

The background of the slide features a series of parallel diagonal stripes that run from the top-left towards the bottom-right. The stripes are light gray and are set against a slightly darker gray background, creating a subtle, textured effect.

Archaea (Archeobatteri)

Gli Archaea (o Archeobatteri) sono procarioti **estremofili** che vivono in **sorgenti caldissime** e/o in pozze ad **elevata salinità**



Helen E. Carr, Biological Photo Service

FIGURA 23-15 Bacini per l'evaporazione dell'acqua marina.

Le vasche per l'evaporazione dell'acqua marina nei pressi di San Francisco sono colorate di rosa, arancio e giallo per l'elevato numero di alofili estremi che crescono in esse. I colori dipendono dai pigmenti (carotenoidi) presenti nelle pareti cellulari. I batteri sono innocui e il sale che rimane, in seguito all'evaporazione dell'acqua, ha un valore commerciale.



Morning Glory Hot Spring,
Yellowstone National Park (USA)

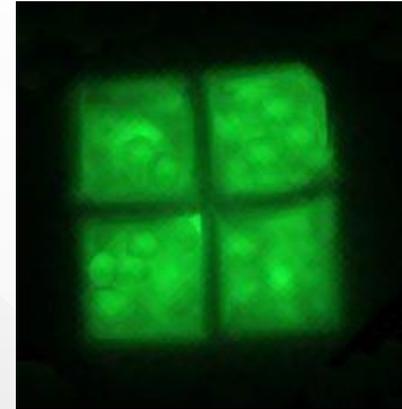


Fonti: Sadava et al., 2014; 2019
Solomon et al., 2014

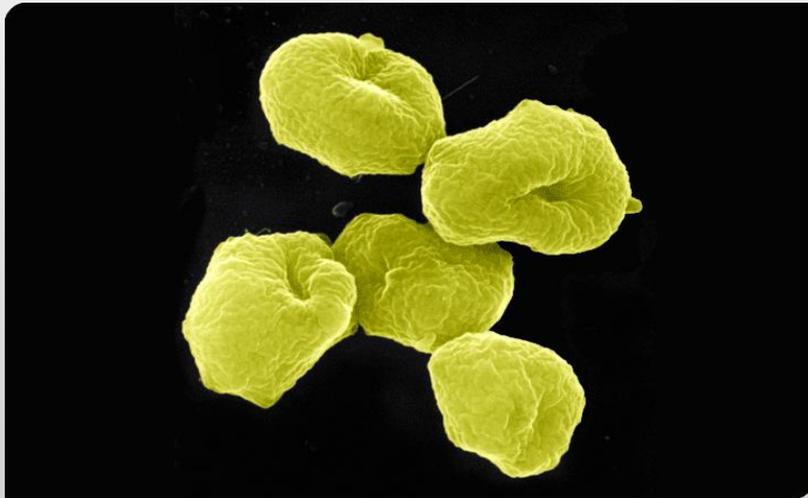
Nonostante l'apparente somiglianza con gli Eubatteri, gli Archaea sono geneticamente e metabolicamente più simili agli Eucarioti

- A differenza degli Eubatteri, quasi tutti gli Archaea sono **privi di peptidoglicani nella loro parete cellulare** (come gli Eucarioti) e **condividono con gli Eucarioti i meccanismi di replicazione-riparo del DNA**

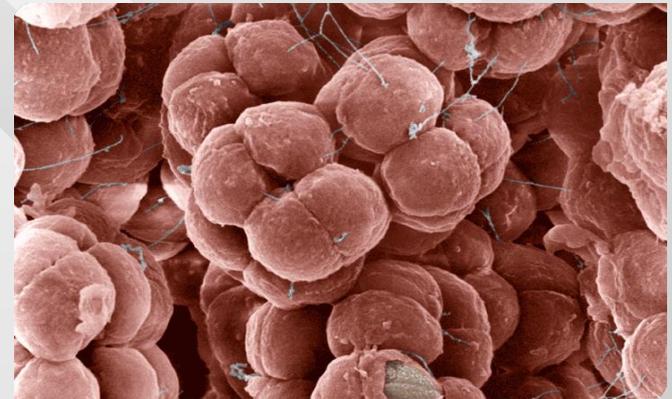
- **Nessuna specie di Archaea produce endospore**



