

# Plan de cours

- ~~1. Introduction générale: le système solaire, les étoiles et les exoplanètes - ~~cours 1~~~~
- ~~2. Les différentes méthodes de détection d'exoplanètes - ~~cours 1/2~~~~
- ~~3. Les missions dédiées à l'étude des exoplanètes (passé, présent, futur) - ~~cours 2~~~~
- ~~4. Caractérisation des exoplanètes (atmosphère et intérieurs) - ~~cours 2/3~~~~
- ~~5. Zoom sur quelques systèmes exoplanétaires connus - ~~cours 3~~~~
6. Introduction à l'astrobiologie/exobiologie - **cours 4**

## Rejoindre cet évènement Wooclap



1

Allez sur [wooclap.com](https://wooclap.com)

2

Entrez le code d'évènement dans le bandeau supérieur

Code d'évènement  
**BGZLCM**

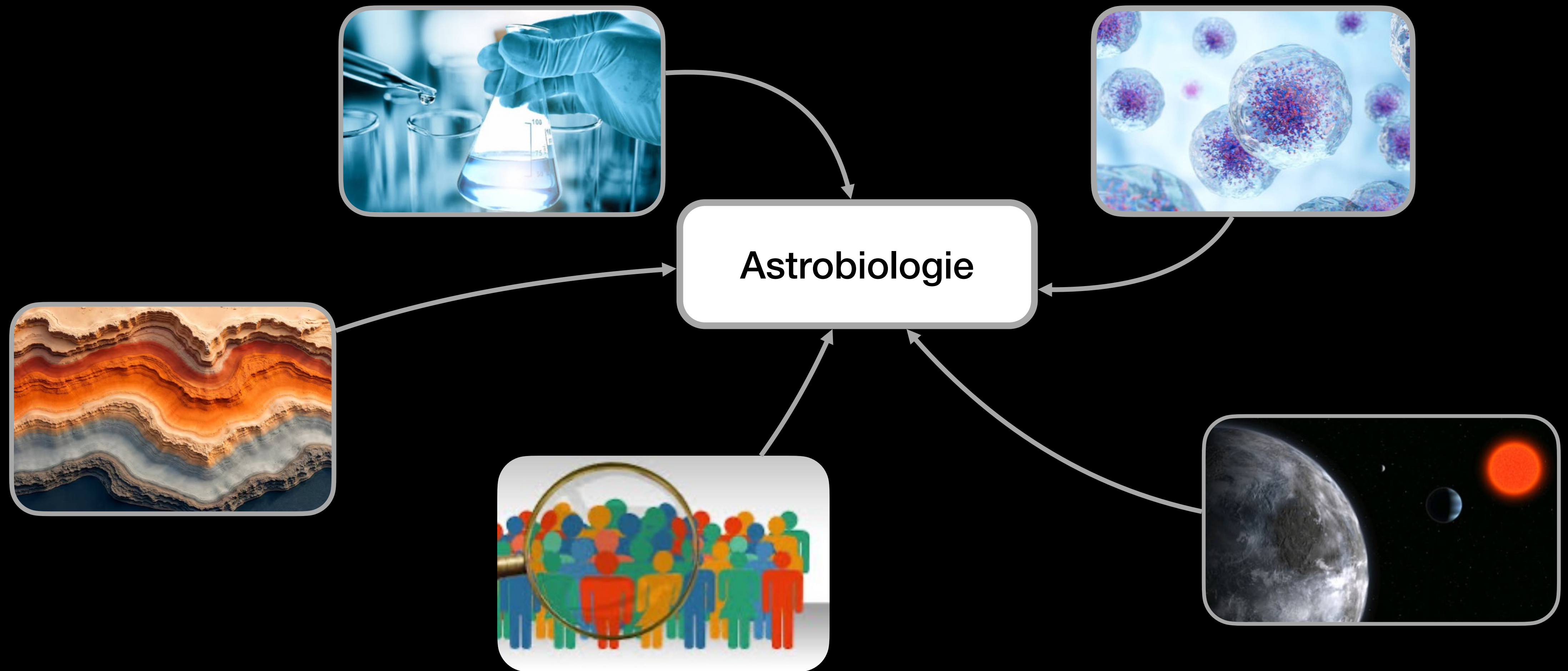


Activer les réponses par SMS

[Copier le lien de participation](#)

# Introduction à l'astrobiologie

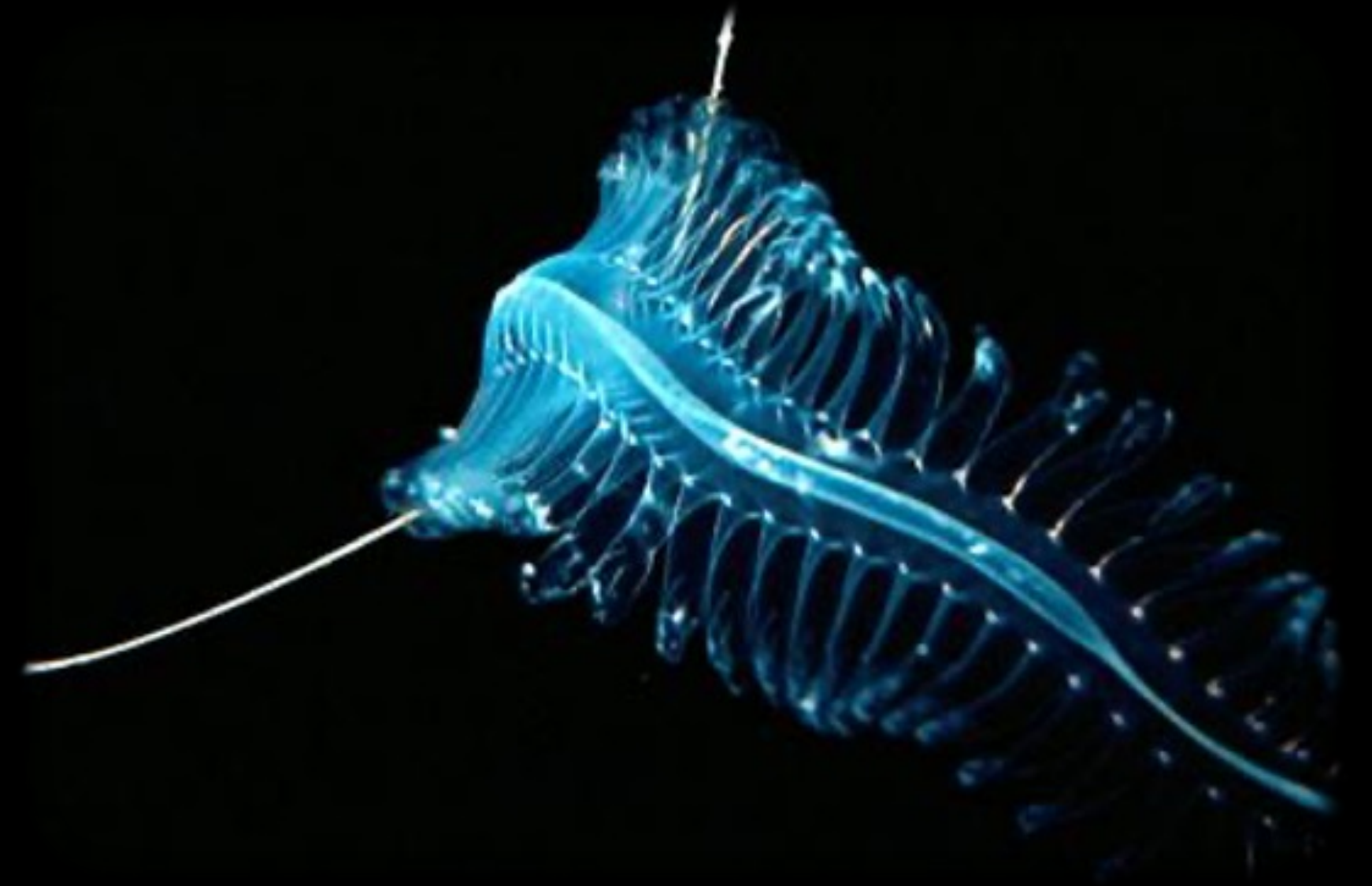
- Astrobiologie ou exobiologie : étude de la vie sur Terre et ailleurs dans l'univers
- Un domaine intrinsèquement multidisciplinaire





# Qu'est ce que la vie ?

- La 1ère question compliqué c'est de définir la « vie »
- Comment définir ce qui est vivant ?





## Rejoindre cet évènement Wooclap



1

Allez sur [wooclap.com](https://wooclap.com)

2

Entrez le code d'évènement dans le bandeau supérieur

Code d'évènement  
**BGZLCM**



Activer les réponses par SMS

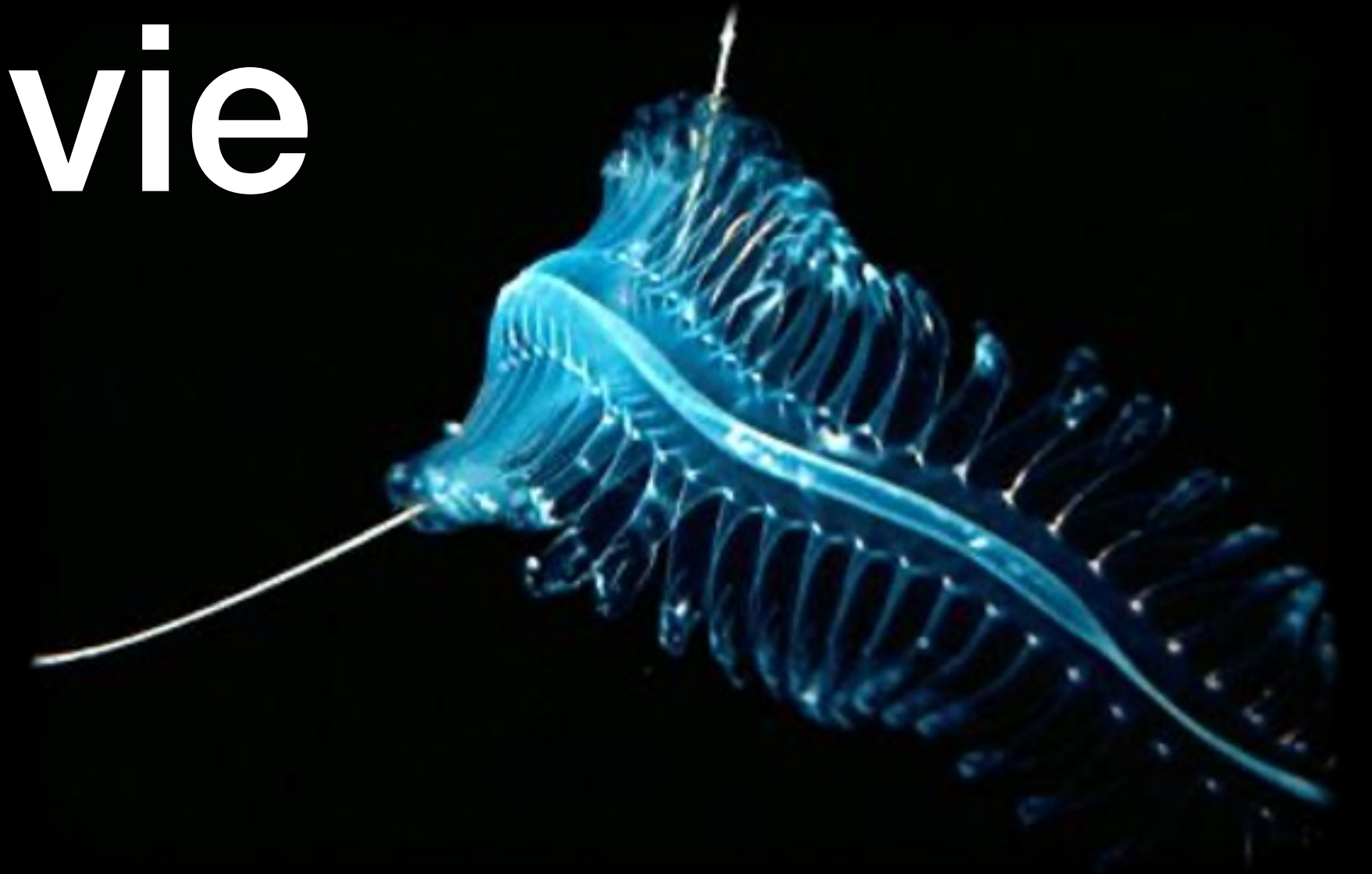
[Copier le lien de participation](#)

# Qu'est ce que la vie ?

- La 1ère question compliqué c'est de définir la « vie »
- Comment définir ce qui est vivant ?

