

SESSION 2024

---

**AGRÉGATION EXTERNE**  
Concours spécial docteur

Section

**SCIENCES DE LA VIE, SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**Étude de dossier scientifique**

*Le candidat est conduit à analyser et à présenter un dossier scientifique, fourni par le jury, tant dans sa dimension scientifique (intérêts, résultats obtenus) que dans ses dimensions éducatives, professionnelles ou citoyennes.*

*Le dossier peut contenir des données scientifiques (et/ ou technologiques) en langue anglaise.*

Durée : 4 heures

---

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout autre dictionnaire et de tout matériel électronique (y compris la calculatrice) est rigoureusement interdit.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.**

Tournez la page S.V.P.

A

**INFORMATION AUX CANDIDATS**

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie. Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

**AGRÉGATION SPÉCIAL DOCTEUR**  
**Sciences de la vie, de la terre et de l'univers**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAD	1600D	102	8085

## Les organismes procaryotes

*Vous présenterez les caractéristiques structurales et fonctionnelles essentielles des organismes procaryotes ainsi que leur diversité. Vous montrerez l'importance des organismes procaryotes dans le fonctionnement des organismes avec lesquels ils sont en interaction mais aussi leur importance dans les écosystèmes, les cycles biogéochimiques et les processus géologiques. Vous discuterez aussi la notion d'espèce pour ces organismes procaryotes et leur phylogénie.*

En vous basant sur vos connaissances et sur les documents fournis, vous construirez une dissertation répondant au sujet et intégrant les exigences suivantes :

- une version adaptée à des élèves de lycée de l'**une** des figures du dossier à votre choix. Vous préciserez de manière concise le contexte dans lequel cette figure serait exploitée. Le cas échéant, il est attendu une adaptation en français ;

- un glossaire de 8 à 10 mots-clés ;

- l'exploitation de tous les documents. Il est indispensable d'indiquer clairement le numéro du document auquel vous faites référence.



<b>Document 1</b>
-------------------

*D'après Ridaura et al. Science (2013) 341(6150): 1241214*

## 1.1 – Transfert de flore intestinale humaine

### 1.1.1. Caractéristiques des paires de jumeaux humains utilisées pour les expériences de transfert de flore intestinale

Tous les jumeaux sont de même sexe.

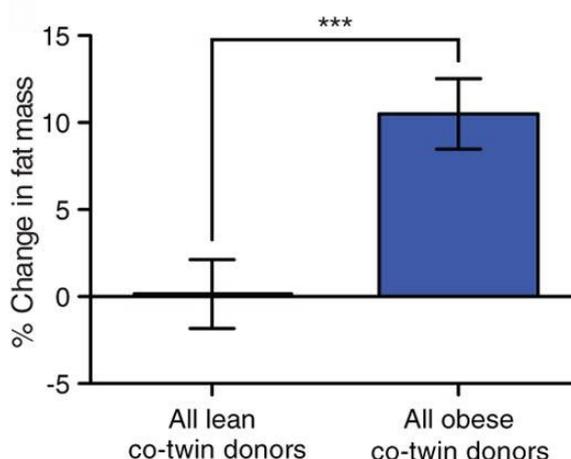
Twin Pair	1 (DZ)		2 (DZ)		3 (DZ)		4 (MZ)	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23	32	25.5	31	19.5	30.7	24	33

DZ : Dizygote – MZ : Monozygote – BMI = IMC = indice de masse corporelle

1.1.2. Des échantillons fécaux ont été collectés sur chaque jumeau. Chaque échantillon fécal a été introduit, via un seul gavage oral, dans un groupe de souris mâles adultes axéniques, âgées de 8 à 9 semaines (un animal axénique est un animal prélevé stérilement à sa naissance (césarienne), élevé à l'abri de toute contamination microbienne et dont le tube digestif ne contient aucun microorganisme).

Les souris receveuses ont été mises en cage individuellement et nourries à volonté avec une nourriture commerciale pour souris, stérilisée, pauvre en gras (4% en poids) et riche en polysaccharides végétaux. Les changements de masse grasseuse sont mesurés 15 jours après colonisation (gavage).

**Document 1.1.2** Mean values ( $\pm$  SEM) are plotted for the percent change in fat mass at 15 dpc (days post colonization) for all recipient mice of each of the four obese co-twins' or lean co-twins' fecal microbiota. Data are normalized to initial fat mass. \*\*\*,  $p \leq 0.001$ , as judged by a one-tailed unpaired Student's t-test.



