

10A001 - ASTRONOMIE GÉNÉRALE

La Terre, une planète vivante dans le cosmos

13. La vie ailleurs ?

9 décembre 2025

<https://mediaserver.unige.ch/play/290616>

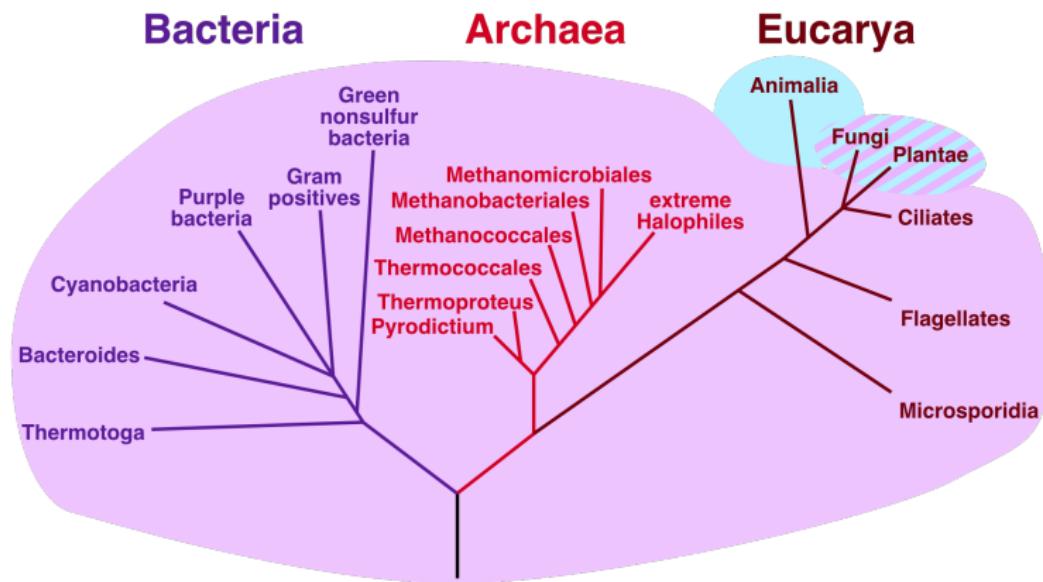


Sylvia Ekström
Département d'Astronomie
Université de Genève



Formes de vie

Même si les multicellulaires nous semblent très important, ils sont un détail de l'évolution



Toutes les bactéries, toutes les archées, et la majorité des eucaryotes sont unicellulaires



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

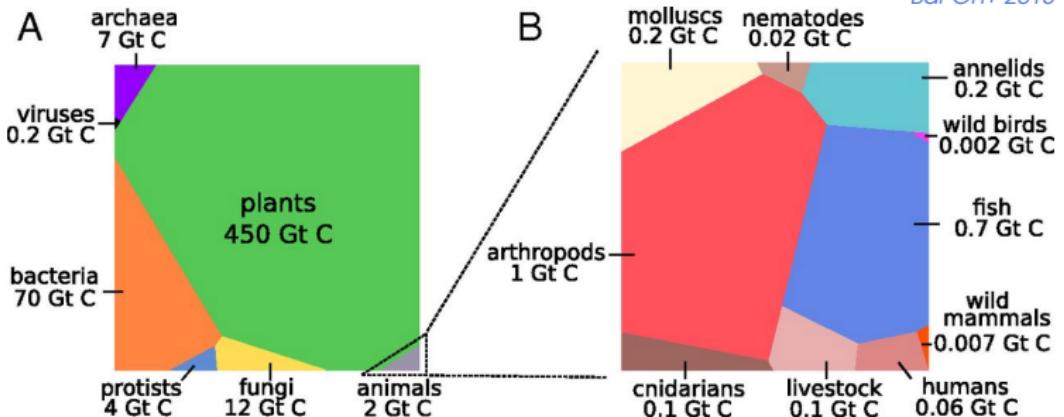
La vie ailleurs

Programme

Références

Biomasse

En terme de biomasse, les plantes écrasent tout sous leurs troncs (70% inerte)



et les humains pèsent moins lourds que leurs animaux d'élevage...



