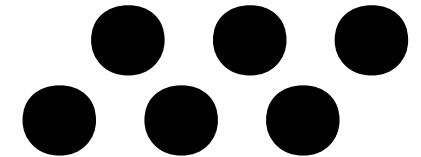


Définir l'exobiologie : méthodes et structuration d'un domaine interdisciplinaire

Hervé Cottin
herve.cottin@lisa.ipsl.fr

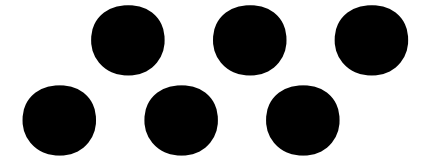




François Raulin
1944-2026

Définir l'exobiologie : méthodes et structuration d'un domaine interdisciplinaire

Hervé Cottin
herve.cottin@lisa.ipsl.fr



Définir l'exobiologie : méthodes et structuration d'un domaine interdisciplinaire

- **Grand écart entre certitude statistique et solitude cosmique**
- **Le malentendu de l'évidence : fixer les limites de l'exobiologie**
- **Le paradoxe de l'exobiologiste**
- **Structuration, programmes, pour faire de l'exobiologie**

Février 2023



JEAN-PIERRE
BIBRING

SEULS DANS L'UNIVERS

De la diversité des mondes à l'unicité de la vie

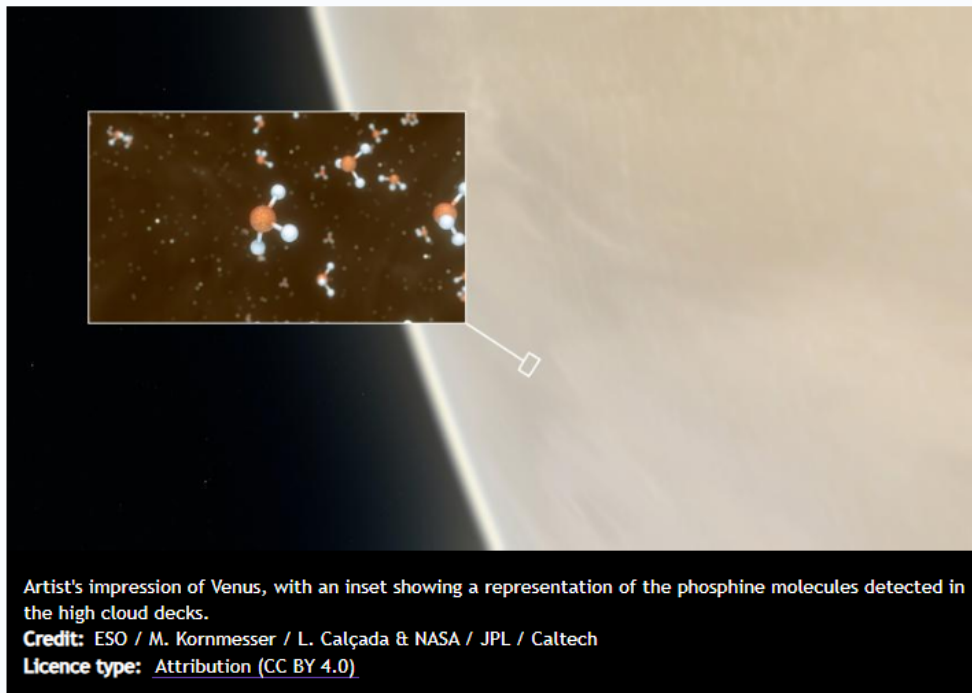


« Aucun argument solide ne nous permet d'affirmer que ce que nous appelons "vivant" existe ailleurs que sur ce minuscule îlot cosmique et vagabond qu'est la Terre. »

Sept 2022

14 septembre 2020

| Hints of life on Venus



An international team of astronomers, led by [Professor Jane Greaves](#) of [Cardiff University](#), today announced the discovery of a rare molecule - [phosphine](#) - in the clouds of Venus. [On Earth, this gas is only made industrially, or by microbes that thrive in oxygen-free environments.](#)



Jim Bridenstine  @JimBridenstine · 1h

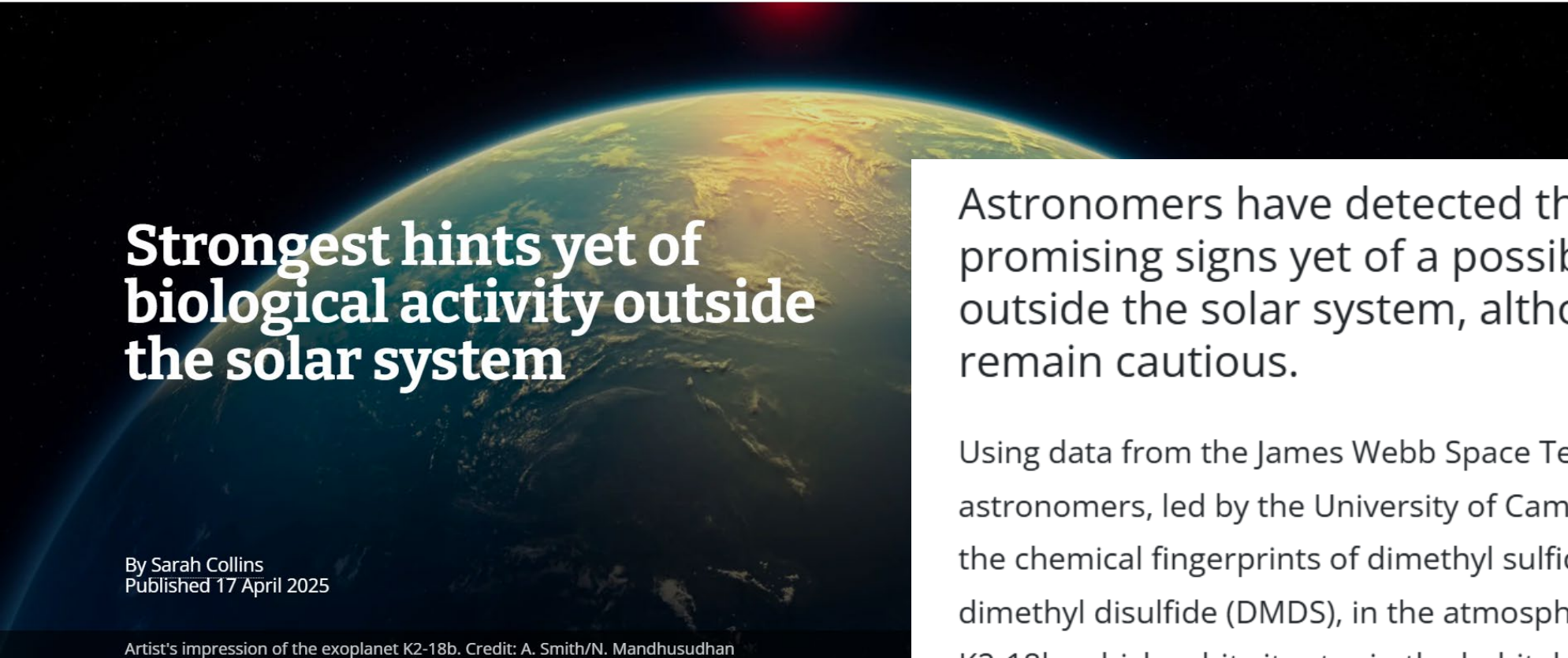
Life on Venus? The discovery of phosphine, a byproduct of anaerobic biology, is the most significant development yet in building the case for life off Earth. About 10 years ago NASA discovered microbial life at 120,000ft in Earth's upper atmosphere. It's time to prioritize Venus.



Royal Astronomical Society @RoyalAstroSoc · 6h

We have detected a gas called "phosphine" in the atmosphere of Venus, says @jgreaves6. This could point to the presence of life in the clouds of Venus. Their study is published in the journal Nature Astronomy and will be free to access today. #VenusNews





Strongest hints yet of biological activity outside the solar system

By Sarah Collins
Published 17 April 2025

Artist's impression of the exoplanet K2-18b. Credit: A. Smith/N. Mandhusudhan

Communiqué de presse
Conférence de presse

17 avril 2025

Astronomers have detected the most promising signs yet of a possible biosignature outside the solar system, although they remain cautious.

Using data from the James Webb Space Telescope (JWST), the astronomers, led by the University of Cambridge, have detected the chemical fingerprints of dimethyl sulfide (DMS) and/or dimethyl disulfide (DMDS), in the atmosphere of the exoplanet K2-18b, which orbits its star in the habitable zone.

