

Ca. 4,5 miljard jaar geleden

Ontstaan van de aarde

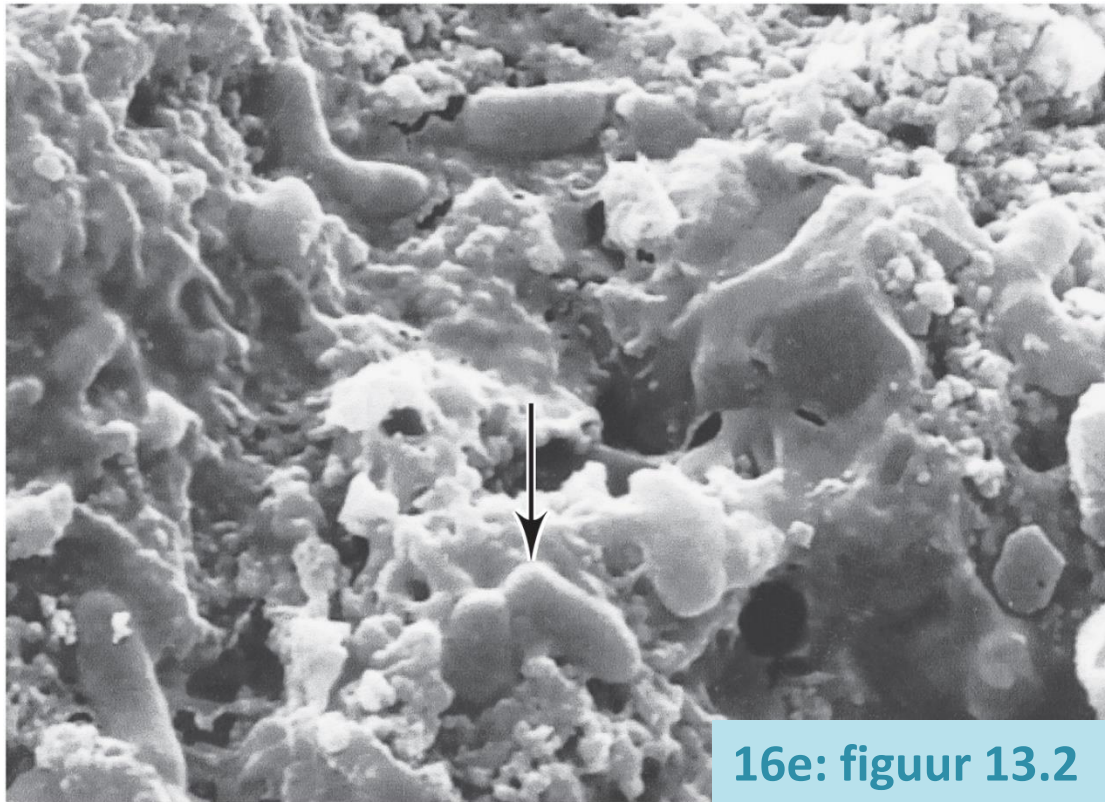
Hadeïcum

Vroege geschiedenis van de aarde

- ~4.5 miljard jaar oud
- Vloeibaar water (nodig voor leven) ~4.3 miljard jaar geleden
- Aanwijzingen voor leven ~4.1 miljard jaar geleden
(ratios koolstof isotopen)
- Fossiele resten van cellen in gesteenten van ~3.86 miljard jaar oud

3.45 miljard jaar oud gesteente

Barberton Greenstone Belt, Zuid Afrika



Frances Westall



By US State Department (derivative work by Cshirc1) - <https://2009-2017.state.gov/r/pa/ei/bgn/2898.htm>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17065837>



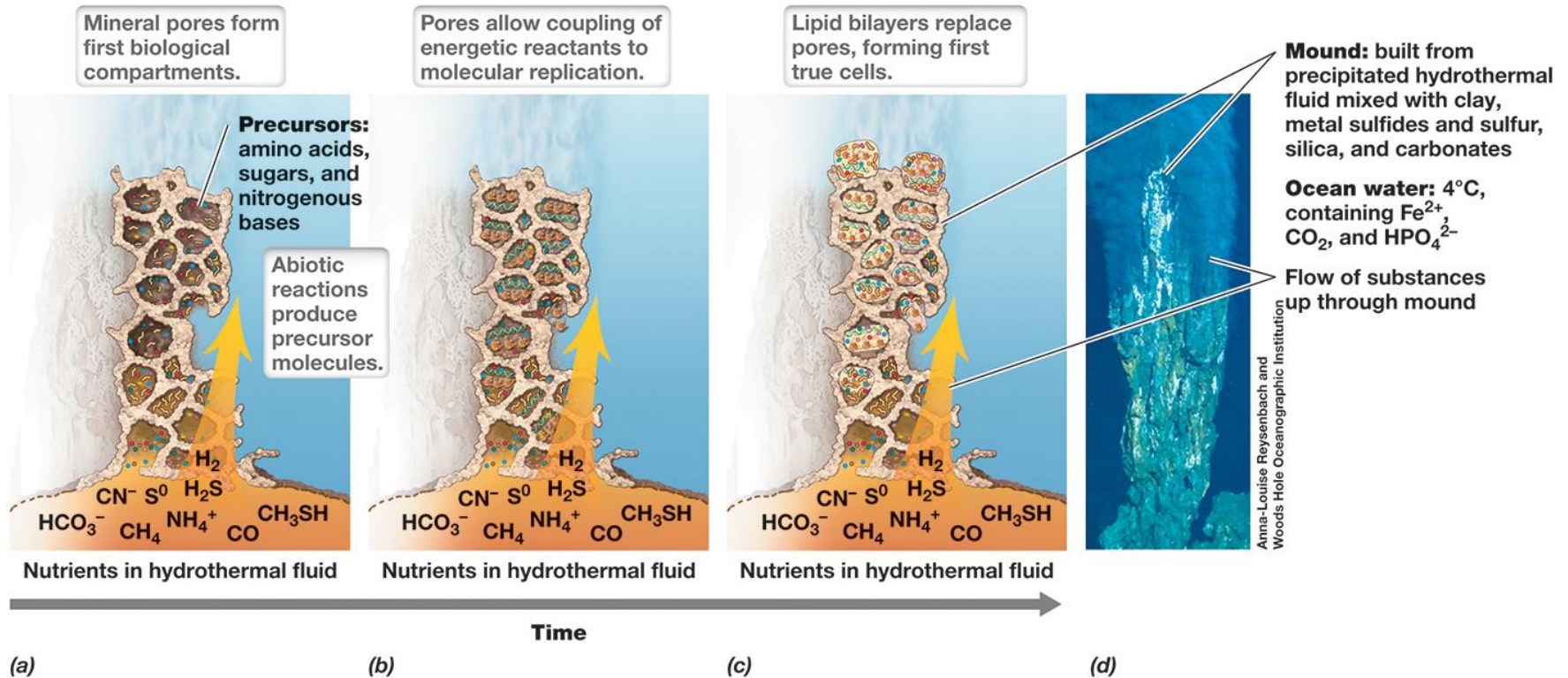
Ontstaan van het leven

- Organische moleculen (nucleotiden, aminozuren, lipiden, etc) kunnen spontaan ontstaan onder condities vroege aarde.
- Maar: condities waarschijnlijk niet geschikt voor leven (zoals we dat nu kennen)

Ontstaan van het leven

- Hypothese: leven is ontstaan rond hydrothermale systemen op de bodem van de oceaan:
 - Conditie stabiel.
 - Gereduceerde anorganische verbindingen (b.v. H_2 , H_2S , S^0)
 - Abiotische productie van moleculen die nodig zijn voor leven mogelijk (b.v. aminozuren, lipiden, suikers, nucleotides).
 - Minerale structuren vormden mogelijk compartimenten om energie te conserveren.

Ontstaan van het leven: hypothese



RNA wereld

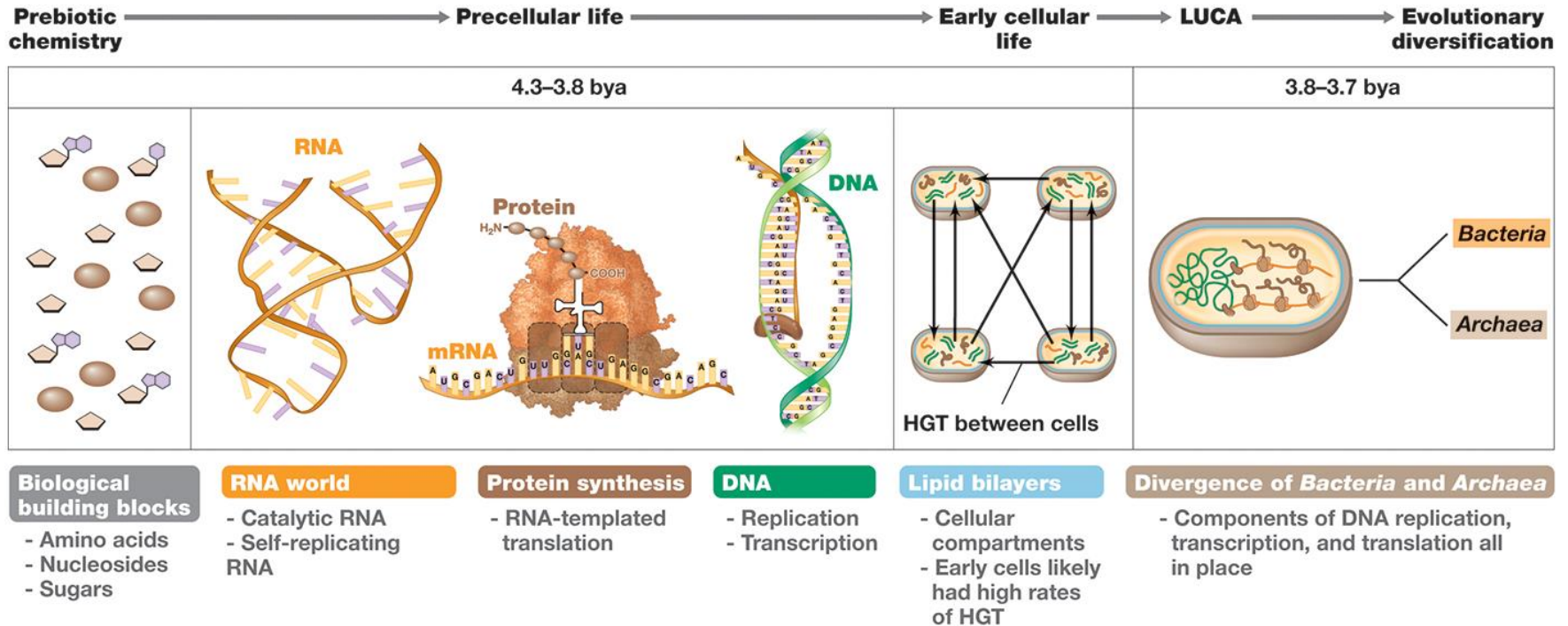
Het leven is mogelijk ontstaan in een 'RNA wereld'