« Un **système chimique auto-entretenu** capable d'**évolution darwinienne** »

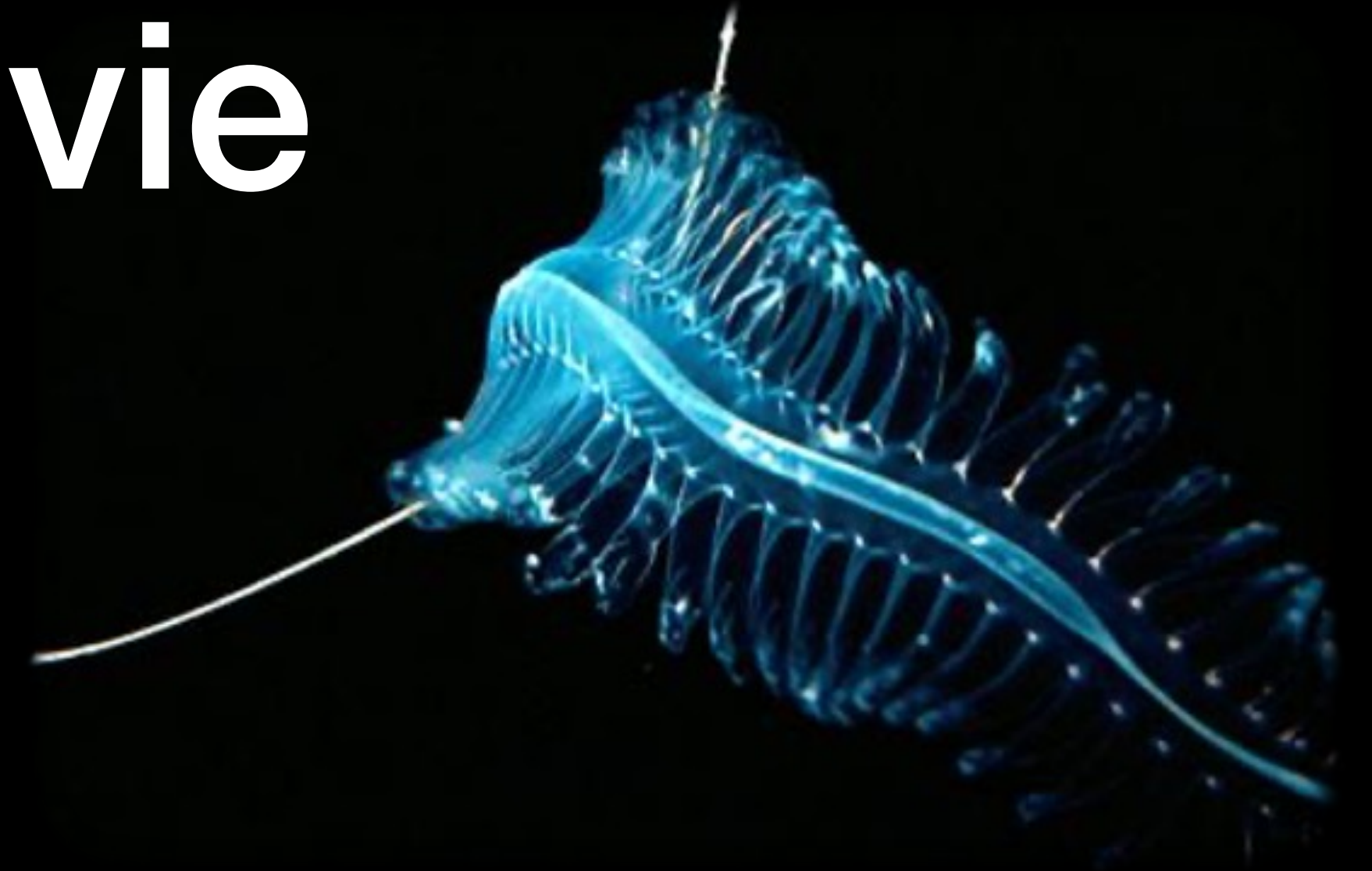
# Bases de la vie



- Baser sur les mêmes éléments: **CHNOPS**
- Il faut ensuite des **chaînes** :
  - des protéines (la vie n'utilise que 20 protéines sur 500!),
  - des hydrocarbonés (aussi appelés sucres),
  - des lipides (acides gras) qui permettent de former les parois des cellules et fournir une source d'énergie
  - acide nucléique comme l'ADN qui permet de stocker l'information génétique



# Bases de la vie



- Un **solvant** pour que les réactions chimiques se produisent : l'eau **liquide** (d'où la zone habitable)

L'eau liquide a de nombreuses propriétés uniques : polarité (dissout les sels, interaction avec les ions, organise les acides gras en couche), haute chaleur de vaporisation (il faut beaucoup d'énergie pour chauffer de l'eau, favorise état liquide stable), plus dense que l'eau solide, transparence à la lumière, pH neutre

- **Une source d'énergie** : énergie solaire ou chimique, puis l'énergie est transférée à l'intérieur de la cellule grâce à une molécule universelle (présente dans toutes les formes de vie terrestres connues) appelée **adénosine triphosphate** (ATP), qui peut être considérée comme l'élément énergétique de base de la vie.

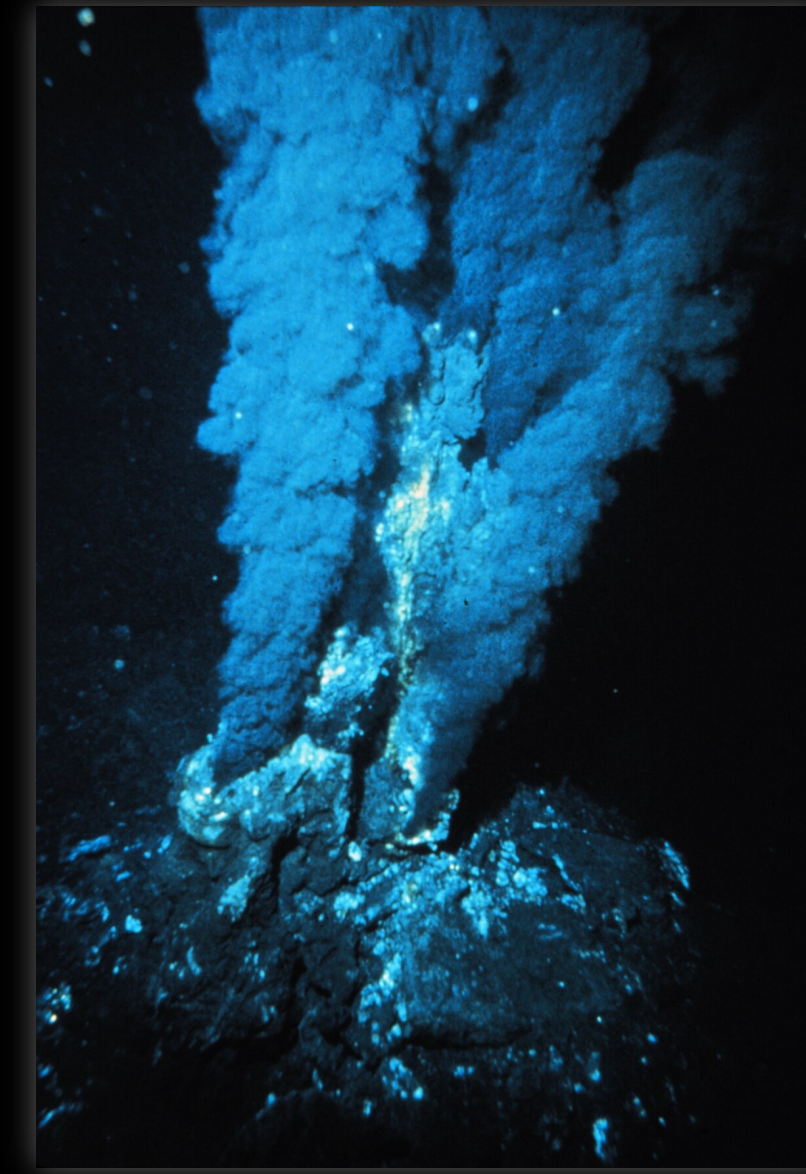


# Apparition et évolution de la vie sur Terre

Il existe plusieurs scénarios pour expliquer l'apparition de la vie sur Terre:

- Dans une « petite mare chaude »
- Dans les cheminées hydrothermales
- Par une pluie de météores et comètes

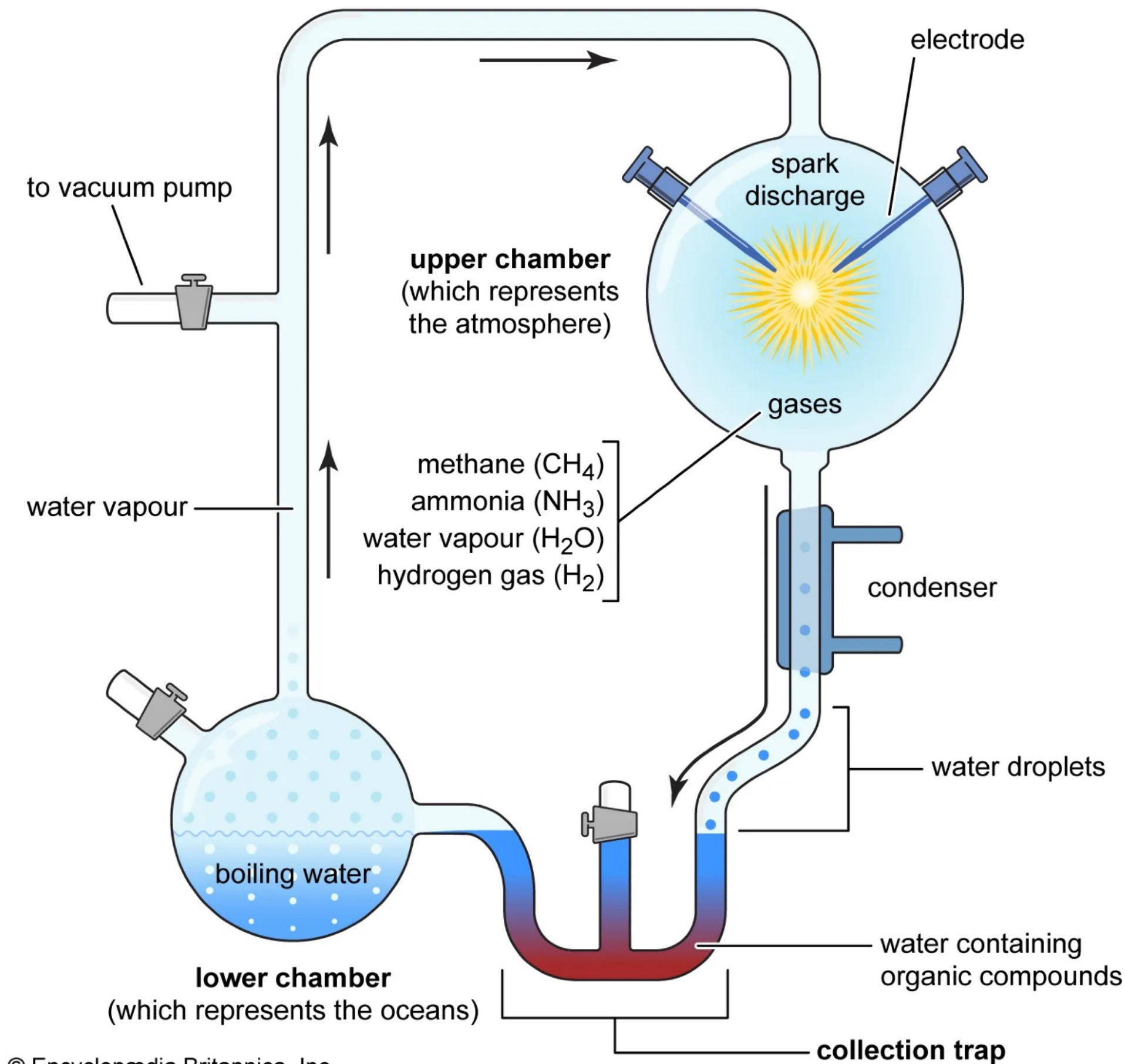
Actuelle l'hypothèse de la « petite mare chaude » semble la plus probable





