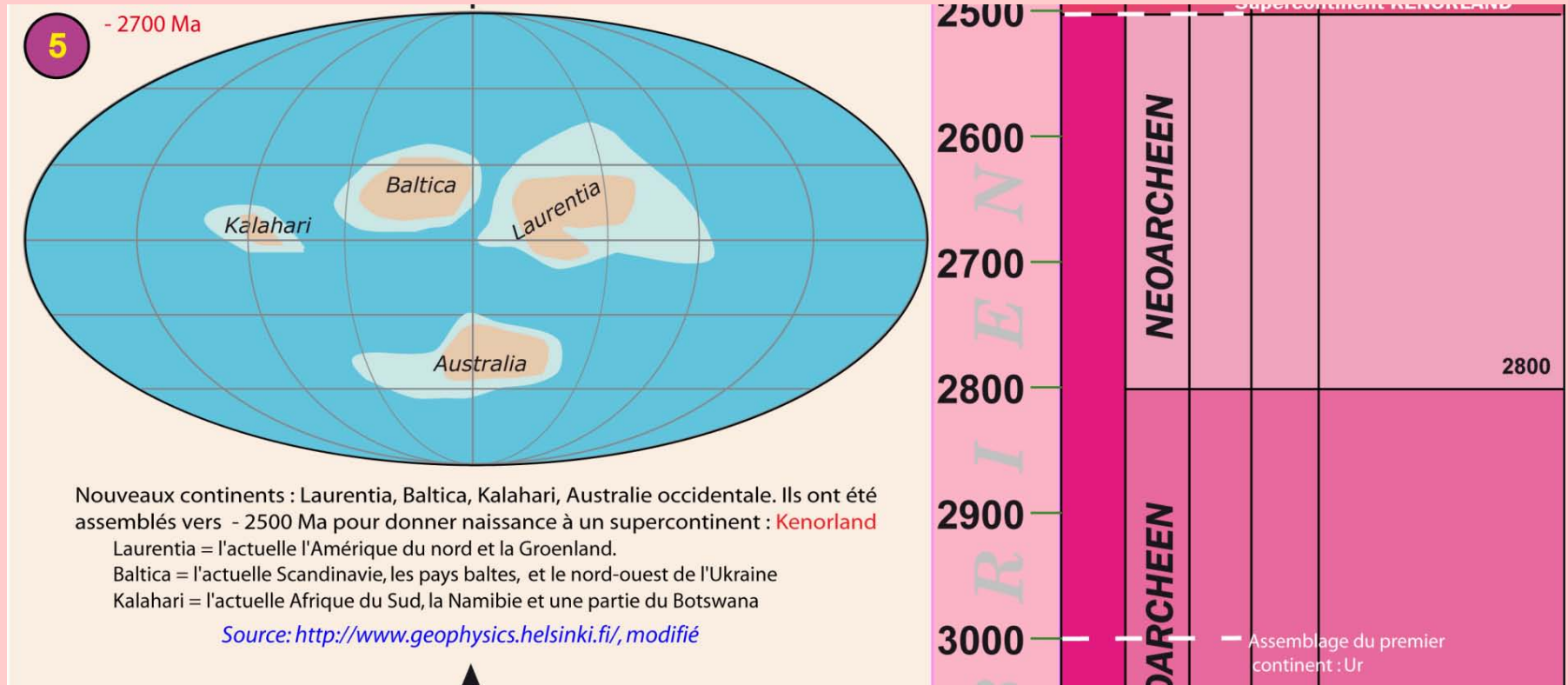
The Earth's oldest known rock, age is 3.96 Ga

L'ARCHEEN : - 4 000 Ma à - 2.500 Ma

1 - Production des continents



1 - Production des continents

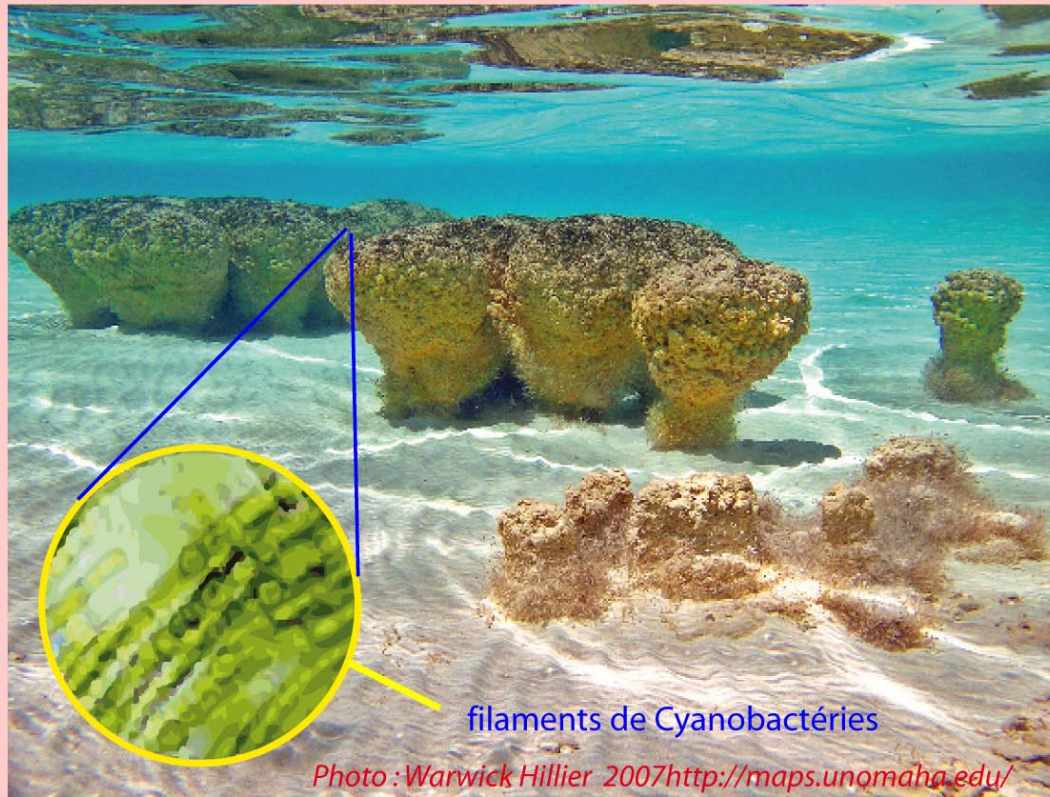


La production des continents résulte de l'activité magmatique intense, de l'érosion partielle et de l'accumulation des sédiments dans des bassins