- component van enkele essentiële cofactoren en moleculen in alle cellen (ATP, NADH, coenzym A)
- kan kleine moleculen binden (ATP, aminozuren, nucleotides)
- kan katalytische activiteit hebben (→ b.v. eiwitsynthese)

Na de RNA wereld

- katalytische functie RNA (grotendeels) overgenomen door eiwitten
- DNA werd genoom en template (stabiel).
- Vroege cellen hadden waarschijnlijk DNA, RNA, eiwit en een membraansysteem voor energie conservering.
- **Last Universal Common Ancestor (LUCA)** 3.8–3.7 miljard jaar geleden.
- Daarna: *Bacteria* en *Archaea*

Events hypothesized to precede the origin of cellular life

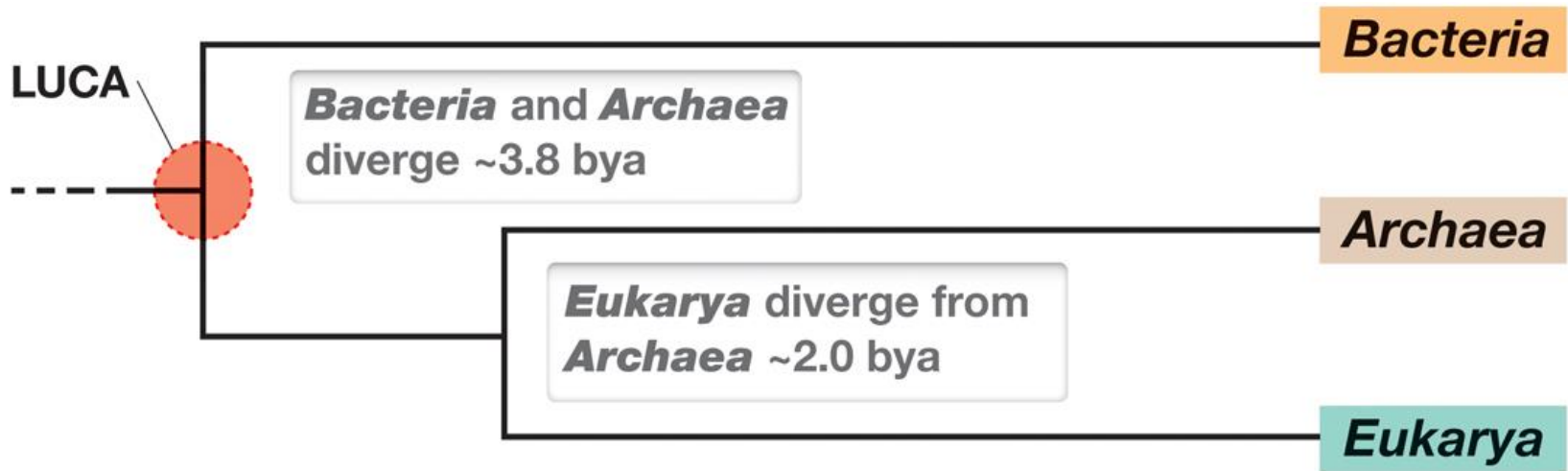


Aarde lange tijd anoxisch

Primitieve cellen: anaeroob

waarschijnlijk chemolithoautotroof (wat betekent dat?)

Last Universal Common Ancestor (LUCA)



Genoom analyse levende organismen: 355 genen terug naar LUCA

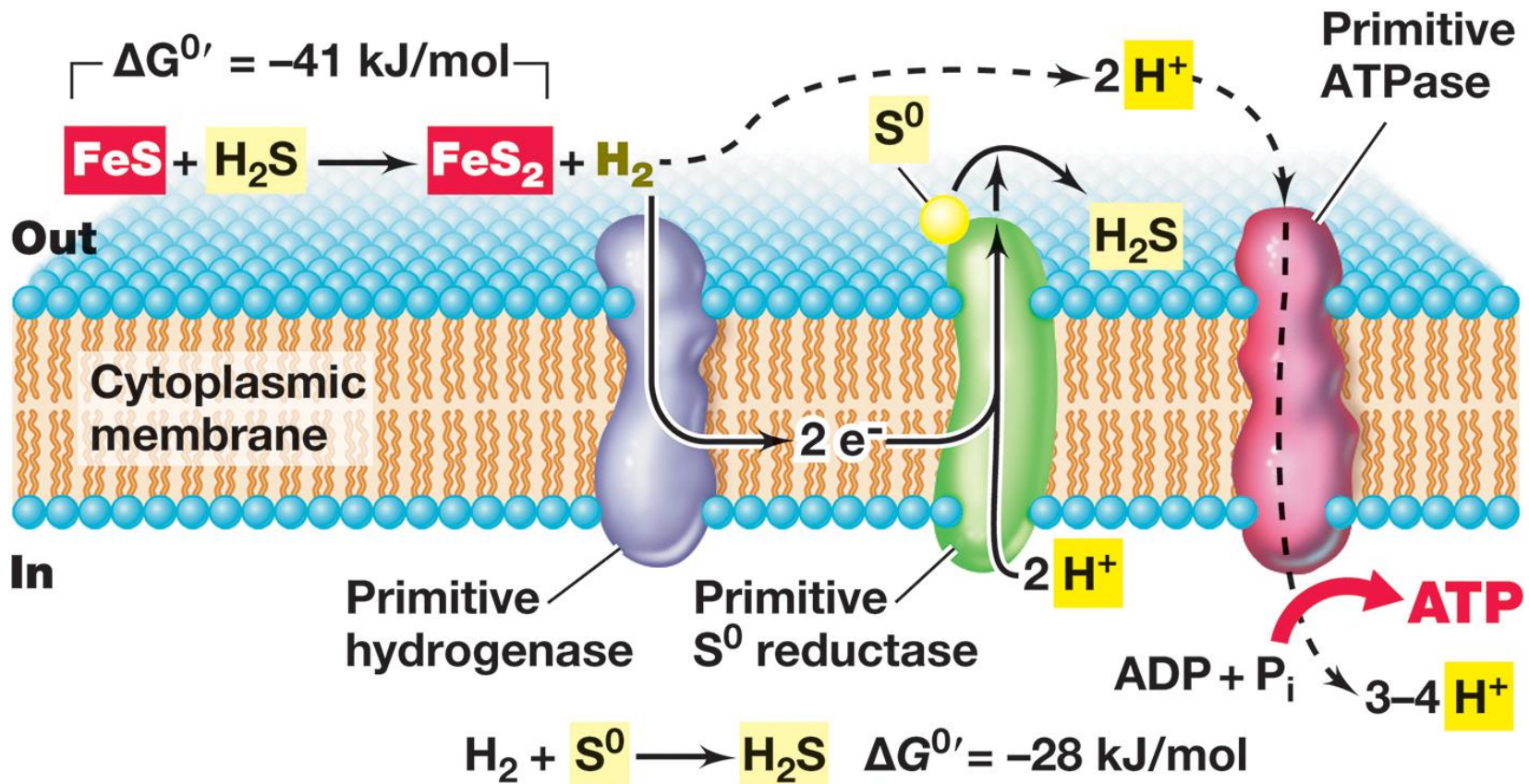
wijzen erop dat LUCA waarschijnlijk:

- anaeroob was
- leefde in een omgeving met hoge temperatuur en rijk in S en Fe
- H_2 als energiebron en CO_2 als koolstofbron gebruikte