# Apparition et évolution de la vie sur Terre

Miller-Urey experiment



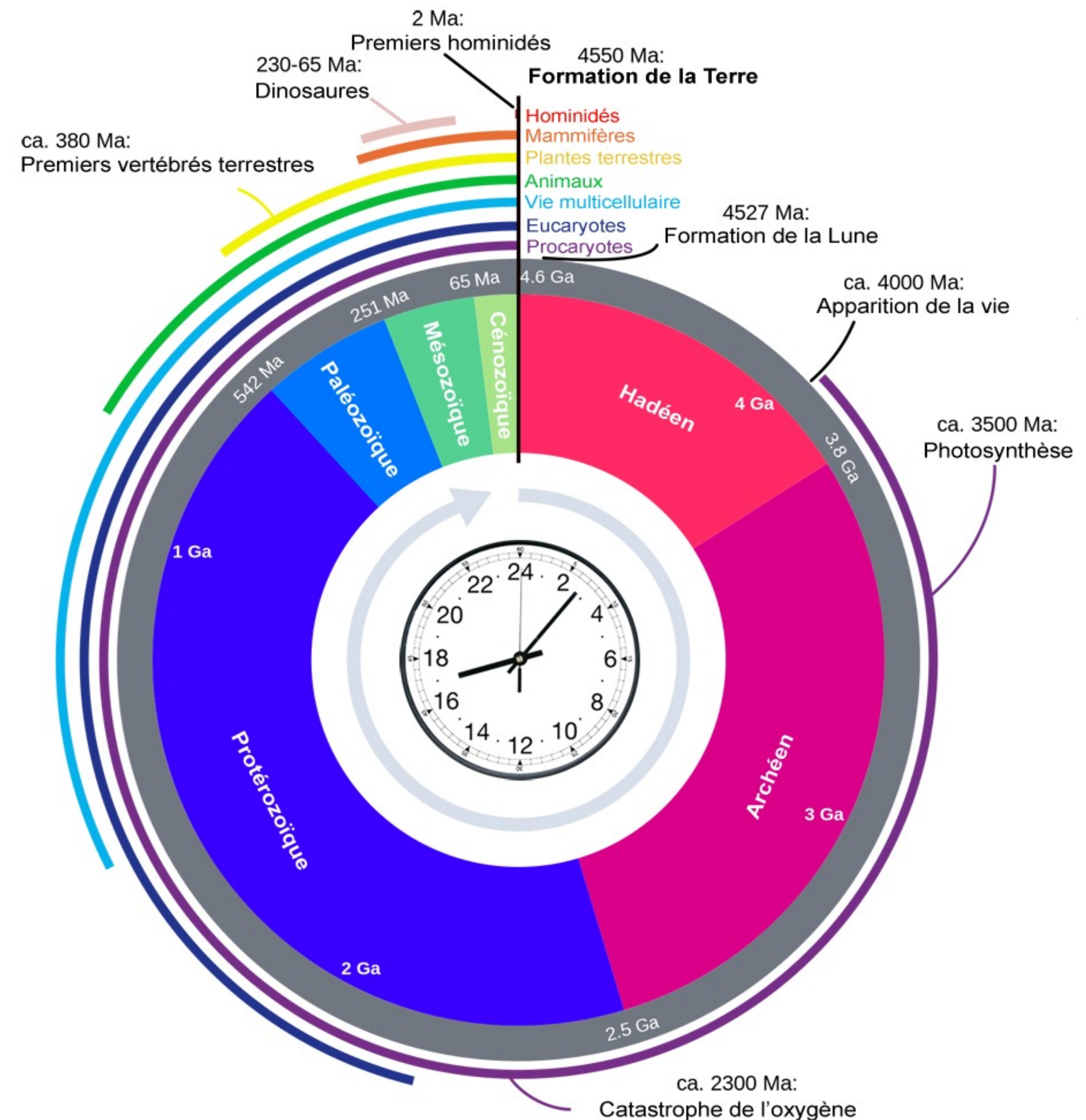
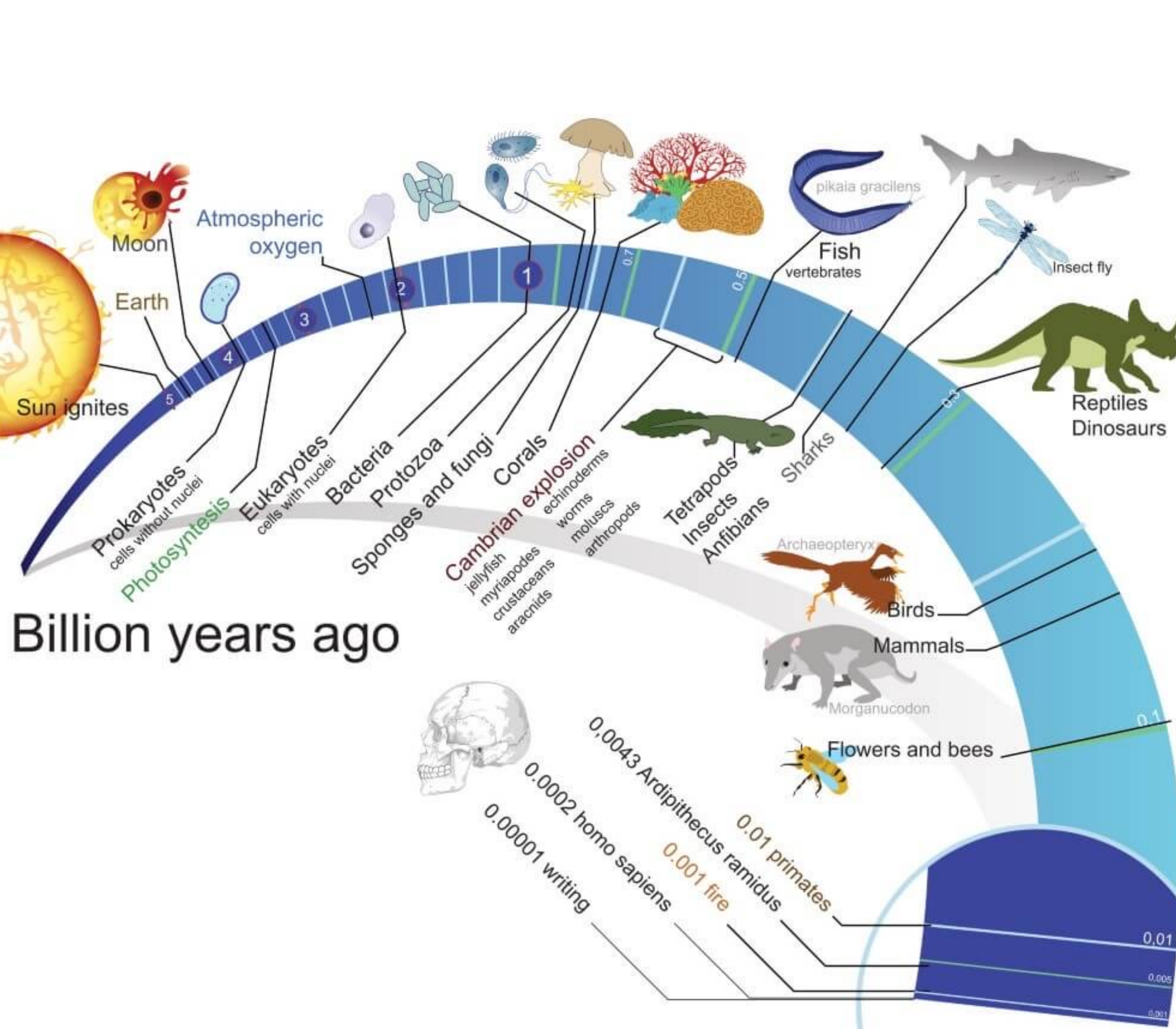
Expérience de Miller-Urey, 1953

**Objectif** : simuler la chimie d'un environnement et d'une atmosphère hypothétiques de la Terre primitive (contenant de l'ammoniac, de l'hydrogène et du méthane) en présence d'une décharge électrique pour voir s'il était possible de produire certains des éléments constitutifs de la vie. Puis ils ont laissé l'expérience 1 semaine.

**Résultats** : après une semaine le contenu avait changé de couleur, accumulation d'une solution dans le piège. Après extraction il identifie la formation d'acides aminés dont certains sont pertinents en tant que composants de base des protéines présentes dans tous les organismes vivants