(lean = maigre)

## 1.2 – Transfert de flore intestinale lors d'expériences de cohabitation

Des cultures de flore intestinale provenant de chaque co-jumeau de la paire DZ1 (noté Ln (Lean) ou Ob (Obese)) sont transférées à des souris axéniques élevées dans des cages individuelles. L'efficacité du transfert a été vérifiée : au bout de trois jours, la flore intestinale des souris receveuses est stabilisée.

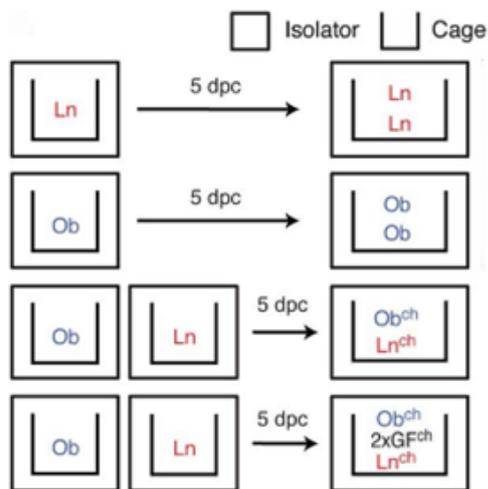
5 jours après la colonisation, les souris ont été placées en cohabitation (ch) selon les configurations schématisées dans le document 1.2.1 (GF : souris « germ free » = souris axénique). Les souris sont des animaux coprophages : le potentiel de transfert du microbiote intestinal par voie fécale – orale est donc élevé.

Toutes les souris ont été nourries avec le régime précisé dans le document 1.1.2. Les changements de masse grasseuse sont mesurés 10 jours après la colonisation (document 1.2.2).

Les communautés bactériennes des flores intestinales des souris issues de l'expérience de cohabitation « Ob<sup>ch</sup> – 2xGF<sup>ch</sup> – Ln<sup>ch</sup> » ont été analysées au cours du temps (document 1.2.3). La méthode utilisée permet d'assigner l'origine de la population analysée à l'une ou l'autre des populations bactériennes initiales.

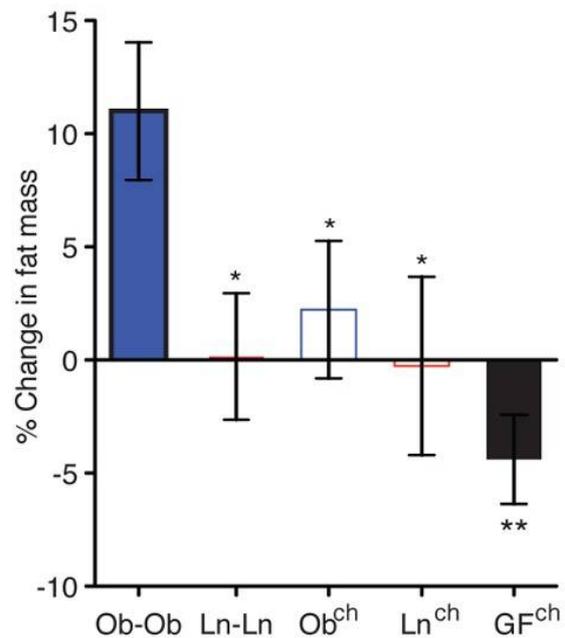
### Document 1.2.1

Schéma du protocole expérimental



### Document 1.2.2

Effects of co-housing on fat mass.



\*,  $p \leq 0.05$ , \*\*,  $p \leq 0.01$  compared to Ob-Ob controls, as defined by one-tailed unpaired Student's t-test.



## Document 2

*D'après Schjorring et al. Journal of antimicrobial chemotherapy (2008) 62: 1086-1093*

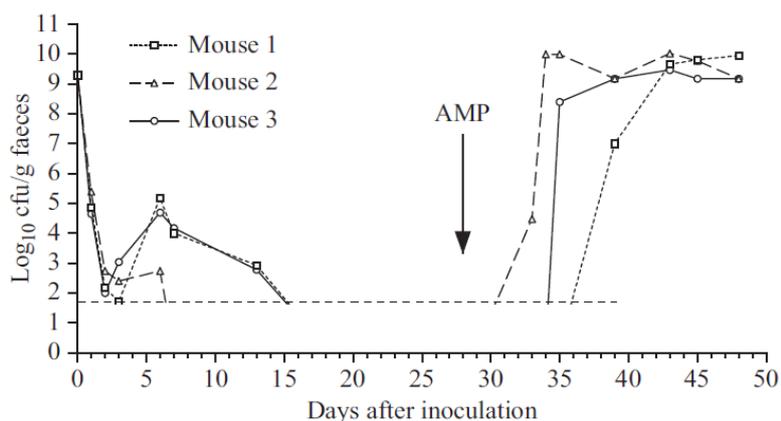
**2.1** – *Klebsiella pneumoniae* est une bactérie commune présentant de nombreuses résistances aux antibiotiques, portées au niveau de plasmides, et responsable d'infections nosocomiales.

