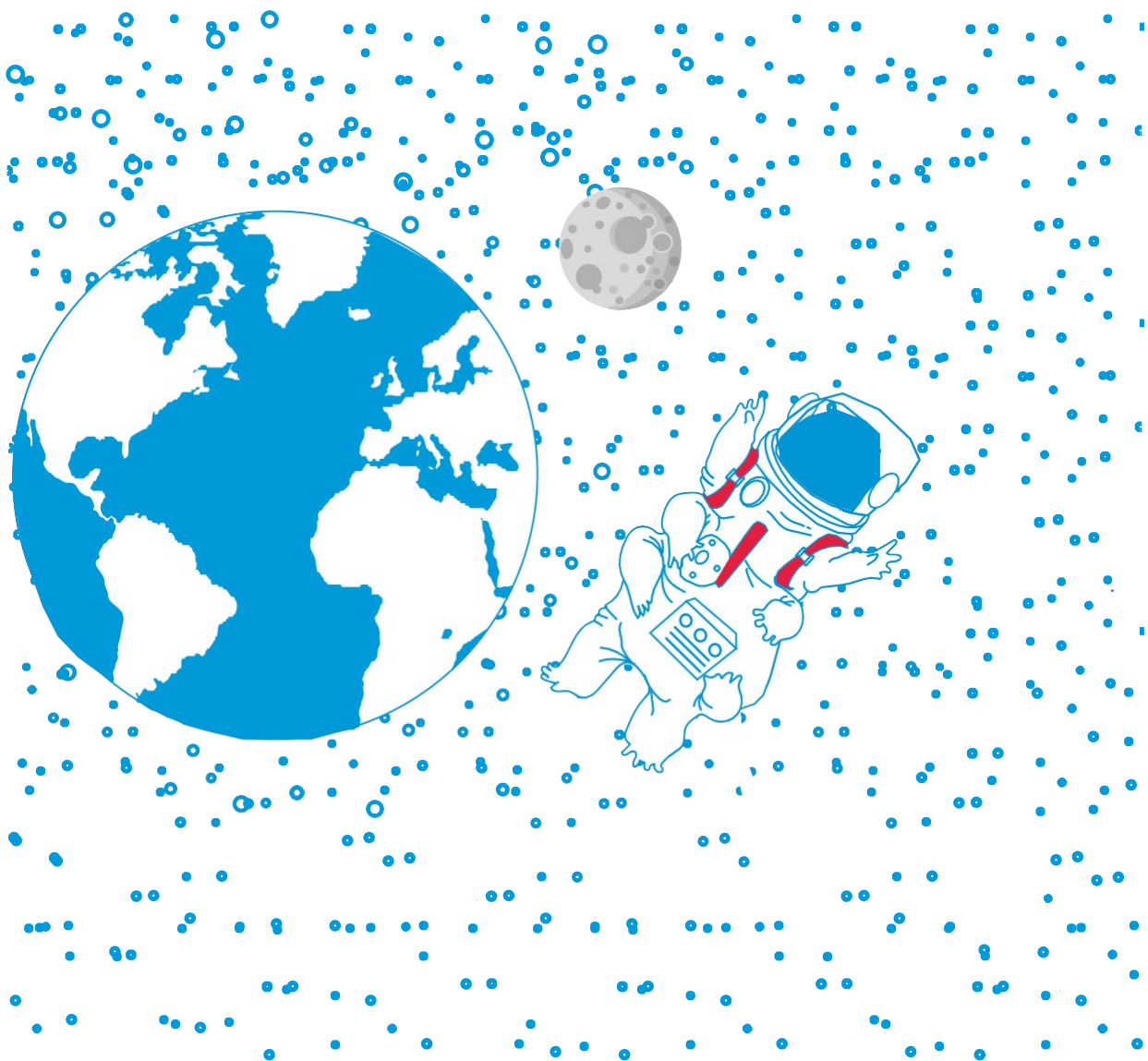
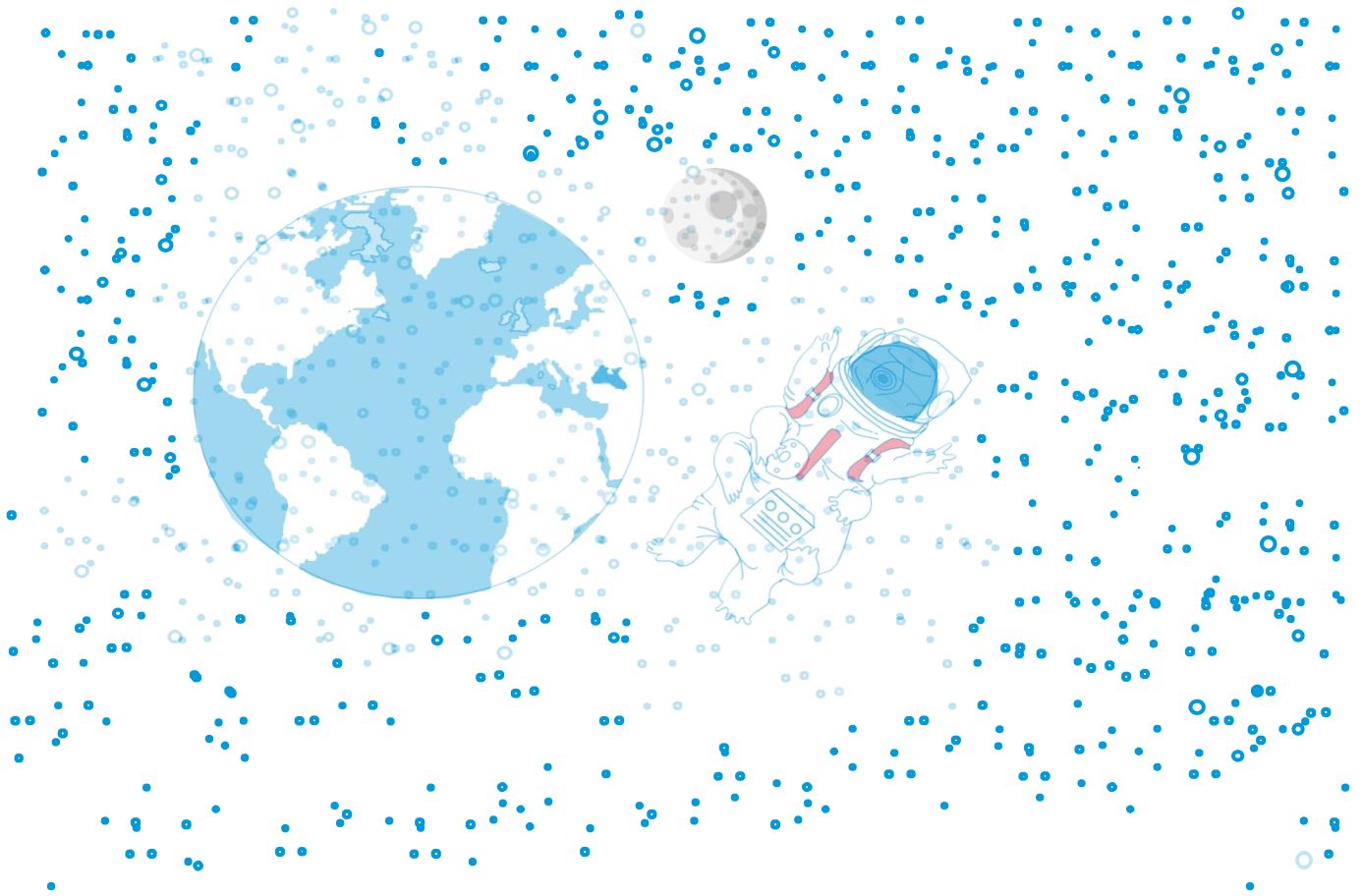


