

# LA REVUE

Volume 19 n°159  
Vendredi 17 septembre 2010

## DE L'OBSERVATOIRE POPULAIRE DE LAVAL

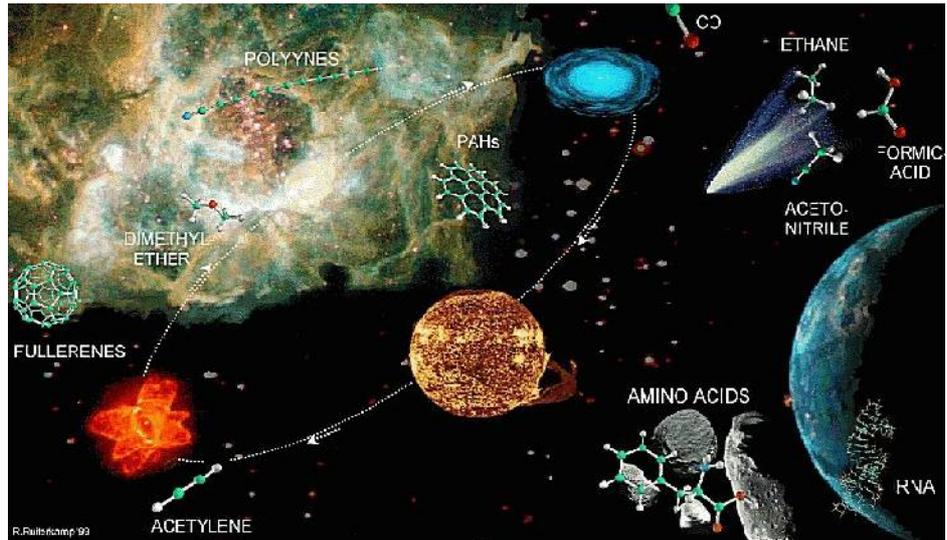
O.P.L. Astronomie - 33bis, allée du Vieux-Saint-Louis, B.P. 1424, 53014 LAVAL CEDEX.  
Tél. 02 43 67 05 06 ou 02 43 56 43 42 port. : 06 81 87 40 10 e-mail opl.astronomie@fal53.asso.fr

# EXOBILOGIE

## C (1473-154) Recherche de signes de vie extraterrestre

### Sommaire

- Le mot du secrétaire .
- Exposé sur le thème de l'exobiologie
- Informations diverses
- Observation : Jupiter



### Le mot du secrétaire

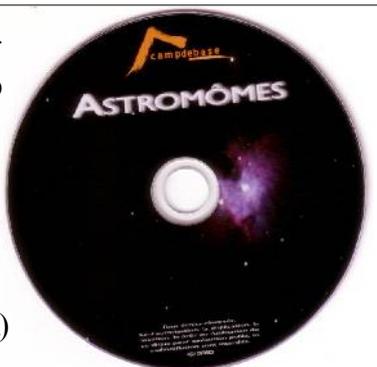
**77) :** Les vacances sont finies, c'est la rentrée pour tous et à l' OPL aussi. Ce soir, c'est Eliane, une adhérente fidèle qui présente un sujet intéressant et très actuel : l' exobiologie. Avec son sérieux habituel, elle nous a préparé un exposé complet que nous allons apprécier. Comme l'année recommence, vous trouverez ci joint le calendrier de l' année. Vous remarquerez qu'il est encore bien garni avec des animations, de la formation, des conférences. Même Hubert Reeves est dans le coin , ne ratez pas cet événement. Bonne reprise à tous et en particulier à Bernard , notre président qui revient de loin !

Roland Beunaiche



Le nouveau site du planétarium, école d'Hilard, rue d'Hilard à Laval. Dimanche 12 septembre une vingtaine de personnes ont assisté à une séance de planétarium animée par Jérôme Galard, Maxime Chauvel, Anaïs Crampe et Vincent Genest avec Laura Bailly à l'accueil.