Haloquadratum walsby (Halobacteriaceae), strano archeobatterio ipersalino con cellule a forma quadrata ed appiattita



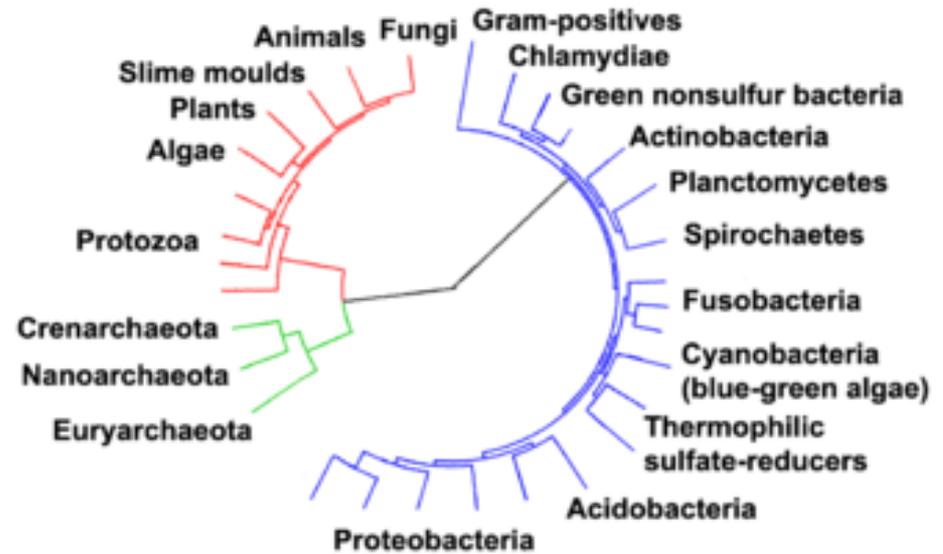
Sulfolobus sp., un Archaea che vive in sorgenti sulfuree calde



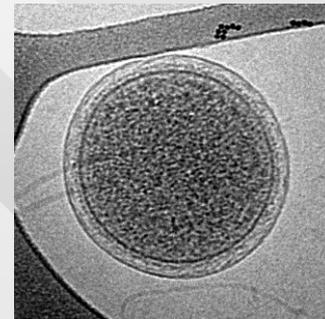
Halococcus salifodinae, un Archaea iperalofilo

Suddivisione degli Archaea

- Crenarchaeota
- Euryarchaeota
- Nanoarchaeota
- Korarchaeota
- Thaumarchaeota



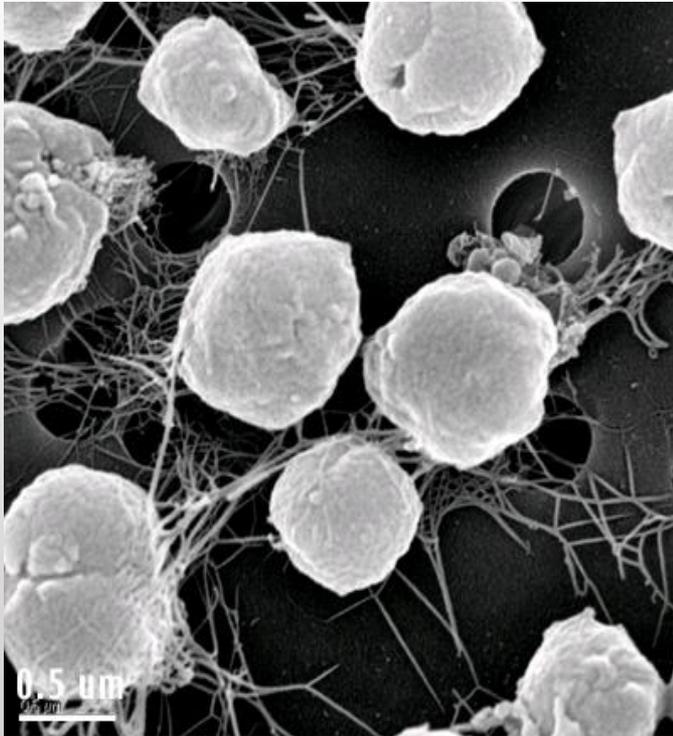
(Ciccarelli et al., Science 2006)