Trois souris sont inoculées avec  $2 \times 10^9$  cfu (colony forming unit) de *Klebsiella pneumoniae*. Au 28<sup>ème</sup> jour, pour mimer le traitement d'une infection, un antibiotique (ampicilline) est ajouté à l'eau de boisson fournie quotidiennement aux souris (0,5g/L).

La présence de *Klebsiella pneumoniae* dans les fèces est analysée par mise en culture en boîtes de Pétri.

### Document 2.1

cfu counts of *K. pneumoniae* from faecal samples of mice. Arrow indicates the shift in drinking water from 0 to 0.5 g/L ampicillin (AMP). The detection limit is illustrated by the dashed line. cfu of the inoculation suspension is shown at day 0 ( $2 \times 10^9$  cfu/mouse).

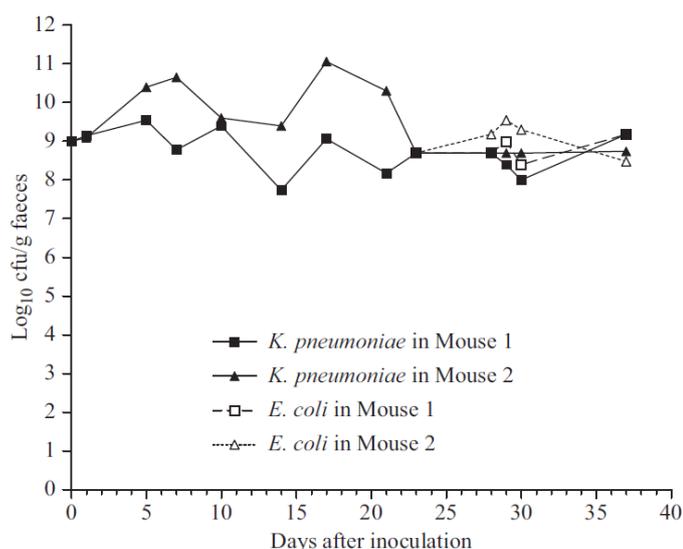


**2.2** – Deux souris sont traitées avec 0,5 g/L d'ampicilline ajouté à l'eau de boisson, avant l'inoculation de *Klebsiella pneumoniae* ( $1 \times 10^9$  cfu), puis pendant toute la durée de l'expérience. Avant le début du traitement à l'ampicilline, l'absence de bactéries résistantes à l'antibiotique dans la flore intestinale est vérifiée.

La présence de bactéries résistantes à l'ampicilline dans les fèces est déterminée par culture sur boîtes de sélection jusqu'à 40 jours après l'inoculation (document 2.2). Deux espèces sont détectées et identifiées comme *Klebsiella pneumoniae* et *Escherichia coli* (espèce constitutive de la flore intestinale).

### Document 2.2

cfu counts of *K. pneumoniae* from faecal samples of mice treated with 0.5 g/L ampicillin. Filled squares and filled triangles: levels of *K. pneumoniae*. Open squares and open triangles: levels of *E. coli*. cfu of the inoculation suspension is shown at day 0 ( $1 \times 10^9$  cfu/mouse).



## Document 3

D'après G. Aouad et al. (2005) C.R. Geoscience 337: 1340–1347

La difficulté d'obtenir des données quantitatives sur l'altération de minéraux dans le milieu naturel en présence de microorganismes est principalement due à l'impossibilité de comparer des systèmes identiques, mais stériles. Un milieu de culture, noté PS, a donc été élaboré à partir d'acide succinique et de phosphates pour étudier la croissance de *Pseudomonas aeruginosa* à 25°C en présence de silicates.

### 3.1 – Analyse chimique des matériaux ajoutés au milieu de culture

Les matériaux dont la composition est donnée dans le tableau 3.1 ont été utilisés sous forme de grains obtenus par broyage, tamisage entre 100 et 125 µm de diamètre, lavage à l'alcool, puis stérilisation par chauffage à 180°C pendant 2h.