Le DVD réalisé par la production Camp de Base avec les astro-mômes en février 2010 est disponible à l'OPL 6 € pour les adhérents (8€ sinon)



Le programme de l'OPL sur [www.fal53.asso.fr/opl/](http://www.fal53.asso.fr/opl/)



FAL 53

# Exobiologie ou la recherche de signes de vie extraterrestre

Eliane Rybak

## Définition

L'exobiologie appelée aussi « astrobiologie » est une science interdisciplinaire, qui fait communiquer des domaines aussi divers que la physique, la chimie organique et inorganique, la biochimie, la biologie, la climatologie, la géochimie, la planétologie, afin d'étudier les facteurs et les processus menant à l'apparition de la vie et à son évolution. Ceci s'applique aussi bien à l'émergence de la vie sur la Terre, il y a trois à quatre milliards d'années, qu'à la possibilité de vie ailleurs dans le Système Solaire, voire sur d'éventuelles planètes extrasolaires. L'exobiologie recherche les processus présidant à l'évolution de la matière organique simple (chaînes peptidiques, lipidiques ou nucléiques) vers des structures plus complexes (premières cellules, premiers systèmes génétiques) autant que d'éventuelles traces de vie sur d'autres astres dotés d'environnements radicalement différents du nôtre. Par extension, l'exobiologie concerne également la recherche de vie extraterrestre, y compris intelligente, notamment à travers le programme SETI et les sondes VOYAGER.

## I – Conditions préliminaires

### 1) Conditions astronomiques

Une planète habitable doit posséder un certain nombre de propriétés favorables au développement de la vie :

- une température moyenne favorable au développement biologique : ce qui impose que les planètes habitables soient situées à des distances compatibles avec les propriétés physiques de leur étoile mère ;
- la stabilité de l'étoile mère pour fournir des flux d'énergie et de lumière constants ;
- des nuages interstellaires proches, riches en molécules, de façon que les systèmes planétaires, en mouvement relatif dans la Voie Lactée, soient amenés à la traverser au cours de leurs pérégrinations : les petits corps accompagnant le cortège planétaire, les comètes et les météorites récupèrent ainsi toute une moisson d'éléments qui vont ensemercer la croûte et l'atmosphère des planètes lors des collisions ;
- un champ de gravité suffisant pour retenir les apports cométaires et leur permettre de s'adapter au milieu ;
- une croûte solide et un milieu liquide favorisant le transport des matériaux nécessaires à une activité biochimique ;
- une masse suffisante pour empêcher l'eau de s'échapper, sous l'effet de la force de marée produite par l'attraction de l'étoile mère, mais pas trop, sinon l'eau est confinée dans ses couches profondes et sans lumière.

On est ainsi conduit à chercher en priorité la vie sur des planètes ayant de une à quelques masses terrestres, situées à une distance de leur étoile mère s'échelonnant entre 0,1 UA (pour une étoile naine froide à  $T = 3000 \text{ °K}$ ) et 2 UA (pour une étoile plus grosse et plus chaude à  $T = 6500 \text{ °K}$ ). Cette distance, dépendant du type d'étoile, s'appelle la zone d'habitabilité. Cette zone est d'une importance primordiale, car elle définit les régions très limitées où le développement du vivant est possible.

Finalement, la fréquence des étoiles possédant un « bon » système planétaire serait de 1 sur 10000. Malgré la sévérité de la sélection et les contraintes imposées aux modèles, cela donne tout de même environ 15 millions d'étoiles dans la Galaxie.

## 2) – Conditions biochimiques

### - La contribution des comètes

Dès sa formation, la Terre a été bombardée par les comètes, les astéroïdes et les météorites.

Ces composantes ont été créées lors de la formation du Système Solaire avec les mêmes matériaux que les planètes. Ils ne représenteraient en fait que 0,4 % de la masse



Comète Hale-Bopp

du Système Solaire initial, l'essentiel de la matière ayant servi à la confection des huit planètes et de leurs satellites. Une bonne partie de ces matériaux fut éjectée en dehors du Système Solaire pour former le Nuage de Oort, à une année-lumière du Soleil.

La composition chimique des comètes est identique à elle-même depuis les premiers temps du Système Solaire : ce qui nous permet de connaître la composition chimique de la nébuleuse primitive génératrice du Système Solaire et d'estimer l'apport de matière biologique venant des comètes sur la Terre primitive.