# teach with space

## → LA VIE POURRAIT-ELLE SE DEVELOPPER DANS DES ENVIRONNEMENTS EXTRATERRESTRES ?

Définition des environnements dont les conditions sont propices à la vie





## Guide du professeur

Eléments clés	page 3
Introduction	page 4
Contexte	page 6
Activité : La vie dans l'espace ?	page 8
Liens Utiles	page 10
Annexes	page 11

**teach with space – La vie pourrait-elle se développer dans des environnements extraterrestres ? | B09**

[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education) (EN)

[www.esero.fr](http://www.esero.fr) (FR)

**Vos commentaires et retours d'expérience sont les bienvenus, contacter :**

ESA Education à [teachers@esa.int](mailto:teachers@esa.int)

ESERO France à [esero.france@cnes.fr](mailto:esero.france@cnes.fr)

**Une production ESA Education en collaboration avec ESERO Pologne  
traduite et adaptée en français par ESERO France**

Copyright 2019 © European Space Agency

Copyright 2020 © ESERO France, CNES

# → LA VIE POURRAIT-ELLE SE DEVELOPPER DANS DES ENVIRONNEMENTS EXTRATERRESTRES ?

Définition des environnements dont les conditions sont propices à la vie

Informations clés	Résumé
<p><b>Matière :</b> biologie</p> <p><b>Tranche d'âge :</b> de 13 à 16 ans</p> <p><b>Type :</b> activité pour les élèves</p> <p><b>Complexité :</b> moyenne</p> <p><b>Coût :</b> faible (0 à 10 euros)</p> <p><b>Durée de la leçon :</b> 1 heure</p> <p><b>Lieu :</b> en classe</p> <p><b>Inclut l'utilisation de :</b> Internet, livres, bibliothèque</p> <p><b>Mots-clés :</b> biologie, système solaire, planètes, satellites, extrémophiles, facteurs abiotiques, recherche de vie</p>	<p>Dans cette activité, les élèves chercheront à déterminer si la vie découverte dans des environnements extrêmes sur Terre pourrait exister autre part dans le système solaire. Les élèves étudieront les caractéristiques de différents endroits dans le système solaire, puis utiliseront les fiches d'information de certains extrémophiles pour formuler une hypothèse quant à ceux qui, selon eux, pourraient survivre dans les différents environnements extraterrestres.</p>

## Objectifs d'apprentissage

- Apprendre ce que sont les extrémophiles.
- Prendre en compte la tolérance écologique.
- Étudier les facteurs abiotiques qui ont une incidence sur l'adaptation et la survie des formes de vie.
- Découvrir les conditions environnementales de différents objets du système solaire.
- Comprendre que les changements de conditions environnementales ont un impact sur l'évolution des organismes vivants.

## Introduction

Plus les scientifiques observent la Terre, plus ils y découvrent de la vie. La vie primitive s'est adaptée à des conditions extraordinairement diverses, y compris à des conditions que les hommes considéraient comme inhospitalières. La vie peut être présente dans les endroits les plus surprenants. Par exemple, dans des roches poreuses en Antarctique, dans des sources d'eau chaude, et même dans des geysers sur le plancher océanique.



Figure 1

↑ De gauche à droite : Roches poreuses, Antarctique ; Source d'eau chaude, parc national de Yellowstone, États-Unis ; Mont hydrothermal, fosse des Mariannes.

Les organismes qui vivent dans ce type d'environnements extrêmes sont collectivement appelés des **extrémophiles**. Il s'agit de micro-organismes unicellulaires ou multicellulaires, qui tirent souvent leur énergie de différentes sources qu'ils trouvent dans leur environnement pour catalyser des réactions chimiques.

Différentes espèces s'adaptent, au moyen de changements évolutifs, à l'environnement dans lequel ils vivent (ou dans lequel ils sont contraints de migrer). La Terre se caractérise par des zones climatiques qu'il est possible de différencier, des zones de terre et de mer, et des altitudes variées. Cette diversité entraîne une répartition spécifique des groupes d'organismes sur Terre. À l'heure actuelle, la Terre est le seul endroit de l'univers connu pour être habité. Aucune trace de vie n'a été détectée autre part que dans le système solaire pour l'instant. Dans le cadre de la recherche de vie, les scientifiques étudient les environnements possibles dans lesquels la vie pourrait, ou aurait pu, se développer et survivre.