**Tableau 3.1** : Analyse chimique du verre basaltique et du mâchefer d'incinération d'ordure ménagère

Chemical analysis of the basaltic glass (basalte) and the bottom ash (mâchefer)

% masse	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Basalte	50,10	14,60	12,00	7,42	2,39	0,11	11,50	0,18	1,31	0,12
Mâchefer	51,30	7,00	13,60	1,98	5,96	1,20	7,90	0,09	0,46	1,03

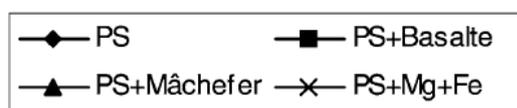
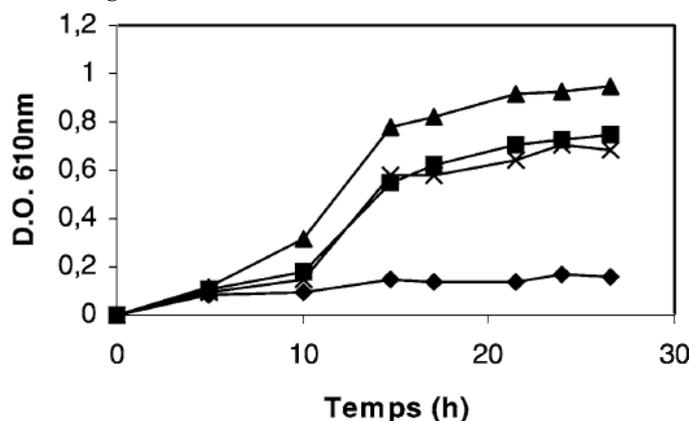
### 3.2 – Croissance bactérienne

La croissance de *P. aeruginosa* a été suivie par mesure de la densité optique à 610 nm, dans des tubes de 18 × 180 mm contenant 7,5 ml de milieu PS sous agitation (200 rpm) pendant 48 h à 25 °C, avec ou sans matériau ajouté (100 mg/tube). La croissance est également suivie dans des tubes où 100 µM FeCl<sub>3</sub> et MgSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O à 0,25 g/l sont ajoutés.

**Document 3.2** : Suivi de croissance de *Pseudomonas aeruginosa* à 25°C

Composition du milieu PS (ppm)

Si	<0,01
Al	0,02
Mg	0,02
Ca	<0,01
Fe	0,01
Mn	<0,01
Na	3788
K	1,03
P	2032

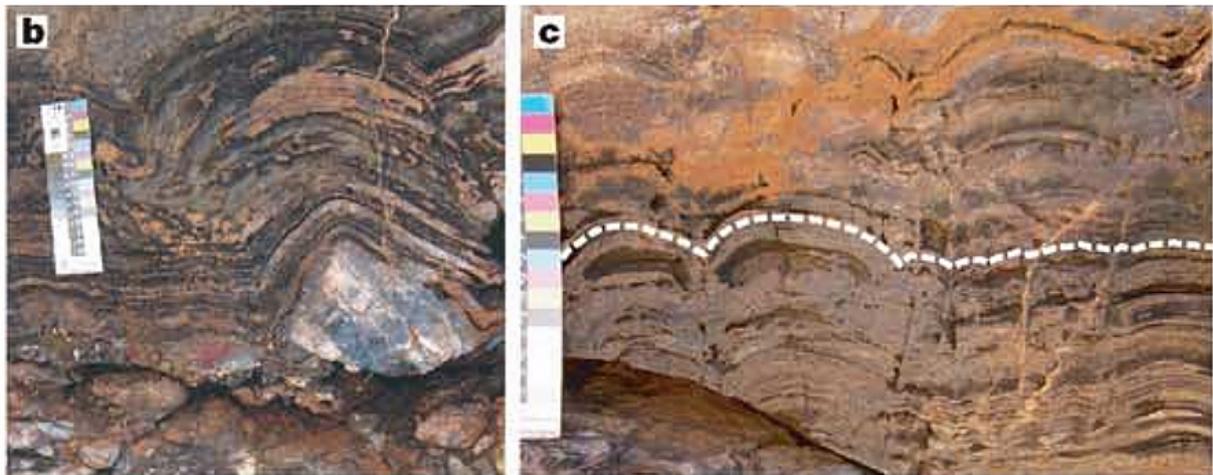
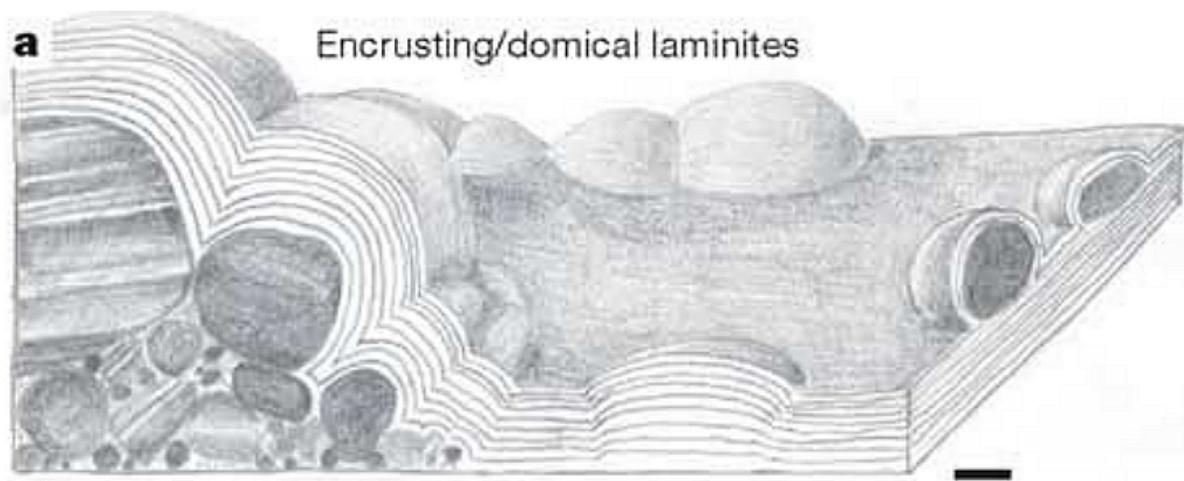