On Earth, DMS and DMDS are only produced by life, primarily microbial life such as marine phytoplankton. While an unknown chemical process may be the source of these molecules in K2-18b's atmosphere, the results are the strongest evidence yet that life may exist on a planet outside our solar system.

Définir l'exobiologie : méthodes et structuration d'un domaine interdisciplinaire

- Grand écart entre certitude statistique et solitude cosmique
- **Le malentendu de l'évidence : fixer les limites de l'exobiologie**
- Le paradoxe de l'exobiologiste
- Structuration, programmes, pour faire de l'exobiologie

Définition

L'exobiologie a pour objet l'étude de la vie dans l'univers.

Plus précisément, elle inclut :

- l'étude des **conditions** et des **processus** qui ont permis **l'émergence du vivant** sur notre planète, et ont pu ou pourraient le permettre ailleurs,
- **l'étude de l'évolution de la matière organique** vers des structures complexes dans l'univers,
- et les recherches qui concernent la **distribution de la vie** sous toutes les formes qu'elle pourrait revêtir, et son **évolution**.



☰ Exobiologie

🌐 7 langues ▼

Article Discussion

Lire Modifier Modifier le code Voir l'historique Outils ▼

⚠ *Ne doit pas être confondu avec [xénobiologie](#).*

L'**exobiologie** (ou **astrobiologie**) est une [science interdisciplinaire](#) qui a pour objet l'étude des facteurs et processus, notamment [géochimiques](#) et [biochimiques](#), pouvant mener à l'[apparition de la vie](#), d'une manière générale, et à son [évolution](#)¹.

Ceci s'applique aussi bien à l'émergence de la vie sur Terre, il y a 3 à 4 milliards d'années, qu'à la possibilité de vie ailleurs dans le [Système solaire](#), voire sur d'éventuelles [exoplanètes](#) (ou planètes extrasolaires) ou autre. Elle s'attache à rechercher d'éventuels processus présidant à l'évolution de la [matière organique](#) simple ([biomolécules](#) : chaînes [peptidiques](#), [nucléiques](#) ou [lipidiques](#)) vers des structures plus complexes (premières [cellules](#), premiers systèmes génétiques, etc.) autant que d'éventuelles traces ou possibilité de vie sur d'autres astres connaissant des environnements radicalement différents du nôtre.

Une profonde interaction entre des domaines aussi divers que la [physique](#), la [chimie organique](#) et inorganique, la [biochimie](#), la [biologie cellulaire](#), la [climatologie](#), la [géochimie](#), la [planétologie](#) et la modélisation informatique (pour ne citer que ceux-là) est donc indispensable pour tenter d'appréhender les processus en œuvre dans leur ensemble. Par extension, l'exobiologie concerne également la recherche de [vie extraterrestre](#) sous quelque forme que ce soit, y compris intelligente (programme [SETI](#)) s'il y a lieu, mais ce domaine reste très

Exobiologie



Rover martien de la [NASA](#).

Partie de [Astrobiologie](#) (en) ✎

Pratiqué par [Exobiologiste](#) (en) ✎

[modifier](#) - [modifier le code](#) - [modifier Wikidata](#)



Astrobiology

Article Talk

From Wikipedia, the free encyclopedia

(Redirected from [Exobiology](#))

"Exobiology" redirects here; not to be confused with [Bioastronautics](#) or [Xenobiology](#).

"Xenology" redirects here. For other uses, see [Xenology \(disambiguation\)](#).

Astrobiology (also **xenology** or **exobiology**) is a scientific field within the [life](#) and [environmental sciences](#) that studies the [origins](#), [early evolution](#), distribution, and future of [life](#) in the [universe](#) by investigating its deterministic conditions and contingent events.^[2] As a discipline, astrobiology is founded on the premise that life may exist beyond Earth.^[3]

Research in astrobiology comprises three main areas: the study of [habitable environments](#) in the [Solar System](#) and beyond, the search for planetary [biosignatures](#) of past or present extraterrestrial life, and the study of the [origin](#) and [early evolution](#) of life on Earth.

The field of astrobiology has its origins in the 20th century with the advent of [space exploration](#) and the discovery of [exoplanets](#). Early astrobiology research focused on the search for extraterrestrial life and the study of the potential for life to exist on other planets.^[2] In the 1960s and 1970s, NASA began its astrobiology pursuits within the [Viking program](#), which was the first US mission to land on Mars and search for [signs of life](#).^[4] This mission, along with other early space exploration missions, laid the foundation for the development of astrobiology as a discipline.



Histoire [[modifier](#) | [modifier le code](#)]

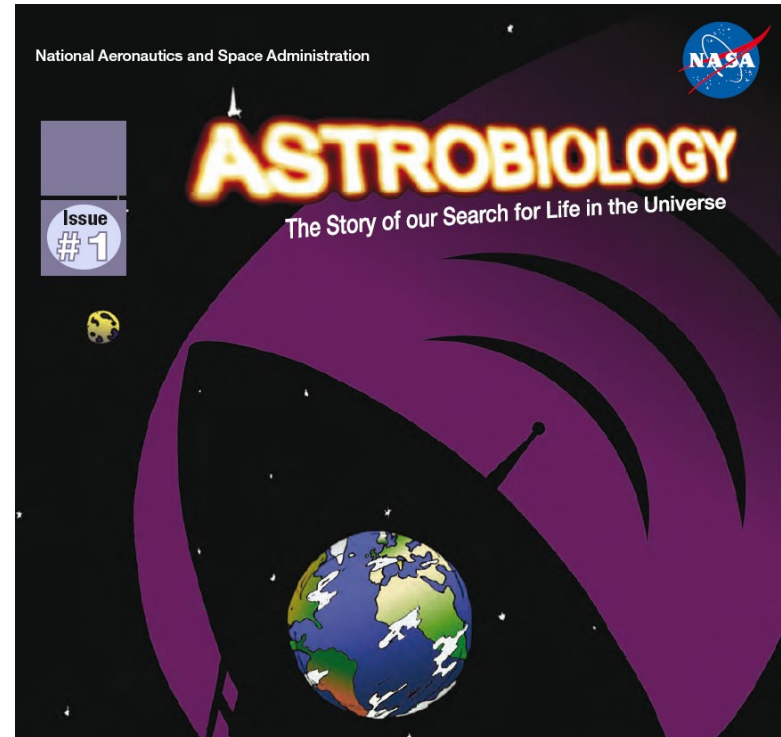
L'exobiologie est une [science interdisciplinaire](#), née à la fin du xx^e siècle, au croisement de l'[astronomie](#), de la [planétologie](#), de la [biologie](#), de la [géochimie](#) et de la [géophysique](#). Elle s'est développée dans le sillage des romans scientifiques comme ceux de [Jules Verne](#) et de la [science-fiction](#), dans le contexte des débuts de la [conquête spatiale](#). Elle est portée par la double ambition de mieux comprendre l'[origine de la vie](#) sur Terre et d'en rechercher les traces ailleurs dans l'Univers^[6]. Elle ne présuppose pas l'existence de vie extraterrestre, mais elle explore les conditions de son émergence, en s'appuyant sur des données issues de l'exploration spatiale, de l'étude des exoplanètes, de la chimie prébiotique, de la géobiologie terrestre et de la capacité des organismes à survivre dans des environnements extrêmes^[7].

Astrobiology (also **xenology** or **exobiology**) is a scientific field within the [life](#) and [environmental sciences](#) that studies the [origins](#), [early evolution](#), distribution, and future of [life](#) in the [universe](#) by investigating its deterministic conditions and contingent events.^[2] As a discipline, astrobiology is founded on the premise that life may exist beyond Earth.^[3]