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Déetectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références

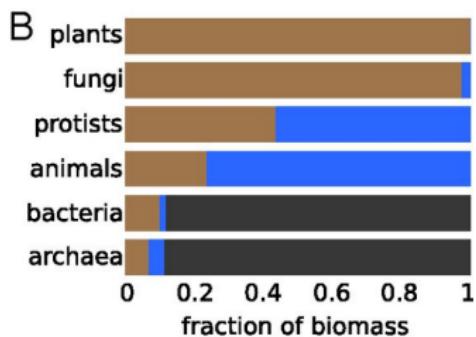
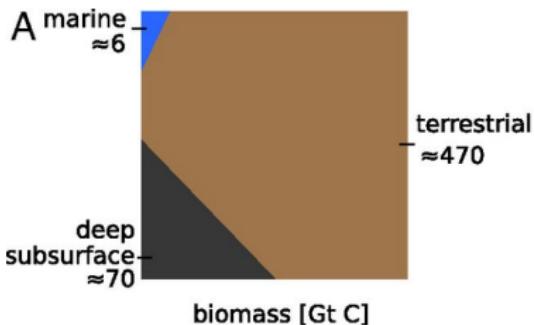
Biomasse



Trois grands réservoirs de biomasse :

- réservoir marin, 1%
- réservoir terrestre, 86%
- réservoir profond, 14% (sédiments marins, croûte océanique, substrat terrestre profond >8m)

Bar-On+ 2018



■ terrestrial
■ marine
■ deep subsurface

13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

La vie ailleurs

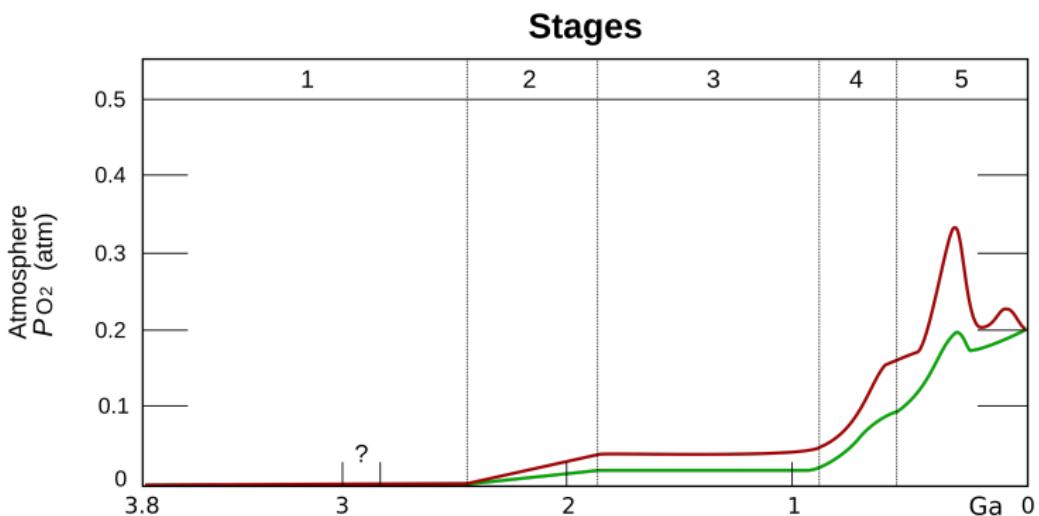
Programme

Références

Emission de biosignatures

Pour être observées depuis une autre planète, les biosignatures doivent arriver dans l'atmosphère

Vie terrestre : **oxygène**, méthane



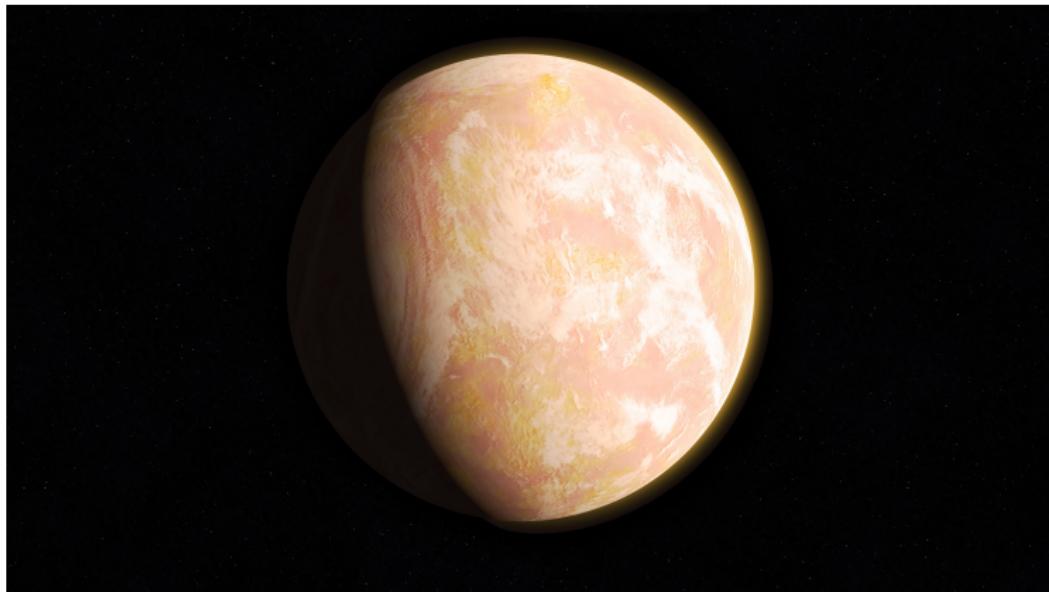
Longue période où la vie n'est pas détectable