Mogelijk energieconserverend systeem

H₂ als elektrondonor, S₀ als elektronacceptor

H₂ uitgestoten vulkanen of thermale bronnen of door reactie pyrrhotiet -> pyriet



3,5 miljard jaar geleden

Omzetting van licht energie in chemische energie: **fotosynthese**

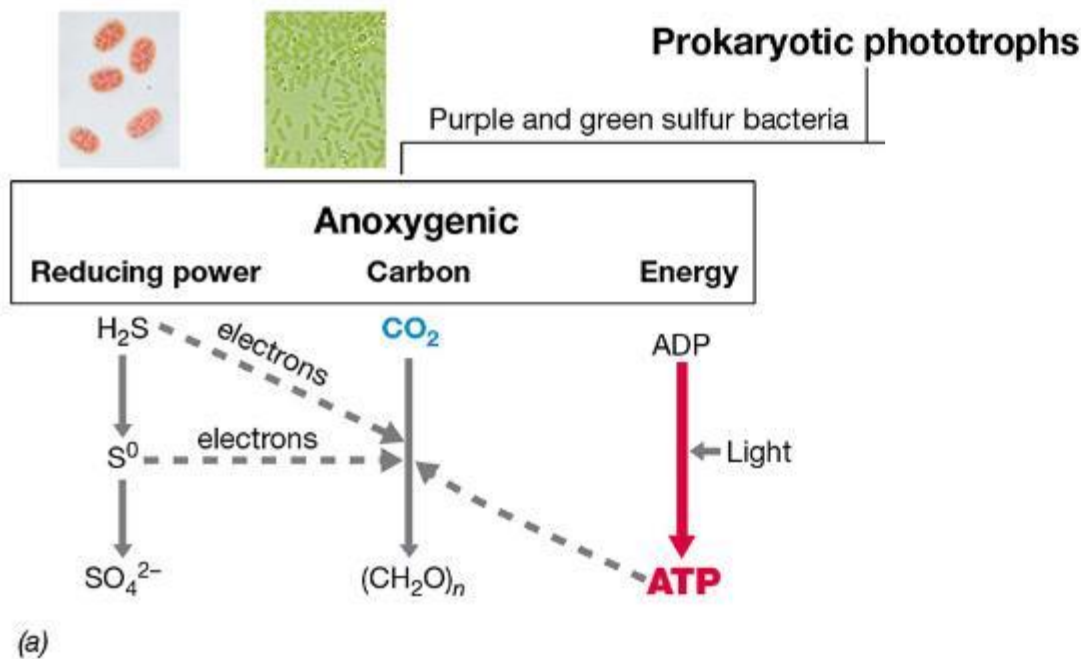
Fotoautotrofen:

Energie van de zon wordt gebruikt om een elektrondonor (b.v. H_2O , H_2S of S^0) te oxideren en organische moleculen te synthetiseren vanuit CO_2 (of andere eenvoudige organische moleculen). CO_2 wordt hierbij gereduceerd.

ATP productie	}	parallel
CO_2 reductie tot cel materiaal		

Eerste fototrofen waren anoxygeen

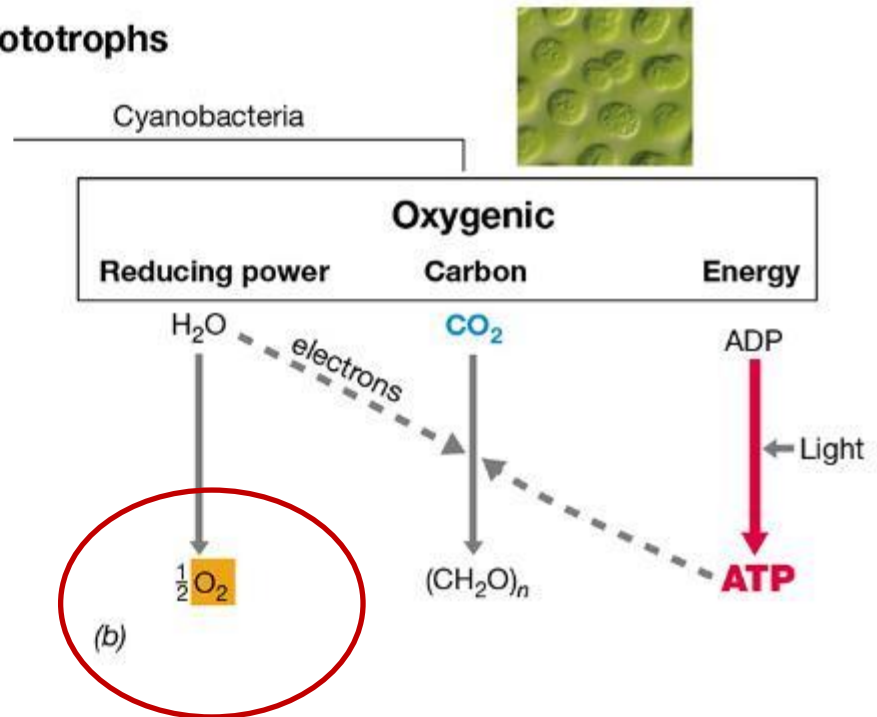
Gebruikten b.v. H_2S of S^0 als elektrondonor



2,5 – 3,3 miljard jaar geleden: cyanobacteriën

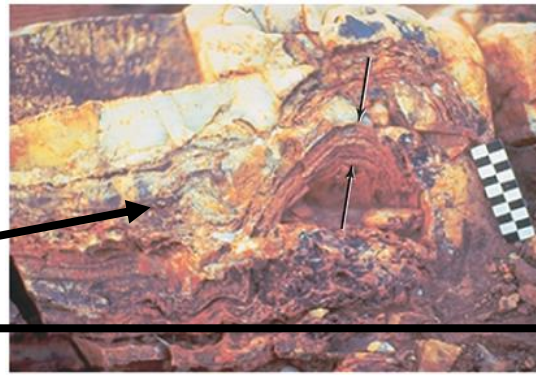
Gebruikten b.v. H_2O als elektron donor → hierbij ontstaat O_2 (**oxigeen**)

Prokaryotic phototrophs



Stromatolieten

Gefossiliseerde
microbiële formaties in
gesteente van 3.5
miljard jaar geleden.



Malcolm Walter

(a)



Malcolm Walter

(b)

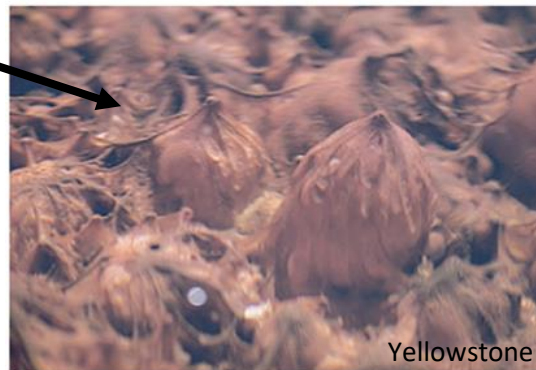
Fototrofe bacteriën
(cyanobacteria and
anoxygene fototrofen
vormen moderne
stromatoliten



Daniel H. Buckley

Darby Islands, Bahamas

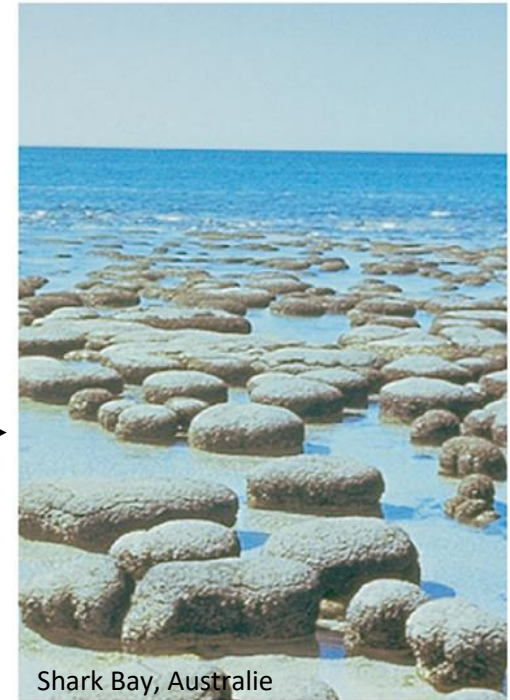
(c)



T.D. Brock

Yellowstone

(d)



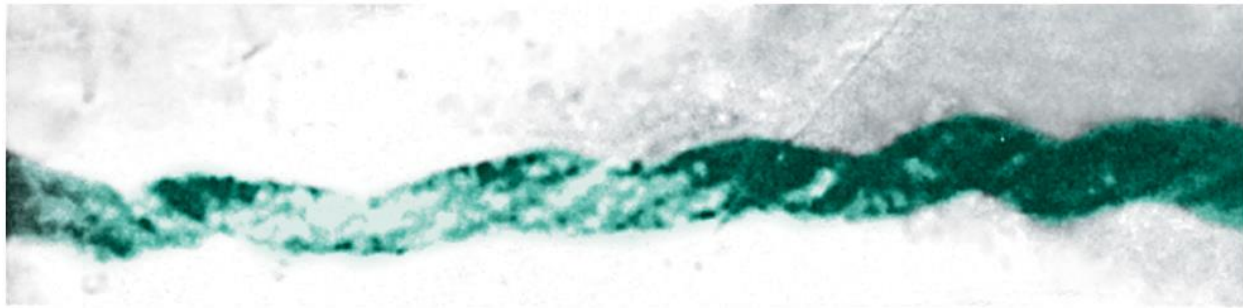
Malcolm Walter

Shark Bay, Australie

(e)

Stromatolieten

Oude stromatolieten bevatten fossielen die lijken op huidige fototrofe bacteriën.



J.W. Schopf

(a)

Great oxidation event

Door cyanobacteriën geproduceerde O_2 reageerde met gereduceerde ijzer verbindingen (Fe^{2+} mineralen) in de oceanen

Vrijgekomen zuurstof oxideerde Fe^{2+} bevattende mineralen tot Fe^{3+} bevattende ijzeroxides.