Exobiology: Approaches to Life beyond the Earth



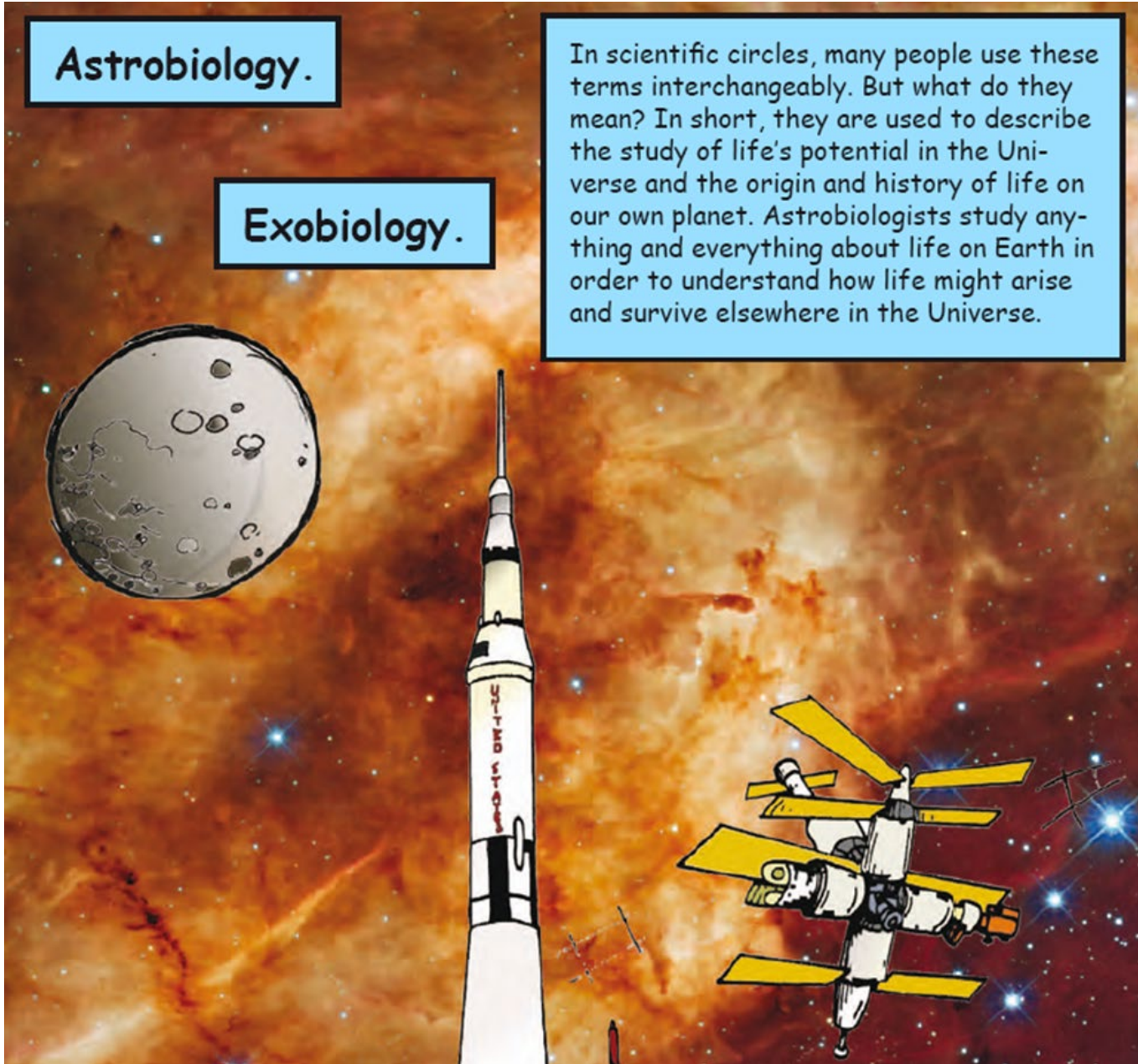
Joshua Lederberg



Astrobiology.

Exobiology.

In scientific circles, many people use these terms interchangeably. But what do they mean? In short, they are used to describe the study of life's potential in the Universe and the origin and history of life on our own planet. Astrobiologists study anything and everything about life on Earth in order to understand how life might arise and survive elsewhere in the Universe.



Google Books Ngram Viewer



Exobiology,Astrobiology,Bioastronomy,Cosmobiology

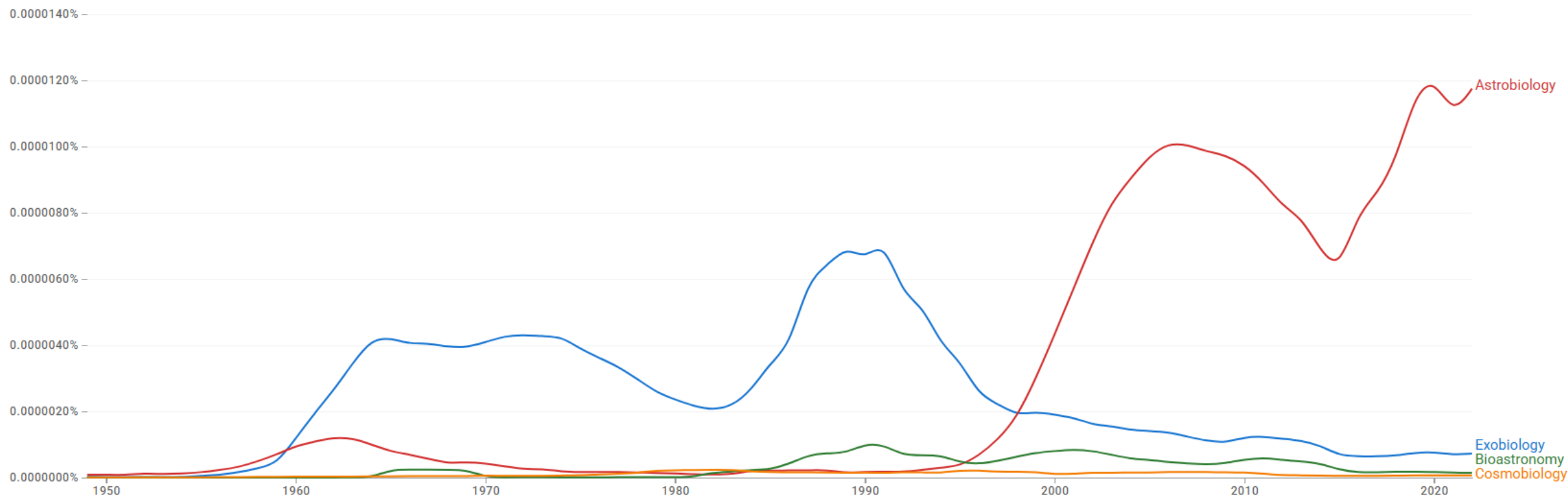


1949 - 2022 ▾

English ▾

Case-Insensitive

Smoothing of 2 ▾



Google Books Ngram Viewer

Q

Exobiologie,Astrobiologie,Bioastronomie,Cosmobiologie

X

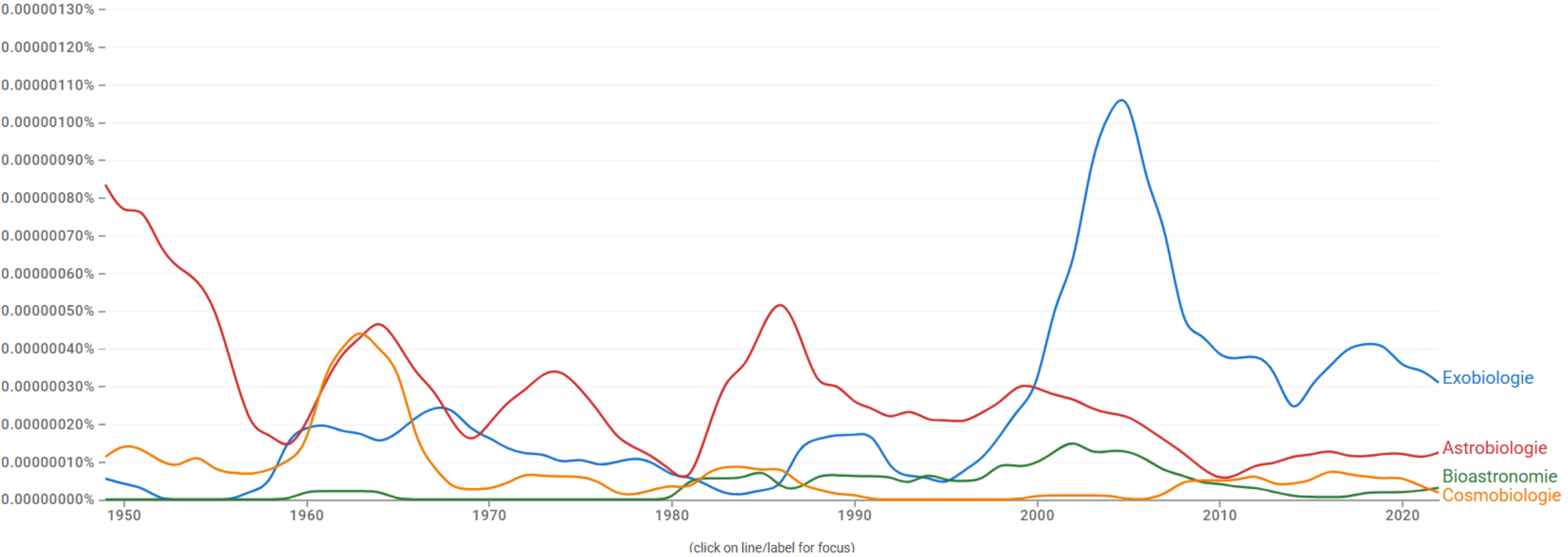
?