L'activité de cette ressource incitera les élèves à réfléchir à ce à quoi la vie pourrait ressembler au-delà de la Terre, si elle venait un jour à être découverte. En prenant l'exemple des extrémophiles découverts sur Terre, les élèves formuleront des hypothèses quant aux environnements situés autre part dans le système solaire qui pourraient être propices à la vie. Par ailleurs, les élèves réfléchiront à ce qu'impliquent la recherche et la potentielle découverte d'une vie extraterrestre.

Pour comprendre le mieux possible les limites des organismes vivants, différentes expériences sont menées à bien, parmi lesquelles l'exposition des organismes aux conditions rudes de l'espace. Par exemple, dans le cadre de la mission Biopan-6 de l'ESA, les tardigrades (organismes aussi connus sous le nom d'« oursins d'eau ») ont été soumis au vide et aux variations extrêmes de température que l'on retrouve dans l'espace. Le but : tester leur résistance dans de telles conditions. Une autre recherche se penche sur la façon dont l'environnement en orbite de la Station spatiale internationale affecte les organismes vivants (sans les exposer au vide). Par exemple, la recherche effectuée sur la façon dont les racines des plantes se développent sans pesanteur peut aider à comprendre le comportement des plantes sur Terre.

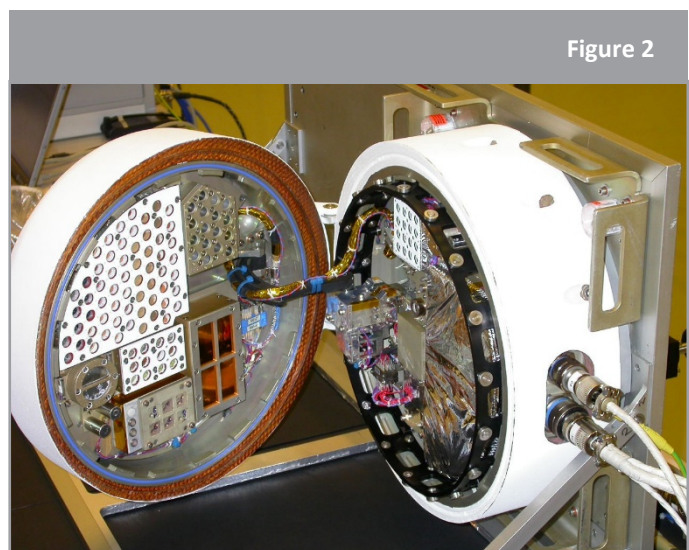
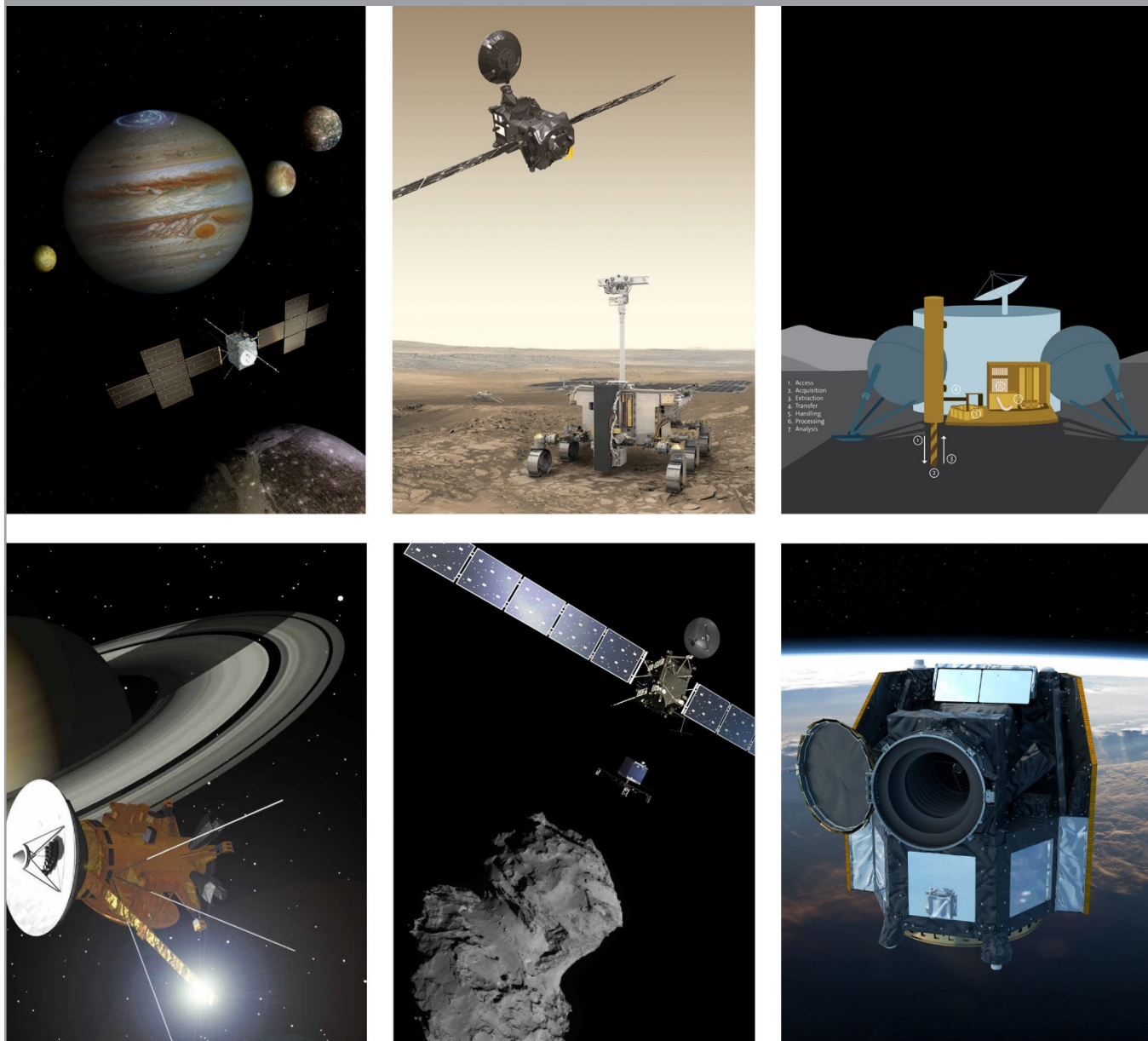


Figure 2

↑ Instrument Biopan à l'extérieur d'une capsule Foton.