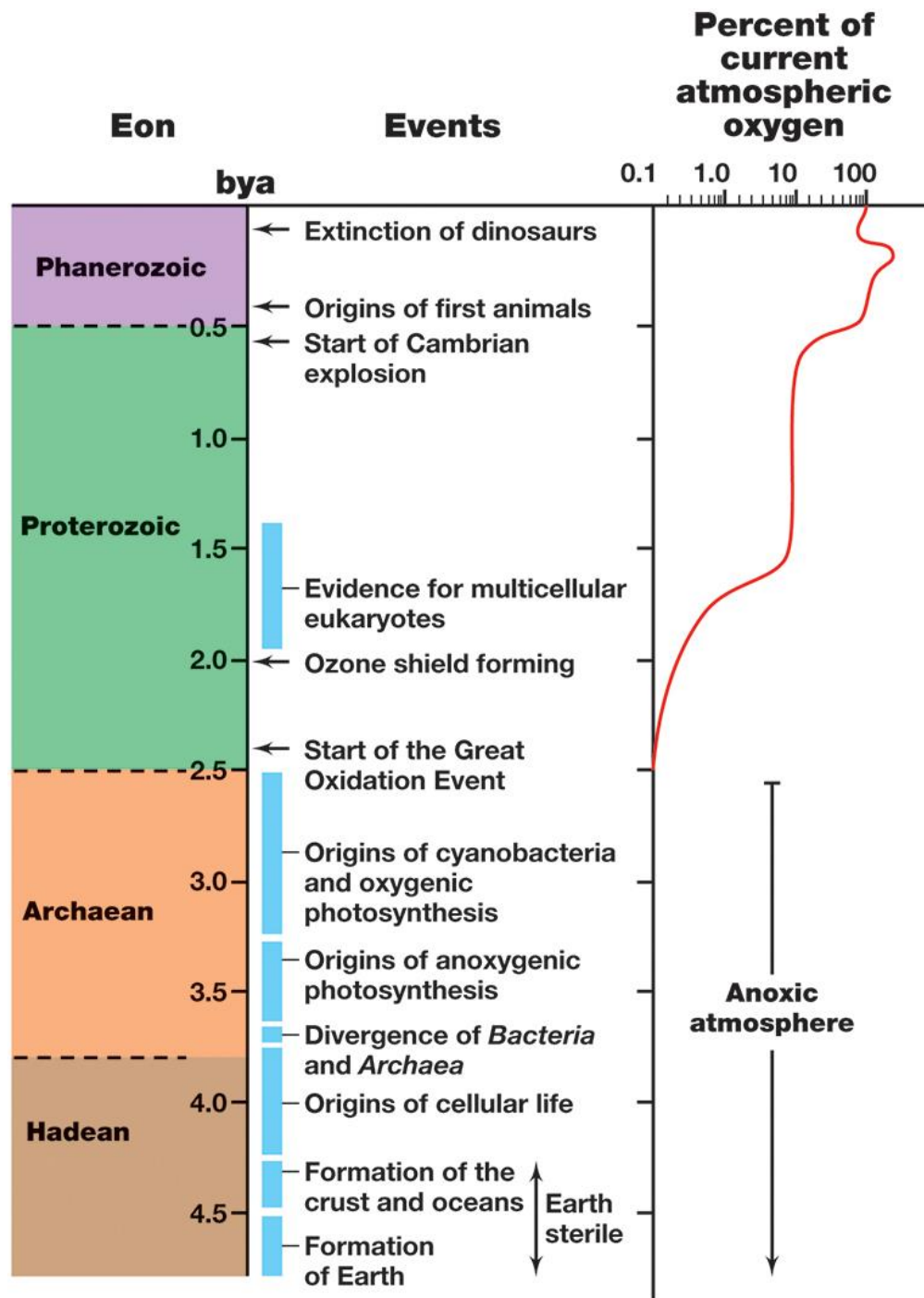
2,4 miljard jaar geleden: *the great oxidation event*

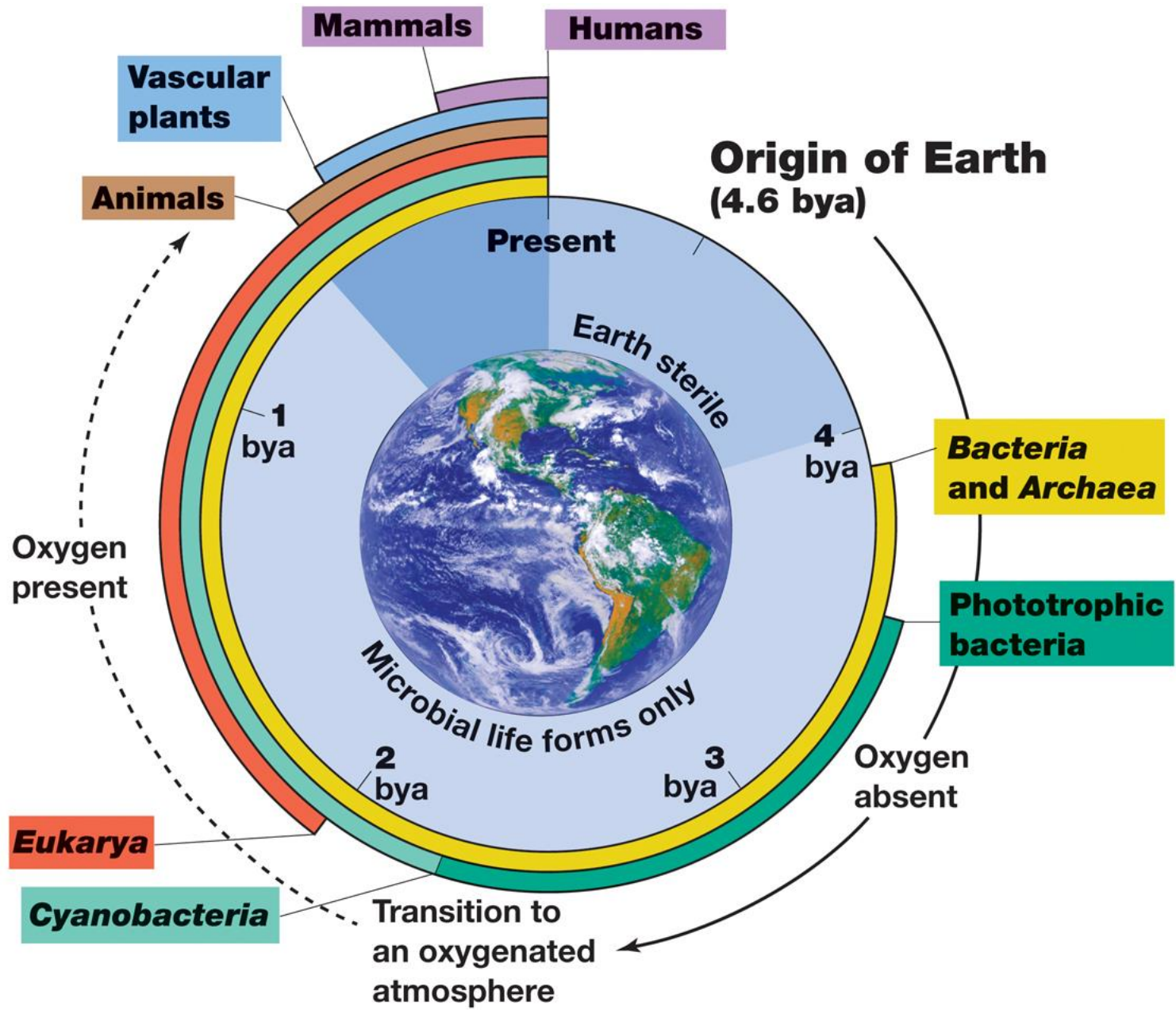
Nieuwe vormen van metabolisme ontstonden.

Huidige O_2 niveau (~21%) 'pas' sinds 600-900 miljoen jaar geleden.

Ozonlaag

- $O_2 \rightarrow O_3$ onder invloed van UV-straling
- Ozonlaag (O_3): beschermt aardoppervlak tegen UV-straling → aardoppervlak werd bewoonbaar





(a)