1949 - 2022 ▾

French ▾

Case-Insensitive

Smoothing of 2 ▾



A wide banner image for the Origins 2026 conference. It features a stylized landscape with a volcano on the left, the Eiffel Tower in the center, and a rocky horizon. The sky is filled with various scientific motifs: a DNA double helix, chemical hexagonal rings, celestial bodies like planets and moons, and a large glowing nebula. The year '2026' is visible in the center of the banner.

Origins 2026

6-10 Jul 2026 Paris (France)

ISSOL

The International Society
for the Study of the Origin of Life



INTERNATIONAL
ASTRONOMICAL
UNION

CONFERENCE > ABOUT

The scientific program of the conference is structured around **eight** thematic sessions:

Session 1. Formation and evolution of Earth and planetary systems

Session 2. Chemistry toward the origins of life: Formation of building blocks and polymers

Session 3. Computing, theory and AI-driven frontiers in Astrobiology

Session 4. Prebiotic functions and protocells

Session 5. Turning points in life evolution

Session 6. Early life and limits of life

Session 7. Searches for habitable environments and life: from Earth through Solar System to exoplanets

Session 8. History, philosophy, education and outreach in astrobiology and origins of life

ISSOL

The International Society for
the Study of the Origin of Life
– The International
Astrobiology Society

The term Astrobiology, though once outside the mainstream of scientific inquiry, was a formalized field of study as early as 1960, and in 1998 NASA established the Astrobiology Institute to perform research in astrobiology. Astrobiology became a global endeavor with international partners in Europe, Australia, Spain and England. In 2005 at the ISSOL meeting in Beijing, ISSOL determined that developments in interdisciplinary approaches of origin of life projects and the maturing Astrobiology discipline, provided an overlap in interest that needed to be reflected by ISSOL. The society voted and adopted the new name ISSOL – The International Astrobiology Society.



ISSOL
The International Society
for the Study of the Origin of Life



INTERNATIONAL
ASTRONOMICAL
UNION

Zellner, N. <i>The Moon as a Window to Earth's Early Days</i>	Sponer, J. <i>Enhanced RNA Formation Under Amine-Rich Local Atmospheres from 2',3'-Cyclic Nucleotides</i>
Boyet, M. <i>Isotopic heterogeneities within the inner Solar System and origin of the Earth-Moon system</i>	Briones, C. <i>Polymerization and replication of primordial RNA induced by clay-water interface dynamics</i>
Byrne, X. <i>The Barnard's Star Planetary System: interior structure and water capacity of four sub-Earth planets</i>	Braun, D. <i>Towards a geologically integrated RNA-based Origin of Life</i>
Confortini, G. <i>Thermodynamic modeling of carbon-bearing mineral phases and fluid in TNO interiors</i>	Fraccia, I. <i>High-yield nucleotide polymerization and RNA selection in coacervate microdroplets</i>
Delarue, C. <i>Metamorphic and density evolution of carbonaceous matter: A potential cometary composition of Titan</i>	Biondi, E. <i>Navigating Chemical Space: Alphabet Expansion in Evolving Nucleic Acid Catalysts</i>
Hirai, E. <i>Physical properties of synthetic insoluble organic matter under Titan interior conditions</i>	Dasgupta, S. <i>Evolving new ribozyme chemistries</i>
Eva Stüeken <i>What limited Earth's earliest biosphere?</i>	
Dora Tang <i>Coacervate Droplets as Protocell Models</i>	

Haghighipour, N. <i>Building Habitable Worlds: A First-Principles Approach</i>	Javaux, E. <i>Cellular paleobiology sheds light on major turning points in life evolution</i>
Flammini, F. <i>Shaping the Habitability of planets with N-body simulations</i>	Corne, A. <i>Phylogeny of reverse gyrase domains supports a non-hyperthermophilic LUCA</i>
Kral, Q. <i>A novel pathway for water delivery to terrestrial planets and exoplanets</i>	Lopez-Garcia, P. <i>The ecological context of eukaryogenesis: lessons from an early Proterozoic analog</i>
Beyssac, O. <i>Early Hydration of Mars: Mineralogical Evidence for Surface Liquid Water at the Dawn of Planetary Formation</i>	Luis, D. <i>Phylogenetic correlation between the Type IV Secretion System and HIP1 suggest an adaptation for horizontal gene transfer conserved at the phylum level</i>
Cousin, A. <i>Overview of the Mars2020/Perseverance mission at Jezero crater, Mars</i>	Kazuno, T. <i>Nonenzymatic Genetic Information Transfer from Acyclic Artificial Nucleic Acid L-aTNA to DNA: Toward a Pre-RNA World</i>
Landry, J. <i>Evolution of the Earth's Atmosphere as Recorded on the Moon</i>	Okita, H. <i>Chemical Replication and Transcription of L-Threonine-Derived Artificial Nucleic Acids for the Pre-RNA World</i>



**FRIDAY
4TH JULY**

Silfurberg Hall, Harpa

BEACON

2025 PROGRAMME

	Silfurberg Room 1			Silfurberg Room 2		
	Session 7a: Generation of complex molecules and nucleic acids and assembly of first cell compounds and cells Chair: John Brucato			Session 5b (cont.) : Habitability of rocky planets		
09:00 - 09:15	Valentine Megevand	Muséum National d'Histoire Naturelle	Abiotic phosphorylation of organic compounds: experimental investigations under Early Earth conditions	Dániel Apai	University of Arizona, US	A Terminology and Quantitative Framework for Assessing the Habitability of Solar System and Extraterrestrial Worlds
09:15 - 09:30	Valentin Moulay	University of Bordeaux, FR	Prebiotic chemistry in the primitive ocean: abiotic polymerization of amino acids under hydrothermal conditions	Amelia Hankinson-Wake	Mullard Space Science Centre, UK	An Investigation into Post-Main Sequence Habitability, Second Chance Solar Systems, and Titan Under a Red Sun
09:30- 09:45	Rosa Arenales	LMU Munich, DE	Detectability Study on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Exoplanet Atmospheres.	Philipp Baumeister	Freie Universität Berlin, DE	The influence of primary atmospheric composition on the long-term habitability of stagnant-lid planets
09:45 - 10:00	Natsumi Noda	ELSI, JP	Exploring Freeze-Thaw Cycles as a Driver of Genetic Complexity: Can Environmental Fluctuations Promote DNA Elongation?	Mathilde Houelle	University of Geneva, CH	Exploring the habitability of Earth-like exoplanets and their observability in reflected light with upcoming high-resolution spectrographs
10:00 - 10:15	Zsófia Meggyesi	LMU Munich, DE	Overcoming the error threshold in prebiotic replication networks	Siddhart Bhatnagar	University of Geneva, CH	Diving into exo-oceans: Implications for the climate and habitability of TRAPPIST-1e
10:15 - 10:30	Dieter Braun	LMU Munich, DE	Linking Geoscience to an RNA-centered Origin of Life	Zachary K. Garvin	Georgetown University, UK	Analysis of Mars analog soils and minerals via a modified benchtop MOMA-like LDI-MS

	Session 8a: Biosignatures for detection of early and extant life on Mars			Session 8b: Marine, salty and volcanic environments Chair: Oddur Vilhelmsson, Mickael Baque		
16:15 - 16:30	Marco Veneranda	Universidad de Valladolid, ES	Spectroscopic Evaluation of Wind-Driven Saltation's Impact on Organic Biosignature Preservation on Mars	Katharina Runzheimer	German Aerospace Centre, DE	The Life of a Halophile: Hypersaline Environments and their Microbial Residents
16:30 - 16:45	Damien Loizeau	Qualisat, Bièvres, FR	MicrOmega: detection and mapping of minerals and organic molecules on Mars	Pierre Vauclare	University Grenoble Alpes, FR	Study of chromosome organization in D. radiodurans and the halophilic archaea Halococcus under UV-C exposure, providing insights into microbial survival
16:45 - 17:00	Anais Roussel	Georgetown University, US	Laser Desorption Ionization MOMA Analog Instrument: the impact of mineralogy in biosignature detection	Jordan Walker	University of Miami, US	Paired metagenomics and metatranscriptomics reveal the microorganisms driving sulfur cycling in three meromictic, euxinic lakes
17:00 - 17:15	Louisa Preston	University College London, UK	Biosignature Stability under Simulated Martian Conditions: Implications for sample analysis by the Rosalind Franklin Rover	Diana Northup	University of New Mexico, US	Microbial Life Biosignatures in Earth's Extreme Lava Caves: Targets for Identifying Potential Extraterrestrial Life
17:15 - 17:30	Sebastian Gfeller	University of Orléans	From protocol to practice: Towards deciphering the role of biomolecules of chemolithoautotrophic archaea	Oddur Vilhelmsson	University of Akureyri, IS	Lava tubes as subsurface Mars analogues in Iceland
17:30 - 17:45	Niels Ligterink	Jet Propulsion Laboratory, US	The Next-Generation Life Marker Chip: A Photonic Biosensor for Space Exploration	Mickael Baque	German Aerospace Centre, DE	Multi spectral investigation of volcanic deposits in Vulcano, Italy, and the PETRAS campaign/summer school



Société Française d'Exobiologie

Jeudi 27 Novembre

9h – 10h40 : **Organismes extrêmophiles et limites de la vie / habitabilité (1) (Auditorium)** - *Chair : A. Cario*

9h – 9h40 : **Invited talk – Adrienne Kish (MNHN)**

9h40 – 10h : Andreas Elsaesser : « OREOCube and Exocube: Miniature Space Exposure Platforms for the ISS with In-Situ Analytics for Exobiology and Space Exploration ».