Plusieurs missions de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) ont pour objectif d'étudier les environnements extraterrestres dans lesquels la vie pourrait se développer. Citons notamment la mission Cassini-Huygens, consacrée à l'exploration du système saturnien ; la mission Rosetta concernant la comète 67P ; le programme ExoMars, mission en deux parties impliquant un orbiteur et un rover sur la planète rouge ; la mission JUICE, qui étudiera Jupiter et trois de ses plus gros satellites ; ainsi que les futures missions vers la Lune, telles que la mission Luna 27, qui sera consacrée à la recherche d'indices pour comprendre les origines de la vie. À ces missions s'ajoutent CHEOPS et PLATO, deux missions qui iront au-delà du système solaire vers des systèmes stellaires ayant des planètes en orbite (exoplanètes).

Figure 3



↑ Vues d'artiste de gauche à droite : (Haut) Mission JUICE vers Jupiter, rover ExoMars sur Mars, foreuse PROSPECT de la mission Luna 27 sur la Lune. (Bas) Mission Cassini-Huygens approchant de Saturne, Rosetta et Philae près de la Comète 67P, CHEOPS en orbite au-dessus de la Terre.

## Contexte

### Extrêmophiles

Un extrêmophile est un organisme qui se développe dans des conditions physiques ou géochimiques extrêmes, qui sont néfastes pour la majorité des formes de vie sur Terre. Parmi les extrêmophiles, on trouve des acidophiles et des halophiles, ainsi que des organismes pouvant exister à des températures extrêmement élevées ou extrêmement faibles. Certains extrêmophiles peuvent supporter des pressions élevées, supérieures à 350 fois la pression atmosphérique au niveau de la mer.

Les organismes pouvant vivre dans de l'eau brûlante sont appelés hyperthermophiles. Ils constituent une branche particulièrement importante des extrêmophiles, car il semblerait qu'ils fassent partie des espèces les plus anciennes vivant sur Terre. Pour certains scientifiques, cela signifie que la vie en tant que telle a commencé dans des environnements à température élevée, peut-être dans les geysers situés sur le plancher océanique, appelés aussi « fumeurs noirs ». Le tableau 1 présente différents types d'extrêmophiles.

Aperçu de différents types d'extrêmophiles		Tableau 1
Extrêmophile	Caractéristique	
Acidophile	Se développe dans un environnement extrêmement acide, ayant un pH inférieur à 3	
Alcalophile	Se développe dans un environnement extrêmement basique, ayant un pH supérieur à 9	
Anaérobie	A besoin de peu, voire pas d'oxygène pour se développer	
Halophile	A besoin d'une forte concentration en sel pour se développer	
Hyperthermophile	Se développe à des températures supérieures à 100 °C jusqu'à environ 130 °C	
Lithophile	Vit sous les roches dans les déserts froids	
Métallotolérant	Survit dans un environnement soumis à une forte concentration en métaux lourds dissous	
Oligotrophe	Se développe dans un environnement pauvre en nutriments	
Osmophile	Capable de se développer dans un environnement à forte concentration en sucre	
Piézophile (barophile)	Vit dans un environnement soumis à une pression élevée	
Psychrophile	Se développe dans un environnement à température froide, en dessous de -15 °C	
Radiorésistant	Résiste à un rayonnement extrêmement élevé	
Thermophile	Se développe dans un environnement à température élevée, au-dessus de 40 °C mais en dessous de 100 °C	
Xérophile	Capable de se développer dans des conditions d'extrême sécheresse	

## La vie dans le système solaire

Pour étudier les environnements du système solaire qui pourraient être propices à la vie, les scientifiques s'appuient sur des données obtenues par le biais de l'imagerie et de la spectroscopie des atmosphères, ou des surfaces des objets d'intérêt (planètes, satellites, comètes, astéroïdes).

Lors de la recherche de vie extraterrestre, ils doivent suivre des hypothèses sur les éléments qui pourraient être traités comme étant une preuve de vie (ou la signature d'une trace de vie). Première hypothèse : nous recherchons des microorganismes ou des traces de leur existence passée. Il y a bien plus de chances de découvrir un organisme primitif qu'une espèce avancée. Effectivement, même si la Terre a plus de 4,5 milliards d'années, les espèces « non primitives » ont fait leur apparition il y a seulement 0,5 milliard d'années ! La Terre primitive était habitée uniquement par des microorganismes. Deuxième hypothèse : nous devons rechercher (principalement) la vie avec l'eau. Ce critère réduit la liste des endroits où la vie pourrait se développer à une « zone habitable » autour d'une étoile, dans laquelle l'eau peut être présente sous forme liquide (où les températures ne sont ni trop élevées ni trop faibles pour que la vie telle que nous la connaissons puisse apparaître, et où la pression atmosphérique est suffisante).

## Environnements analogues

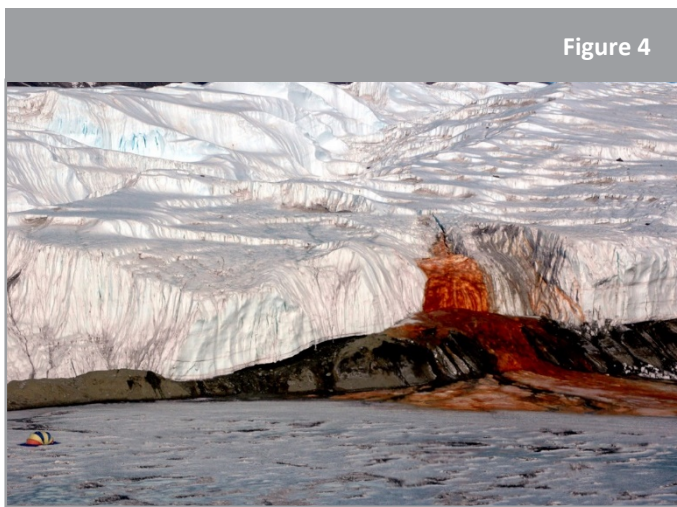


Figure 4

L'analyse des environnements par rapport à leur capacité à accueillir la vie fait partie des centres d'intérêt d'un domaine appelé exobiologie. Les scientifiques étudient des zones des corps célestes pour rechercher des indices sur l'éventuelle apparition de vie autre part dans le système solaire.