Les noyaux continentaux ainsi formés dépassent les 30% du volume actuel des masses continentales

2 - Apparition des stromatolites

Actuellement en Australie et aux Bahamas, on observe des formations de structures semblables dans les milieux marins très salés ou très agités, constituées de dépôts calcaires en feuillets ondulés (2). Le lit le plus récent est constitué d'un tapis de consistance gélatineuse, laminaire, composée d'un treillis de filaments de cyanobactéries. Ces dernières remplissent deux fonctions :



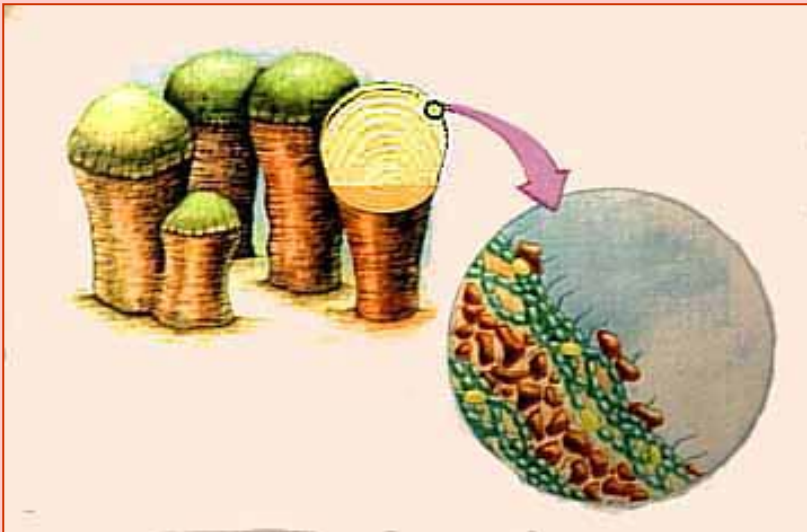
Shark Bay (Ouest de l'Australie)

filaments de Cyanobactéries

Photo : Warwick Hillier 2007 <http://maps.unomaha.edu/>

2 - Apparition des stromatolites

Les formations rocheuses de l'Archéen ont fourni la preuve directe sur les premières traces de la vie il y a - 3500 Ma. Elles contiennent des roches carbonatées formées de feuillets superposés et se développant en forme de dômes ou de chou-fleur appelés *Stromatolites* (1). Il s'agit de constructions fossiles qui résultent de l'activité biologique des algues bleues appelés cyanobactéries ou cyanophycées.

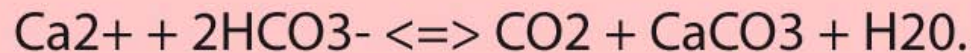


2 - Apparition des stromatolites

- Elles possèdent de la chlorophylle a qui leur permet, en présence de lumière et en captant le gaz carbonique (CO₂) dissous dans l'océan, de libérer l'oxygène (O₂) selon la réaction suivante :



- Elles favorisent également la précipitation du calcaire (CaCO₃) en consommant du CO₂, et en captant le calcium marin (Ca⁺⁺) selon la réaction suivante:



Le calcaire précipité servira à cimenter les particules sédimentaires piégées entre les filaments. Les cyanobactéries qui meurent forment des micro-couches de calcaire plus ou moins pur sur lesquelles se développent les bactéries suivantes, jusqu'à ce qu'on obtienne une structure en dôme. Ainsi on a une croissance carbonatée en feuillets verticale du stromatolite avec rajeunissement du tapis gélatineux bactérien.

3 – Précipitation du Fer

Les cyanobactéries ont donc joué un rôle primordial durant et après l'archéen en nettoyant les océans de l'excès du gaz carbonique et en l'enrichissant en oxygène.