Fylogenie

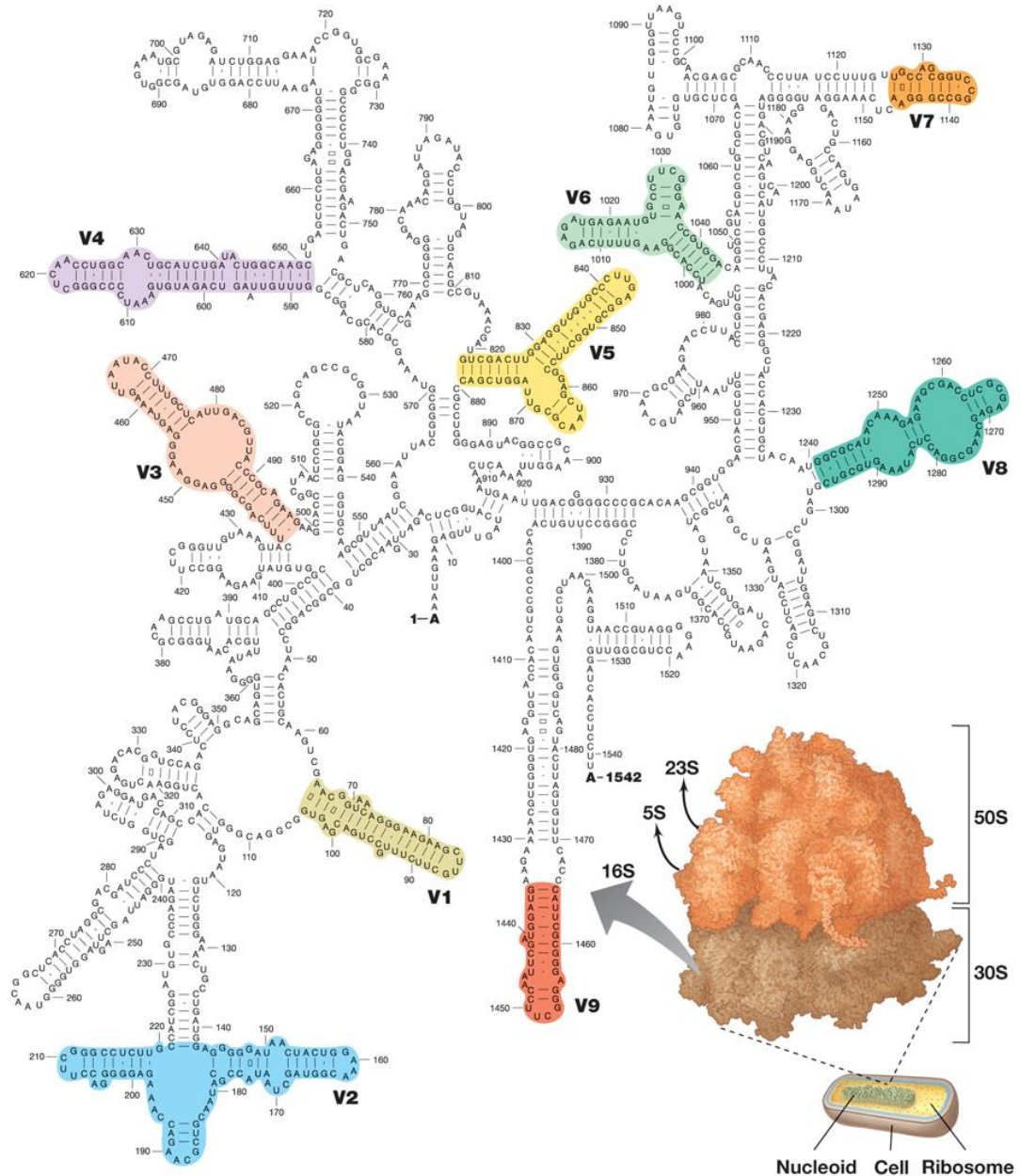
- **Fylogeny**: Evolutionary geschiedenis van organismen
- Universal tree of life gebaseerd op nucleotide similarity in ribosomaal RNA (rRNA)
- Universal Tree of Life laat zien dat de eerste vormen van leven micro-organismen waren en dat micro-organismen.
- Drie **domeinen**: *Bacteria*, *Archaea*, *Eukarya*
- LUCA = last universal common ancestor

Ribosomaal RNA

Ribosomen bestaan uit twee subunits

Elke subunit bestaat uit rRNA en eiwitten

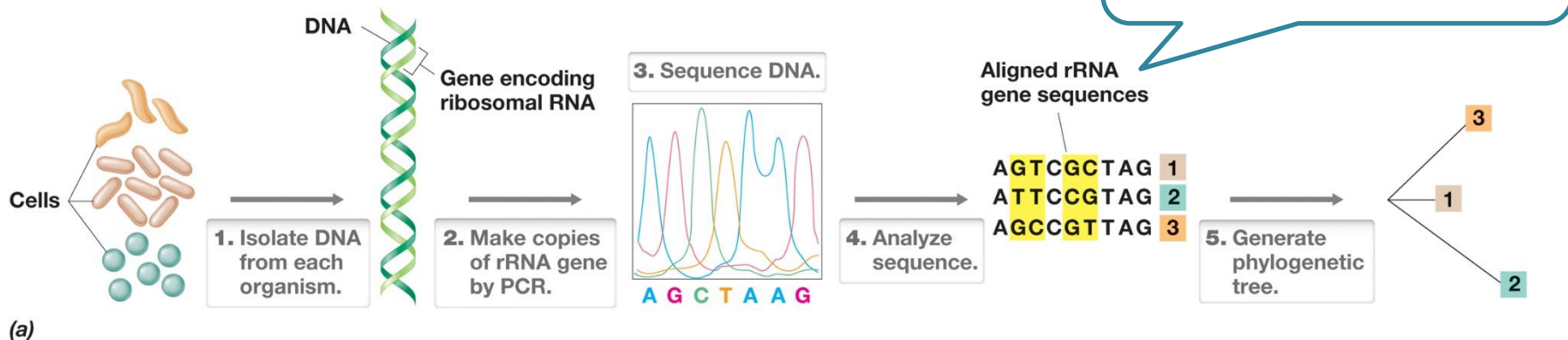
16S rRNA: rRNA van de kleine subunit van de ribosomen van bacteriën en archaea



figuur 13.24

Ribosomaal RNA

- Aanwezig in alle organismen
- Constante functie
- Sterk geconserveerd
- Lengte geschikt om goed beeld te krijgen van evolutionaire relaties



Drie domeinen

- Genomics: ondersteunt het drie-domeinen concept
- 60+ (including rRNA) genen komen in bijna alle cellen voor (dus waarschijnlijk ook aanwezig in LUCA)
- Meeste betrokken bij transcriptie, translatie en DNA replicatie
- Eukaryote and archaeale genen: meer similarity
- *Bacteria* and *Archaea* waarschijnlijk afgesplitst voordat de *Eukarya* ontstonden

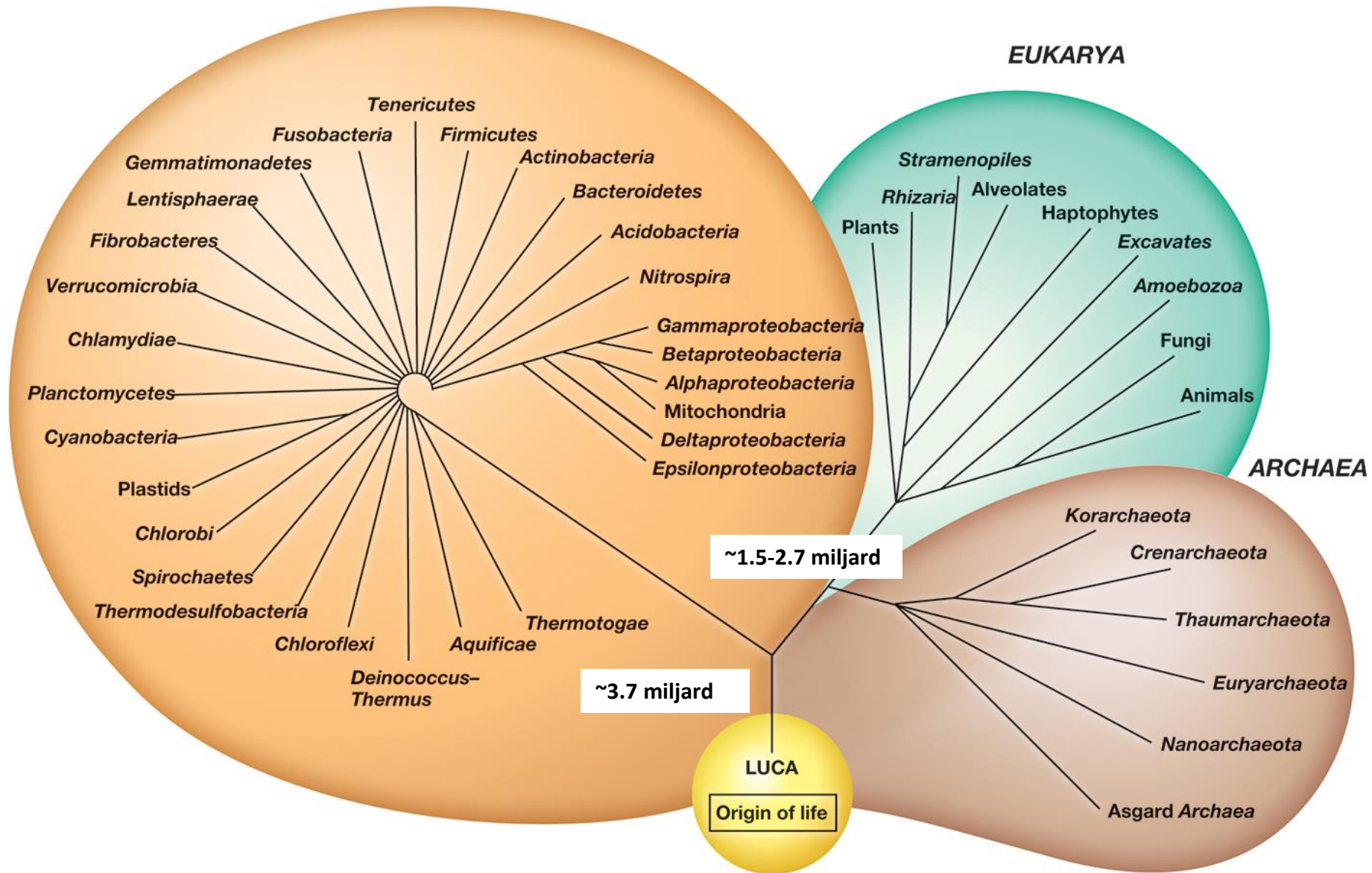
Horizontal gene transfer en de Tree of Life