Pour cela, ils étudient des environnements dits analogues. Il s'agit essentiellement d'environnements présentant un ensemble de conditions similaires à une zone extraterrestre d'intérêt.

↑ Les Blood Falls dans les vallées sèches en Antarctique sont une coulée d'oxyde de fer.

Les vallées sèches de l'Antarctique (Figure 4) sont considérées comme étant l'environnement sur Terre qui ressemble le plus à celui de Mars, car elles disposent de caractéristiques communes à celles trouvées sur Mars aussi bien passées que présentes. Elles peuvent donc faire office de « référence » approximative aux glaciers de Mars.

Autre environnement équivalent à celui de Mars, mais totalement différent de l'Antarctique : le fleuve Rio Tinto en Espagne (Figure 4). Il s'agit d'un fleuve aux eaux rouge sang extrêmement acides, bordé de roches riches en fer. On pense que cet environnement ressemble à ce qu'aurait pu être un ancien lit de rivière sur Mars lorsque la planète avait une atmosphère. On estime donc que cet environnement reproduit les conditions nécessaires pour précipiter des minéraux spécifiques (c.-à-d. la jarosite) ayant été trouvés sur Mars, qui nécessitent un système acide et riche en fer pour se former.



Figure 4

phys.org

## Activité : La vie dans l'espace ?

Dans cette activité, les élèves se pencheront tout d'abord sur les facteurs abiotiques à prendre en compte lors de la recherche de vie extraterrestre, puis ils examineront les caractéristiques de différents environnements du système solaire. Les élèves découvriront ensuite une présentation des extrêmophiles et formuleront des hypothèses quant aux extrêmophiles qui pourraient survivre dans les différents environnements du système solaire précédemment étudiés.

## Équipement

Fiches d'information disponibles dans les Annexes 1 et 2 ; un ensemble par groupe.

## Exercice

Présentez aux élèves l'idée que différentes formes de vie puissent s'adapter et survivre dans des conditions environnementales diverses et variées, et qu'il existe un certain nombre de facteurs non-vivants (abiotiques) pouvant avoir une incidence sur ce fait.

Alors, quid de la vie extraterrestre ? Aucune preuve concernant une vie extraterrestre n'a été trouvée à ce jour, mais les scientifiques continuent leurs recherches en ce sens. Les questions qui se posent sont les suivantes : que cherchent-ils et où devraient-ils chercher ?

Interrogez les élèves sur les facteurs abiotiques qui, d'après eux, seraient les plus pertinents à rechercher sur les satellites et les planètes du système solaire, s'ils les étudiaient dans l'optique de découvrir la présence de vie.

Les élèves peuvent émettre des suggestions en mentionnant des facteurs tels que l'oxygène, l'eau, la température, le rayonnement, l'atmosphère. Par binômes (ou par petits groupes), demandez aux élèves d'étudier les fiches d'information sur le système solaire (Annexe 1) et interrogez-les sur ce qu'ils savent des endroits présentés sur les images.

Invitez ensuite les élèves à étudier les conditions environnementales de chaque endroit. Les paramètres indiqués sont fournis dans le Tableau 2.

Caractéristiques des objets du système solaire à étudier						Tableau 2
Objet	Température de surface (°C)	Pression atmosphérique (Pa)	Gaz atmosphériques	Exposition au rayonnement	Champ magnétique ?	Accélération de la pesanteur (ms <sup>-2</sup> )
Mercure	-180 à +430	10 <sup>-7</sup>	Atmosphère ténue incluant : hydrogène, hélium, oxygène, vapeur d'eau	Élevée	Oui	3,7
Vénus	470	9,3 x 10 <sup>6</sup>	dioxyde de carbone, azote	Faible	Non	8,87
Terre	-88 à +58	101,3 x 10 <sup>3</sup>	azote, oxygène	Faible	Oui	9,81
Lune	-233 à +123	10 <sup>-7</sup>	Atmosphère ténue incluant : hélium, argon, sodium, hydrogène	Élevée	Non	1,6
En dehors de la Station spatiale internationale	-157 à +120	0	-	Élevée	-	Microgravité
Mars	-153 à +20	600	dioxyde de carbone, azote, argon	Élevée	Non	3,71
Titan	-179	146,7 x 10 <sup>3</sup>	azote, méthane	Faible	Non	1,35
Encelade	-201	-	-	Élevée	Non	0,113



Certains de ces environnements du système solaire paraissent très hostiles par rapport à la plupart des environnements sur Terre dans lesquels s'épanouit la vie. Demandez aux élèves s'ils connaissent des environnements ou des endroits sur Terre qui disposent de caractéristiques similaires. Parmi les suggestions possibles : déserts, Arctique/Antarctique, sources acides chaudes, volcans, profondeurs des océans.

Des formes de vie ont été découvertes sur notre planète dans des environnements extrêmes, qui étaient considérés précédemment comme inhabitables. Ces formes de vie se sont adaptées afin de tolérer ces conditions difficiles. Mais de quel type d'organismes s'agit-il ?

Présentez les extrémophiles. Attribuez à chaque binôme (ou petit groupe) des fiches d'information sur les extrémophiles (Annexe 2). Pour chaque environnement du système solaire décrit dans les fiches d'information, les élèves doivent indiquer le ou les extrémophiles qui, d'après eux, seraient capables de survivre. Les élèves peuvent également rechercher d'autres types d'extrémophiles à ajouter à leurs hypothèses.

Demandez aux élèves des idées sur les formes de vie qui pourraient survivre à chaque endroit du système solaire. Les élèves doivent étayer leurs choix en fonction des informations qui leur ont été données ou qu'ils ont trouvées au cours de leurs recherches.