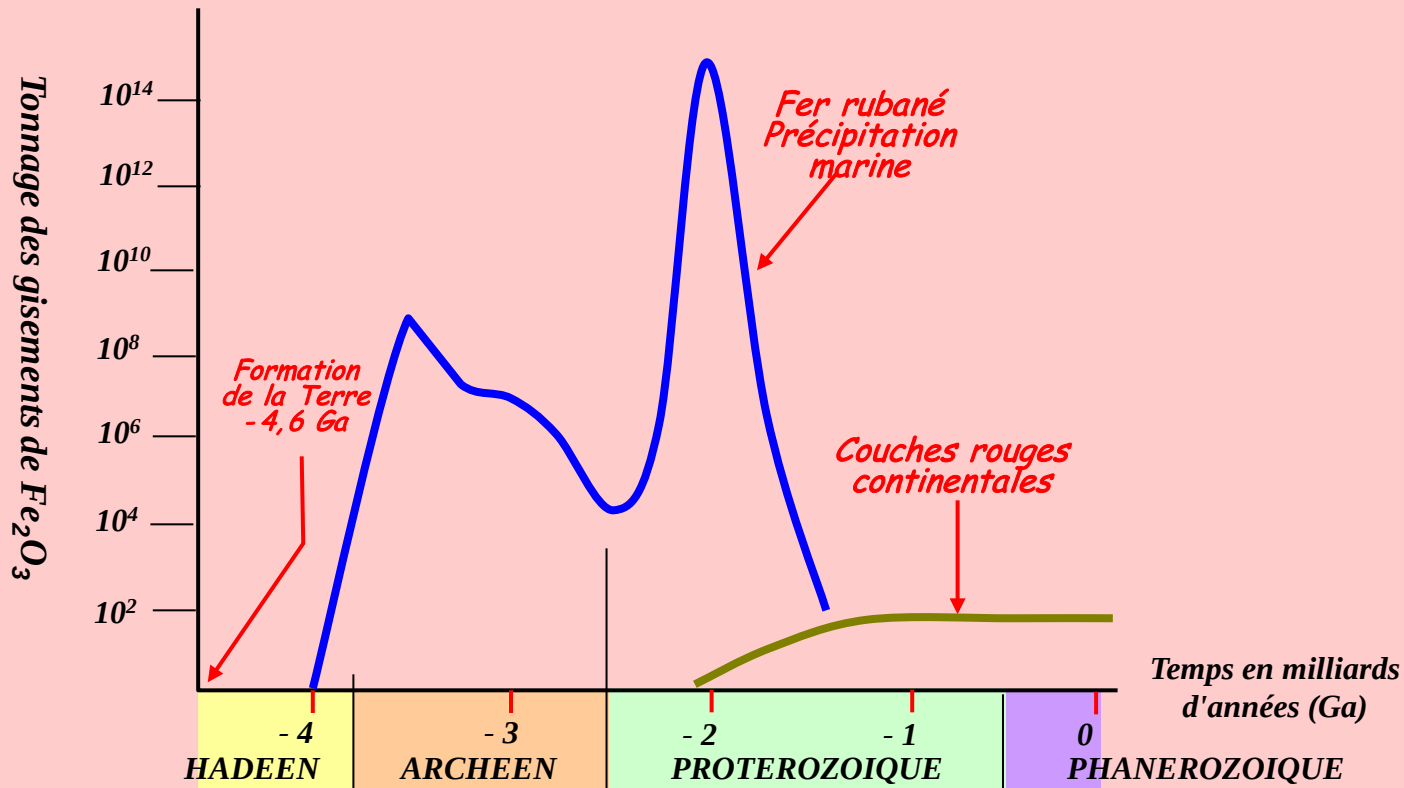
L'oxygène, produit par les bactéries et les algues bleues, s'est d'abord accumulé dans les bassins sédimentaires où il a été fixé par des éléments oxydables comme le fer (3) qui se trouve en excès dans les océans et qui n'avait pas réussi à migrer vers l'intérieur de la Terre lors de la différenciation de



3 – Précipitation du Fer

La plus grande partie du Fer a ainsi précipité pendant l'Archéen et au début du Protérozoïque (entre -2.500 Ma et -2.000 Ma) pour former les grands gisements de fer rubané du Précambrien qu'on connaît actuellement

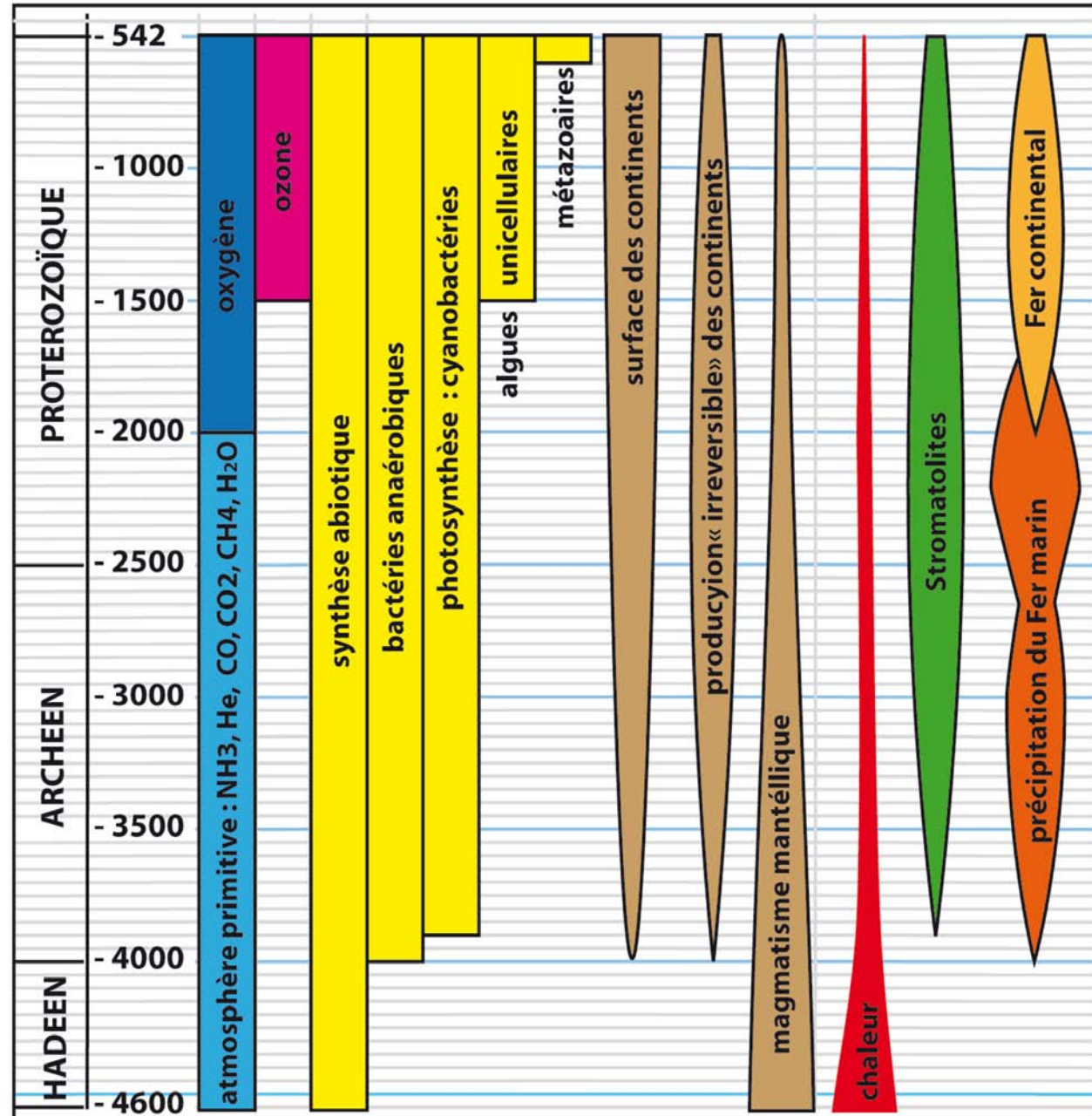
L'oxygène, produit par les bactéries et les algues bleues, s'est d'abord accumulé dans les bassins sédimentaires où il a été fixé par des éléments oxydables comme le fer