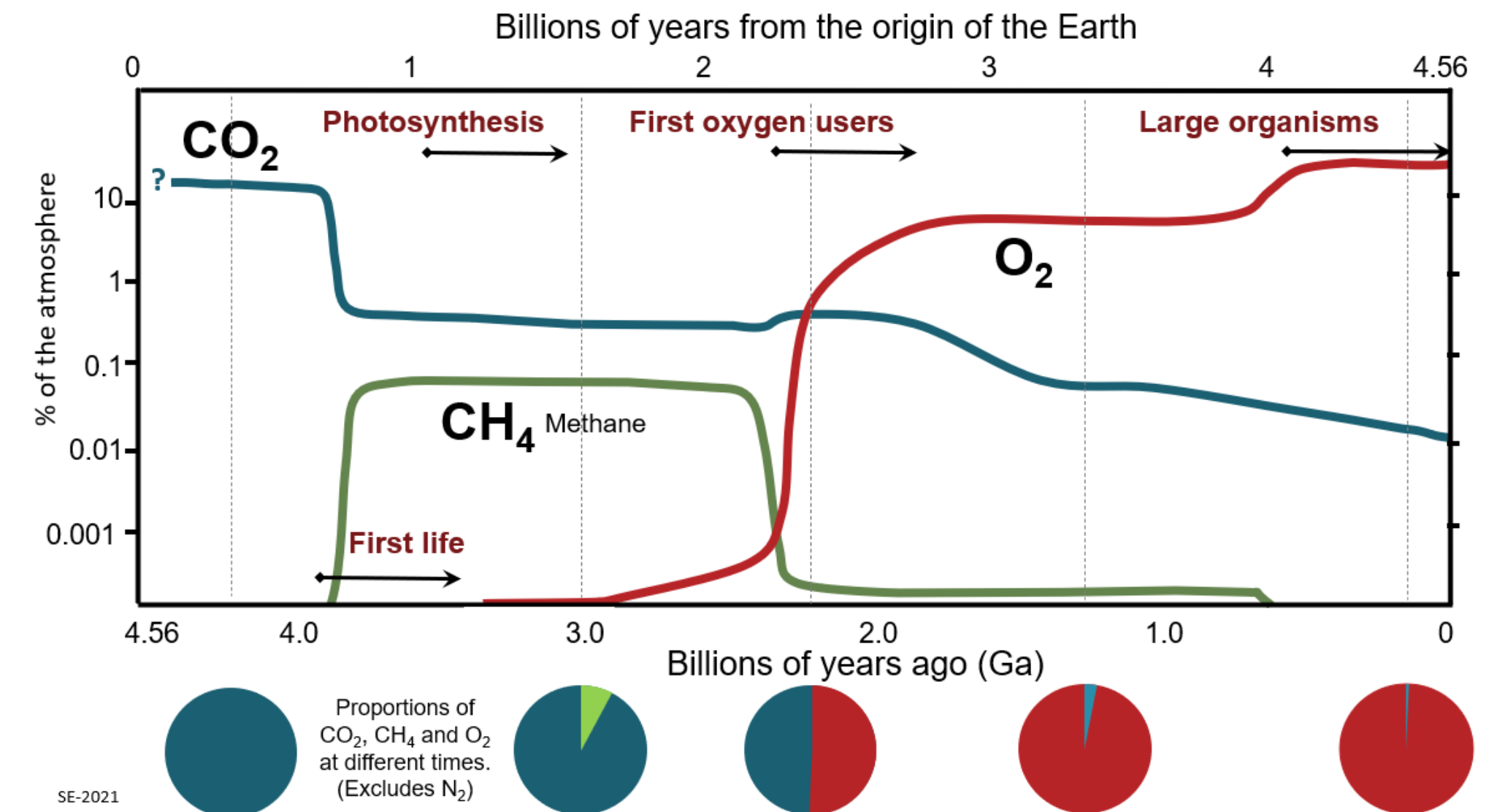
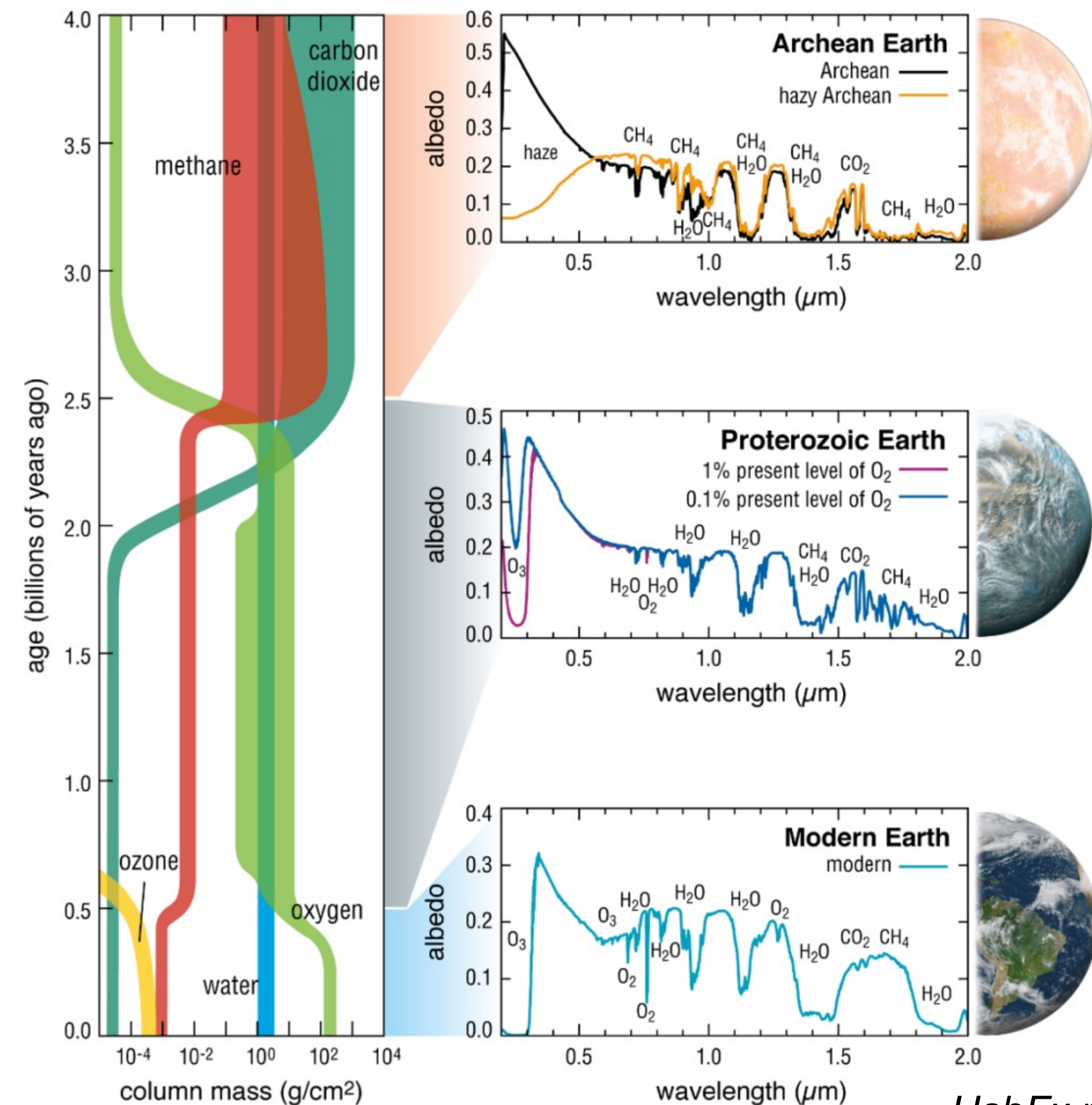


# Apparition et évolution de la vie sur Terre

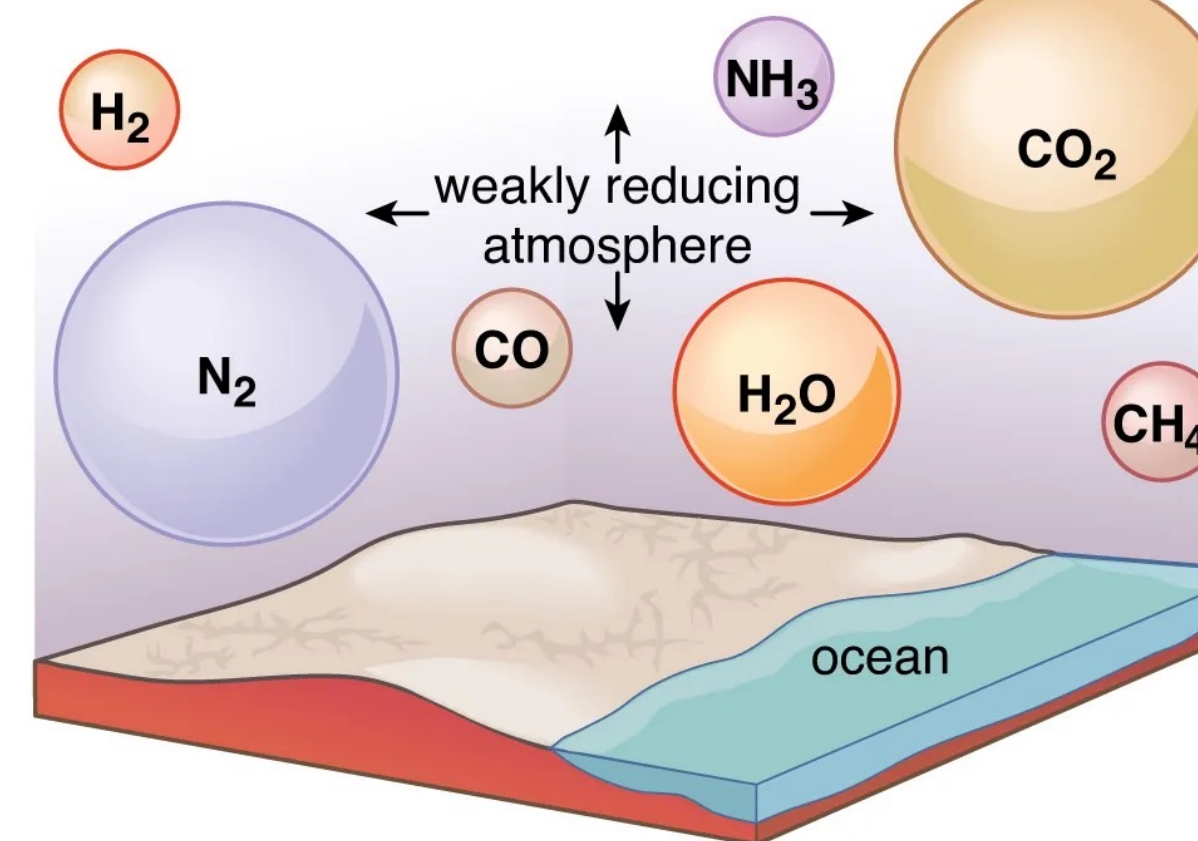




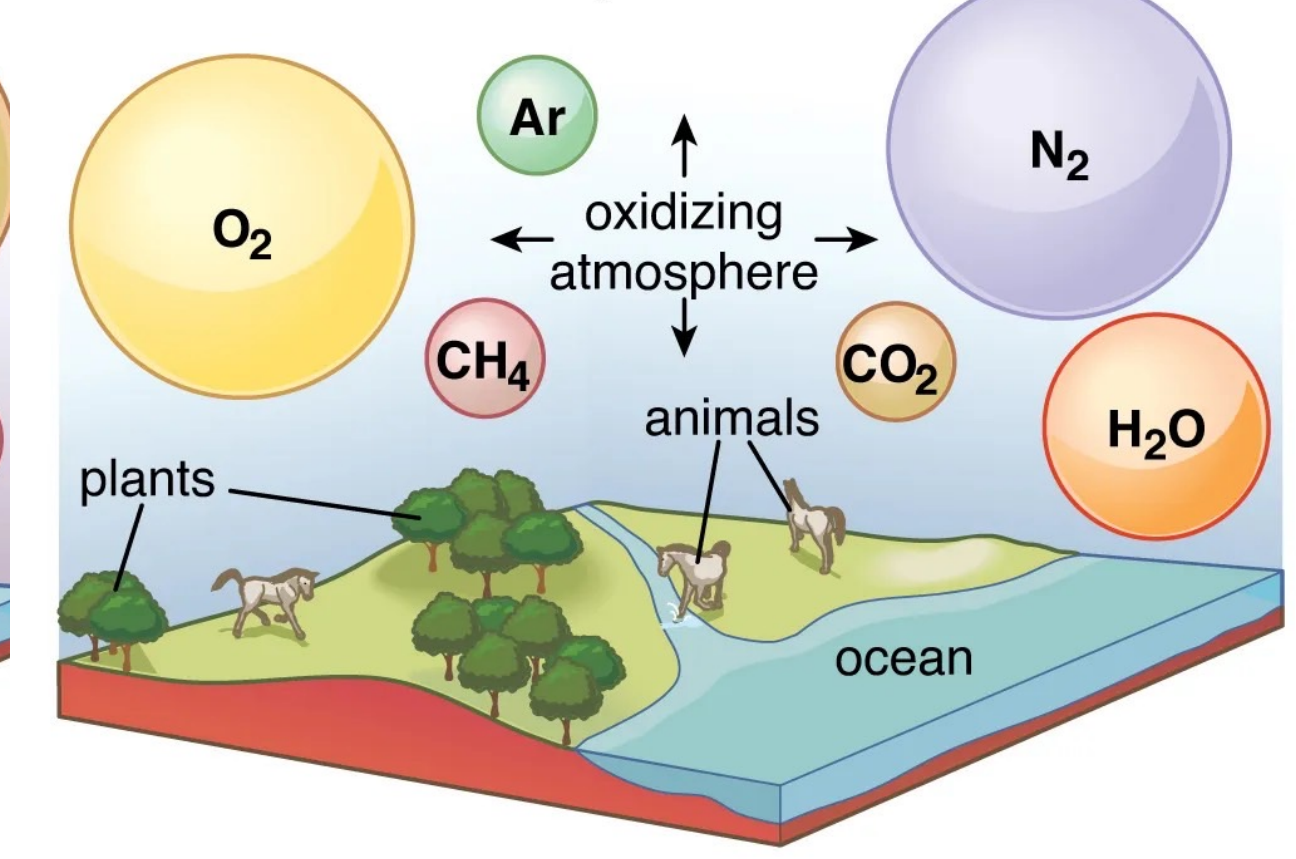
# Apparition et évolution de la vie sur Terre