La photosynthèse n'est pas un impératif évolutif, formes primitives non-oxygéniques *Beatty+ 2005; Fischer+ 2016; Martin+ 2018*



A pale orange dot

Simulations de la Terre durant l'Archéen : un point orange pâle



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références

Atmosphère anoxique, brouillard d'hydrocarbures par UV photolyse du méthane (CH_4)

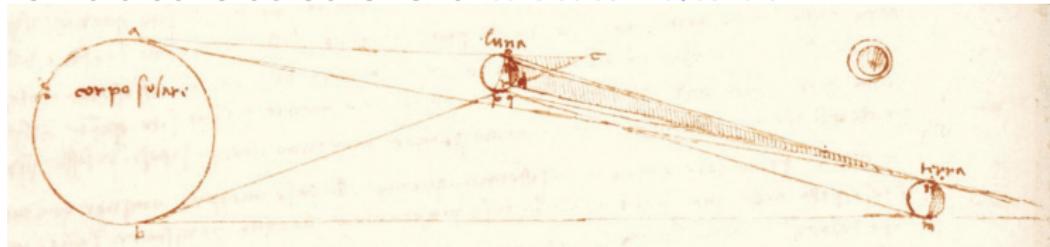
Protection contre les UV solaires, refroidissement global mais la Terre reste habitable [Arney+ 2016](#)

Observer la Terre comme une exoplanète

Les satellites en orbite sont trop proches : ils ne voient qu'un bout de la Terre

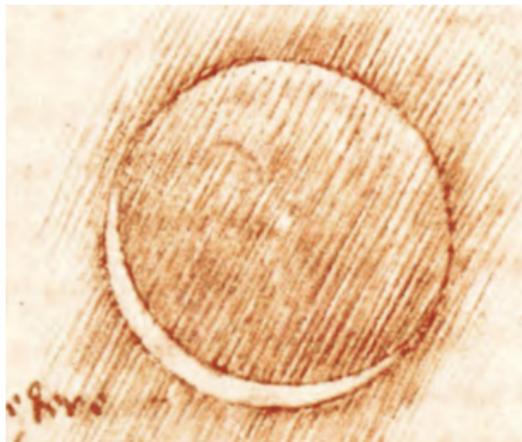
Comment observer la Terre comme si c'était une exoplanète ?

Lumière cendrée de la Lune *Leonardo da Vinci, ca 1510*



Intégration de l'hémisphère visible

Variations selon la configuration, les nuages, ...