## Document 4

D'après Allwood et al. (2006) *Nature* 441: 714-718 ; Reid et al. (2000) *Nature* 406: 989-992

### 4.1 – Faciès de stromatolithes du Strelley Pool Chert

Le Strelley Pool Chert (SPC) (Pilbara Craton, Australie), vieux de 3430 millions d'années est une formation rocheuse sédimentaire contenant des structures laminées. On y trouve une grande variété morphologique des affleurements de stromatolithes. Le document ci-dessous présente une des formes rencontrées dans le SPC.



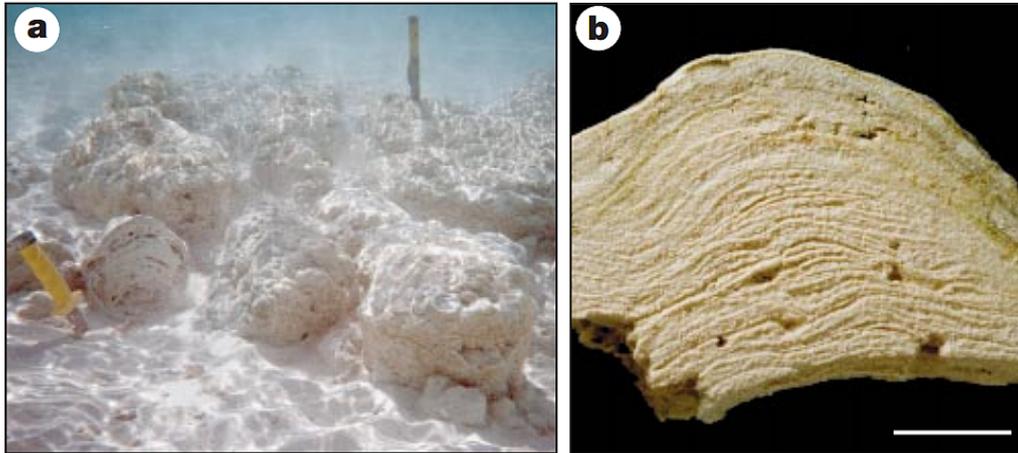
#### Document 4.1

(a) vue tridimensionnelle reconstituée (b,c) photographies d'affleurements. La ligne pointillée souligne la forme des structures laminées. Barre d'échelle (b) 18 cm (c) incrément de la barre : 1 cm

## 4.2 – Etude de stromatolithes actuelles

Une étude des stromatolithes actuelles a été menée sur le site de Highborne Cay, Bahamas.

### Document 4.2.1



Shallow subtidal stromatolites, Highborne Cay, Bahamas. **a**, Extensive columnar build-ups. **b**, Vertical section showing lamination; scale bar, 2 cm.

Les surfaces des stromatolithes de Highborne Cay sont recouvertes de tapis de cyanobactéries. Leur étude montre des variations dans leur structure et leur composition. L'ensemble est présenté dans le document 4.2.2 .