Earth's prebiotic atmosphere



Earth's modern atmosphere







**Le désert du  
Danakil (Ethiopie)**



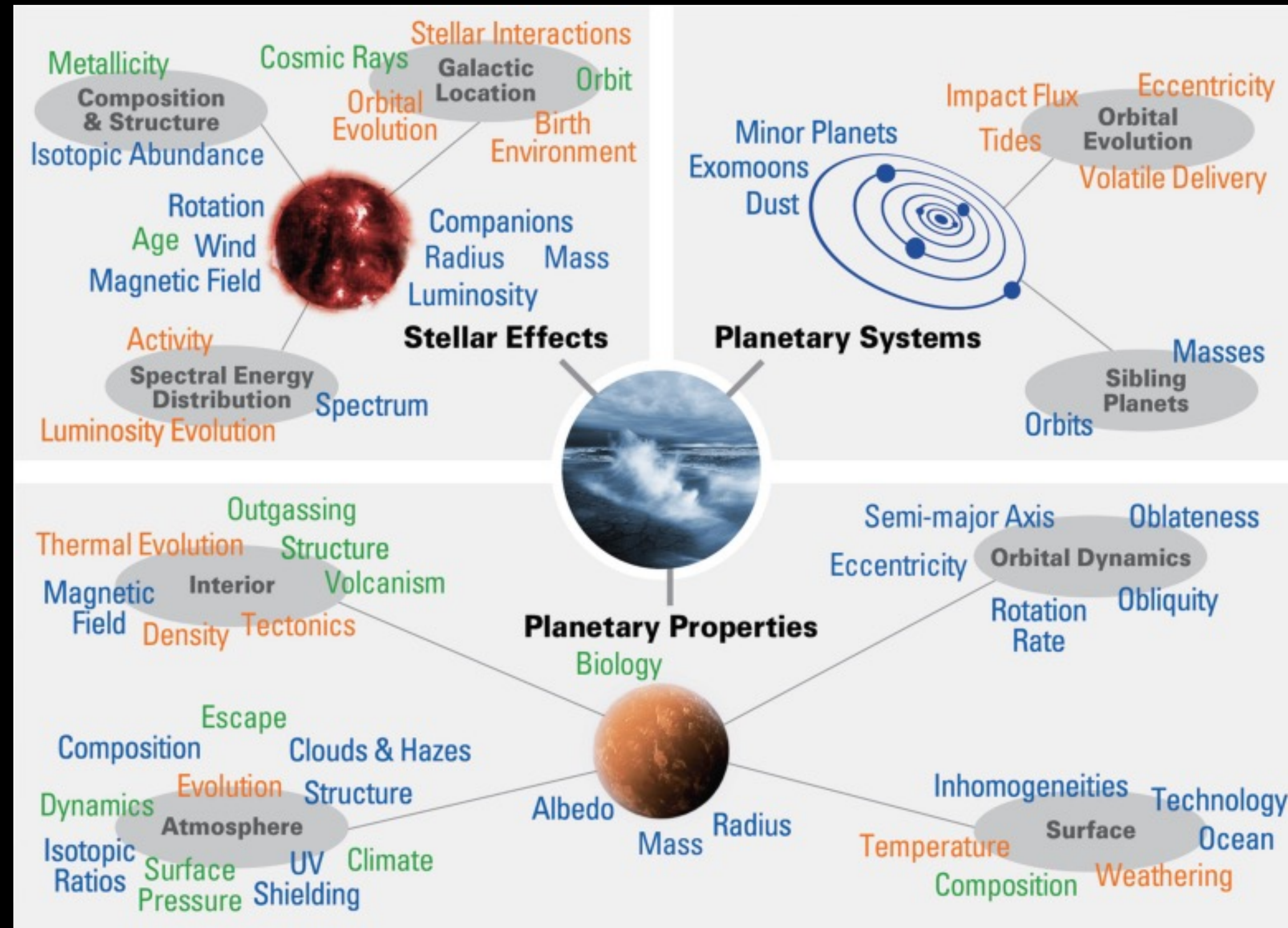
**La vie est partout sur Terre !**





# Recherche de la vie ailleurs

# Les facteurs d'habitabilité d'une planète





# La zone habitable

« La zone autour d'une étoile dans laquelle une planète similaire à la Terre pourrait maintenir de l'eau liquide à sa surface »

*Kasting +1993*

Hotter Stars

Sun-  
like Stars

Cooler Stars

Les planètes en zone habitable autour d'**étoiles froides** ont des période orbitale beaucoup plus courtes

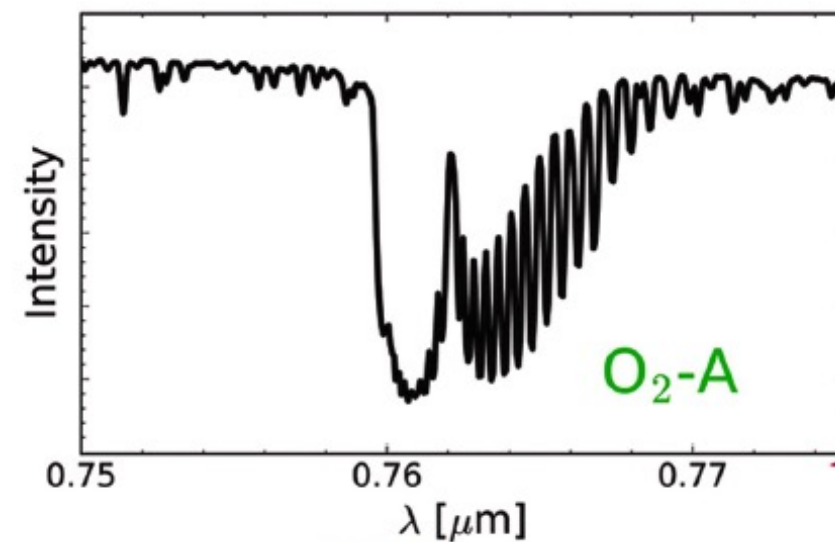
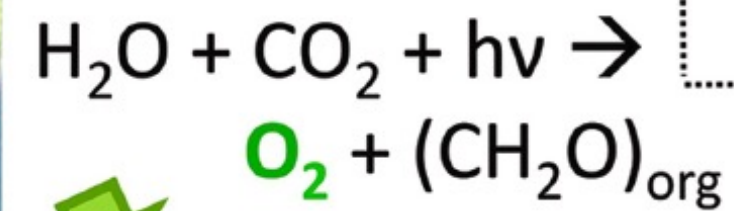
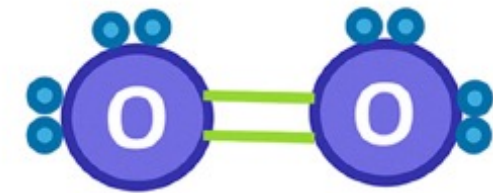
*Credit: illustration NASA*



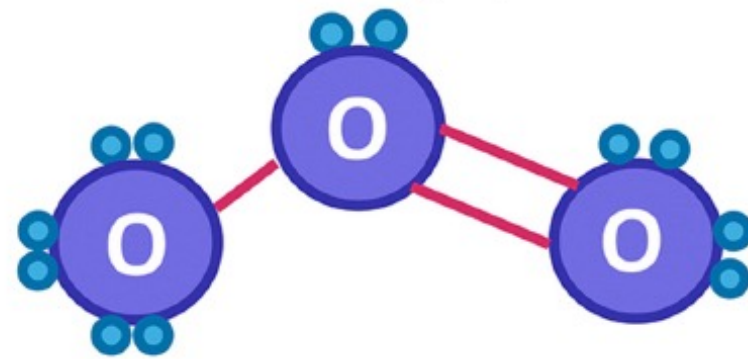
# Biosignatures

## Gaseous

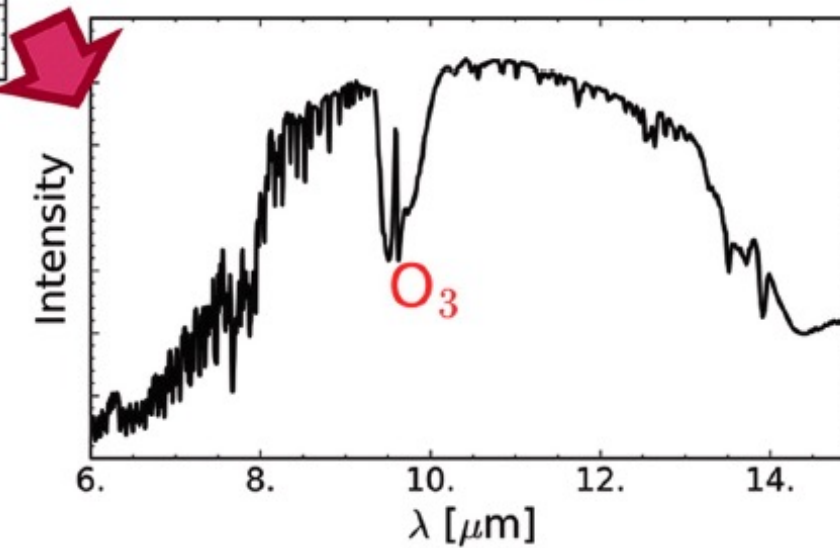
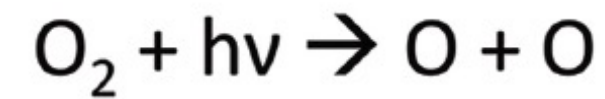
Ex: **Oxygenic Photosynthesis**



O<sub>2</sub>-A

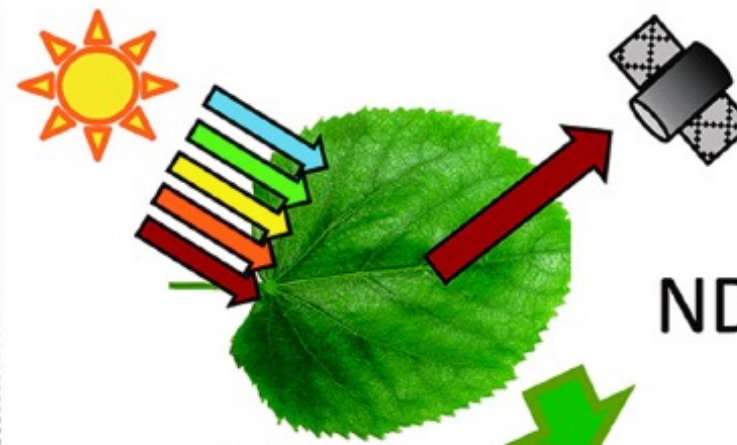


**Photolytic Byproduct**

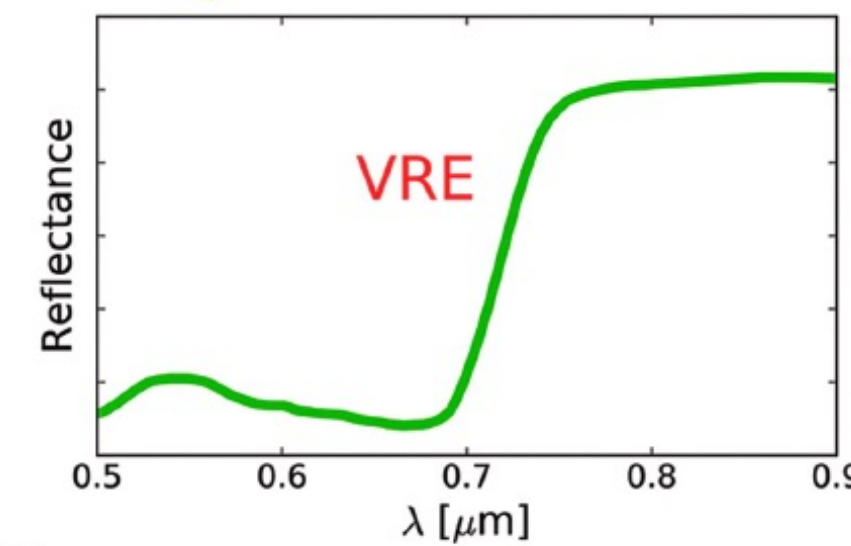


O<sub>3</sub>

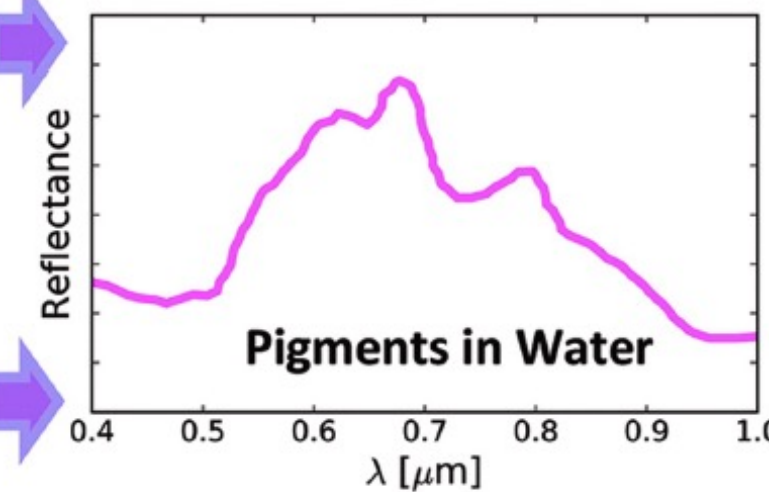
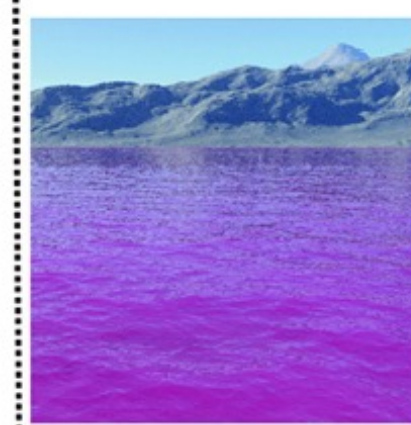
## Surface