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

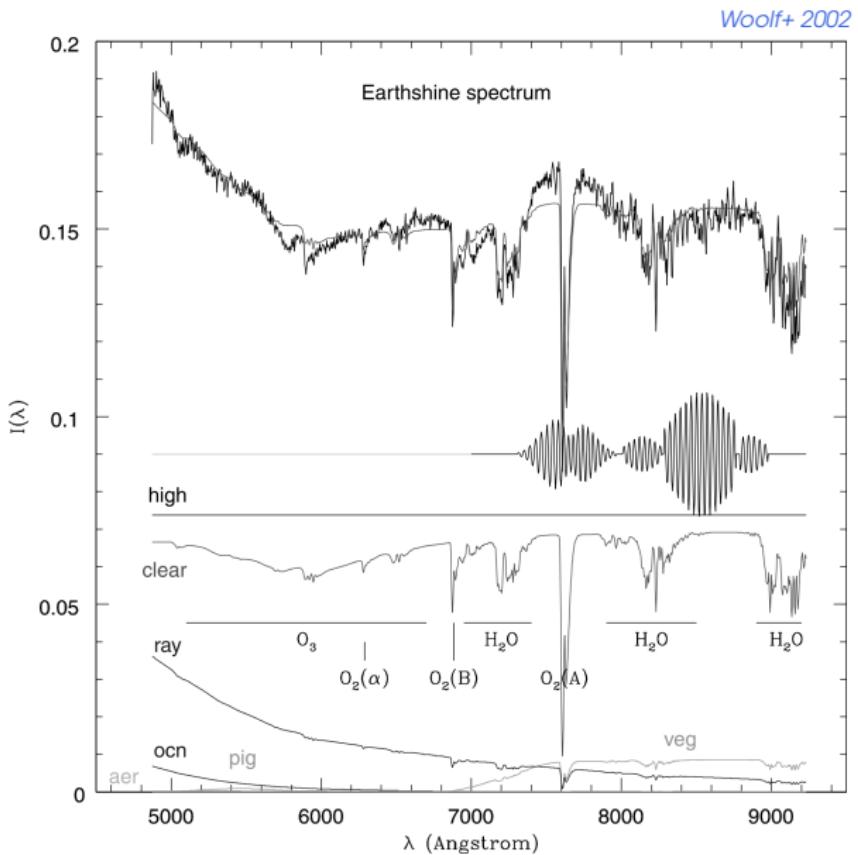
La vie ailleurs

Programme

Références

Observer la Terre comme une exoplanète

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références

Biosignatures

Définition d'une biosignature :

objet, substance et/ou motif dont l'origine nécessite spécifiquement un agent biologique