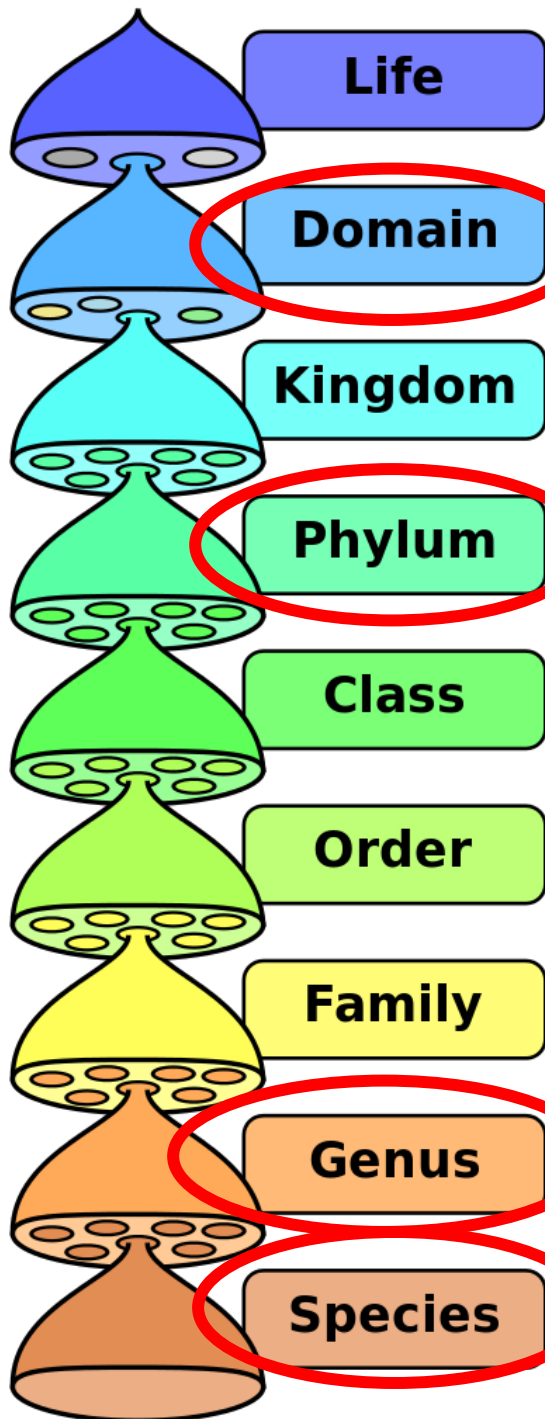
- Hoe zijn de drie domeinen ontstaan?
- Veel genen gedeeld door twee of drie domainen
- Een hypothesis:
 - Horizontal gene transfer kwam veel voor voordat de domainen zich afsplitsten
 - Onstaan barriers: bewaren genomische stabiliteit

BACTERIA

EUKARYA

ARCHAEA





Bacteria

Bacteria

Eubacteria

Eubacteria

Proteobacteria

Firmicutes

Gammaproteobacteria

Bacilli

Enterobacteriales

Bacillales

Enterobacteriaceae

Staphylococcaceae

Escherichia

Staphylococcus

coli

aureus

Bacteria

Waarschijnlijk meer dan 80 phyla

Slechts 32 phyla bevatten soorten die ook gekweekt zijn

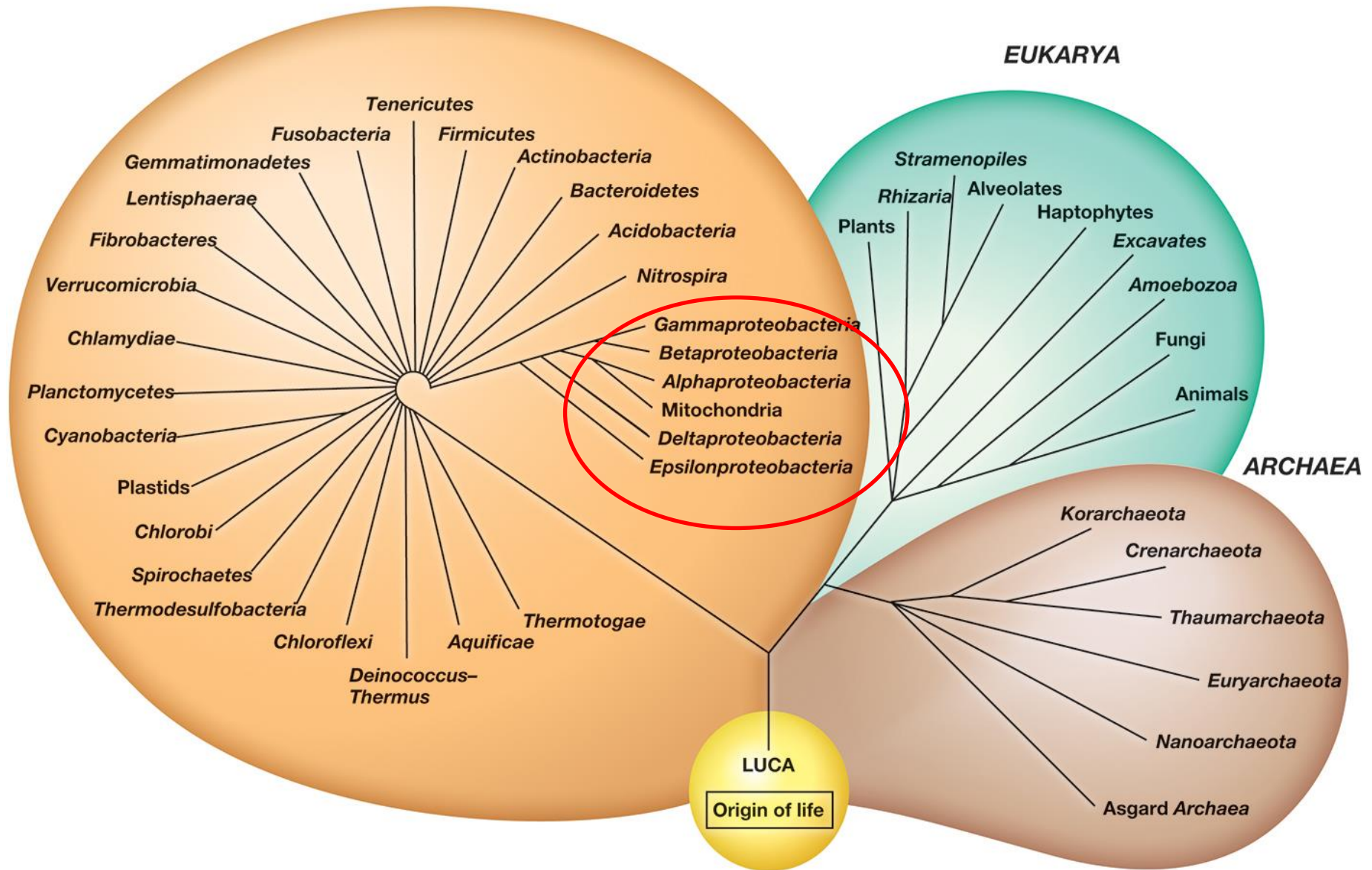
Meer dan 90% van de gekweekte bacteriën behoren tot de phyla:

- *Actinobacteria*
- *Firmicutes*
- *Proteobacteria*
- *Bacteroidetes*

Binnen een phylum vaak grote fysiologische diversiteit

BACTERIA

EUKARYA



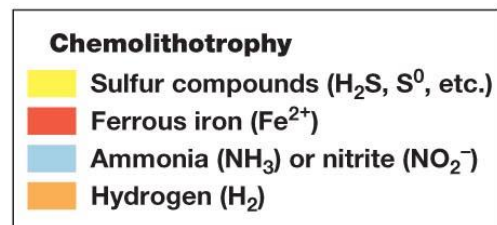
Proteobacteria

Gram-negatief

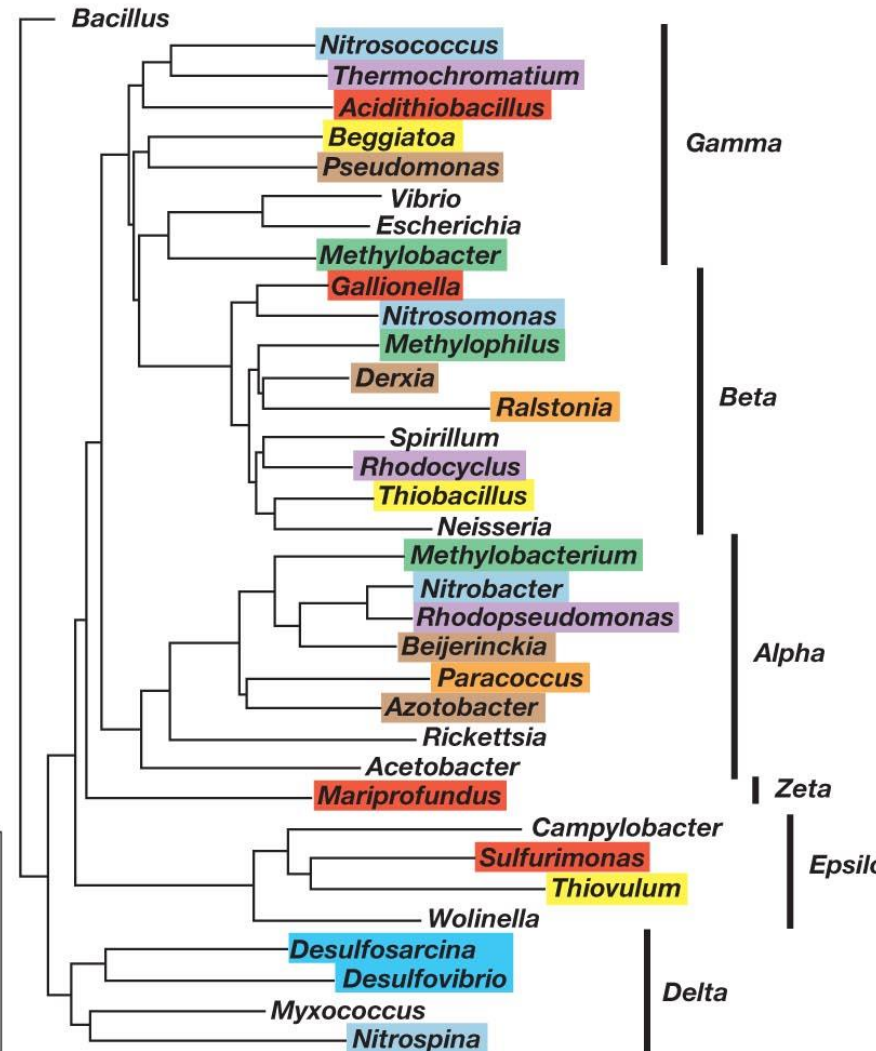
Grote metabole diversiteit

1/3 van gekarakteriseerde bacteriën

medisch, industrieel, landbouw

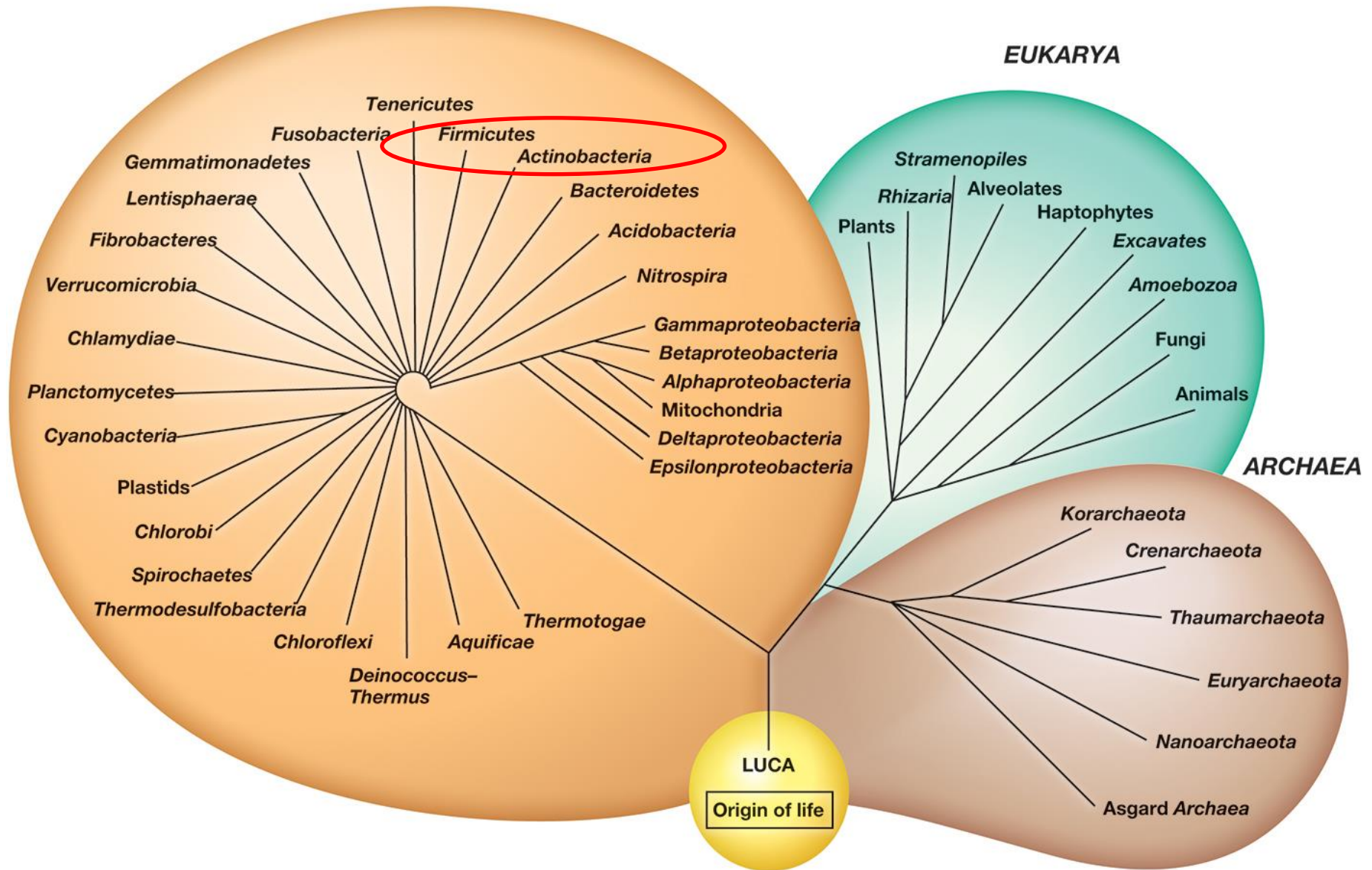


16S rRNA Gene Tree of *Proteobacteria* Proteobacterial Classes



BACTERIA

EUKARYA

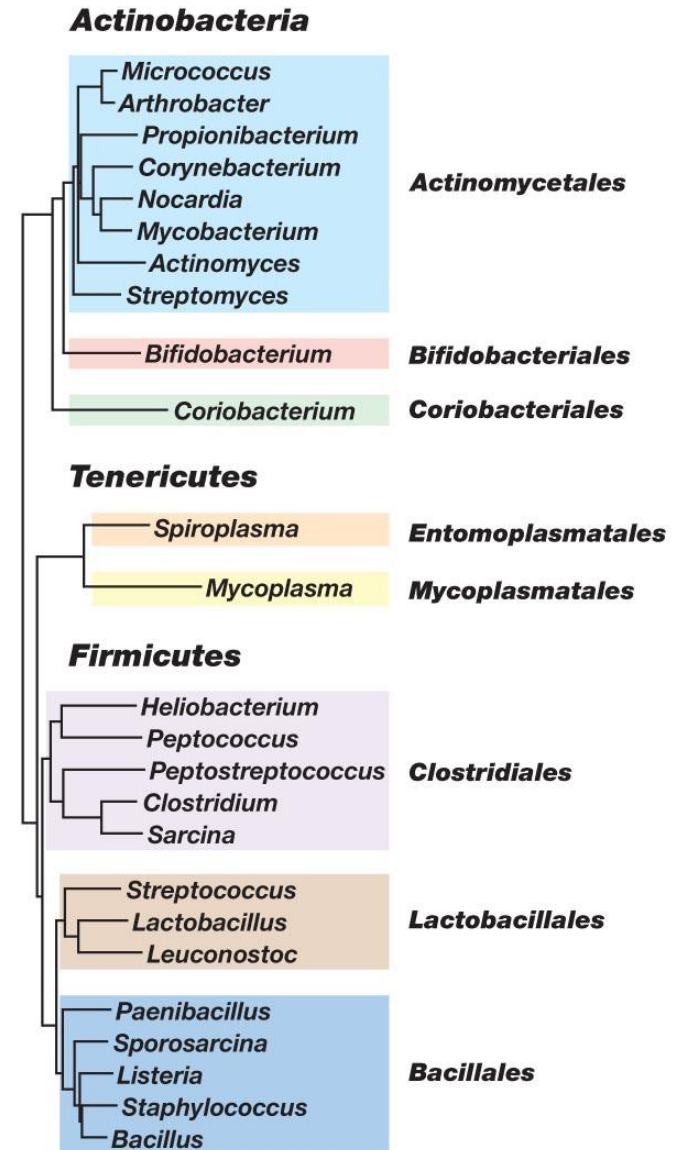


Actinobacteria en Firmicutes

Gram-positief