Gli **ARMAN** (**A**rchaeal **R**ichmond **M**ine **A**cidophilic **N**anoorganisms) sono Euryarchaeota scoperti nel 2006 nei residui iperacidi di una miniera della California

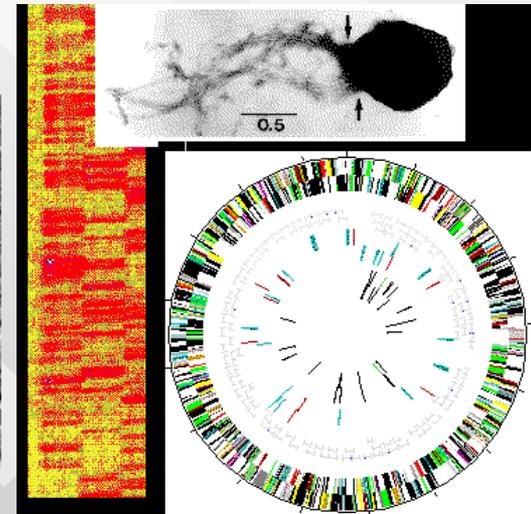
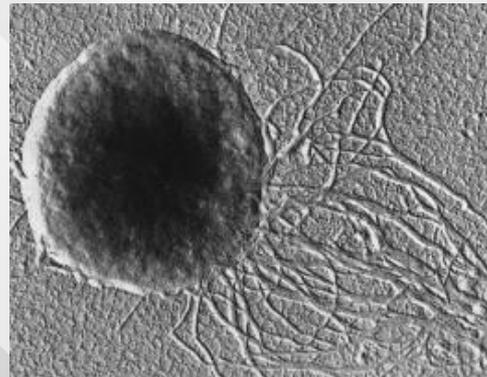
Methanocaldococcus jannaschii
(syn. *Methanococcus jannaschii*, Euryarchaeota)

Primo organismo vivente il cui genoma è stato completamente sequenziato (1996)
dal TIGR - The Institute for Genomic Research, allora diretto da J. Craig Venter



Bult et al. 1996. Complete Genome Sequence of the Methanogenic Archaeon, *Methanococcus jannaschii*.
Science 273: 1058-1072.

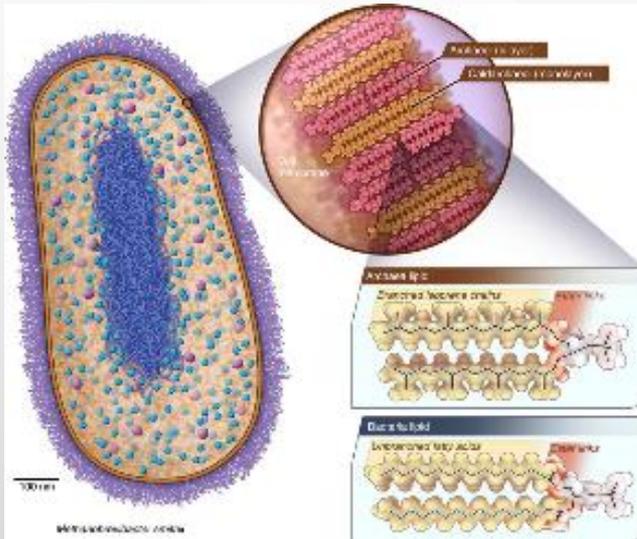
Isolato per la prima volta nel 1983 da una
“white smoker” della dorsale del Pacifico, a
2600 m di profondità (Jones et al., 1983)