La Terre, une planète vivante dans le cosmos



13. La vie ailleurs ?

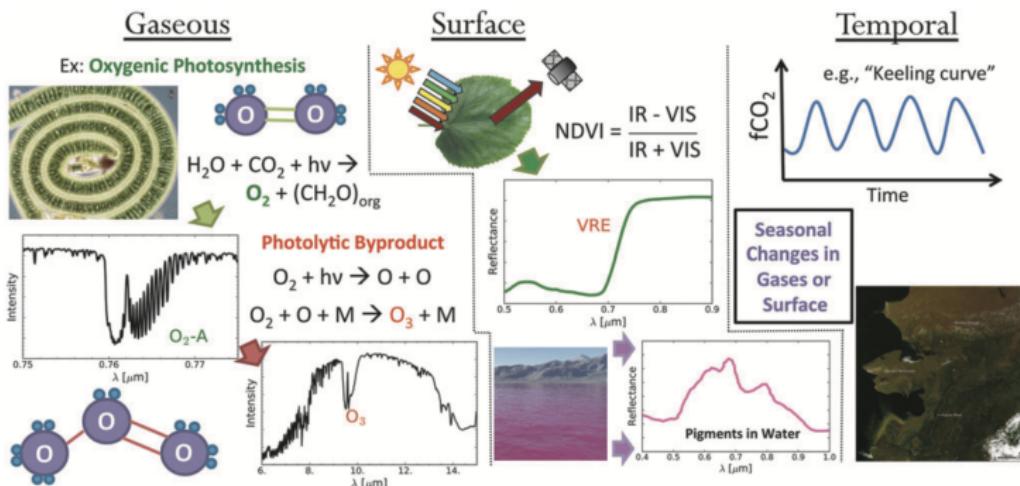
La vie sur Terre

Détectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références

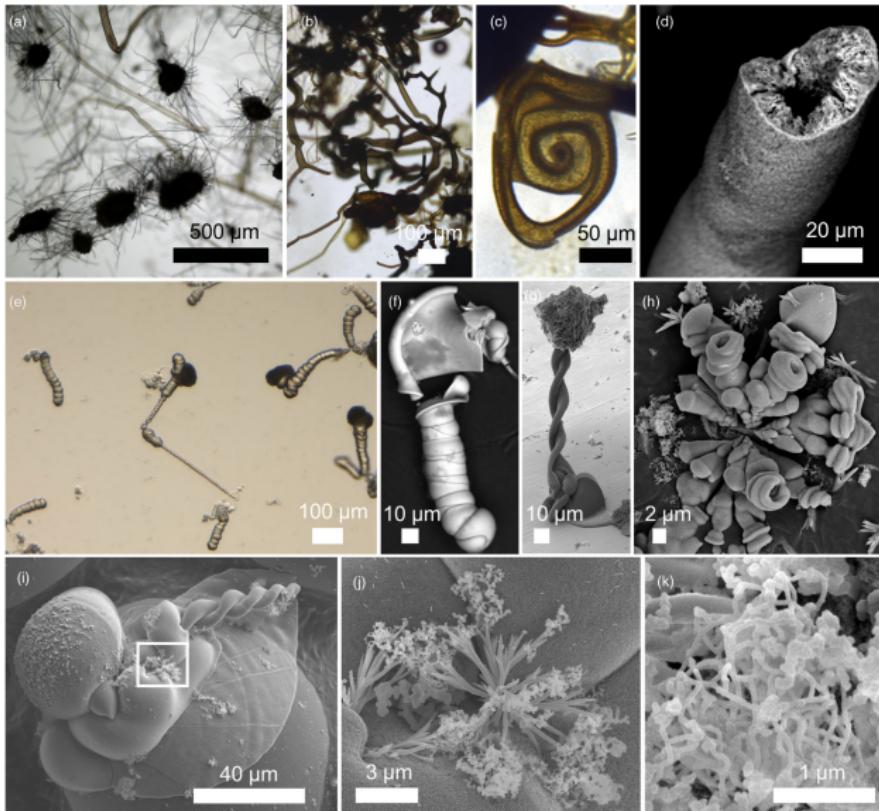


Déséquilibre chimicothermique

Le cas de Mars

Selon les conditions physico-chimiques, création de biomorphes

McMahon & Cosmidis 2022



La Terre, une planète
vivante dans le
cosmos



13. La vie ailleurs ?

[La vie sur Terre](#)

[Déetectabilité](#)

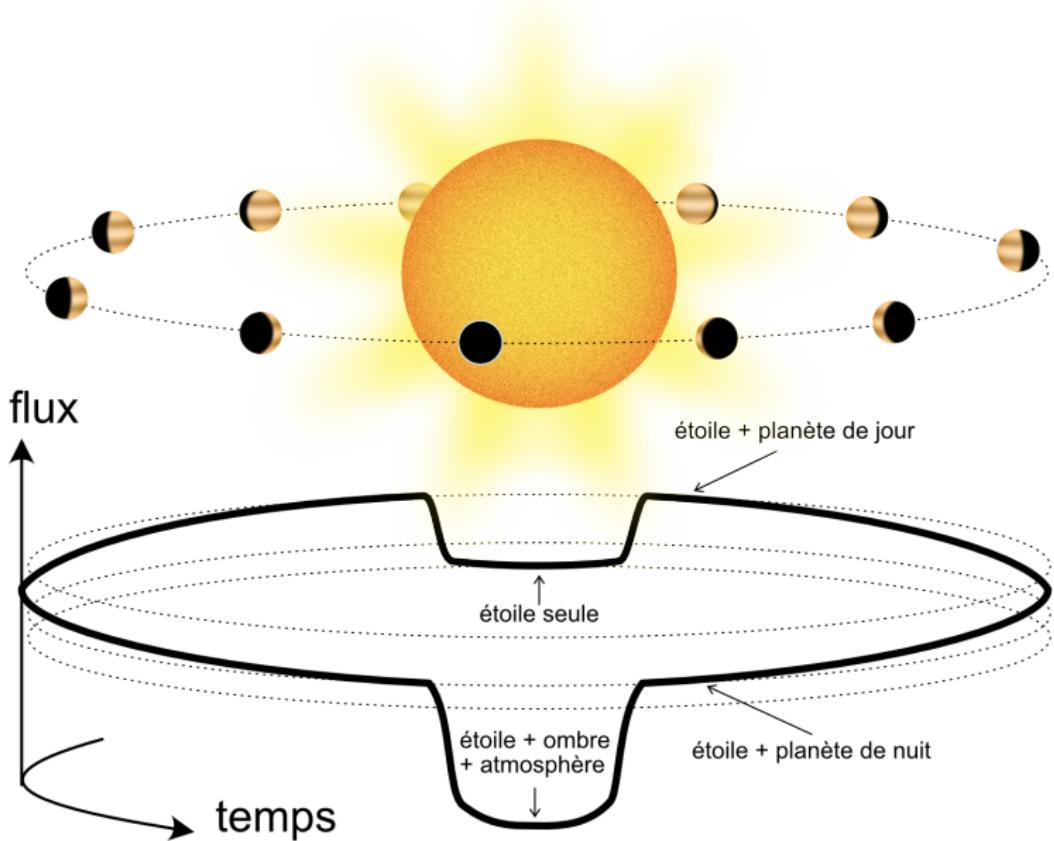
[La vie ailleurs](#)

[Programme](#)

[Références](#)