$$\text{NDVI} = \frac{\text{IR} - \text{VIS}}{\text{IR} + \text{VIS}}$$

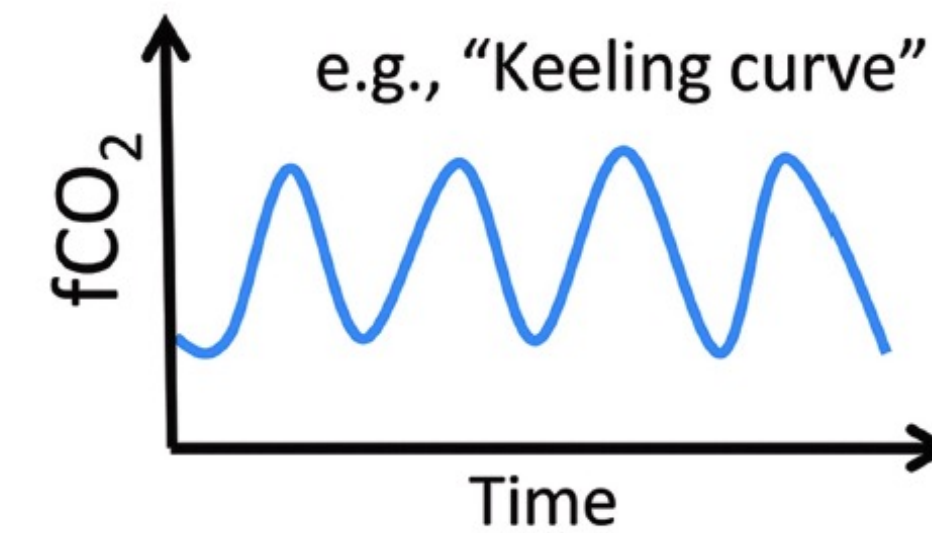


VRE

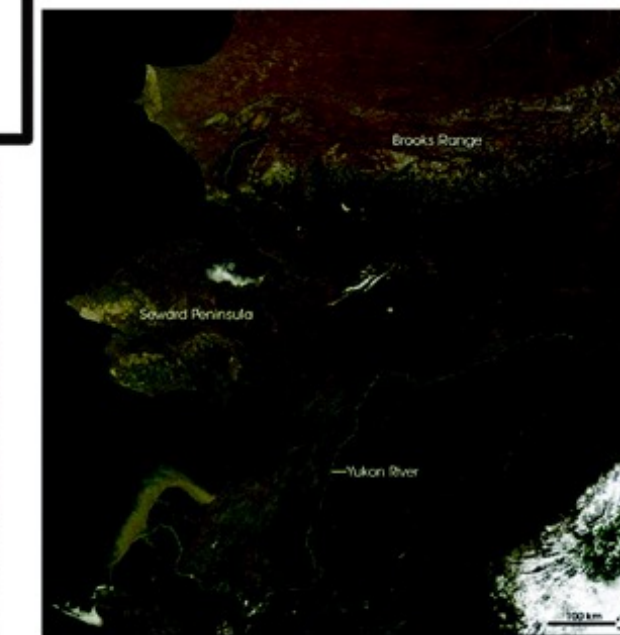


Pigments in Water

## Temporal

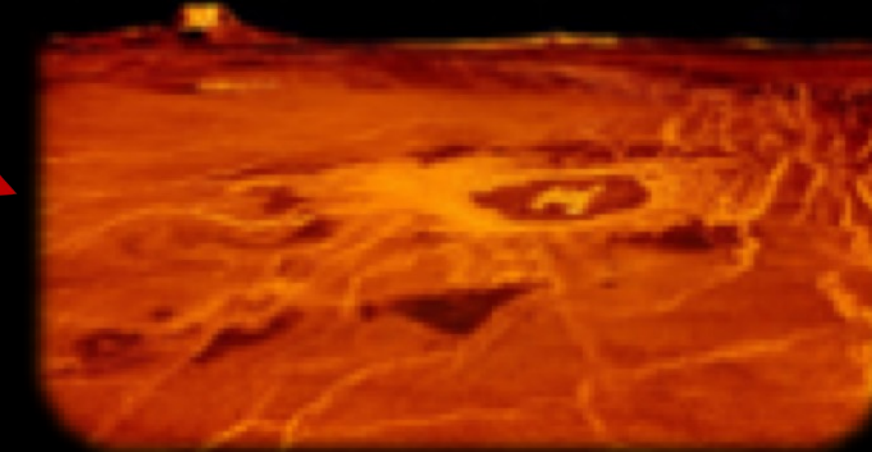
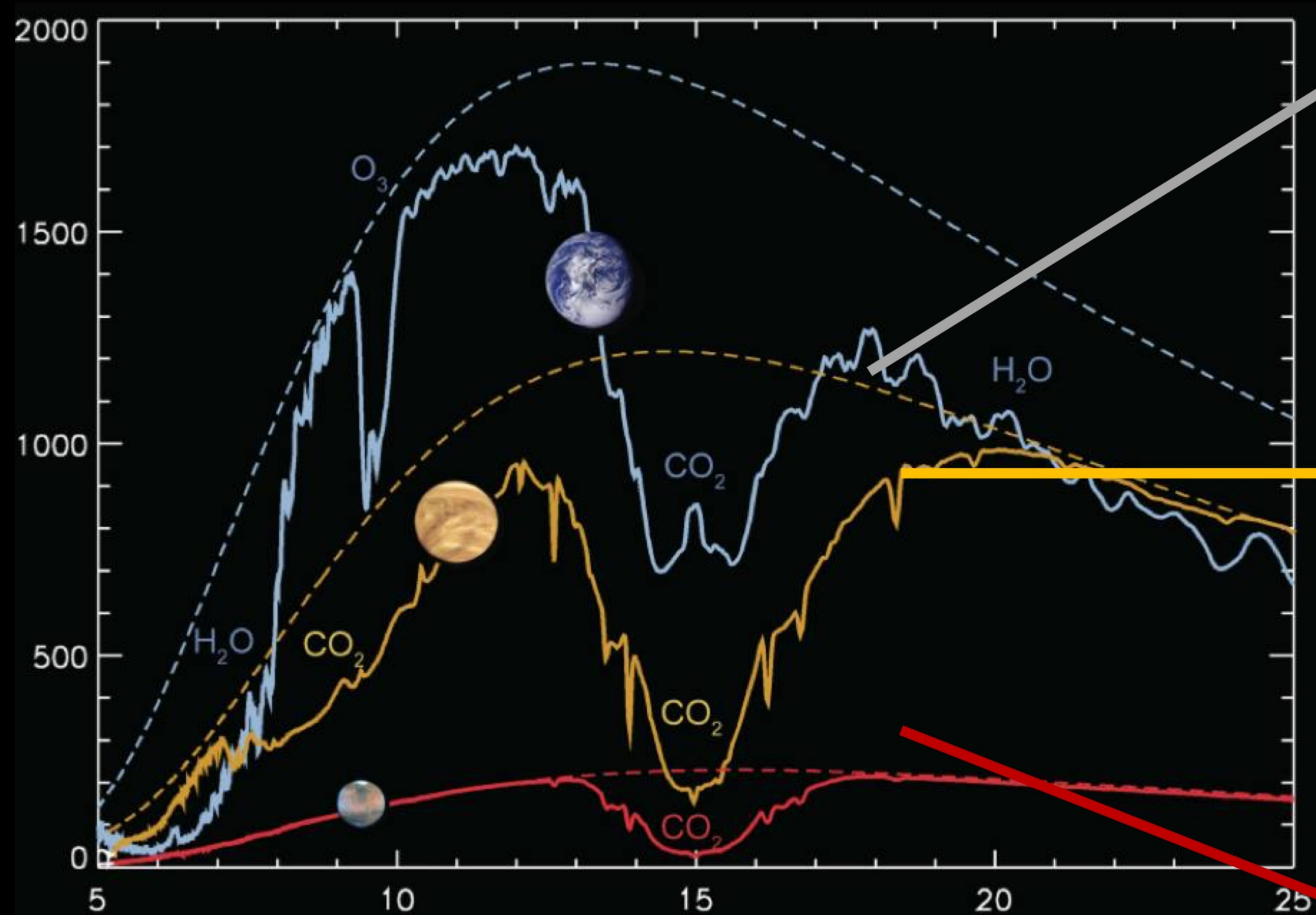