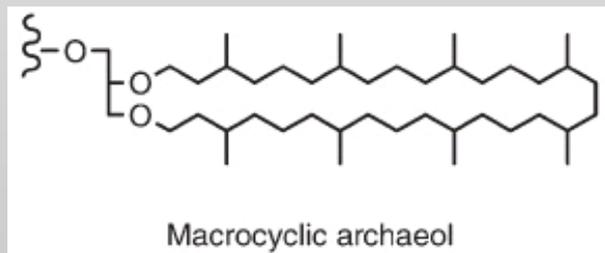
Genoma circolare di 1665 kb, con due elementi
extracromosomici (ECE) di 58 e 16.5 kb

Un estremofilo super-termofilo e metanogenico

M. jannaschii cresce ad una **pressione di 200 atm** e ad una temperatura tra 48 e 94 °C (**temperatura ideale 84 °C**)

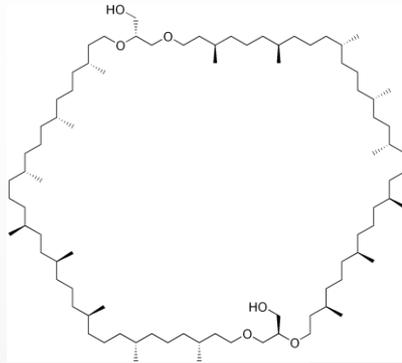


- Tutti gli Archaea hanno nelle loro membrane **particolari lipidi estremamente resistenti al calore**
- *M. jannaschii* ne ha alcuni esclusivi, come l'**archeolo macrociclico**, omologo Archaea del diacilglicerolo (Mathai et al., J. Biol. Chem., 2001)
- *M. jannaschii* produce **enzimi e coenzimi di grande interesse biotecnologico** e biomedico (Graham et al., J. Biol. Chem., 2002)
- Il suo proteoma contiene **inteine**, proteine in grado di effettuare **autosplicing** (Zhu et al., J. Prot. Res., 2004)

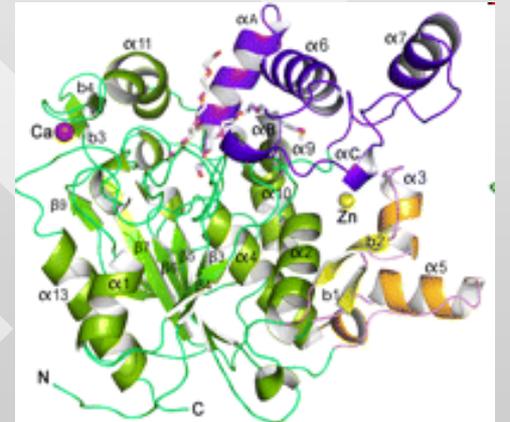
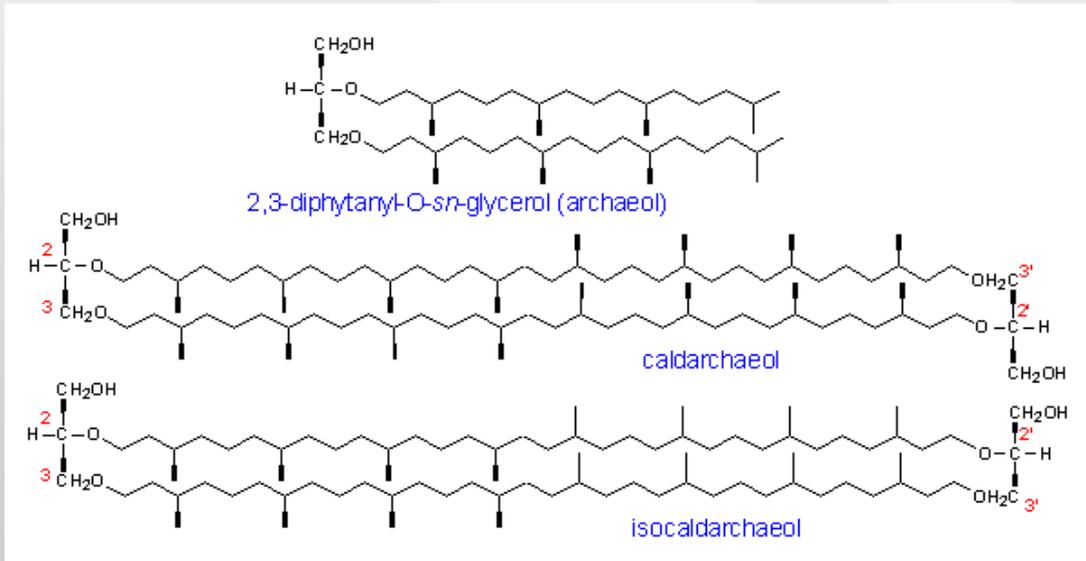
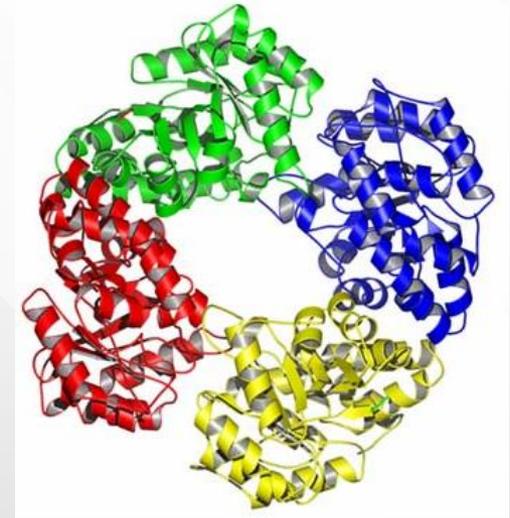