Analyser l'atmosphère d'une exoplanète

Exoplanètes en transit : spectroscopie multi-époque



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



13. La vie ailleurs ?

[La vie sur Terre](#)

[Déetectabilité](#)

[La vie ailleurs](#)

[Programme](#)

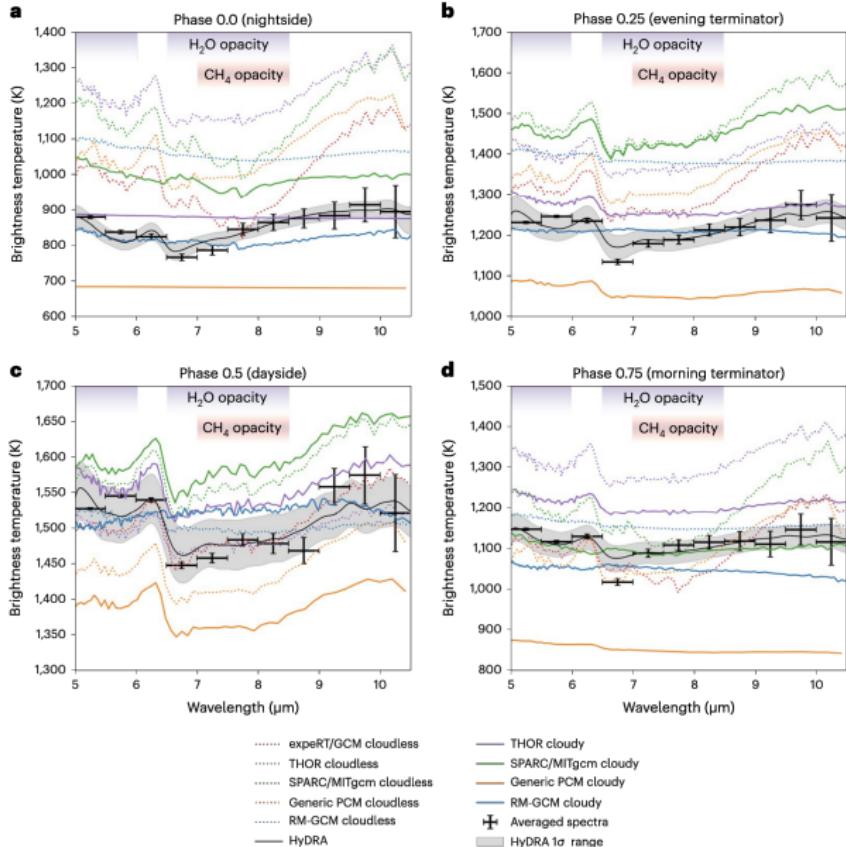
[Références](#)

Spectroscopie de phase

Climats exoplanétaires

La Terre, une planète vivante dans le cosmos

Bell+ 2024



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Déetectabilité

La vie ailleurs

Programme

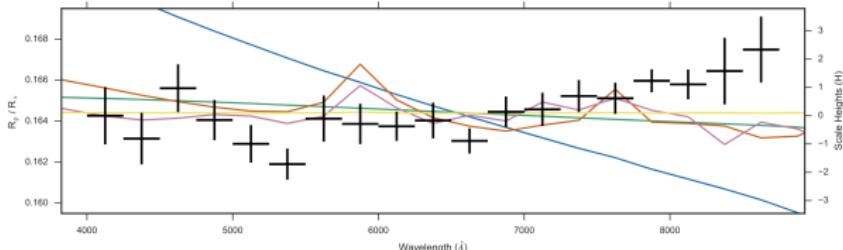
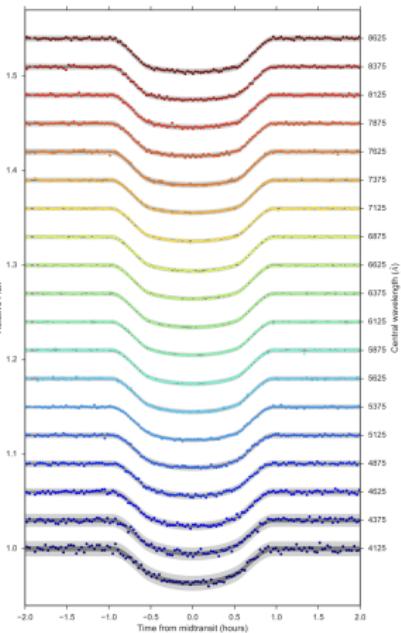
Références

Spectroscopie de transmission

Selon la longueur d'onde, la planète n'a pas le même rayon

Indications sur la composition de l'atmosphère, voire même sur sa stratification chimique

Louden+ 2017



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Déetectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références

1 Habitabilité

Comprendre la nature et la répartition des environnements habitables dans l'univers. Déterminer le potentiel des planètes habitables au-delà du Système solaire et caractériser celles qui sont observables.