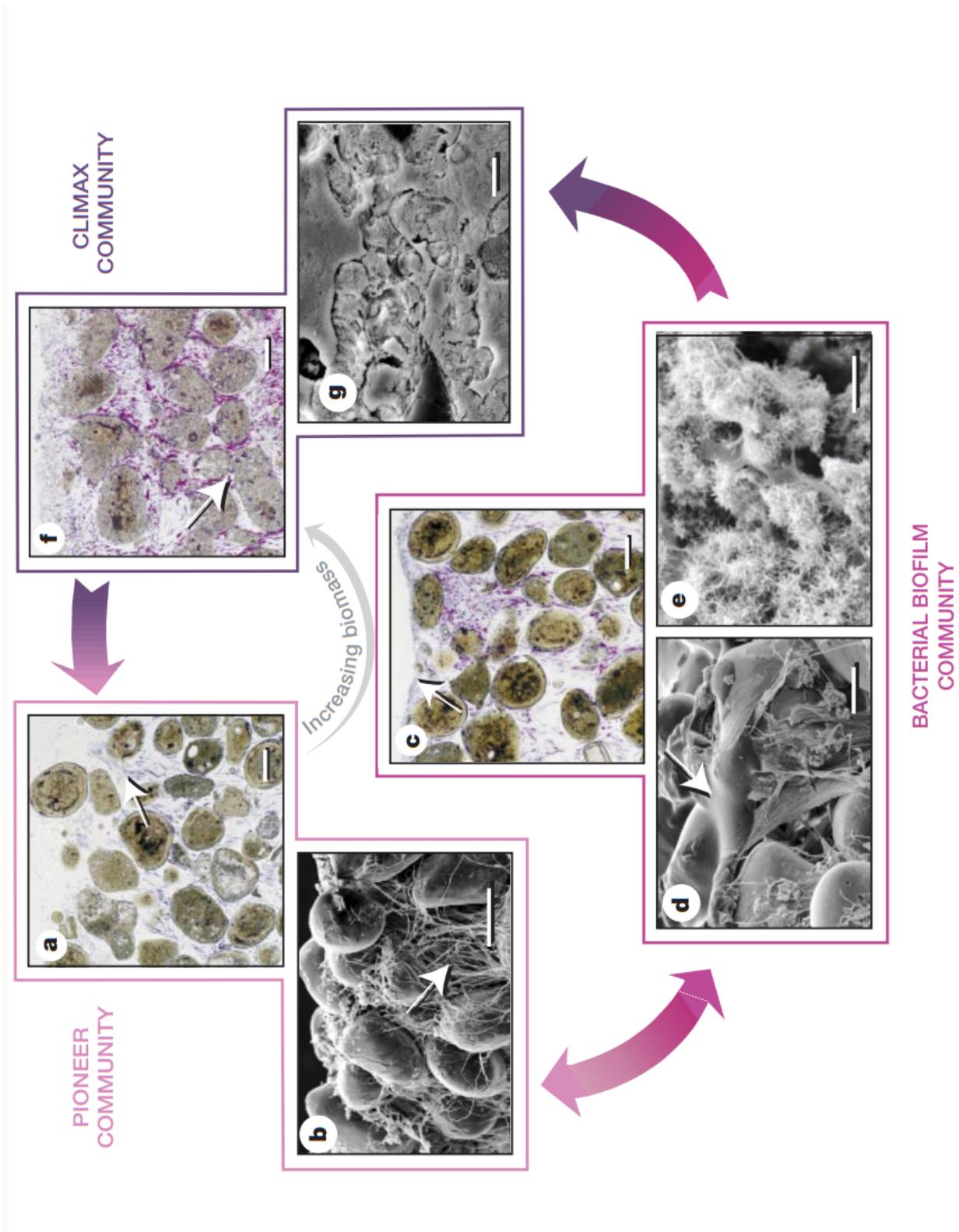
#### Légende du document 4.2.2

Dominant prokaryotic communities on stromatolite surfaces. Cycling between communities is indicated by large arrows.

**a, b**, Pioneer community: filamentous cyanobacteria (arrows) bind carbonate sand grains. **c-e**, bacterial biofilm community: a continuous sheet of amorphous exopolymer (arrows, **c, d**) with abundant heterotrophic bacteria forms uppermost surface; aragonite needles precipitate within this surface film (**e**). **f, g**, Climax community: a surface biofilm overlies filamentous cyanobacteria and endolith-infested grains, which appear grey and are fused (arrow, **f**). Precipitation in tunnels that cross between grains leads to welding (**g**). **a, c, f**, Petrographic thin sections, plane polarized light; cyanobacteria are stained with methylene blue. **b, d, e, g**, Scanning electron microscope images. Scale bars: **a, b, c, f**, 100  $\mu\text{m}$ ; **d**, 50  $\mu\text{m}$ ; **e**, 5  $\mu\text{m}$ ; **g**, 10  $\mu\text{m}$ .