L'analisi del genoma di *M. jannaschii* ha confermato che **Archaea ed Eucarioti hanno antenati comuni**, distinti dalla linea evolutiva degli Eubacteria

Lipidi termoresistenti ed **estremozimi** (enzimi che funzionano in condizioni estreme) degli Archaea

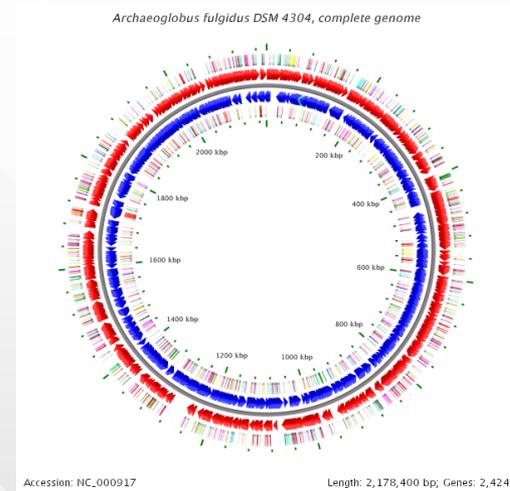


Di-bifitanil-diglicerolo tetraetere (**caldarcheolo**)



Aldolasi e lipasi termofile

Archaeoglobus fulgidus, un altro Euryarchaeota ipertermofilo

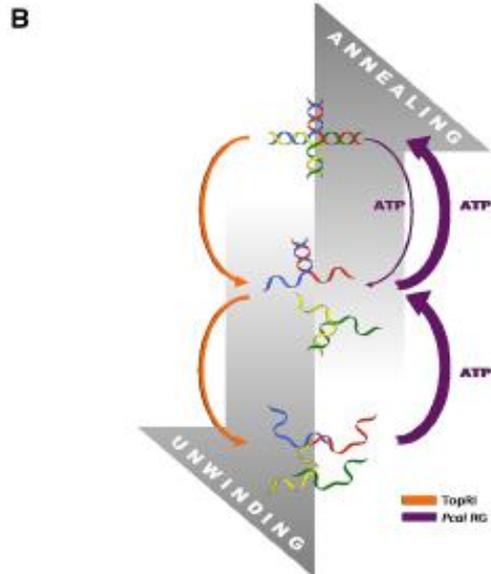
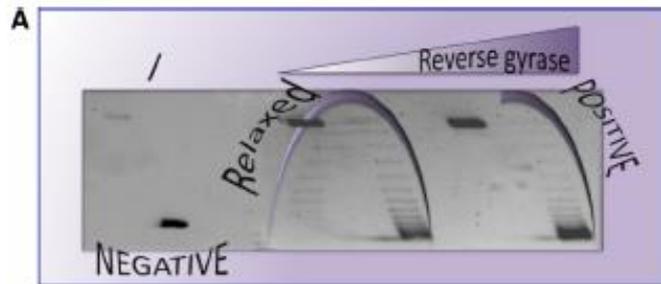