- Formation et évolution des planètes habitables
- Observations astronomiques indirectes et directes d'exoplanètes habitables

2 Conditions d'émergence de la vie

Déterminer les environnements habitables passés ou présents, la chimie prébiotique et les signes de vie ailleurs dans notre système solaire. Déterminer l'histoire de tout environnement contenant de l'eau liquide, des composants chimiques et des sources d'énergie susceptibles d'avoir permis le maintien de systèmes vivants. Explorer les matériaux de la croûte terrestre et les atmosphères planétaires à la recherche de toute preuve de vie passée et/ou présente.

- Exploration de Mars
- Exploration du Système solaire externe



③ Emergence de la vie

Comprendre comment la vie émerge à partir de précurseurs cosmiques et planétaires. Mener des recherches observationnelles, expérimentales et théoriques afin de comprendre les principes physiques et chimiques généraux qui sous-tendent les origines de la vie.

- Sources de matériaux prébiotiques et de catalyseurs
- Origines et évolution des biomolécules fonctionnelles
- Origines de la transduction énergétique
- Origines de la cellularité et des systèmes protobiologiques

④ Lien géologie – biologie

Comprendre comment la vie sur Terre et son environnement planétaire ont coévolué au cours des temps géologiques.

Étudier les relations évolutives entre la Terre et son biote en intégrant les données issues des sciences de la Terre et des sciences de la vie qui montrent comment la vie a évolué, réagi aux changements environnementaux et modifié les conditions environnementales à l'échelle planétaire.

- La biosphère primitive de la Terre
- Production de vie complexe
- Effets des événements extraterrestres sur la biosphère

13. La vie ailleurs ?

[La vie sur Terre](#)

[Déetectabilité](#)

[La vie ailleurs](#)

[Programme](#)

[Références](#)



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références

5 Mécanismes de l'évolution

Comprendre les mécanismes évolutifs et les limites environnementales de la vie. Déterminer les mécanismes moléculaires, génétiques et biochimiques qui contrôlent et limitent l'évolution, la diversité métabolique et l'acclimatation de la vie.

- Évolution moléculaire dépendante de l'environnement chez les micro-organismes
- Coévolution des communautés microbiennes
- Adaptation biochimique à des environnements extrêmes

6 Evolution de la biosphère

Comprendre les principes qui façonnent l'avenir de la vie, tant sur Terre qu'au-delà. Élucider les facteurs et les effets du changement de l'écosystème microbien afin de prévoir les changements futurs à des échelles de temps allant de quelques décennies à des millions d'années, et explorer le potentiel de survie et d'évolution de la vie microbienne dans des environnements au-delà de la Terre, en particulier en ce qui concerne les aspects pertinents pour la politique spatiale américaine.

- Effets des changements environnementaux sur les écosystèmes microbiens
- Adaptation et évolution de la vie au-delà de la Terre

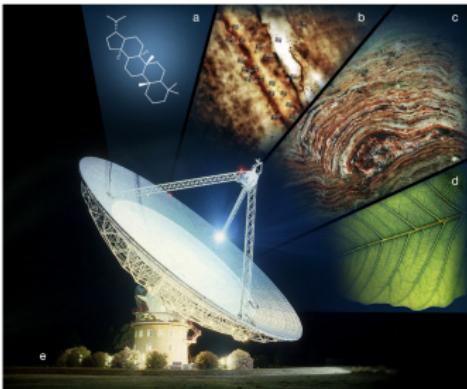
NASA : Roadmap pour l'astrobiologie IV

La Terre, une planète vivante dans le cosmos

7 Biosignatures

Déterminer comment reconnaître les signatures de la vie sur d'autres mondes et sur la Terre primitive. Identifier les biosignatures qui peuvent révéler et caractériser la vie passée ou présente dans des échantillons anciens provenant de la Terre, des échantillons extraterrestres mesurés in situ ou ramenés sur Terre, et des atmosphères et surfaces planétaires mesurées à distance. Identifier les biosignatures de technologies lointaines.