10h – 10h20: Océane Lazzeroni : « Culture of extremophilic microorganisms into Enceladus-like conditions: in search of biosignatures for future space missions ».

10h20 – 10h40: Elisa Ravaro : « Development of a Fluorescent Detection System to Analyze Cell Envelope Stability in Halophilic Archaea ».

10h40 – 11h : Pause-café (Haut Carré, Talence – Salle Badiane)

11h – 12h : **Organismes extrêmophiles et limites de la vie / habitabilité (2) (Auditorium)** - *Chair : G. Erauso*

11h – 11h40 : **Invited talk – Purification Lopez-Garcia (ESE)**

11h40 – 12h : Romain Coudray : « Adaptation mechanisms of Thermococcales in response to metal-rich environments ».

12h – 12h40 : **Vulgarisation, diffusion des connaissances, enseignements (AstroBio-éducation, Ecole RED, Site web SFE) (Auditorium)**

12h40 – 14h : Buffet déjeunatoire (Haut Carré, Talence – Salle Badiane)

14h – 15h40 : **Exploration du système solaire, Exobiologie et retours d'échantillons (1) (Auditorium)** - *Chair : S. Marre*

14h – 14h40 : **Invited talk – Nicolas Mangold (LPG)** « L'exploration et l'échantillonnage du cratère de Jezero (Mars) par le rover Perseverance ».

14h40 - 15h : Théo Govekar : « Investigation of a set of natural samples: preparing in situ research of organic matter at Mars' surface with the MOMA instrument onboard Rosalind Franklin ».

15h – 15h20 : John Carter : « Are clays on Mars good exobiological targets? »

15h20 – 15h40 : Coline Serra : « Altération aqueuse d'analogues chondritiques : co-evolution SOM-IOM entre héritages interstellaires et nébulaires. »

15h40 – 16h : Pause-café (Haut Carré, Talence – Salle Badiane)

16h – 17h : **Exploration du système solaire, Exobiologie et retours d'échantillons (2) (Auditorium)** - *Chair : J. Carter*

16h – 16h20 : Alexandra Perron : « Strecker Pathways and Mineral-Organic Co-evolution under Aqueous Conditions Simulating Carbonaceous Asteroids ».

16h20 – 16h40 : Alex Abello : « Optimization of the injection system of the gas

chromatograph on board the Dragonfly mission to Titan ».

16h40 – 17h : Véronique Vuitton : « Interaction of water ions with Titan aerosol analogues ».

17h – 18h50 : **Exobiologie et Sciences Humaines et Sociales (Auditorium)** - *Chair : P. Pitrou*

17h – 17h20 : Cyrille Jeancolas : « Mesures de consensus en exobiologie »

17h20 – 18h50 : **Table ronde** – Animée par Perig Pitrou : « Contribution des Sciences Sociales à une réflexion sur la vie dans l'Univers »

Avec : Florian Métral : historien au CNRS, Centre André-Chastel ; Sylvie Allouche : philosophe à l'Université catholique de Lyon ; Adrienne KISH : spécialiste en microbiologie des environnements extrêmes au Muséum National d'Histoire Naturelle

Définir l'exobiologie : méthodes et structuration d'un domaine interdisciplinaire

- Grand écart entre certitude statistique et solitude cosmique
- Le malentendu de l'évidence : fixer les limites de l'exobiologie
- **Le paradoxe de l'exobiologiste**
- Structuration, programmes, pour faire de l'exobiologie

L'exobiologie existe
mais les exobiologistes
n'existent pas

L'exobiologie existe mais les exobiologistes n'existent pas



Sous la direction de
Hervé Cottin et Muriel Gargaud

LE GRAND LIVRE DE
L'EXOBILOGIE

LES ORIGINES DE LA VIE SUR TERRE...
ET SA RECHERCHE AILLEURS DANS L'UNIVERS

Belin:
EDUCATION

SOMMAIRE

Introduction.....	10
-------------------	----

— CHAPITRE 1 —

LA FORMATION DES SYSTÈMES PLANÉTAIRES 12

1 Des pépinières de planètes : les disques protoplanétaires.....	15
2 Des galets aux planétésimaux : l'accrétion.....	17
3 La naissance des embryons planétaires.....	20
4 Les « planètes mystérieuses » et la migration orbitale.....	20
5 Le cas du système solaire.....	23
6 Le « passé violent » de nombreuses exoplanètes géantes.....	27
7 Pour conclure : notre système solaire est-il unique ?.....	28
Focus 1. Les collisions dans le système solaire.....	30
Focus 2. Les météorites.....	34

— CHAPITRE 2 —

CONSTRUIRE UNE PLANÈTE HABITABLE 40

1 Les ingrédients de base d'une planète habitable.....	42
2 Portrait-robot de planètes habitables.....	44
3 Naître sous une bonne étoile.....	46
4 Le concept de « zone habitable ».....	49
5 Pour conclure : la zone habitable, un concept perfectible.....	52
Focus L'origine de l'eau sur la Terre.....	54

— CHAPITRE 3 —

LES INGRÉDIENTS CHIMIQUES DE LA VIE 58

1 À la recherche des briques de la vie.....	62
2 Les facteurs clés de la chimie prébiotique.....	70
3 À la recherche des sources de molécules pour la chimie prébiotique.....	72
4 Pour conclure : concevons avec humilité la chimie prébiotique.....	80
Focus 1. L'origine des éléments chimiques.....	81
Focus 2. L'eau liquide : condition nécessaire pour toute forme de vie ?.....	84
Focus 3. Le carbone et la vie.....	88
Focus 4. La chiralité et le vivant : origines possibles de la rupture de symétrie.....	91
Focus 5. La chimie des glaces interstellaires.....	94

— CHAPITRE 4 —

LA CHIMIE À L'ORIGINE DE LA VIE 96

1 Une transition défiant la thermodynamique... en apparence.....	98
2 L'histoire de la vie terrestre... ne nous donne pas beaucoup d'indices.....	102
3 Le rôle du hasard.....	103
4 Surmonter le « paradoxe de l'asphalte ».....	104
5 Imposer une organisation à l'aide de minéraux ?.....	106
6 Comment construire une cellule à partir de ses composantes ?.....	107
7 Quelle « force motrice » pour l'évolution vers le vivant ?.....	109
8 Pour conclure : beaucoup d'inconnues subsistent !.....	115
Focus 1. La réfutation de la génération spontanée.....	116
Focus 2. La stabilité cinétique dynamique : concept clé pour comprendre le vivant.....	119
Focus 3. Le monde ARN.....	122

— CHAPITRE 5 —

DÉCODER L'ENVIRONNEMENT DE LA TERRE PRIMITIVE 124

1 La prime jeunesse de la Terre et la différenciation planétaire.....	126
2 La jeune Terre : une vie en enfer ? Pas si sûr.....	127
3 Des doutes sur le grand bombardement tardif.....	131
4 L'atmosphère à l'Hadéen et à l'Archéen : primaire ou secondaire ?.....	134
5 Composition de l'atmosphère à l'Hadéen et à l'Archéen.....	135
6 Composition des océans à l'Hadéen et à l'Archéen.....	137
7 L'oxygénation de l'atmosphère.....	140
8 Pour conclure : un nouveau visage pour les premiers âges de notre planète.....	143
Focus Les « radiochronomètres » des géologues et des planétologues.....	144

— CHAPITRE 6 —

À LA RECHERCHE DES TRACES DE VIE... SUR TERRE 146

1 Toutes les traces qu'un organisme vivant peut laisser.....	149
2 Des traces du vivant à grande échelle.....	156
3 Où chercher les plus anciennes traces de vie ?.....	158
4 Le problème des « faux-amis » pour les traces de vie.....	159
5 Les plus anciennes traces de vies : hypothèses et débats.....	161
6 Pour conclure : la recherche des plus anciens fossiles, source d'inspiration.....	164