- **Archeosolfobatterio anaerobio**, con crescita ottimale a 85°C, in grado di **ridurre il solfato a solfuro ad alte temperature**
- **Primo solfobatterio interamente sequenziato (1997)**
(Klenk HP, et al. "The complete genome sequence of the hyperthermophilic, sulphate-reducing archaeon *Archaeoglobus fulgidus*." Nature 390, 364, 1997)

Il suo genoma circolare di 2.18 Mb è molto simile a quello di *M. jannaschii*

La DNA girasi inversa di *A. fulgidus* esegue **superavvolgimenti positivi** che proteggono il DNA dal calore

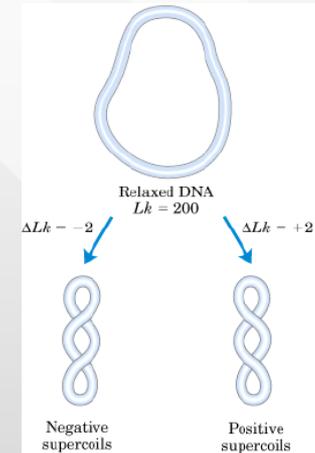
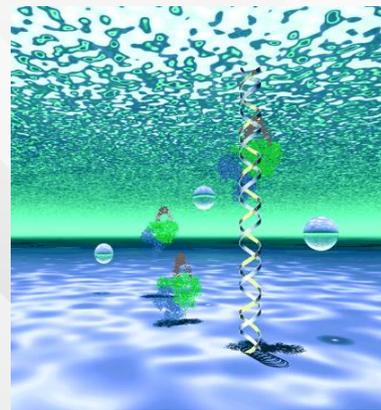
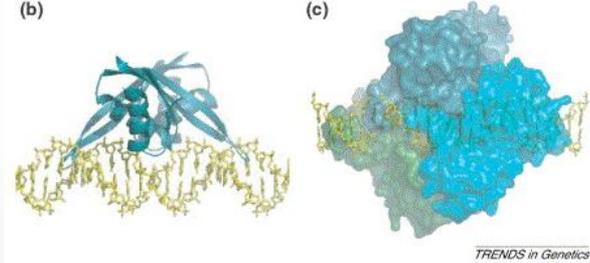
Extremophiles (2014) 18:895–904



(a)

| | | | | |
|------------------------|---|---------------------------------|---------------------|-------------|
| <i>A. fulgidus</i> | 1 | -----MARRGVVQHKPVMNYVLAH | RFNNSDAEVEIKARGSAI | RAVDVAIV |
| <i>S. solfataricus</i> | 1 | MEKMSGGPTGQVWVIGKPKVMNYVLAH | ALLNQQVSEVYIKARGSAI | RAVDVVEIV |
| <i>A. pyrom</i> | 1 | -----MACEGAFVQHKPVMNYVLAH | ELSTGQVWVYIKARGSAI | RAVDVVEIV |
| <i>T. brucei</i> | 1 | ---MTGKQDDHRRVAVVQFQKPLVYVIGKPL | HDHRRVAVVYIKARGSAI | RAVDVQVSEIV |

| | | | | |
|------------------------|----|----------------------------|------------------------------|-------|
| <i>A. fulgidus</i> | 51 | RRRPLPQVDVVKDIKISREIDGSE | ...DQGANVVAEERLANK | ----- |
| <i>S. solfataricus</i> | 60 | RRRPLPKIEMHIVGGVVTGQ | ...DQDQSRVSESSIAEAK | ----- |
| <i>A. pyrom</i> | 55 | RRRPAKNIEKDIKIDQSEIVQTFE | QRRRRVSESSICDQAGESA | ----- |
| <i>T. brucei</i> | 59 | KDQ...QMVVYVDFITFRVSESPDQF | ...DPRRERVVAADGFDAKYTEQQKARE | ----- |