4 - Atmosphère

Atmosphère dense et épaisse mais avec une teneur en O₂ très faible

En effet certains sédiments d'Afrique du sud, datés de -2.700 Ma à - 2.500 Ma, sont riches en uraninite (U₃O₈) caractérisant ainsi un milieu sédimentaire deltaïque peu profond et très agité et qui est en équilibre avec l'atmosphère. Si cette dernière contenait de l'O₂, l'Uranite sera déstabilisée car elle est soluble dans l'oxygène



LE PROTEROZOÏQUE (- 2 500 Ma à – 540 Ma)

1 – L'évolution géologique

Après les premiers noyaux continentaux à l'Archéen, le volume de la croûte continentale a augmenté progressivement tout au long du Protérozoïque qui a une durée de près de 2.000 Ma.

À la fin du Protérozoïque, le volume des masses continentales avait atteint celui que nous connaissons aujourd'hui. Cette évolution résulte d'un ensemble de phénomènes géologiques durant trois grands cycles orogéniques

Le Paléoprotérozoïque : -2.500 Ma à -1600 Ma

Cette époque est découpée en quatre périodes :

- Le **sidérien** (-2.500 Ma -2.300 Ma): accélération des dépôts des formations sédimentaires ferrugineuses
- Le **rhyacien** (-2.300 Ma -2.050 Ma) : injection de laves stratifiées,
- L'**orosirien** (-2.050 Ma -1.800 Ma): période orogénique générale, (orogénèses karélienne (bouclier baltique), huronienne (bouclier canadien), éburnéenne (Afrique de l'Ouest)).

Le **stathérien** (-1.800 à -1.600 Ma): stabilisation des boucliers qu'on appelle les *cratons*

AGE (Ma)	Eon	Era	Period
100	Phanerozoic	Cenozoic	
200		Mesozoic	
300		Paleozoic	
400			
500			
600			
635	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran 
700			Cryogenian
800			Tonian
900		Meso-proterozoic	Stenian
1000			Ectasian
1100			Calymmian
1200		Paleo-proterozoic	Statherian
1300			Orosirian
1400			Rhyacian
1500			Siderian
1600			
1700			
1800			
1900			
2000			
2100			
2200			
2300			
2400			
2500			

LE PROTEROZOÏQUE (- 2 500 Ma à – 540 Ma)

1 – L'évolution géologique

Le Mésoprotérozoïque : -1600 Ma à -900 Ma

Fragmentation du craton du Protérozoïque inférieur : Nouvelles plaques lithosphériques continentales, entre lesquelles s'ouvrent de vrais océans avec une sédimentation d'eau profonde.

A l'intérieur de la plupart des plaques continentales des bassins peu profonds vont s'installer où la sédimentation carbonatée à stromatolites va se développer (dépôts de plate-forme).

Vers -1.200 Ma -1.000 Ma commence une nouvelle orogénèse qui correspond à la fermeture des océans en formant de nouvelles chaînes de montagne, tandis que les dépôts de plate-forme seront peu ou pas déformés.

AGE (Ma)	Eon	Era	Period
100	Phanerozoic	Cenozoic	
200		Mesozoic	
300		Paleozoic	
400			
500			
600			
635	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran 
700			Cryogenian
800			Tonian
900		Meso-proterozoic	Stenian
1000			Ectasian
1100			Calymmian
1200		Paleo-proterozoic	Statherian
1300			Orosirian
1400			Rhyacian
1500			Siderian
1600			
1700			
1800			
1900			
2000			
2100			
2200			
2300			
2400			
2500			

LE PROTEROZOÏQUE (- 2 500 Ma à – 540 Ma)

1 – L'évolution géologique

Le Néoprotérozoïque : -900 Ma à -540 Ma

Il présente les mêmes caractères d'ensemble que l'ère précédent avec de nouveaux cycles orogéniques

Vers -850 à -650Ma, la planète a connu glaciation générale qui a modifié le caractère sédimentaire.

Vers - 650 Ma, les océans ont de nouveau tous fermés et la coûte continentale formait un supercontinent qu'on le *Rodinia*.

AGE (Ma)	Eon	Era	Period
100	Phanerozoic	Cenozoic	
200		Mesozoic	
300		Paleozoic	
400			
500			
600			
635	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran 
700			Cryogenian
800			Tonian
900		Meso-proterozoic	Stenian
1000			Ectasian
1100			Calymmian
1200		Paleo-proterozoic	Statherian
1300			Orosirian
1400			Rhyacian
1500			Siderian
1600			
1700			
1800			
1900			
2000			
2100			
2200			
2300			
2400			
2500			