## - Les nuages moléculaires

La découverte de nuages de gaz denses, dépassant un million de particules par centimètre cube et contenant un grand nombre de molécules beaucoup plus complexes que l'hydrogène, permet d'augmenter rapidement le nombre des composés. On suppose que cette poussière se compose de grains de silicate, de graphite et de



*Nuage moléculaire dans notre galaxie*

glace, à une température estimée à une trentaine de degrés Kelvin. Déduction faite de la masse des étoiles, les nuages moléculaires n'interviennent que dans une proportion bien plus faible que celle des étoiles : ce sont cependant les entités individuelles les plus massives de la Voie Lactée.

L'hydrogène et le monoxyde de carbone sont les éléments dominants de ces nuages, les autres composés ne constituant qu'une proportion comprise entre  $10^{-4}$  et  $10^{-7}$  de l'abondance globale. Néanmoins, cette imposante liste d'éléments laisse espérer de nombreuses combinaisons chimiques qui peuvent par transformations successives, grâce au rayonnement ultraviolet efficace fourni par les jeunes étoiles, aboutir aux chaînes moléculaires à l'origine du vivant. Même si les fragments détectés sont encore très éloignés des protéines et des acides aminés, on peut raisonnablement en déduire que dans les atmosphères planétaires, des enchaînements complexes ont pu prendre place en suivant le fil conducteur du carbone, suggérant que le schéma biochimique développé sur la Terre aurait quelques bonnes raisons d'être très répandu dans l'espace.

De manière bien différente que sur la Terre, où la majorité des réactions se produisent dans l'eau liquide, les molécules de l'espace (eau, méthane, ammoniac, dioxyde de carbone, méthanol), semblent profiter de la présence des grains de poussières pour leurs interactions. Ainsi, les assemblages prébiotiques se produisent bien avant que le nuage porteur ne commence à se condenser pour donner un système planétaire : d'où l'hypothèse selon laquelle les molécules prébiotiques resteraient confinées dans les nuages environnant la protoplanète, puis viendraient l'ensemencer en bénéficiant du passage d'une comète.

## II – Astres candidats à la vie

### 1) Astres du Système Solaire

#### - Planète Vénus

Il existe de très faibles traces de vapeur d'eau à la surface de Vénus, de l'ordre de  $3 \times 10^{-5}$ . L'eau est présente également dans l'atmosphère torride de la planète, au-delà

de 14 km d'altitude, soit à une température de 370 °C. Plus haut encore, existe peut-être une zone d'habitabilité de l'enfer vénusien avec une température plus clémente. Cependant, avec une acidité extrême (ph = 0), on imagine difficilement comment des micro-organismes pourraient subsister dans un tel environnement.

#### - Planète Mars

En 2004, une revue scientifique annonce la découverte de méthane sur la planète Mars, à l'aide du spectromètre installé au foyer du télescope franco-canadien de 3,60 m à Hawaï. Cette découverte est d'un intérêt considérable, ouvrant l'hypothèse qu'il pourrait être le résultat d'une méthanogenèse provenant d'organismes souterrains. Cependant, la faible teneur détectée indique que si une activité biologique existe, elle doit être extrêmement réduite et très localisée. Ensuite, le spectromètre planétaire à transformée de Fourier, installé sur la sonde Mars Express, a détecté à nouveau du méthane et de la vapeur d'eau, en quantité nettement plus importante, dans les couches atmosphériques situées entre 10 et 15 km au-dessus du sol. Un pas est franchi dans l'hypothèse qu'une vie bactérienne produisant du méthane pourrait s'ébattre à quelques cm sous le sol martien. Pour l'instant, la question de la vie sur Mars peut très provisoirement se conclure, en affirmant que la planète a peut-être connu au cours de sa jeunesse, des conditions idoines pour que la vie puisse apparaître, par la présence d'eau liquide, de molécules assez complexes apportées par les impacts de météorites et de comètes et un volcanisme actif fournissant la chaleur nécessaire. Mais par ailleurs, le sol martien est assez



*Rover martien*

agressif par la richesse des composés oxydants, capables de détruire les molécules organiques. On devrait donc imaginer qu'une vie bactérienne potentielle est enfouie dans les profondeurs des sédiments martiens, là où la chaleur résiduelle maintient l'eau liquide et où les effets des agents oxydants sont moindres.