## Discussion

Il doit être clair pour les élèves qu'aucune preuve d'une vie extraterrestre (notamment des extrémophiles) n'a été découverte pour l'instant. Mais le fait d'avoir découvert de la vie dans des environnements extrêmes sur Terre et de comprendre les conditions dans lesquelles cette vie peut survivre peut aider à la recherche de formes de vie ailleurs dans le système solaire et dans l'univers de façon générale. Les scientifiques peuvent également étudier des environnements sur Terre partageant des similarités avec des environnements d'autres endroits du système solaire, comme Mars.

Posez les questions suivantes aux élèves : même si aucune vie n'a été découverte en dehors de la Terre, que devrions-nous faire si nous en détectons une ? Quelle forme de vie sommes-nous les plus susceptibles de trouver : une vie intelligente ou seulement de petits microorganismes ? Et où (sur quelles planètes ou quels satellites) les scientifiques devraient-ils axer leurs recherches ?

Bien que les extrémophiles tirent leur énergie d'un vaste panel de processus chimiques, ils ont tous besoin d'eau et disposent d'un ADN. Peut-être que d'autres formes de vie extraterrestre utilisent un autre liquide que l'eau, ou une autre molécule porteuse d'information que l'ADN. Seules les missions spatiales pourront le déterminer. Discutez avec les élèves des implications de l'envoi d'engins spatiaux destinés à atterrir dans ces environnements. Chaque mission vers d'autres planètes, par exemple Mars, est soumise à des règles très strictes en matière de contamination. Abordez ce sujet.

Voici des suggestions d'autres questions qu'il est possible d'étudier avec les élèves :

- Est-il nécessaire que l'eau soit sous forme liquide pour que la vie se développe ?
- Pensez-vous qu'il existe une vie extraterrestre qui n'utilise pas l'ADN comme molécule porteuse d'information ?
- Si une vie extraterrestre était découverte, cela ferait-il une différence ?

Cette discussion pourrait se prolonger en demandant aux élèves de réfléchir à ce qui fait qu'un organisme est considéré comme « vivant » et à établir une liste de ces paramètres (il est constitué de cellules, il obtient et utilise de l'énergie, il grandit et se développe, il se reproduit, il réagit à son environnement, il s'adapte à son environnement).

## → Liens Utiles

### Ressources de l'ESA

Ressources pédagogiques de l'ESA [esa.int/Education/Classroom\\_resources](https://esa.int/Education/Classroom_resources)

### Projets spatiaux de l'ESA

Station spatiale internationale [esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/International\\_Space\\_Station](https://esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station)

Mission Cassini-Huygens [esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Cassini-Huygens](https://esa.int/Our_Activities/Space_Science/Cassini-Huygens)

Mission Rosetta [esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Rosetta](https://esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta)

Programme ExoMars [sci.esa.int/mars](https://sci.esa.int/mars)

CHEOPS [sci.esa.int/cheops](https://sci.esa.int/cheops)

PLATO [sci.esa.int/plato](https://sci.esa.int/plato)

JUICE [sci.esa.int/juice](https://sci.esa.int/juice)

Foreuse PROSPECT sur Luna 27  
[exploration.esa.int/moon/59102-about-prospect](https://exploration.esa.int/moon/59102-about-prospect)

### Informations supplémentaires

Recherche sur l'exobiologie à la Station spatiale internationale (avec vidéo)  
[www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Research/Exobiology](https://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Research/Exobiology)

Exobiologie et missions spatiales (vidéo) [esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/01/Exobiology\\_and\\_Space\\_Missions](https://esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/01/Exobiology_and_Space_Missions)

Protection de la planète  
[exploration.esa.int/mars/57581-planetary-protection](https://exploration.esa.int/mars/57581-planetary-protection)

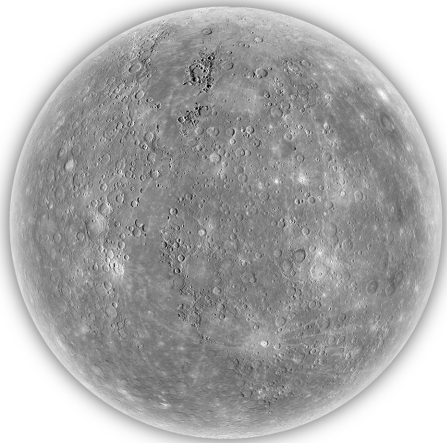
Analogues planétaires  
[esamultimedia.esa.int/docs/gsp/The\\_Catalogue\\_of\\_Planetary\\_Analogues.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/gsp/The_Catalogue_of_Planetary_Analogues.pdf)

La vie dans des conditions extrêmes [sci.esa.int/home/30550-life-in-extreme-conditions](https://sci.esa.int/home/30550-life-in-extreme-conditions)

Comprendre les origines de la vie [lunarexploration.esa.int/#/library?a=284](https://lunarexploration.esa.int/#/library?a=284)

## → Annexe 1 : Fiches d'information sur le système solaire

### Mercure



**Température de surface :** -180 °C à 430 °C  
**Pression atmosphérique :** 10<sup>-7</sup> Pa  
**Composition de l'atmosphère :** Atmosphère ténue incluant : hydrogène, hélium, oxygène, vapeur d'eau  
**Rayonnement :** Élevé  
**Champ magnétique ? :** Oui  
**Accélération de la pesanteur :** 3,7 ms<sup>-2</sup>  
**Informations supplémentaires :** Malgré les hautes températures que la planète endure pendant la journée, elle est probablement suffisamment froide à l'intérieur des cratères situés à ses pôles pour qu'on y trouve de la glace d'eau.

### Mars



**Température de surface :** -153 °C à 20 °C  
**Pression atmosphérique :** 600 Pa  
**Composition de l'atmosphère :** Dioxyde de carbone, azote, argon  
**Rayonnement :** Élevé  
**Champ magnétique ? :** Non  
**Accélération de la pesanteur :** 3,7 ms<sup>-2</sup>  
**Informations supplémentaires :** Présence de glace d'eau aux pôles, et dans la région polaire sud, un bassin d'eau liquide a été détecté sous des couches de glace et de poussière.