LE PROTEROZOÏQUE

2 - les supercontinents

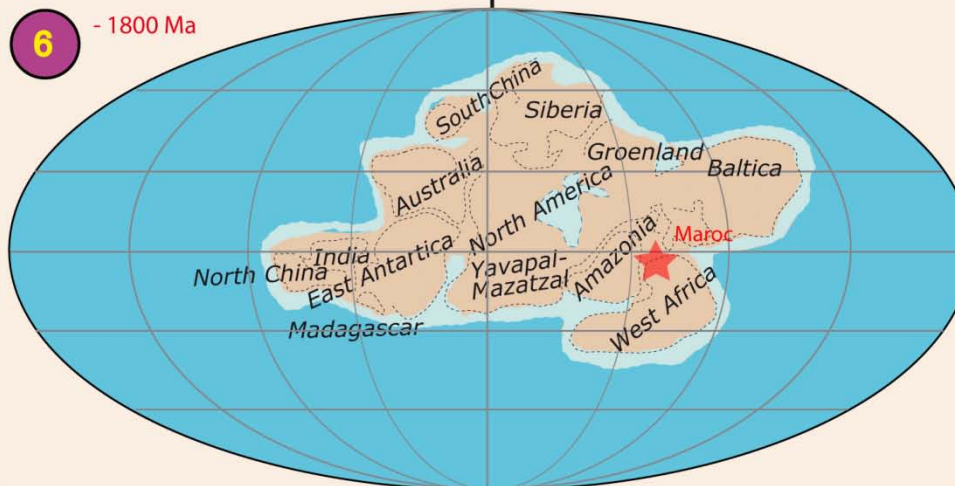


3^{ème} Supercontinent : le **Rodinia**

■ Chaîne orogénique de Grenville

— Zones de subduction (légende commune pour les figures suivantes)

D'après les travaux de Z.X. L et al (2008), modifié



2^{ème} Supercontinent : le **Columbia**

L'assemblage des continents s'est opéré il y a -2000 Ma

Adaptation à partir des travaux de Zhao et al. (2002) et J. L. Vigneresse (2005)

LE PROTEROZOÏQUE

2 - les supercontinents

9

Ediacardien :- 630 Ma

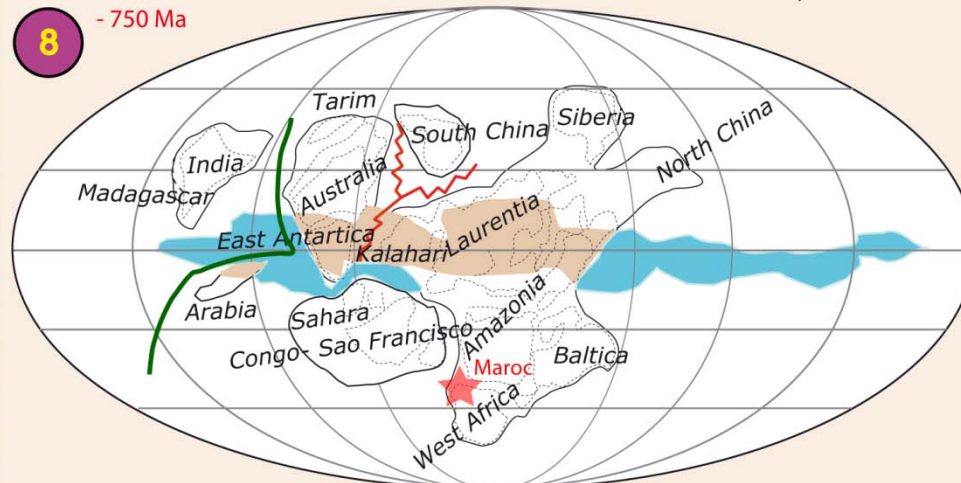


Allure du Rodinia à la fin du Précambrien

Formation de la chaîne orogénique panafricaine
d'après les travaux de Z.X. Li et al. (2008)

8

- 750 Ma



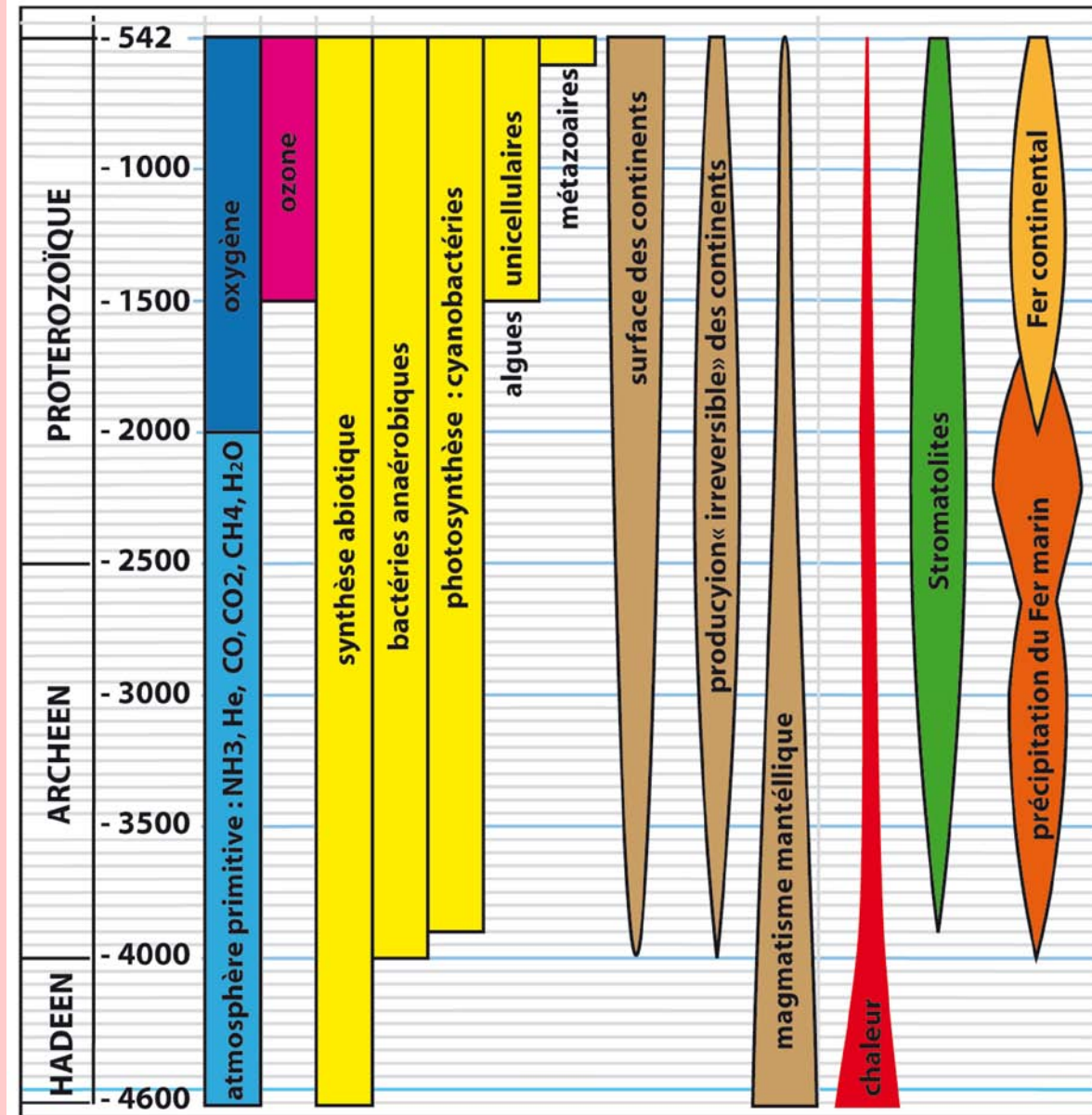
Sphère de neige à 90% et fragmentation du Rodinia