## - Satellite Europe

Europe est un des quatre satellites de Jupiter découvert par Galilée en 1610. Sa taille est sensiblement la même que celle de la Lune. Europe ne possède pas de cratères et a peu de relief (moins de 100 m). Cela traduit une surface en constant renouvellement. Les effets de marée provoqués par Jupiter créent des sources de chaleur sous la surface. Les astronomes pensent qu'Europe possède un noyau solide de chondrites et un vaste océan d'eau liquide sous 70 à 100 km de surface gelée. Son atmosphère très ténue, est composée à 100 % d'oxygène. La température de surface est d'environ  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$  (elle descend à  $-220\text{ }^{\circ}\text{C}$  aux pôles).

La vie pourrait exister dans l'océan sous la glace d'Europe, éventuellement dans un environnement semblable aux fumeurs noirs de l'océan profond de la Terre ou à celui du lac Vostok sous la glace de l'Antarctique. Elle pourrait également exister en îlots autour des événements hydrothermaux du fond de l'océan, ou sous le fond de l'océan : on connaît sur Terre des organismes endolithes, c'est-à-dire vivant au sein de la roche, soit dans des fissures naturelles, soit dans des trous qu'ils se sont creusés par voie chimique. Par ailleurs, la vie sur Europe pourrait exister accrochée à la surface inférieure de la couche de glace, comme des algues ou des bactéries dans les régions polaires terrestres, ou encore flotter librement dans l'océan.

## - Satellite Titan

Titan est le plus gros des satellites de Saturne, situé à 25 fois le rayon de la planète Saturne. Il se caractérise par une atmosphère épaisse dont la composition chimique à base d'azote et la pression atmosphérique sont proches de la Terre. Seulement, la similitude s'arrête là, car la température au sol avoisine les  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  !

La présence de composés organiques dans son atmosphère est particulièrement intéressante. On y trouve du méthane, de l'éthane, de l'éthylène, de l'acétylène, mis en évidence par spectrographie depuis la Terre. La sonde Voyager a complété la panoplie des éléments en détectant du cyanure d'hydrogène, du propane, du cyanogène, du monoxyde et du dioxyde de carbone. Ces mélanges de carbures, de nitriles et de composés oxygénés, sont suffisamment réactifs pour intéresser les exobiologistes. Bien qu'ils se forment sans doute dans la haute atmosphère de Titan, ils sont soumis au régime des précipitations et donc tombent sur la surface.

Il semble que les précipitations, les résurgences, l'érosion aient modelé Titan de manière similaire à la Terre, le méthane liquide remplaçant ici l'eau. Le méthane serait d'ailleurs stocké à une faible profondeur sous la croûte de la planète, parvenant à s'évaporer grâce à une activité hydrothermale souterraine, pour se condenser dans la haute atmosphère à 25 km d'altitude. Le méthane s'y

transforme sous l'effet du rayonnement solaire en éthane, celui-ci retombant en pluie à la surface de Titan. Ainsi, une évolution prébiotique reste envisageable malgré la sévérité des conditions, pour peu que de l'eau liquide stagne dans le sous-sol de la planète.

## 2) Les exoplanètes

A l'heure actuelle, plus de 400 planètes ont été découvertes autour d'étoiles.

Ces exoplanètes ont une grande variété de masses et de paramètres orbitaux, et contrairement aux grosses composantes du Système Solaire, leurs orbites peuvent avoir des excentricités importantes. Toutes les exoplanètes découvertes semblent être de type jovien, géantes gazeuses sur lesquelles la vie, au sens où nous la définissons, ne peut pas se développer aisément. Néanmoins, celles qui se trouvent dans la zone d'habitabilité sont un terrain favorable à son émergence, notamment si l'excentricité de l'orbite n'est pas très importante, et si cette planète n'est pas trop soumise aux humeurs de l'étoile centrale.