- Biosignatures à rechercher dans les matériaux du système solaire
- Biosignatures à rechercher dans les systèmes planétaires proches



13. La vie ailleurs ?

La vie sur Terre

Détectabilité

La vie ailleurs

Programme

Références

CoLD SCALE

Echelle de confiance pour la détection de la vie



d'après Green+ 2021

Pas sûr que tout le monde y grimpera...



13. La vie ailleurs ?

[La vie sur Terre](#)

[Déetectabilité](#)

[La vie ailleurs](#)

[Programme](#)

[Références](#)

La semaine prochaine

La Professeure Emeline Bolmont vous présentera les projets de recherche du [Centre pour la Vie dans l'Univers](#)



La Terre, une planète vivante dans le cosmos



13. La vie ailleurs ?

[La vie sur Terre](#)

[Déetectabilité](#)

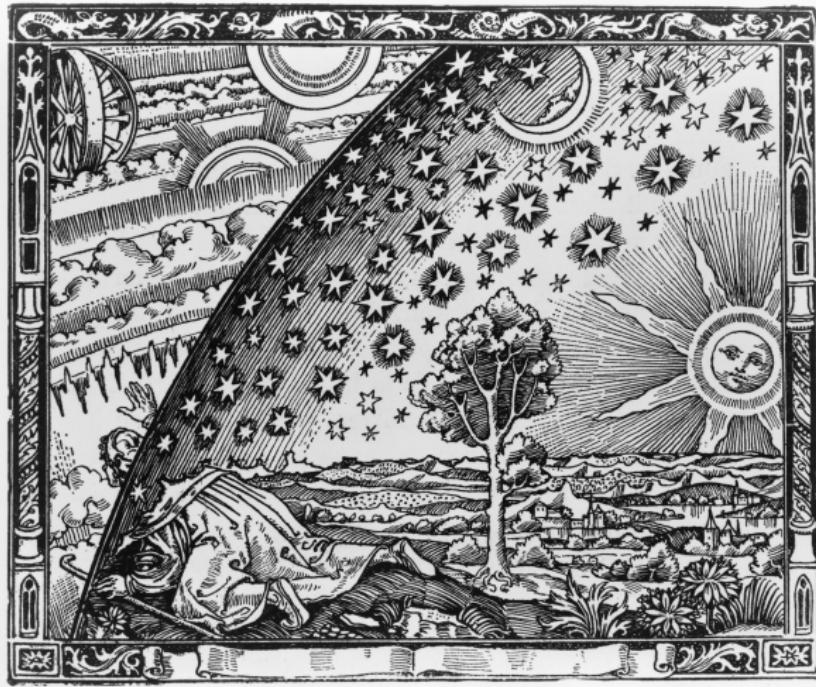
[La vie ailleurs](#)

[Programme](#)

[Références](#)

L'ASTRONOMIE PAR CEUX ET CELLES QUI L'ONT FAITE

À travers la vie de quelques astronomes, nous voyagerons dans le temps et l'espace pour découvrir les objets célestes et l'histoire de notre compréhension à leur sujet.



13. La vie ailleurs ?

[La vie sur Terre](#)

[Déetectabilité](#)

[La vie ailleurs](#)

[Programme](#)

[Références](#)

Références I

- Arney, Domagal-Goldman, Meadows et al. 2016, *Astrobiology*, 16, 873 (ADS)
- Bar-On, Phillips, & Milo 2018, *Proceedings of the National Academy of Science*, 115, 6506 (ADS)
- Beatty, Overmann, Lince et al. 2005, *Proceedings of the National Academy of Science*, 102, 9306 (ADS)
- Bell, Crouzet, Cubillos et al. 2024, *Nature Astronomy*, 8, 879 (ADS)
- Des Marais, Nuth, Allamandola et al. 2008, *Astrobiology*, 8, 715 (ADS)
- Fischer, Hemp, & Johnson 2016, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 44, 647 (ADS)
- Green, Hoehler, Neveu et al. 2021, *Nature*, 598, 575 (ADS)
- Louden, Wheatley, Irwin, Kirk, & Skillen 2017, *MNRAS*, 470, 742 (ADS)
- Martin, Bryant, & Beatty 2018, *FEMS Microbiology Reviews*, 42, 205 (ADS)
- McMahon & Cosmidis 2022, *Journal of the Geological Society*, 179, jgs2021 (ADS)
- Schwieterman, Kiang, Parenteau et al. 2018, *Astrobiology*, 18, 663 (ADS)
- Woolf, Smith, Traub, & Jucks 2002, *ApJ*, 574, 430 (ADS)