— Ouverture des océans (même légende pour les figures qui vont suivre)
□ Zones enneigées

LE PROTEROZOÏQUE

3 – Poursuite du dépôt de Fer

- Neutralisation du fer en milieu aquatique
- Apparition d'autres minerais de fer différents appelés couches rouges continentales
- Avant 2.000 Ma l'atmosphère est dépourvue de O₂



4 – L'atmosphère

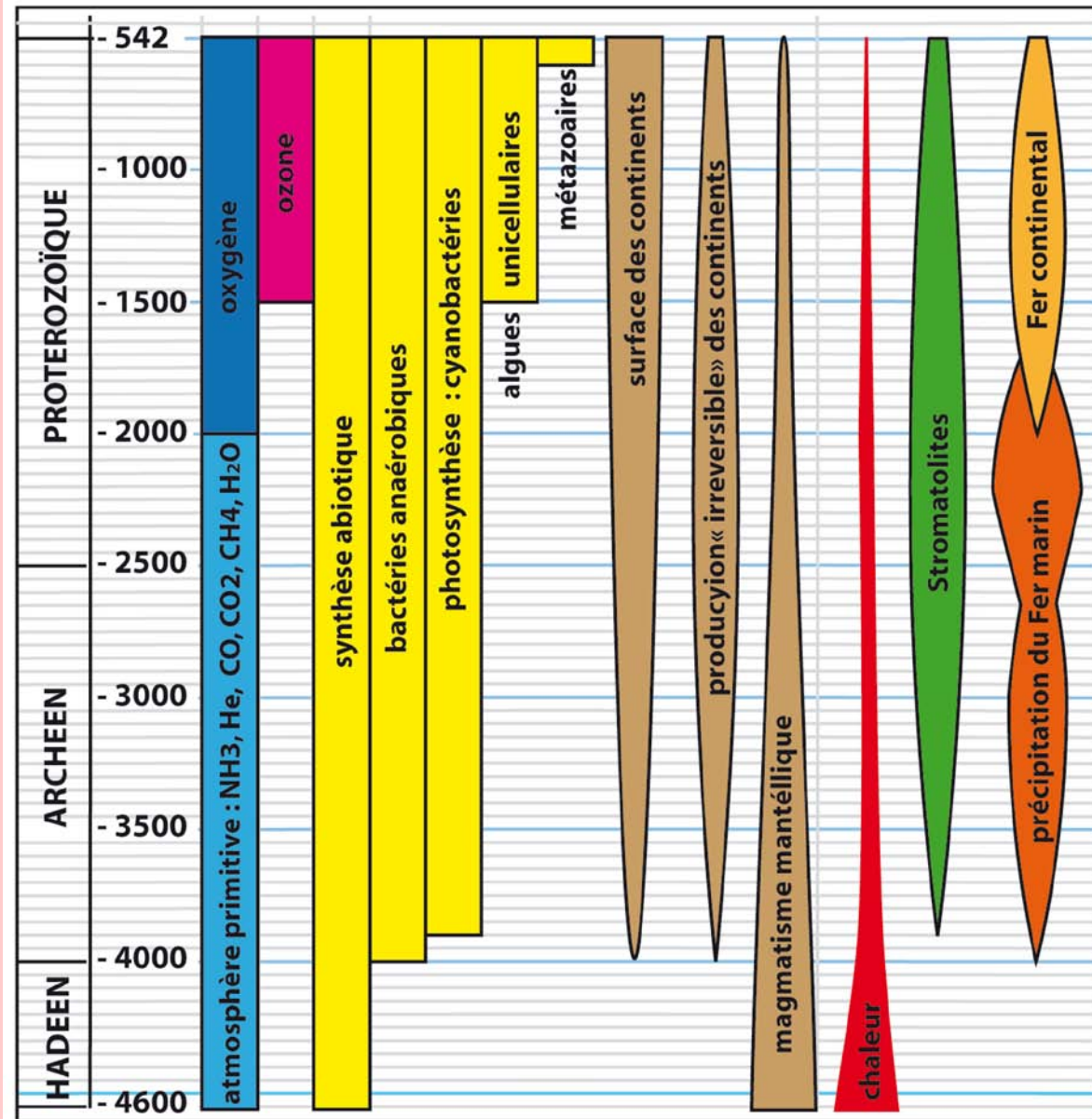
O₂ aquatique s'échappe pour enrichir l'atmosphère primitive

-2.000 Ma, la concentration en O₂ était égale à 1 % de sa concentration actuelle, les UV ne pénétraient plus dans l'eau au delà de 30 cm

- surface terrestre protégée des rayons ultraviolets nocifs et permettra à la vie de s'installer sur les continents.