### Vénus



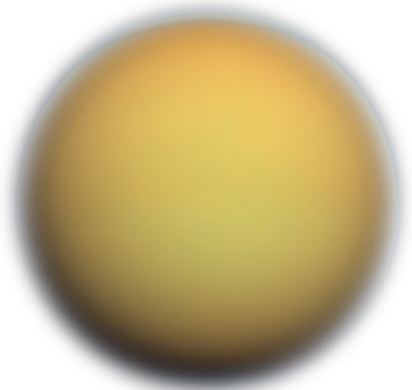
**Température de surface :** 470 °C  
**Pression atmosphérique :** 9,3 MPa  
**Composition de l'atmosphère :** Dioxyde de carbone, azote  
**Rayonnement :** Faible  
**Champ magnétique ? :** Non  
**Accélération de la pesanteur :** 8,87 ms<sup>-2</sup>  
**Informations supplémentaires :** A une atmosphère toxique et lourde presque entièrement constituée de dioxyde de carbone. Une épaisse couche de nuages entoure la planète, dont la partie supérieure est principalement composée de gouttelettes d'acide sulfurique. À la surface, la pression atmosphérique de Vénus est plus de 90 fois celle de la Terre.

### Lune



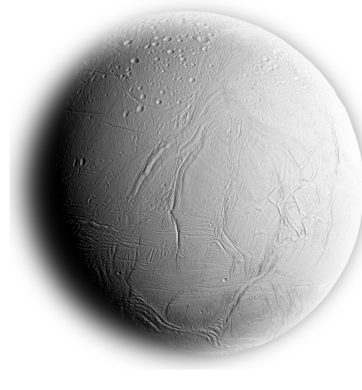
**Température de surface :** -233 °C à 123 °C  
**Pression atmosphérique :** 10<sup>-7</sup> Pa  
**Composition de l'atmosphère :** Atmosphère ténue incluant : hélium, argon, sodium, hydrogène  
**Rayonnement :** Élevé  
**Champ magnétique ? :** Non  
**Accélération de la pesanteur :** 1,6 ms<sup>-2</sup>  
**Informations supplémentaires :** Il ne peut pas y avoir d'eau liquide sur la Lune. Cependant, on pense qu'il pourrait y avoir de la glace d'eau dans les cratères qui restent ombragés aux pôles de la Lune, laquelle resterait emprisonnée sous leur surface.

## Titan



**Température de surface :** -179 °C  
**Pression atmosphérique :** 146,7 Pa  
**Composition de l'atmosphère :** Azote, méthane  
**Rayonnement :** Faible  
**Champ magnétique ? :** Non  
**Accélération de la pesanteur :** 1,35 ms<sup>-2</sup>  
**Informations supplémentaires :** Nuages, pluie, rivières, lacs et mers d'hydrocarbures liquides, comme le méthane et l'éthane. En dessous d'une épaisse croûte de glace d'eau, on pense qu'il y a un océan d'eau liquide.

## Encelade



**Température de surface :** -201 °C  
**Pression atmosphérique :** -  
**Composition de l'atmosphère :** -  
**Rayonnement :** Élevé  
**Champ magnétique ? :** Non  
**Accélération de la pesanteur :** 0,113 ms<sup>-2</sup>  
**Informations supplémentaires :** On pense que ce satellite dispose de monts hydrothermaux qui rejettent de l'eau riche en minéraux dans un océan se trouvant sous sa surface de glace.

## Station spatiale internationale [International Space Station]



**Température de surface :** -157 °C à 120 °C  
**Pression atmosphérique :** -  
**Composition de l'atmosphère :** -  
**Rayonnement :** Élevé  
**Champ magnétique ? :** -  
**Accélération de la pesanteur :** Microgravité  
**Informations supplémentaires :** L'Agence spatiale européenne a réalisé de nombreuses expériences dans la Station spatiale internationale et d'autres missions afin de déterminer si des organismes peuvent survivre lorsqu'ils sont exposés aux conditions rudes de l'espace.

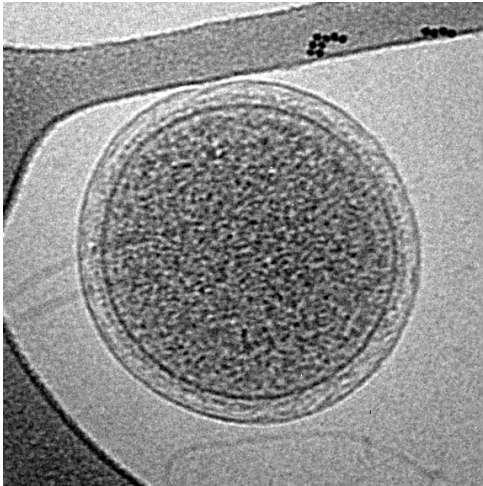
## Terre



**Température de surface :** -88 °C à 58 °C  
**Pression atmosphérique :** 101,3 kPa  
**Gaz atmosphériques :** Azote, oxygène  
**Exposition au rayonnement :** Faible  
**Champ magnétique :** Oui  
**Accélération de la pesanteur :** 9,81 ms<sup>-2</sup>  
**Informations supplémentaires :** La seule planète du système solaire connue pour héberger la vie et avoir de l'eau liquide à sa surface. La Terre est majoritairement recouverte d'eau.

### **Microorganisme ARMAN (Archaeal Richmond Mine Acidophilic Nanoorganism)**

Type d'extrémophile : acidophile



- Il se développe dans un environnement acide, ayant un pH compris entre 2 et 6.
- Il a été observé dans des zones dont les températures varient entre 10 et 50 °C.
- Il a été découvert dans des drainages miniers acides, formés par l'oxydation de minéraux riches en sulfure, par exemple, dans la mine d'Iron Mountain aux États-Unis et dans le Rio Tinto en Espagne.

### **Xanthoria elegans**

Type d'extrémophile : psychrophile



- Observé à plusieurs endroits sur Terre, mais préfère les environnements froids, tels que les forêts boréales des régions Antarctique.
- Il a été étudié à la Station spatiale internationale dans le cadre d'une expérience et il s'est avéré résister au vide de l'espace, à des niveaux élevés de rayonnement, à des changements de température extrêmes et à une faible pression.
- Il peut atteindre une largeur de 5 cm.