En fait, les astronomes ont commencé par découvrir les planètes les plus massives, car quelle que soit la méthode utilisée, ce sont celles-ci qui ont les effets les plus visibles. Mais peu à peu, ils ont mis au jour des planètes de plus en plus légères. A ce jour, les records sont détenus par Gliese 876d et Ogle-05-390Lb, respectivement de 7 et 5,5 masses terrestres. Les astronomes pensent que Gliese 876d, située à seulement 3 millions de km de son étoile est forcément composée de roches. Quant à Ogle-05-390Lb, elle se trouve assez loin de son étoile, une naine rouge de 0,22 masse solaire, pour rester plongée dans un froid permanent qui avoisine les  $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Les astronomes estiment que la Voie Lactée renfermerait plus de dix milliards de planètes terrestres. Mais cela ne signifie pas pour autant qu'elles se trouvent partout dans la Galaxie. Les étoiles enrichies en éléments lourds, comme le silicium ou le fer, ont davantage de planètes que celles qui ont très peu d'éléments lourds. Évidemment, le Soleil fait partie de ces



privilégiées qui peuplent essentiellement le disque de la Galaxie : c'est donc là qu'il faut chercher. La métallicité d'une étoile dépend de l'âge. Les premières générations d'étoiles ne sont donc pas a priori propices pour avoir des planètes. En revanche, celles qui se sont formées à partir de leurs restes, riches en éléments lourds, ont toutes les chances de s'entourer de planètes. Or ces astres se localisent dans le disque et en bordure de la Galaxie et non dans son bulbe. Parmi elles, quelle proportion ont une chance d'abriter des planètes terrestres dans un environnement favorable à la vie ? Dans un espace sphérique de 32 années-lumière autour du Soleil, des astronomes ont étudié une population de 182 étoiles. Ils ont finalement sélectionné 13 qui réunissent d'excellentes conditions, dont 3 qui ont un environnement similaire à celui du Soleil : Dzéta du Toucan, Bêta de la Chevelure de Bérénice et 115617 (61 de la Vierge).

### III – Perspective de communication avec d'éventuels extraterrestres

#### 1) Programme SETI

Soutenu par la NASA, Frank Drake lance le programme SETI, conçu dans l'objectif d'essayer de repérer des ondes électromagnétiques émises par des civilisations entrées dans le stade industriel, technologique et scientifique.

Afin d'estimer le nombre de civilisation extraterrestres présentes dans notre Galaxie, Frank Drake a proposé l'équation suivante :  $P(ET) = N^* F_p N_e F_l F_i F_c F_l$  soit :

- $N^*$  = nombre d'étoiles dans notre Galaxie,
- $F_p$  = fraction d'étoiles disposant d'un système planétaire,
- $N_e$  = nombre de planètes où la vie est écologiquement possible,
- $F_l$  = fraction de planètes biocompatibles où la vie est effectivement apparue,
- $F_i$  = fraction de planètes habitées sur lesquelles une forme de vie intelligente est effectivement apparue,
- $F_c$  = fraction de planètes habitées par une vie intelligente sur lesquelles on rencontre une civilisation technique capable de communications,
- $F_l$  = fraction de la durée de vie planétaire accordée à une civilisation technique.

Si le premier terme de l'équation est connu avec une grande précision (environ  $4 \times 10^{11}$  étoiles, la grande difficulté réside dans l'évaluation des autres facteurs qui doivent le réduire. Selon les évaluations faites par les uns et les autres, la probabilité varie considérablement : entre quasi impossibilité et profusion de voisins avec qui communiquer.

#### 2) Les sondes Voyager

Outre les tentatives de contact par la réception et l'émission de signaux radio, la volonté d'établir des liens avec d'autres civilisations s'est également manifestée en

apposant des témoignages de notre existence sur les sondes spatiales lancées à travers le Système Solaire. Un premier envoi a eu lieu en 1972 et un second en 1973 : deux plaques identiques furent posées sur les sondes américaines Pioneer 10 et 11, représentant sommairement le Système Solaire, l'atome d'hydrogène, la position de la Terre et les silhouettes d'un homme et d'une femme nus.

Après s'être approchées de Jupiter et de Saturne, les deux sondes ont continué leur course vers les espaces infinis, cessant d'émettre en 1995. Pour la première fois de notre histoire, deux machines construites de la main de l'homme ont dépassé l'orbite de Pluton en 1988.