-1.500 Ma, sous l'effet des éclairs et des rayonnements UV une partie de O₂ est transformée en ozone (O₃)

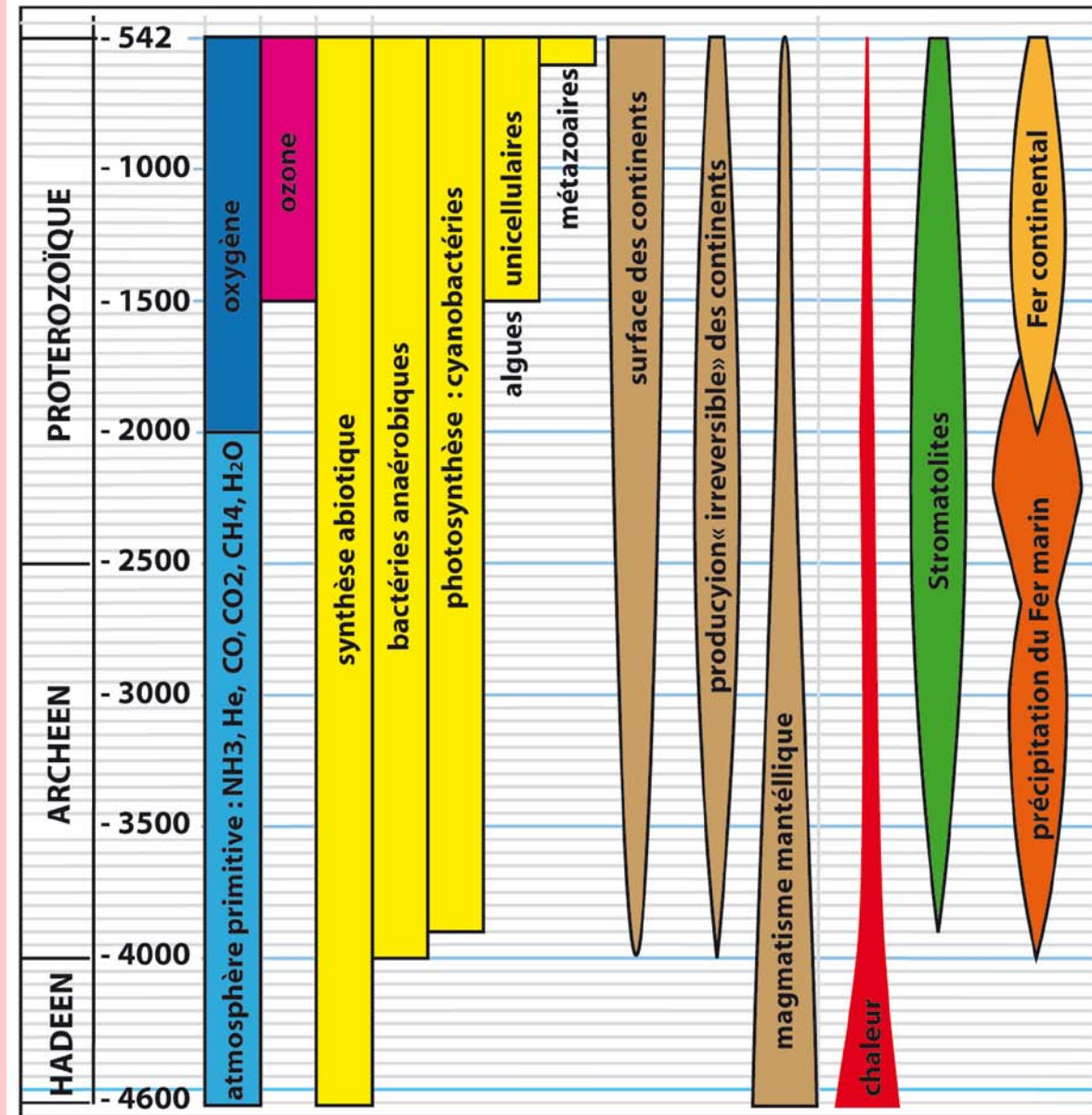


LE PROTEROZOÏQUE

5 – Evolution des êtres vivants

Vers -800 Ma apparaissent les premiers métazoaires = invertébrés marins peu complexes, et sans test (sans coquille) représentés –entre autre - par des méduses alors que le taux d'O₂ = 5% du taux actuel

Vers - 650 Ma se produit une extinction de 70% de la flore et de la faune. Cette disparition pourrait correspondre à une glaciation sévère de la planète.