Focus 1. Les cyanobactéries : « incontournables » pour l'exobiologie.....	166
Focus 2. Les premiers eucaryotes.....	171

— CHAPITRE 7 —

DÉCHIFFRER LA DIVERSITÉ DU VIVANT : UNE AVENTURE HUMAINE 178

1 Les premières descriptions du vivant : des classifications utilitaires à l'échelle des êtres.....	180
2 Les botanistes du xvi ^e siècle font de la résistance.....	182
3 Le jeu des ressemblances : les classifications artificielles du xvi ^e et du xvii ^e siècle.....	183
4 Approcher le plan de création divin : les classifications plus naturelles du xviii ^e siècle.....	187
5 Le xix ^e siècle et l'émergence des théories évolutionnistes.....	192
6 Les microorganismes, grands oubliés de l'histoire.....	195
7 Les phylogénies moléculaires lèvent le voile sur l'histoire de la vie.....	202
8 Pour conclure : repousser sans cesse les frontières du monde connu.....	204

Focus 1. Darwin et les origines de la vie.....	208
Focus 2. Qu'est-ce qu'une classification (scientifiquement) efficace ?.....	212

— CHAPITRE 8 —

EXPLORER LES LIMITES DU VIVANT 216

1 Qu'est-ce qu'un extrémophile ?.....	218
2 Les extrémophiles actuels n'ont rien de « primitif ».....	219
3 Quelles sont les limites du vivant connues sur Terre ?.....	220
4 Quelles adaptations aux extrêmes ?.....	228
5 Pour conclure : des polyextrémophiles dans le système solaire ?.....	233

Focus 1. Les virus sont-ils vivants ?.....	234
Focus 2. Aux frontières « poly-extrêmes » de la vie : le dôme de Dallol en Éthiopie.....	237

— CHAPITRE 9 —

EXPLORER LE SYSTÈME SOLAIRE ET Y RECHERCHER LA VIE 244

1 Où rechercher la vie dans le système solaire ?.....	246
2 La planète Mars, notre voisine.....	249
3 De la vie dans des satellites des planètes géantes ?.....	251
4 Petits corps du système solaire : une grande place en exobiologie.....	255
5 Pour conclure : quel est le futur de l'exploration du système solaire ?.....	259

Focus 1. Les nombreux mystères de la planète Mars.....	263
Focus 2. Les océans cachés des lunes glacées.....	270
Focus 3. Rendez-vous sur Titan.....	274
Focus 4. Anatomie d'une comète : la mission Rosetta.....	277
Focus 5. Exobiologie en orbite.....	281
Focus 6. Des signatures chimiques surinterprétées.....	286

— CHAPITRE 10 —

RECHERCHER DES SIGNATURES DE VIE AU-DELÀ DU SYSTÈME SOLAIRE 288

1 La Terre vue comme une exoplanète.....	291
2 Comment rechercher des « biosignatures » dans l'atmosphère d'une exoplanète ?.....	294
3 Emballage autour de l'observation de l'atmosphère d'une exoplanète.....	298
4 Une planète habitée est-elle à portée de télescope ?.....	302
5 Pour conclure : explorations futures.....	302

Focus 1. La recherche d'intelligences extraterrestres et le Paradoxe de Fermi.....	307
Focus 2. Détecter les exoplanètes.....	312
Focus 3. Le jour où nous découvrirons une vie extraterrestre.....	316

Les vidéos associées à l'ouvrage.....	319
Bibliographie.....	323
Biographie des autrices et des auteurs.....	325
Glossaire.....	329

DIRECTION D'OUVRAGE



Hervé Cottin, astrochimiste



Muriel Gargaud, astrophysicienne

ASTROPHYSIQUE/ASTROCHIMIE/CHIMIE/GÉOCHIMIE



Sean Raymond, astrophysicien

Chapitre 1. La formation des systèmes planétaires ► p. 12



Franck Selsis, astrophysicien

Chapitre 10. Rechercher des signatures de vie au-delà du système solaire ► p. 288



Nikos Prantzos, astrophysicien

Focus. La nucléosynthèse et l'origine des éléments chimiques ► p. 81
Focus. La recherche d'intelligences extraterrestres et le Paradoxe de Fermi ► p. 307



Olivia Venot, astrophysicienne

Focus. Les méthodes de détection des exoplanètes ► p. 312



Robert Pascal, chimiste

Chapitre 3. Les ingrédients chimiques de la vie ► p. 56
Chapitre 4. La chimie à l'origine de la vie ► p. 96
Focus. Le carbone et la vie ► p. 88 ; Le monde ARN ► p. 122 ; La stabilité cinétique dynamique ► p. 199



Vassilissa Vinogradoff, astrochimiste

Chapitre 3. Les ingrédients chimiques de la vie ► p. 56
Chapitre 4. La chimie à l'origine de la vie ► p. 96
Focus. La chimie des glaces interstellaires ► p. 94



Daniele Pinti, géochimiste

Chapitre 5. Décoder l'environnement de la Terre primitive ► p. 124
Focus. Les « radiochronomètres » des géologues et des planétologues ► p. 144



Nathalie Carrasco, astrochimiste

Chapitre 9. Explorer le système solaire et y rechercher la vie ► p. 244



Hervé Cottin, astrochimiste

Chapitre 9. Explorer le système solaire et y rechercher la vie ► p. 244
Focus. Qu'est-ce que la vie ► p. 61 ; Anatomie d'une comète : la mission Rosetta ► p. 277 ; Exobiologie en orbite ► p. 281 ; Des signatures chimiques surinterprétées ► p. 286



Kristin Bartik, chimiste

Focus. L'eau et la vie ► p. 84
Focus. La chiralité et le vivant ► p. 91



Laurette Piani, cosmochimiste

Focus. Les origines de l'eau sur Terre ► p. 54

HISTOIRE DES SCIENCES/ÉPISTÉMOLOGIE



Jacques Armand, historien des sciences

Focus. Le jour où nous découvrirons une vie extraterrestre ► p. 316



Stéphane Tirard, historien des sciences et épistémologue

Focus. La réfutation de la génération spontanée ► p. 116
Focus. Darwin et les origines de la vie ► p. 208
Encadré. La panspermie ► p. 260

PLANÉTOLOGIE



Martin Turbet, planétologue et climatologue

Chapitre 2. Construire une planète habitable ► p. 40



François Forget, planétologue

Focus. Les nombreux mystères de la planète Mars ► p. 263



Alice Le Gall, planétologue

Focus. Rendez-vous sur Titan ► p. 274



Gabriel Tobie, planétologue

Focus. Les océans cachés des lunes glacées ► p. 270



Brigitte Zanda, spécialiste des météorites

Focus. Les collisions dans le système solaire ► p. 30
Focus. Les météorites ► p. 34

BIOLOGIE/GÉOBIOLOGIE/MICROBIOLOGIE



Karim Benzerara, géomicrobiologiste

Chapitre 6. Les plus anciennes traces de vie ► p. 146
Focus. Les cyanobactéries : incontournables pour l'exobiologie ► p. 166



Céline Brochier-Armanet, biologiste de l'évolution

Chapitre 7. Déchiffrer la diversité du vivant : une aventure humaine ► p. 178



Anaïs Cario, microbiologiste

Chapitre 8. Explorer les limites du vivant ► p. 216



Aurore Gortas, microbiologiste

Chapitre 8. Explorer les limites du vivant ► p. 216
Focus. Les virus sont-ils vivants ? ► p. 234



Mohamed Jebbar, microbiologiste

Chapitre 8. Explorer les limites du vivant ► p. 216



Adrienne Kish, microbiologiste

Chapitre 8. Explorer les limites du vivant ► p. 216
Focus. Exobiologie en orbite ► p. 281