La DNA girasi inversa, un estremozima di *A. fulgidus* e di altri Archaea ipertermofili, **protegge il DNA dalla denaturazione causata dalle temperature elevate** inducendo **superavvolgimenti positivi** nella molecola

(Vettone et al., Extremophiles 18, 895, 2014)

Pyrococcus furiosus

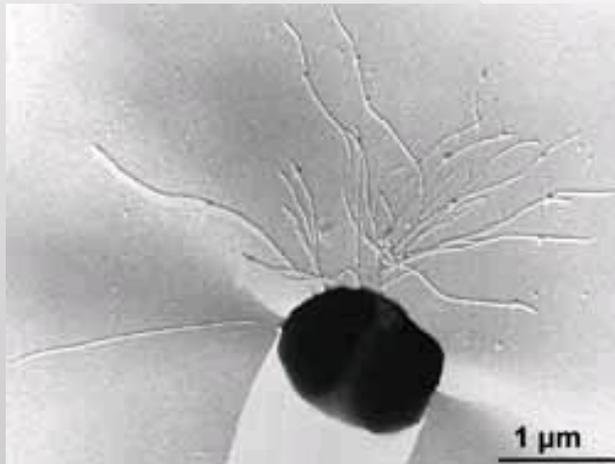
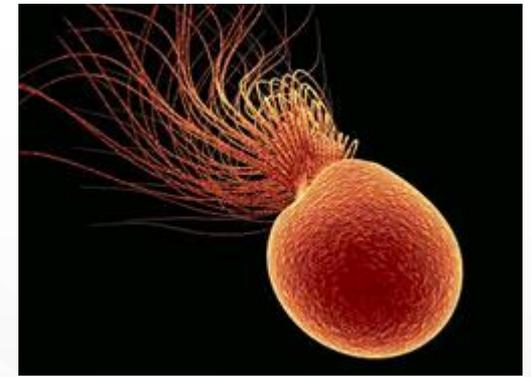
Ipertermofilo estremo che **vive a 103 °C, a pH 5-9**

Isolato da una **solfatara marina dell'isola di Vulcano** (Italia) e completamente sequenziato nel 2002 dal Biotechnology Institute, Università del Maryland

Il suo genoma (1.91 Mb) codifica per 2228 geni e 2065 proteine

Contiene enzimi che usano come cofattore il tungsteno

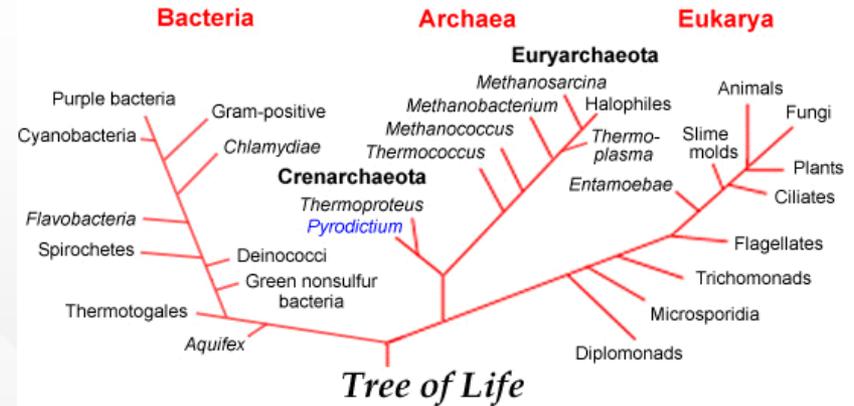
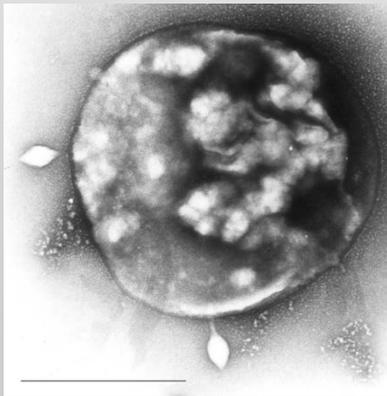
La sua DNA polimerasi (**Pfu**) è usata comunemente per la reazione a catena della polimerasi (**PCR**)