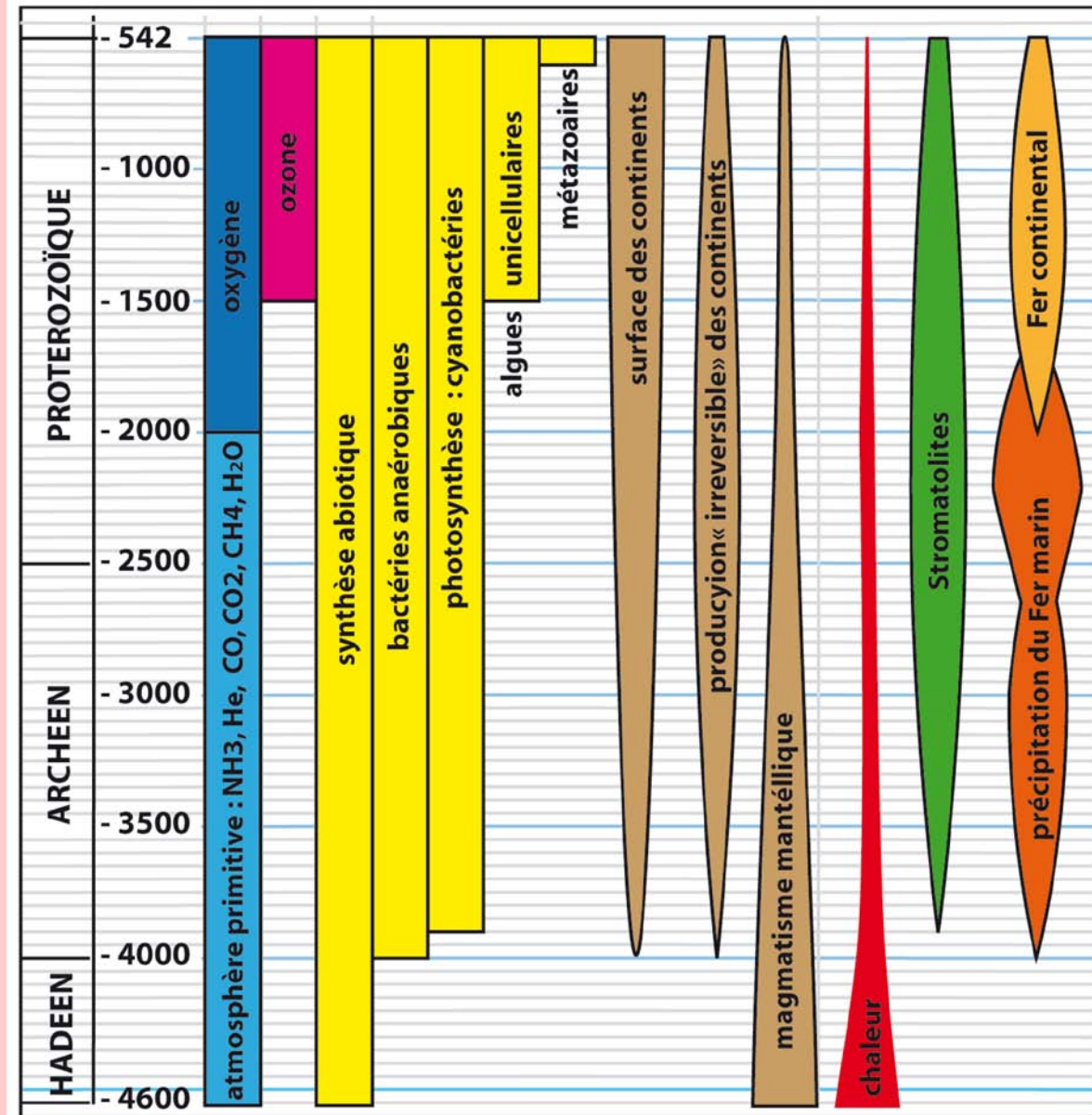


5 – Evolution des êtres vivants

Vers - 600 Ma – 540 Ma (fin du Précambrien), début des peuplements dans les océans d'invertébrés évolués encore dépourvus de squelette ou de carapace tels que les annélides, les cnidaires et les arthropodes.

La plupart des groupes actuels étaient présents à cette époque; d'autres ont disparues depuis.

Les algues et les lichens, à cette époque, bordaient les océans.



HADEAN EON

ARCHEAN EON

Earth accretion 4400 Ma Oldest mineral grain 4000 Ma Oldest continental rocks



Assembly of early supercontinent ?

Earliest cratons form

3500



2500

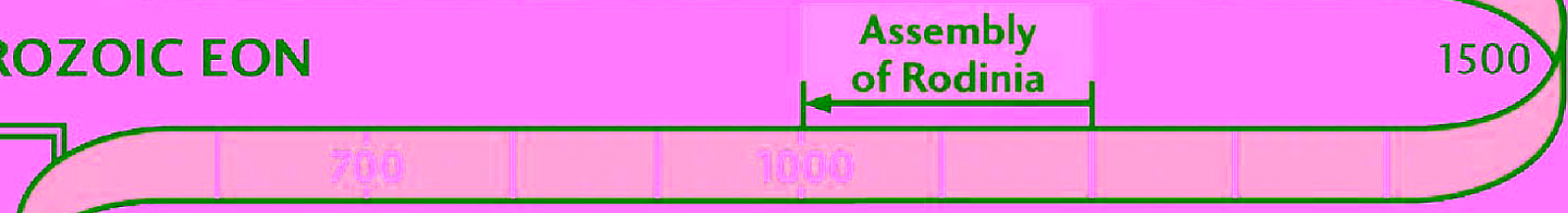
Assembly of Columbia



PROTEROZOIC EON

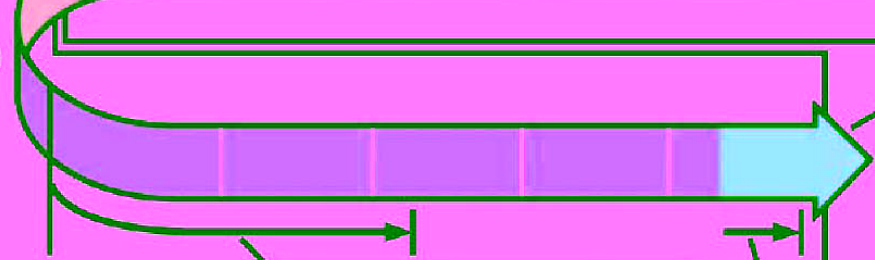
Assembly of Rodinia

1500



500

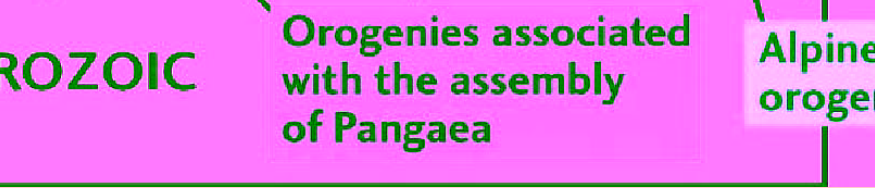
Present



PHANEROZOIC EON

Orogenies associated with the assembly of Pangaea

Alpine-Himalayan orogeny



faune d'Ediacara



echinoderme
primitif possible



FIN