### **Artemia franciscana**

Type d'extrémophile : psychrophile



- Un crustacé primitif, également appelé « crevette d'eau salée ».
- Il tolère des concentrations élevées et faibles en sel.
- Ses œufs (ou kystes) peuvent survivre pendant 2 ans dans un environnement sec sans oxygène.
- Il a été observé dans des lacs d'eau salée à l'intérieur des terres, tels que le Grand Lac Salé aux États-Unis.
- Des kystes ont été étudiés lors de la mission Biopan 2 de l'ESA et se sont avérés capables de résister à l'environnement basse pression du vide et à des températures inférieures au point de congélation.
- Il peut atteindre une longueur de 11 mm.

### **Polypedilum vanderplanki**

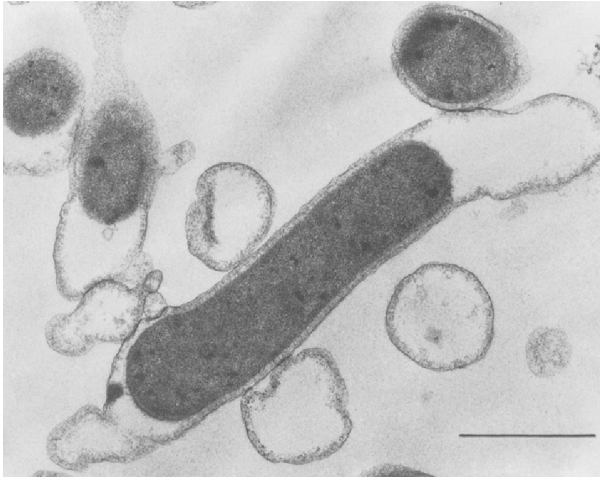
Type d'extrémophile : xérophile



- Les larves de cet insecte peuvent tolérer une dessiccation en ne conservant que 3 % de leur eau dans le corps (les humains en possèdent 33 %). Elles ont été observées dans de petites flaques dans des zones arides d'Afrique.
- Des larves ont été exposées à l'environnement spatial lors d'une expérience menée à bien à la Station spatiale internationale. Elles se sont avérées capables de supporter des températures extrêmes, des niveaux élevés de rayonnement et le vide de l'espace.
- Les larves peuvent atteindre une longueur de 7 mm.

## *Thermotoga maritima*

Type d'extrémophile : hyperthermophile



- Bactérie anaérobie qui se développe dans une eau dont la température est comprise entre 50 et 90 °C.
- Elle préfère un pH neutre.
- Elle s'épanouit généralement dans les environnements dont la concentration en sel est faible.
- Elle peut vivre et grandir sans oxygène.
- Elle a été observée dans des sources chaudes et des monts hydrothermaux.

## *Xénophyophore*

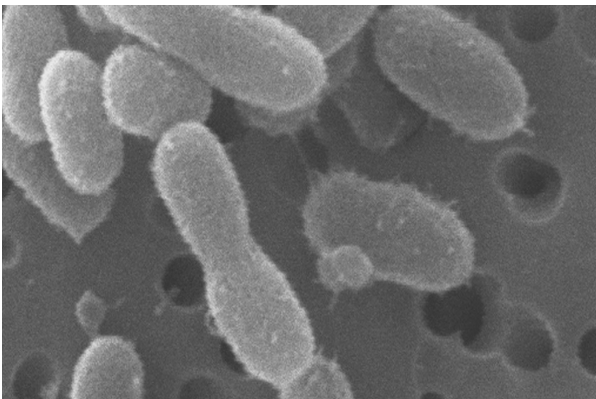
Type d'extrémophile : piézophile



- C'est le plus grand organisme unicellulaire sur Terre.
- Organisme unicellulaire à plusieurs noyaux.
- Il peut survivre dans des environnements où la pression est extrême (1 000 fois la pression atmosphérique).
- On peut l'observer sur le plancher océanique autour du globe.

## *Chryseobacterium greenlandensis*

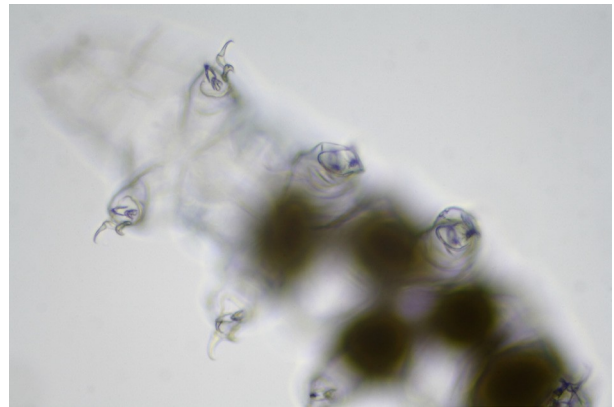
Type d'extrémophile : psychrophile



- Bactérie extrêmement minuscule.
- Se développe dans des environnements dont la température est comprise entre 1 °C et 37 °C, mais peut également survivre à des températures bien inférieures au point de congélation.
- Résistance aux basses températures, à une pression élevée et à un niveau d'oxygène réduit.
- On peut l'observer dans une carotte de glace de 120 000 ans située à environ 3 km sous la surface de l'Inlandsis du Groenland.

## *Tardigrade*

Type d'extrémophile : n'est pas considéré comme un extrémophile



- Minuscule animal connu aussi sous le nom d'« ourson d'eau ».
- Capable de survivre dans des conditions extrêmes, mais pas de s'y adapter.
- Il peut survivre dans un certain nombre d'environnements extrêmes : températures extrêmement basses jusqu'à -200 °C ; températures extrêmement élevées jusqu'à 150 °C ; niveaux élevés de rayonnement ; pressions très élevées ; et longues périodes dans des conditions de sécheresse.
- Il peut vivre à peu près n'importe où sur Terre, mais il préfère les environnements humides, comme la mousse.
- Il a été étudié lors de la mission Biopan 6 de l'ESA et s'est avéré capable de survivre aux conditions rudes de l'espace, à des changements de température extrêmes, à un rayonnement élevé et à la faible pression du vide.