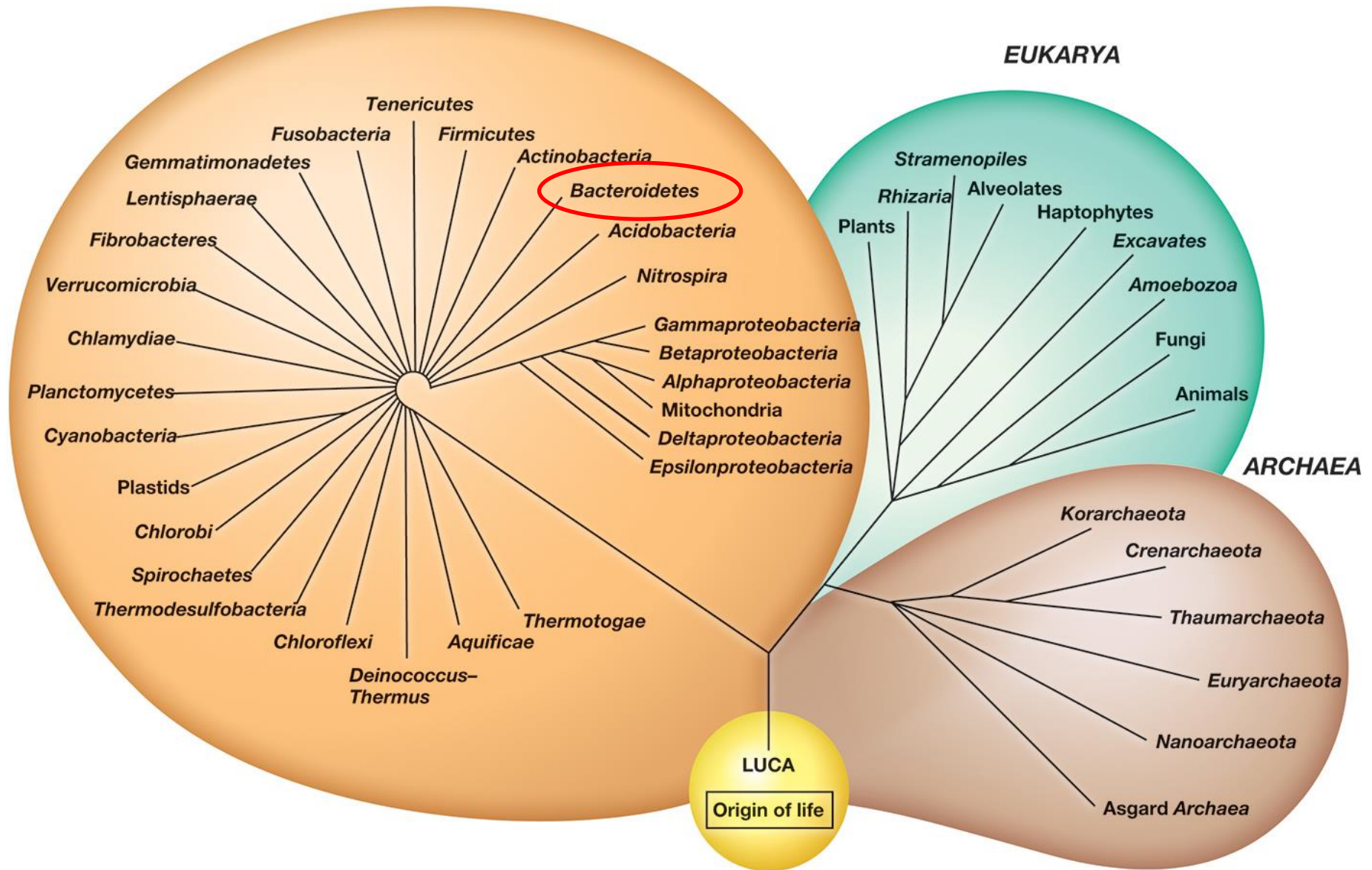
Actinobacteria: high GC

Firmicutes: low GC



BACTERIA

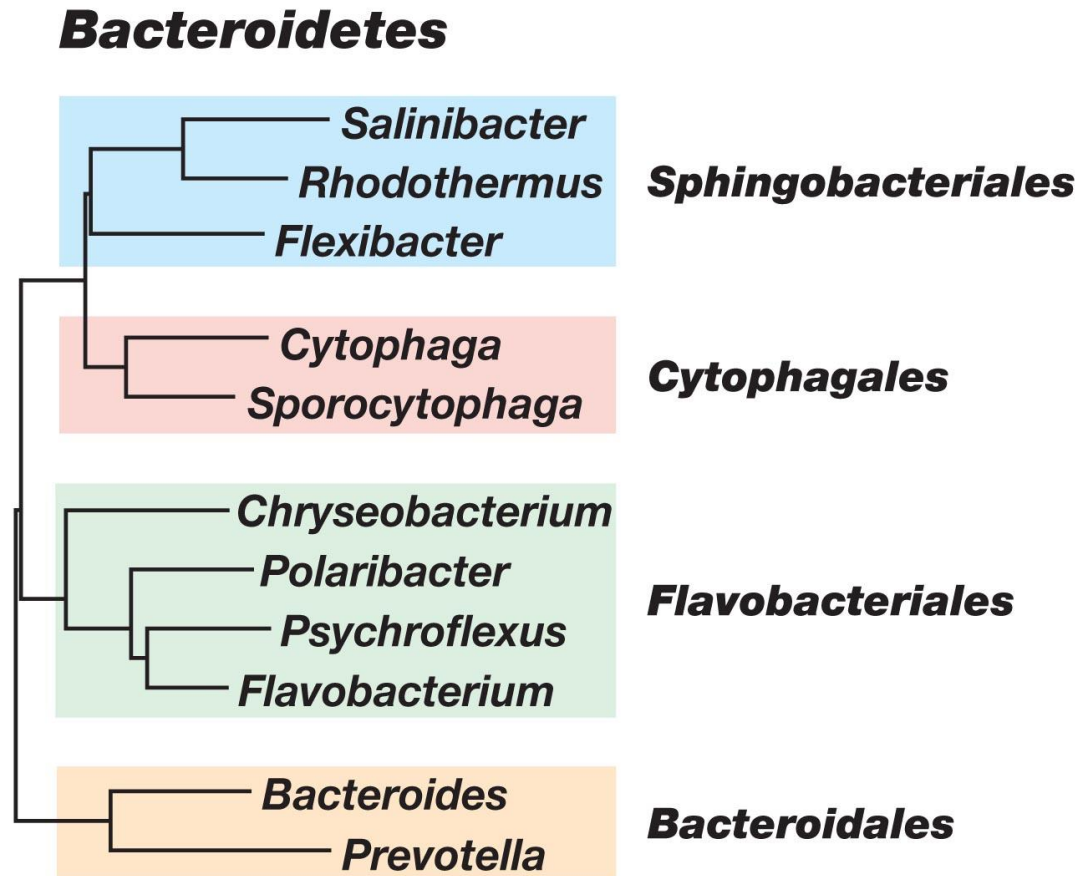
EUKARYA



Bacteroidetes

Gram-negatief

belangrijk onderdeel
microbiële gemeenschap
menselijke darm



Archaea

Waarschijnlijk meer dan 12 phyla

Vijf phyla bevatten soorten die ook gekweekt zijn

Meeste gekweekte archaea behoren tot:

- *Crenarchaeota*
- *Euryarchaeota*

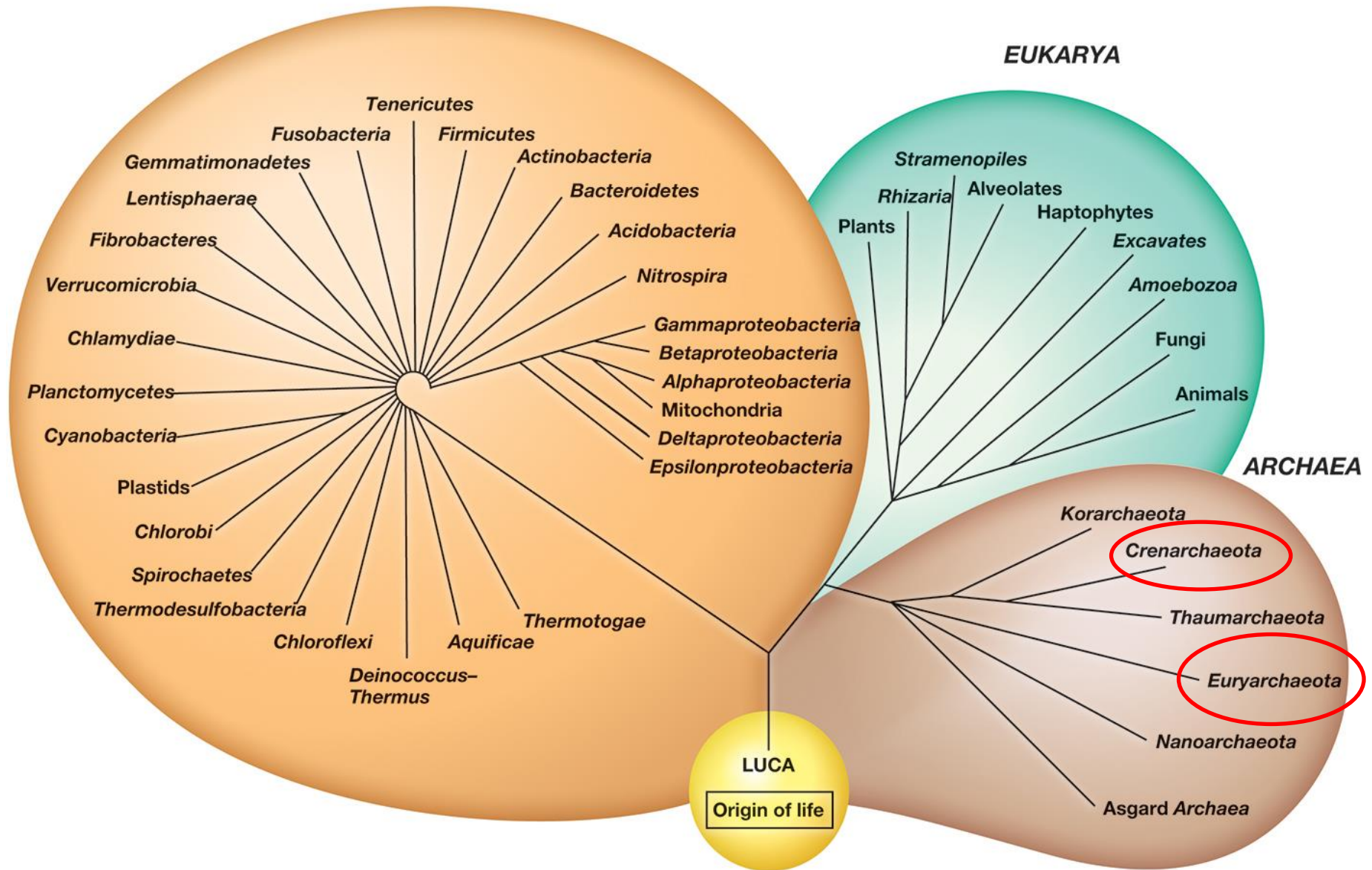
Andere phyla

- *Nanoarchaeota*
- *Korarchaeota*
- *Traumarchaeota*

BACTERIA

EUKARYA

ARCHAEA



Eukarya

Phylogenetische bomen op basis van **18S rRNA**