- Oltre alla PCR, gli enzimi di *P. furiosus* sono **usati industrialmente per produrre dioli** ad alte temperature
- Altre applicazioni di questo Archaea coinvolgono il trasferimento di geni di *P. furiosus* nel modello vegetale *Arabidopsis thaliana*, per ottenere **piante ad elevata resistenza allo stress ossidativo e al calore**

I Crenarchaeota, estremofili solfodipendenti

I Crenarchaeota sono **Archaea solfodipendenti, termofili ed acidofili**, diffusi in ambienti marini e sorgenti calde



Il più conosciuto tra i Crenarchaeota è ***Sulfobolus solfataricus***, isolato per la prima volta in una sorgente calda solfurea della **Solfatarata di Pozzuoli** (Napoli), a 80 °C e a pH 2-4

Al contrario di molti altri termofili, ***S. solfataricus* è aerobio e chemiorganotrofo**, quindi **facilmente coltivabile in laboratorio**: per questo è stato scelto come modello per lo studio degli ipertermofili

Il suo genoma è stato interamente sequenziato nel 2001 e le sue **proteine sono di notevole interesse biotecnologico**

***S. solfataricus* è stato inoltre usato sulla Space Shuttle per esperimenti di cristallografia delle proteine nello spazio**

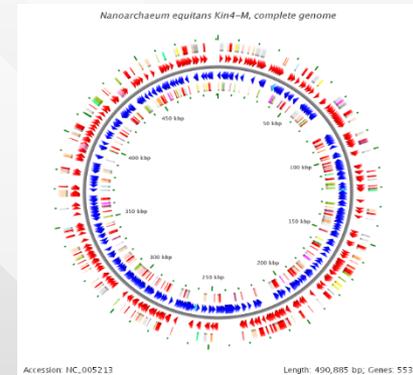
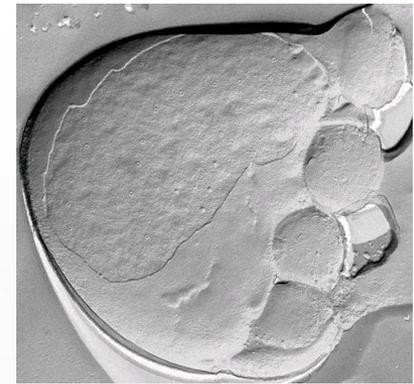
Nanoarchaeum equitans (Archaea Nanoarchaeota)

il più piccolo genoma non virale finora noto

Minuscolo (diametro 400 nm) **simbionte obbligato** di un altro Archaea, *Ignicoccus hospitalis* (Crenarchaeota), **ipertermofilo e anaerobio**

Scoperto nel 2002 in una “hydrothermal vent” in Islanda e in seguito anche nelle sorgenti termali di Yellowstone (Huber et al. Nature 2002)

Il suo **minuscolo genoma circolare (490 Kb)** e il suo proteoma (614 geni codificanti per 574 proteine) sono stati interamente sequenziati poco dopo la sua scoperta (Waters E. et al. PNAS 100, 12984-12988, 2003)



N. equitans è un esempio unico di **doppio adattamento biologico** alla vita ipertermofila ed alla **simbiosi obbligata**: è infatti incapace di sintetizzare lipidi, quasi tutti gli amminoacidi e gli enzimi di vie metaboliche essenziali

Fonte: Waters et al., 2003