Document 4.2.2

(légende page précédente)



## Document 5

D'après Denamur et Picard (1995) *Médecine Sciences* 10 : 1399-406

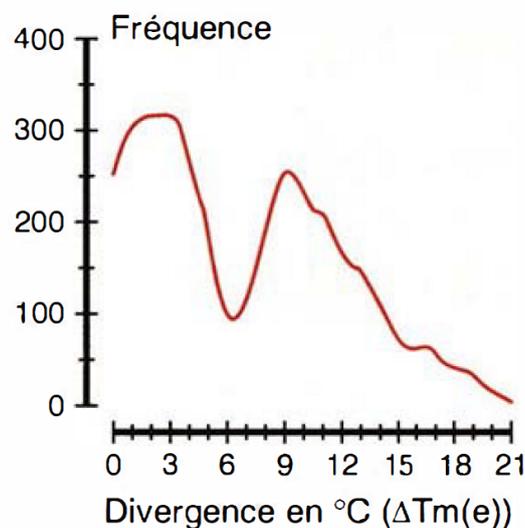
La notion d'espèce est fondée sur des expériences d'hybridation en solution entre l'ADN d'une souche de référence et l'ADN de la souche que l'on veut étudier.

Avec cette technique, outre le pourcentage d'hybridation entre deux souches (il est de 100 % pour la souche avec elle-même), il est possible de mesurer la différence de stabilité thermique des hybrides. Cette valeur est appelée  $\Delta T_{m(e)}$  (thermal elution midpoint) et est exprimée en degré C : 1°C de  $\Delta T_{m(e)}$  est supposé correspondre à 1 % de divergence dans les séquences d'ADN.

A partir de l'expérience acquise avec les *Enterobacteriaceae*, l'espèce a été définie comme un ensemble de souches ayant au moins 70 % d'homologie de l'ADN à la température optimale de renaturation avec un  $\Delta T_{m(e)}$  inférieur ou égal à 5°C.

### Document 5 :

Distribution de 2030 valeurs de divergence ( $\Delta T_{m(e)}$ ) entre des souches bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae*