Seasonal  
Changes in  
Gases or  
Surface



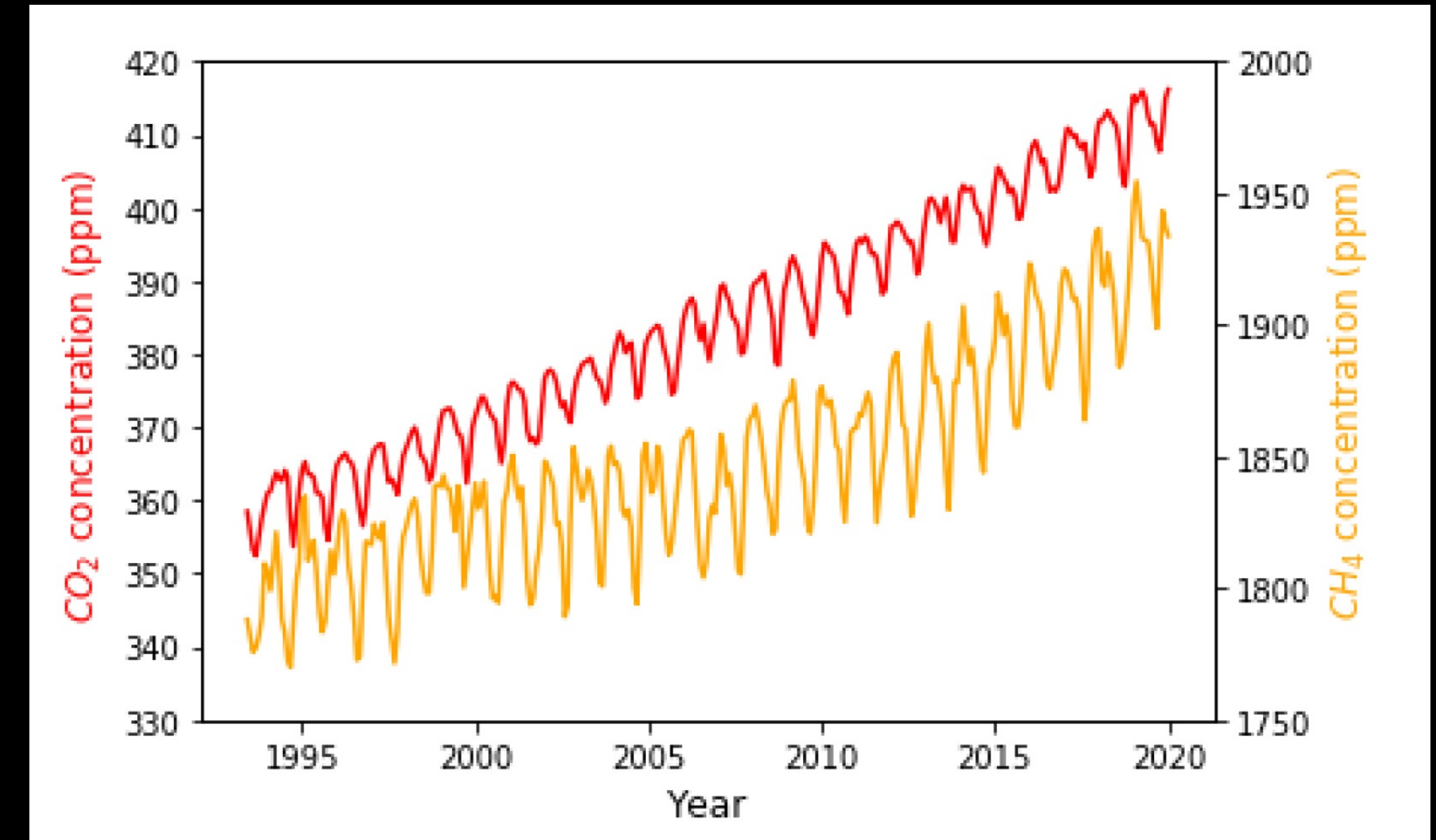
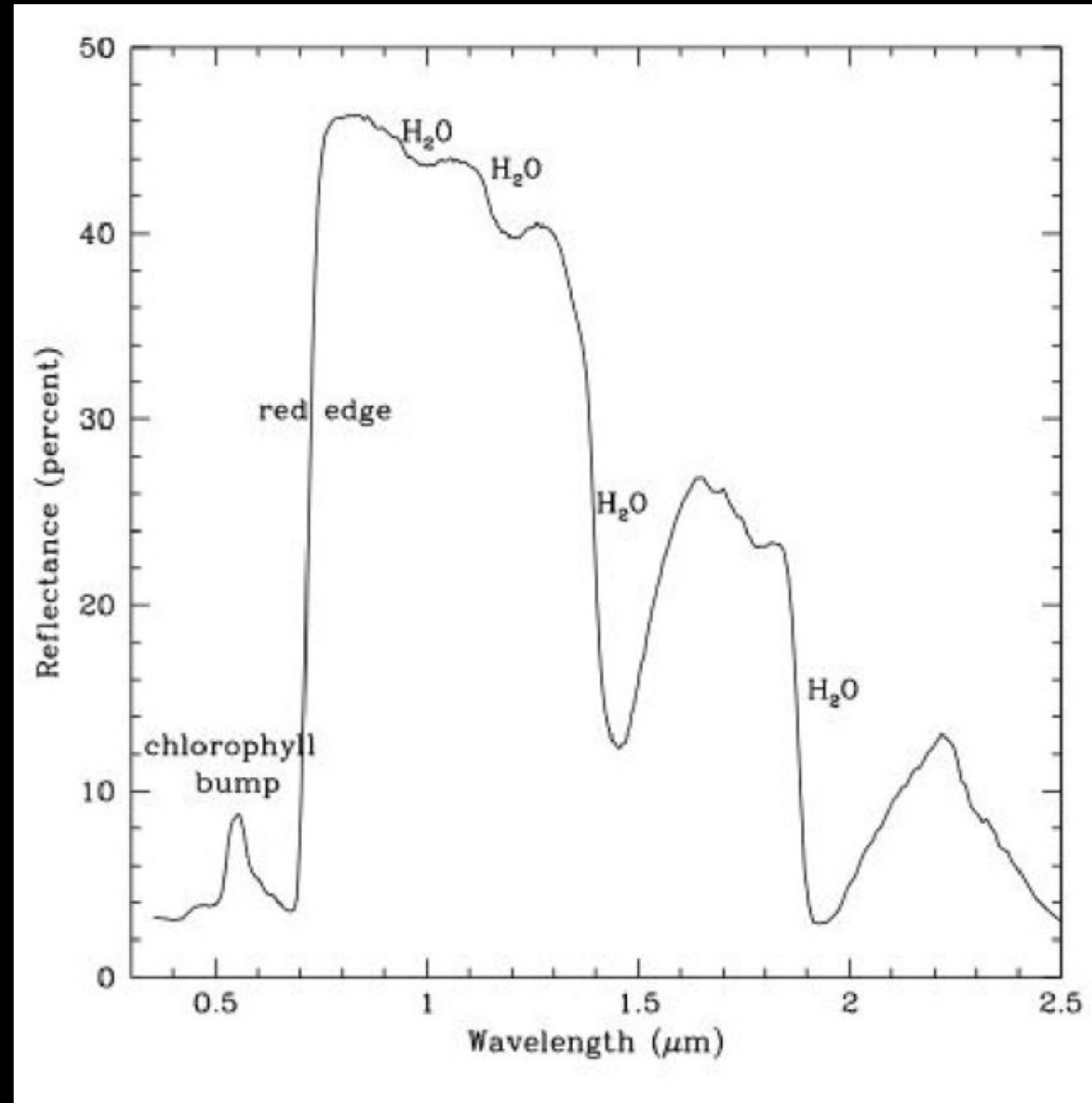


# Habitabilité - biosignatures



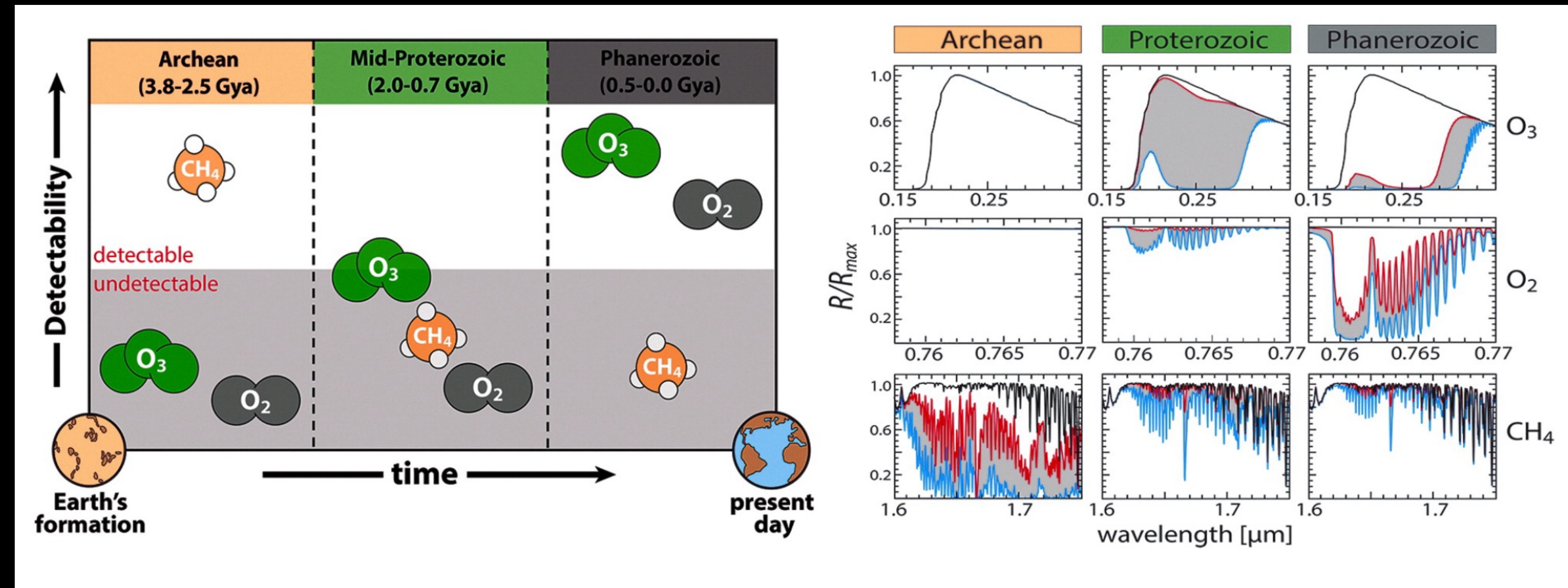
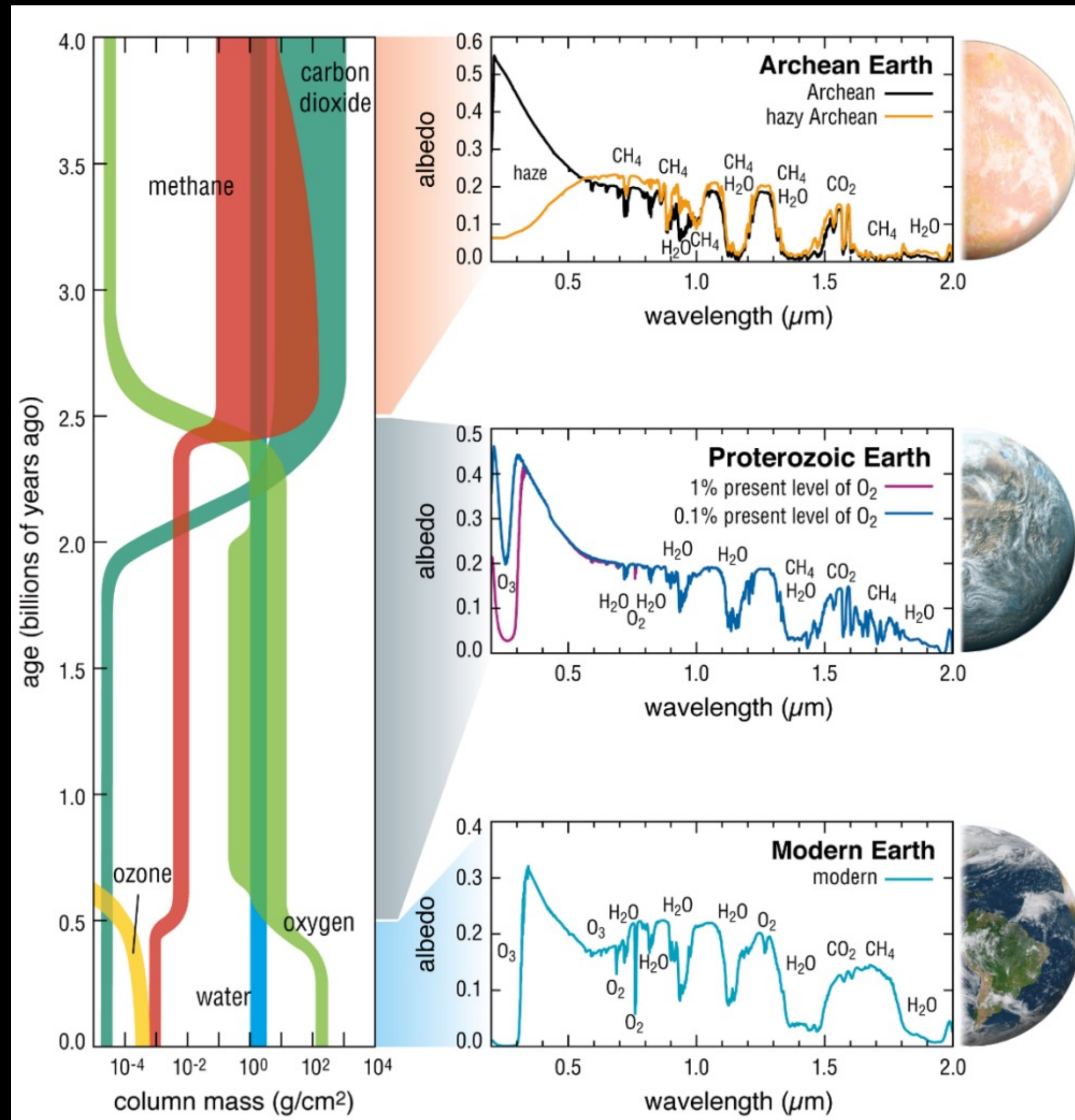