Pauline Vannier, microbiologiste

Chapitre 8. Explorer les limites du vivant ► p. 216



Emmanuelle Javaux, paléobiologiste

Focus. Les premiers eucaryotes ► p. 171



Guillaume Lecointre, systématicien et zoologiste

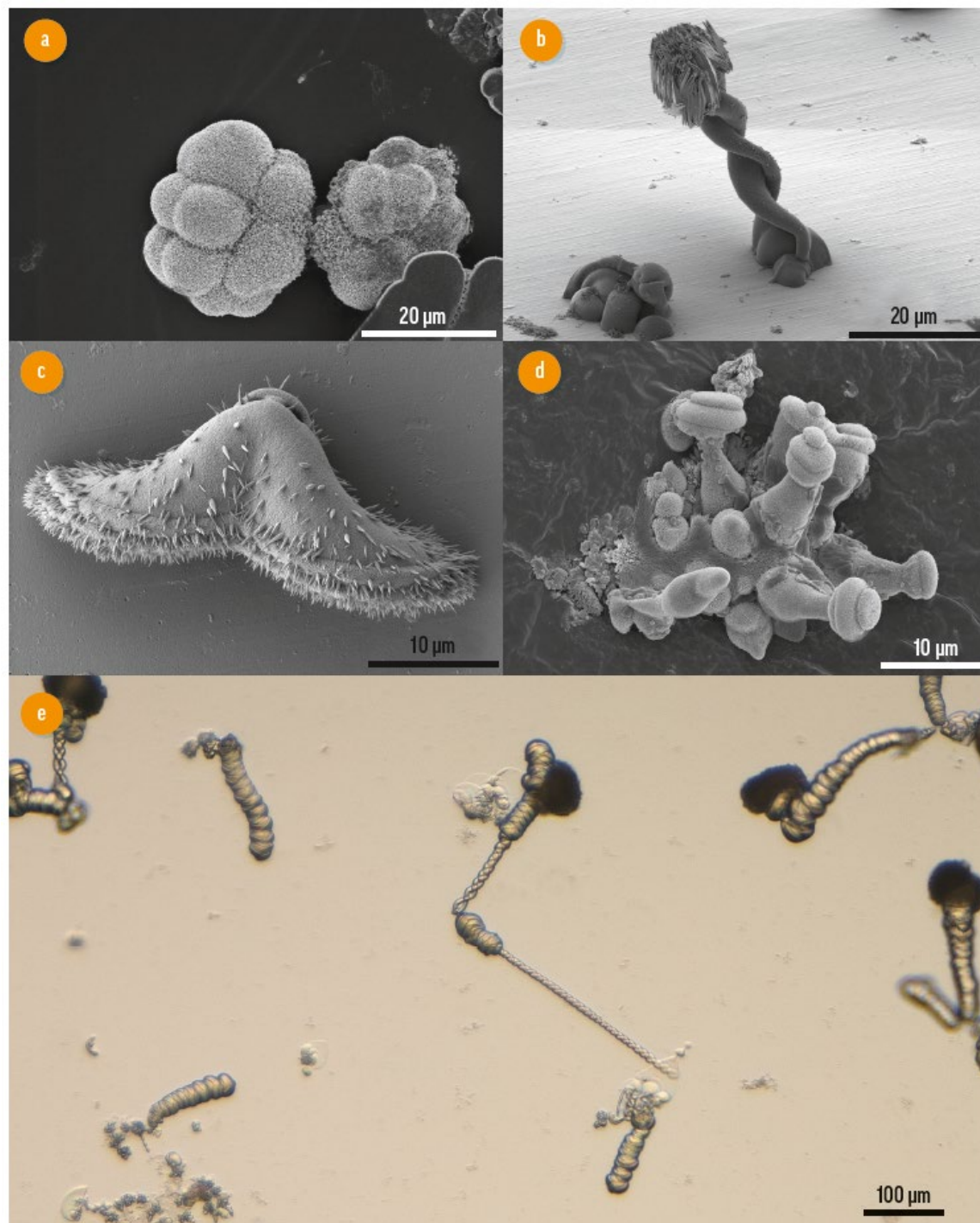
Encadré. Les créationnismes ► p. 188
Focus. Qu'est-ce qu'une classification (scientifiquement) efficace ? ► p. 212



Purification Lopez-Garcia, biologiste

Focus. Aux frontières « poly-extrêmes » de la vie : le dôme de Dallol en Éthiopie ► p. 237

Collection de biomorphes : des objets ressemblant à des microfossiles mais formés de manière purement abiotique. Ces structures ont été formées par la précipitation de carbonate dans des solutions riches en silice (a-d : observations en microscopie électronique à balayage ; e : observation en microscopie optique).





Définir l'exobiologie : méthodes et structuration d'un domaine interdisciplinaire

- Grand écart entre certitude statistique et solitude cosmique
- Le malentendu de l'évidence : fixer les limites de l'exobiologie
- Le paradoxe de l'exobiologiste
- **Structuration, programmes, pour faire de l'exobiologie**

En France

- 1997 : 1ere conférence nationale d'exobiologie
- 1999, 2001, 2003, 2005, 2007 : Ecoles thématiques CNRS Exobiologie
- 1999-2008 : GDR Exobiologie
- 2004-... : GDT Exobiologie CNES (désormais Exoplanètes, Exobiologie et Protection Planétaire)
- 2006-2012 : PID OPV (Origines des planètes et de la vie) puis EPOV (Environnements planétaires et origine de la vie)
- 2007 - ... : Rencontres Exobiologiques pour Doctorants
- 2009-... : Société Française d'Exobiologie
- 2018-2020 : Défis Origines (MITI)
- 2020-... : GDR PILSE (Pôle Inter-Laboratoires de Supports Expérimentaux pour le développement de missions spatiales)
- 2023-2030 : PEPR Origines + Programme d'accompagnement scientifique Origines
- 2026-... : Préparation du COMP CNRS défi transverse « Vie dans l'univers »

+ Structures locales : Grenoble, Bordeaux, Marseille, DIM Origines...



Société

EXOBIOLOGIE

Une réflexion propre à l'exobiologie faisait partie de la lettre de cadrage du groupe. Cette discipline regroupe les questions fondamentales sur l'émergence, l'évolution de la vie et sa distribution sur Terre et ailleurs dans l'Univers. Depuis 1995, la découverte de milliers d'exoplanètes a imposé un nouveau paradigme: celui d'un ciel rempli de planètes susceptibles, pour certaines, d'avoir de l'eau liquide à leur surface. Cette révolution de l'astronomie élargit l'horizon de la recherche de la vie dans l'Univers au-delà de l'exploration martienne en cours et de la découverte d'océans à l'intérieur de certaines lunes glacées des planètes géantes. Il est recommandé que l'INSU joue un rôle moteur dans la structuration de l'exobiologie via la création d'une structure inter-instituts pour prendre en compte tous les aspects concernés et accompagner les initiatives locales.



avec l'astronomie multi-messager. Une meilleure structuration est indispensable pour renforcer notre présence au meilleur niveau mondial en exoplanétologie et en exobiologie, ce qui passe par une coordination transverse des programmes nationaux concernés pour l'exoplanétologie, et dans un cadre interdisciplinaire au-delà de l'INSU pour l'exobiologie. Concernant les méthodologies, un tournant

Prospective INSU 2010-2015

4 occurrences d'Exobiologie

20 occurrences d'Exobiologie

seil d'administration po

ches en exobiologie au

erdisciplinaires entre l

tantes et en créer de no

internationaux ou fédéra

La deuxième recommandation concernait l'exoplanétologie et l'exobiologie. L'action transverse « exoplanètes » a été créée et est un succès : elle conduira à la création de l'action thématique « Exosystèmes », transverse entre les programmes nationaux de planétologie (PNP) ainsi que d'astronomie et d'astrophysique (PN ASTRO), tel que recommandé ci-après. Cette action transverse a permis de commencer à structurer cette thématique au sein des programmes nationaux AA. L'INSU a aussi créé le GDR PILSE qui réunit des scientifiques dans les domaines de l'astrophysique, de l'astrochimie et de l'astrobiologie. Finalement, et ce n'est pas le moindre des faits notables, le PEPR *Origins* a été financé dans le cadre de France 2030.

Prospective INSU 2025-2030

2 occurrences d'Exobiologie

9 occurrences d'Exobiologie

Section 17 : Système solaire et univers lointain

L'institut pilote de la section est l'**Institut national des sciences de l'univers**

30 juin 2019

Mots clés

Cosmologie, Univers primordial, origine et évolution des grandes structures de l'Univers et des galaxies.

Astrophysique des hautes énergies, objets compacts, astroparticules, ondes gravitationnelles.

Physique et chimie des milieux interstellaires et circumstellaires.

Origine, structure et évolution des étoiles.

Exoplanètes: origine, structure et évolution des systèmes planétaires, planétologie comparée.

Origine, évolution du système solaire, structure et dynamique de ses objets et de leurs enveloppes.

Conditions d'apparition de la vie.

Physique du soleil et de l'héliosphère, relations Soleil-Terre.

Processus physiques et chimiques en astrophysique, astrophysique de laboratoire.

Systèmes de référence spatio-temporels.

Instrumentation pour les grands observatoires au sol et dans l'espace.