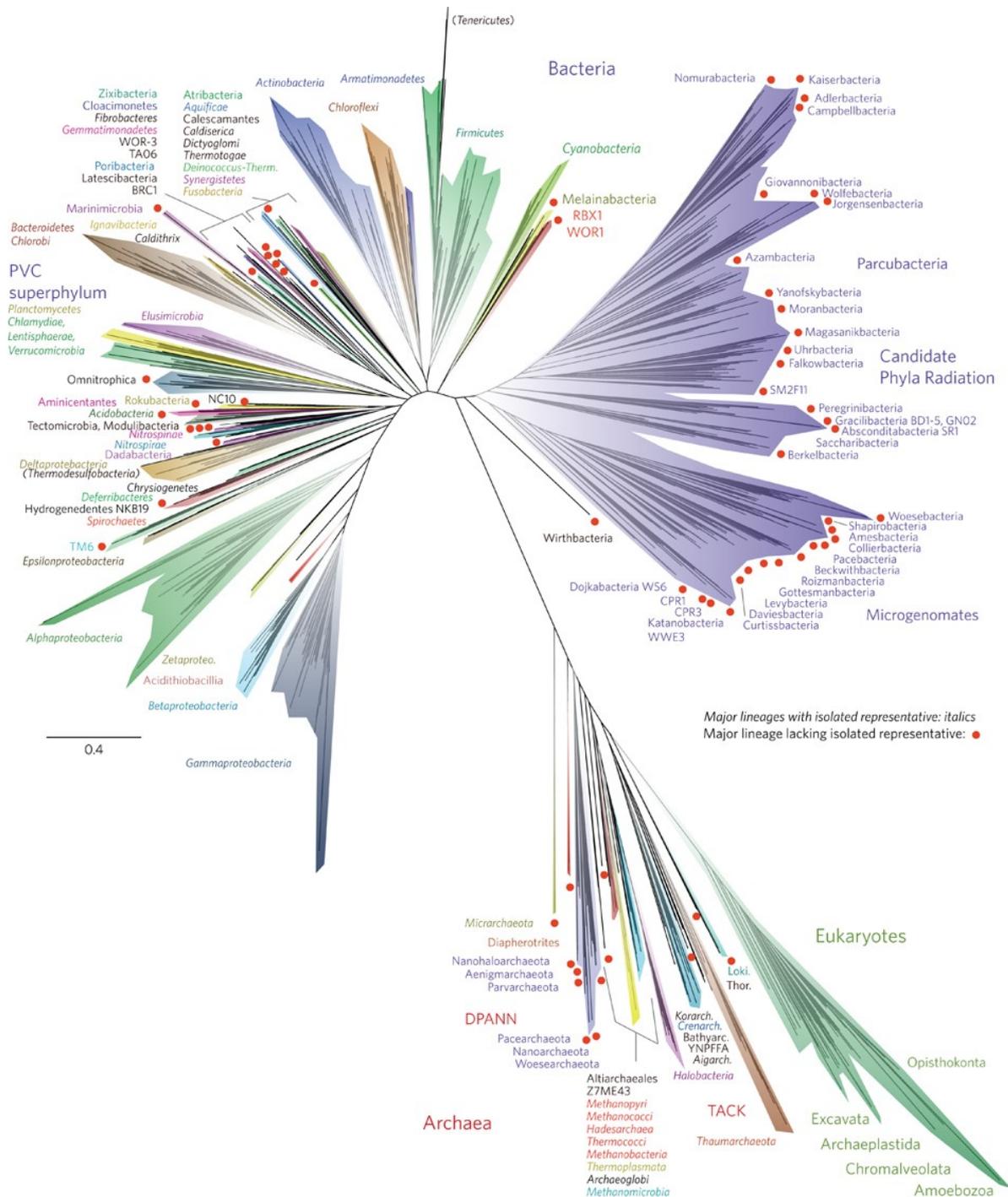
## Document 6

D'après Hug et al. (2016) *Nature microbiology* 1: 1-6 ; Selosse et Joyard (2021): <https://www.encyclopedie-environnement.org>

### 6.1 – Comparaison des cellules de type eucaryote et procaryote

Caractères	Cellules de type procaryote		Cellules eucaryotes		
	Archées	Bactéries	Cytoplasme	Mitochondrie	Chloroplaste
<b>Matériel génétique</b>	- ADN nu au sein d'un chromosome unique, le plus souvent circulaire - Gènes en mosaïque	- ADN nu au sein d'un chromosome unique, le plus souvent circulaire - Gènes en continu (rarement en mosaïque)	- ADN (associé à des protéines, les histones) au sein de plusieurs chromosomes linéaires, localisés au sein du noyau (double membrane) - Gènes en mosaïque (avec introns)	- ADN nu au sein d'un chromosome unique, circulaire - Gènes en continu (rarement en mosaïque)	- ADN nu au sein d'un chromosome unique, circulaire - Gènes en continu
<b>Reproduction</b>	- Division en 2	- Division en 2	- Mitose, méiose et fécondation	- Division en 2	- Division en 2
<b>Ribosomes (machinerie de synthèse des protéines)</b>	- de type "70S", libre - quelques traits similaires à ceux des eucaryotes	- de type "70S", libre	- de type "80S", libres ou fixés sur le réticulum endoplasmique	- de type "70S", libre	- de type "70S", libre
<b>Taille</b>	~ 1-10 voire 100 microns	~ 1-10 voire 100 microns	~ 10-500 microns, parfois plus petits	~ 1-10 microns	~ 1-10 microns
<b>Nature des lipides membranaires</b>	- Phospholipides avec liaisons de type éther	- Phospholipides avec liaisons de type ester - Glycolipides (chez les Cyanobactéries)	- Phospholipides avec liaisons de type ester	- Phospholipides avec liaisons de type ester	- Phospholipides avec liaisons de type ester - Glycolipides
<b>Compartmentation</b>	- non	- souvent non - parfois oui (thylacoïdes chez les Cyanobactéries, espace périplasmique chez les bactéries Gram <sup>+</sup> , ...)	- Oui (réticulum, membrane nucléaire, appareil de Golgi, etc...)	- Non - Organite limité par une double membrane	- Oui (thylacoïdes) - Organite limité par une double membrane (enveloppe)
<b>Cytosquelette</b>	- probable, mais pas connu	- Oui, mais ne déplace pas les composants cellulaires	- Oui, déplace les composants cellulaires	- Non	- Non
<b>Métabolisme</b>	- Chimiosynthèse ou hétérotrophie	- Chimiosynthèse ou photosynthèse, ou hétérotrophie (respiration et/ou fermentation)	- Fermentation	- Respiration (voire fermentation chez certains anaérobies)	- Photosynthèse

## 6.2 – Arbre du vivant construit à partir de l'étude des génomes de plus de 3000 espèces de microorganismes



L'arbre a été construit à partir non seulement de 30 437 génomes publiés de microorganismes issus des trois domaines du vivant mais aussi de données génomiques sur plus de 1 000 autres jamais cultivés, obtenus à partir d'environnements variés : une croûte de sel du désert d'Atacama, le rostre de deux dauphins, le sol d'une prairie californienne, des eaux profondes japonaises... Chaque lignée est nommée et repérée d'une couleur arbitraire. Celles qui sont bien caractérisées sont en italique, les autres sont repérées d'un point rouge).