# Biosignatures





# Biosignatures - Faux positifs et faux négatifs



Kite & Shaefer



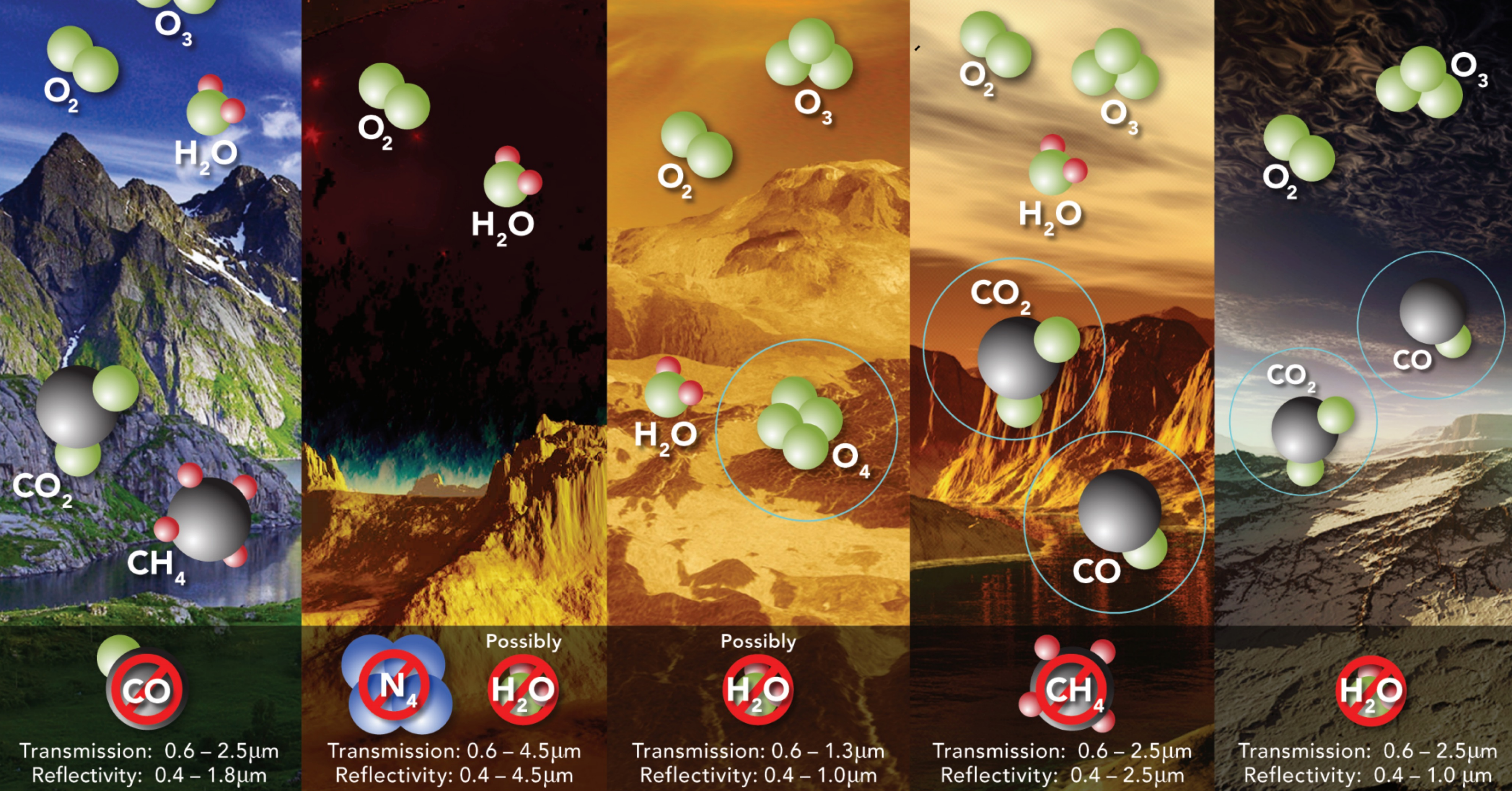
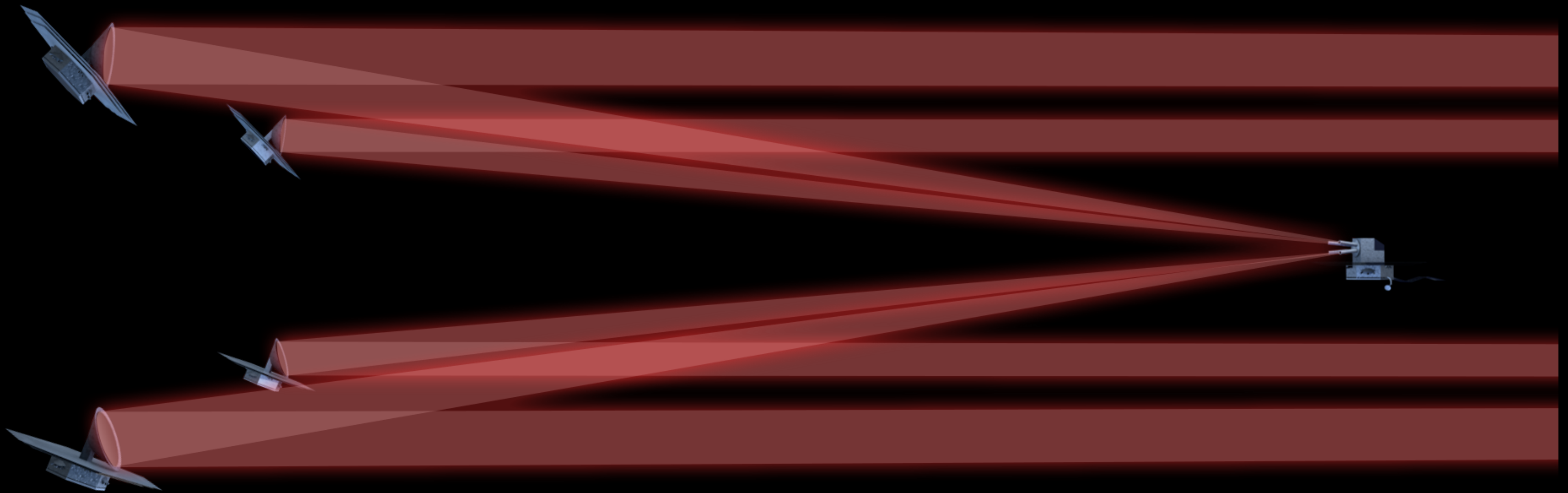


Figure Credit: Hasler/Meadows/Domagal-Goldman



# Futur : LIFE (The Large Interferometer for Exoplanets )



**Warm Jupiter**  
G star at 10 pc  
'solar' PH<sub>3</sub>  
~1h

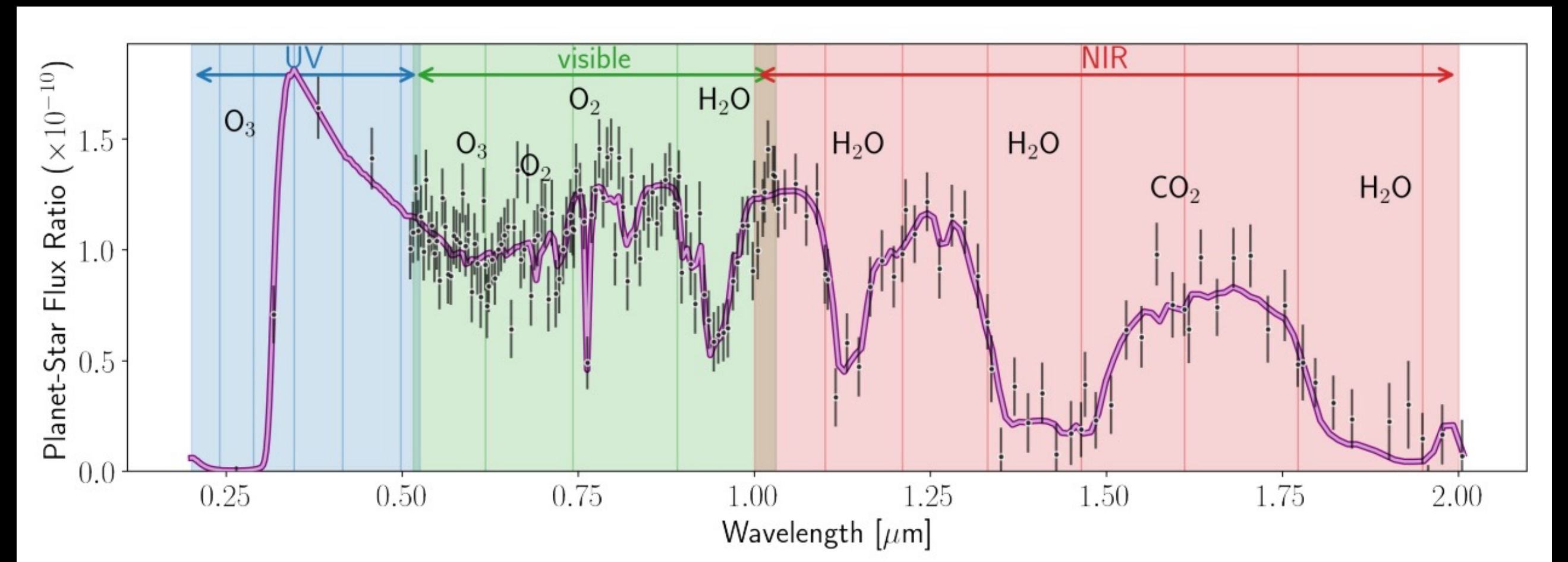
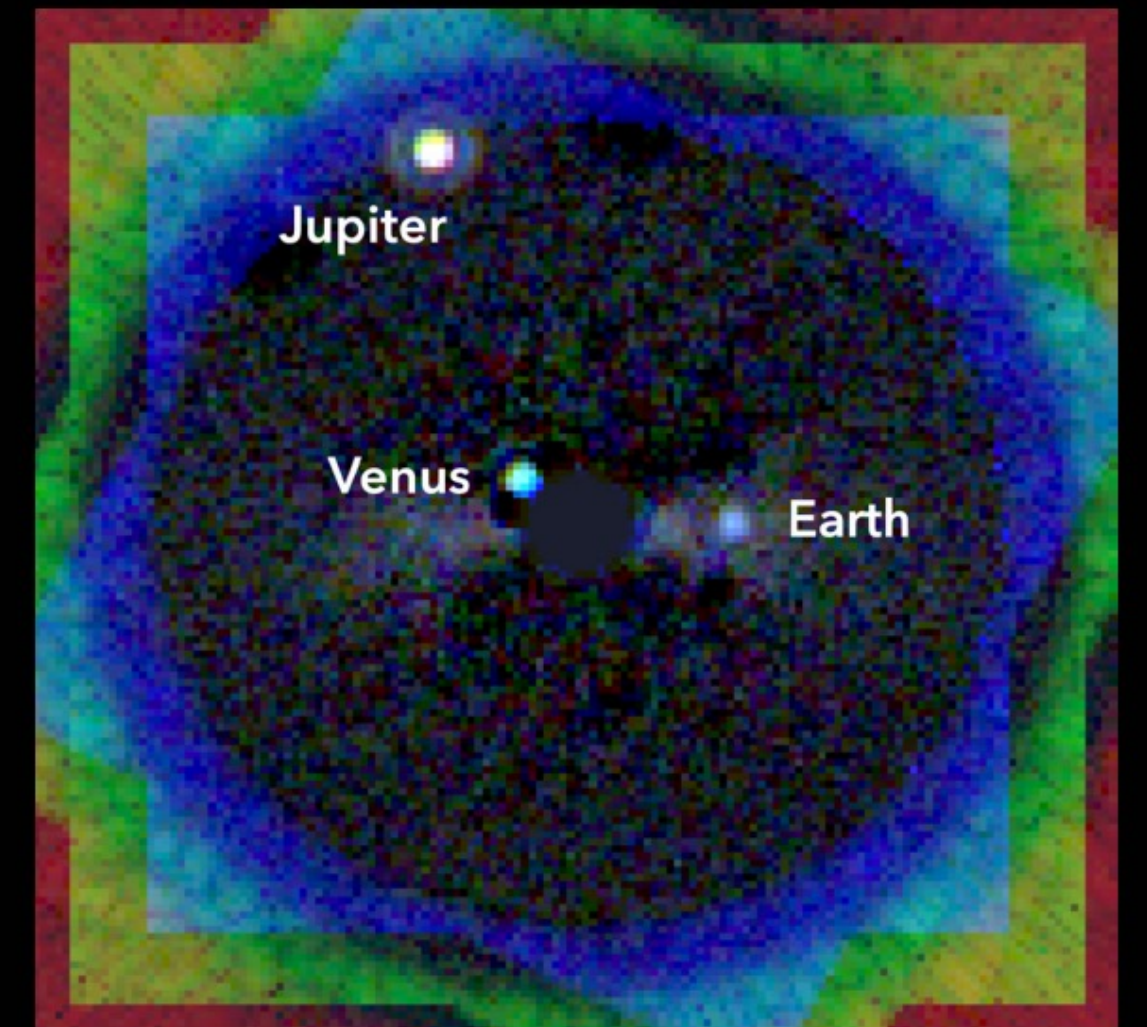
**Super Earths**  
M star at 5pc  
CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> - dominated  
~10h

**Venus Twin**  
G star at 10pc  
up to 300 ppm PH<sub>3</sub>  
>100h



# Futur : HWO (Habitable Worlds Observatory)

FIND EARTH-LIKE WORLDS AND  
SEARCH FOR SIGNS OF LIFE





À faire : 1) Recommandation : Chaîne YouTube Sciences  
Étonnantes - Astrobiologie

2) Regarder les vidéos Astrobio éducation :  
<https://astrobioeducation.org/fr/>

3) Site web de la Société Française d'Exobiologie:  
<https://exobiologie.fr/>