Section 19 : Astrophysique

Institut pilote : INSU

Instituts secondaires : /

22 juin 2026

Mots clés

- Lois fondamentales, processus et interactions : gravitation, rayonnement, fluides, plasmas, physico-chimie de la matière
- Origine, structure, dynamique, évolution et stades ultimes des objets et systèmes astrophysiques
- Systèmes de référence, métrologie de l'espace et du temps, mécanique céleste
- Cosmologie, grandes structures, énergie noire, matière noire
- Galaxies et Voie Lactée, milieu interstellaire
- Soleil et étoiles, objets compacts, disques
- Planètes et exoplanètes, petits corps
- Théorie, modélisation, simulations et méthodes numériques
- Observations in situ, sol et espace : photons, champs, particules et ondes gravitationnelles
- Instrumentation, expérimentation en laboratoire
- Données : acquisition, traitement et valorisation

Section 18 : Terre et planètes telluriques : structure, histoire, modèles

30 juin 2019

Choisissez une section ▼

L'institut pilote de la section est l'**Institut national des sciences de l'univers**

Mots clés

Composition, structure et dynamique du noyau, du manteau et de la croûte.
Processus d'interaction dans les systèmes géologiques couplés, bilans des transferts entre enveloppes.
Formation et évolution des bassins sédimentaires et des chaînes de montagne. Paléobiosphère et paléoenvironnements, vie primitive.
Planétologie: origine, composition, structure et dynamique de l'intérieur des planètes telluriques, de leur surface et des astro-matériaux ; cosmochimie.
Mesure du temps en sciences de la Terre.
Mécanique des milieux géophysiques.
Modélisation, expérimentation et instrumentation en sciences de la Terre.
Aléas induits par la tectonique et le volcanisme.
Ressources minérales, énergétiques et réservoirs souterrains.

Section 20 : Terre et planètes telluriques : structure, histoire, modèles

Institut pilote : INSU

Instituts secondaires : /

22 juin 2026

Mots clés

- Composition, structure et dynamique du noyau, du manteau et de la croûte.
- Processus d'interaction dans les systèmes géologiques couplés.
- Couplage et forçages entre enveloppes internes et externes.
- Formation et évolution des bassins sédimentaires et des chaînes de montagne, géomorphologie quantitative.
- Paléoenvironnements, interactions climat-biosphère-environnement-cycles, couplage modèle-données.
- Terre et vie primitive: formation, différentiation interne, géodynamique, traces de vie, atmosphère et océans primitifs.
- Planétologie : origine, formation et évolution des planètes telluriques de l'intérieur jusqu'à la surface, étude des astro-matériaux, cosmochimie et exobiogéologie.
- Mesure du temps en sciences de la Terre : datation absolue, biochronostratigraphie, magnétostratigraphie, stratigraphie séquentielle, cyclostratigraphie.
- Mécanique des milieux géophysiques.
- Modélisation, expérimentation et instrumentation en sciences de la Terre.
- Aléas induits par la tectonique, le volcanisme, et les instabilités, interaction avec les forçages externes.
- Ressources minérales, énergétiques et réservoirs souterrains, transition énergétique, impact environnemental.

Section 13 : Chimie physique, théorique et analytique

L'institut pilote de la section est l'**Institut de chimie**

30 juin 2019

Mots clés

Mécanismes, interfaces, réactivités, transport et énergie

Chimie Théorique et Chemoinformatique : théories, méthodes, méthodologies, modélisations et simulations numériques

Electrochimie moléculaire, biomoléculaire, localisée, nanoélectrochimie

Radiochimie

Thermodynamique

Photochimie et photophysique moléculaires et biomoléculaires

Spectroscopies et imageries : méthodologies, théories et applications

Chimie Analytique

Chimie de l'environnement : dynamique des polluants, multicompartiments

Section 15 : Chimie physique, théorique et analytique

Institut pilote : INC

Instituts secondaires : /

22 juin 2026

Mots clés

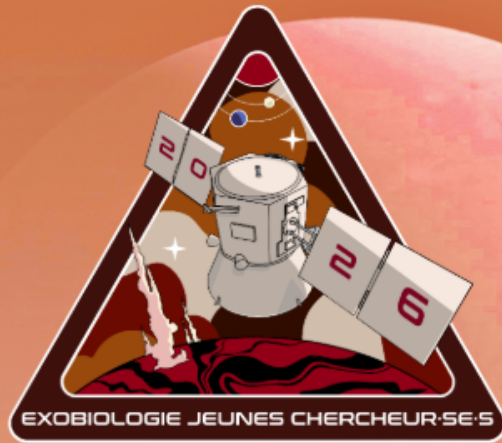
- Chimie, physico-chimie et biochimie théorique, algorithmique de chimie théorique pour ordinateur quantique, intelligence artificielle et apprentissage automatique
- Electrochimie moléculaire, biomoléculaire, localisée, production et stockage électrochimique de l'énergie, électrocatalyse
- Radiochimie, chimie sous rayonnement, sonochimie
- Photochimie, photophysique, photocatalyse et photovoltaïque
- Thermodynamique, cinétique chimique
- Chimie Analytique, développements instrumentaux et méthodologiques
- Spectroscopie et techniques spectroscopiques, **astrochimie**, imagerie, processus ultra-rapides
- Physico-chimie de/pour l'environnement
- Physico-chimie des objets du patrimoine
- Capteurs chimiques et biocapteurs

Europe

- 2001 : Fondation de l'EANA (European Astrobiology Network Association)
- AbGradE – (Astrobiology Graduates in Europe)
- 2019 : Fondation de l'EAI (European Astrobiology Institute)
2026 : Arrêt brutal du soutien de l'INSU à l'EAI
- Structures locales : Espagne (CAB), Pays Bas, Université de Genève, Université de Munich...

International

- 1973: ISSOL (International Society for the Study of the Origin of Life)
- 1982 : IAU "Bioastronomy: Search for Extraterrestrial Life« , "Bioastronomy" en 2006, "Astrobiology" depuis 2015.
- 1998-2019 : NAI (Nasa Astrobiology Institute)
 - AbSciCon (Astrobiology Science Conference) – depuis 2000
- 2004 : COSPAR – Sous commission d'astrobiology au sein de la commission Science de la vie



Conférence

Exobiologie Jeunes Chercheur·ses

<https://ejc2026.exobiologie.fr/>

Exobiologie Jeunes Chercheur·ses

L'EJC est une conférence nationale dédiée aux jeunes chercheur·ses impliqué·es dans l'étude de l'origine de la vie, de son évolution et de sa détection, sur Terre et dans l'Univers.

Objectif

L'objectif de cette conférence est de rassembler les jeunes chercheur·ses de différentes disciplines (biologie, chimie, physique, astronomie, sciences de la Terre, sciences de l'environnement, etc.) et de leur offrir une plateforme pour présenter leurs travaux de recherche, échanger des idées et établir des collaborations.

LIEU

Salle de l'Espace
CNES, Paris

DATE

2 - 4 Novembre 2026

LIMITE INSCRIPTION

1 Octobre 2026

LIMITE ABSTRACT

31 Août 2026



An Astrobiology Introductory Course

Rencontres exobiologiques pour doctorants

RED is a Training School about the “Basics in Astrobiology”. Astrobiology addresses questions related to the origins of life, its evolution, and distribution in the Universe. This school aims to offer an **interdisciplinary training in astrobiology to students and young researchers having a master’s degree** in astronomy, planetology, geology, chemistry, biology, or history and philosophy of science. If you are preparing a thesis or are an early career scientist with a subject related to astrobiology, this training school is for you! Each year, the “in-person” edition of the school is held in March in Le Teich (France). In June, a virtual school with the same program is also organized.



RED 26

Registrations closed.

<https://red-astrobiology.fr/>

Astrobio

EDUCATION



Parcours éducatif



Introduction à l'exobiologie



Raconter l'histoire
des origines de la vie



+ 7 approfondissements



Naître sous une bonne étoile



+ 6 approfondissements



Bâtir une planète habitable



+ 5 approfondissements



Fabriquer
les briques du vivant



+ 5 approfondissements



Comprendre le passage
du non vivant au vivant



+ 3 approfondissements



Décoder l'environnement
de la Terre primitive



+ 6 approfondissements



Trouver les plus anciennes
traces de vie sur Terre



+ 5 approfondissements



Explorer la diversité
et les limites du vivant



+ 5 approfondissements



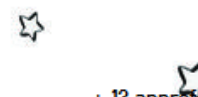
Reconstruire
l'évolution du vivant



+ 3 approfondissements



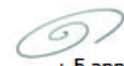
Rechercher la vie
dans le système solaire



+ 13 approfondissements



Dépasser les frontières
du système solaire



+ 5 approfondissements