En 1977, sont lancées deux nouvelles sondes appelées Voyager, contenant cette fois-ci un disque vidéo. Disposant d'une énergie de 320 watts, elles restent en contact radio avec la Terre. Les messages mettant près de 16 heures à nous parvenir, elles devraient pouvoir émettre jusqu'en 2020.

#### Conclusion

La recherche de la vie dans l'Univers est l'un des domaines scientifiques les plus prometteurs, au moins par les moyens mis en jeu et les performances croissantes. Si son succès n'est pas assuré dans l'immédiat, il demeure intellectuellement prévisible. Il sera très certainement l'évènement majeur que connaîtra l'humanité depuis que l'homme a pris conscience de sa relation directe avec l'Univers dont il est issu.

Les années à venir vont apporter une impressionnante moisson de résultats. Tout d'abord, nous sommes à la veille d'obtenir les premières images montrant des planètes extrasolaires aux dimensions de la Terre. L'étape suivante mettra en évidence des formes de vie par la signature spectrale de l'activité biologique. Enfin, dans un futur proche, nous aurons des images assez fines pour percevoir le détail des planètes lointaines. Nous disposerons également d'une spectroscopie suffisamment résolue pour enfin affirmer que la vie existe ou non ailleurs.

#### Bibliographie

Dominique PROUST et Jean SCHNEIDER : « Où sont les autres ? », Paris, Le Seuil, 2007

Revue Ciel et Espace : juin 2006, novembre 2006, juillet 2010

Wikipédia : rubrique « exobiologie »

**Dates des prochaines animations et rencontres de l'OPL à partir d'oct. 2010 :**

- **Dimanche 10 Oct** de 15h à 17h30 : séances de planétarium à Hilard (Laval)

- **Vendredi 15 Oct** à partir de 20h30 à Restagri: sujet sur les Quasars

- **Samedi 23 Oct.** : formation 3ème étoile à Laval (10h-22h)

- **Samedi 30 Oct** : opération nationale ' Le jour de la Nuit' à partir de 20h30, au planétarium

- **Samedi 13 Nov.** : Rencontre du ciel et de l'espace à la cité des sciences à Paris (covoiturage).

- **Dimanche 14 Nov** de 15h à 17h30 : séances de planétarium à Hilard (Laval)

- **Dimanche 12 Déc** 15h à 17h30 : séances de planétarium à Hilard (Laval)

- Animation avec le Kiosque à Mayenne : **du 07 janvier (vernissage) au 24 janvier.** Ouverture au tout Public les week-end suivants : 08 et 09 janvier, 15 et 16, 22 et 23/01.

- **Mardi 19 avril 2011** : Conférence concert de Hubert Reeves au Théâtre de Laval avec animation de l'OPL et Astro-môme sur la semaine



*Jupiter, qui a perdu une bande de nuage, prise avec le télescope de Vincent Genest et sa caméra CCD DFK 31.*



*Lancement des montgolfières; Stage autour de l'espace avec le CLEP et l'OPL, animé par Eva Lemaire*

**Éphémérides septembre octobre 2010 :**

- Jupiter est l'astre le plus lumineux du soir. Avec un petit télescope on peut observer les bandes de nuages et les satellites.
- Premier quartier le 15 sept. et le 14 octobre
- 23 septembre : c'est l'automne
- Le Soleil passe dans le lion en sept. puis dans la Vierge en oct.



De nombreuses animations cet été. Les astro-mômes ont décoré le local du planétarium, avant d'accueillir un stage qu'ils ont animés pour une dizaine de jeunes de 7 à 11 ans en juillet



*La nuit des étoiles le 6 août*

23 Chapeau des Constellations

du sam. 08 janv. au jeu. 27 janv.

**VOYAGE DANS LE SYSTEME SOLAIRE**

Animation d'astronomie à Mayenne en janvier 2011 avec l'OPL...



*L'OPL était en vacances du 6 au 30 août. Bernard Lemonnier a choisi le Népal mais c'est pour le sport et les paysages car les observations sont difficiles avec la mousson à cette saison*

Je souhaite adhérer à l'Observatoire Populaire de Laval  
 NOM, Prénom : \_\_\_\_\_ Mel, tél. : \_\_\_\_\_  
 Adresse : \_\_\_\_\_  
 Ville et code postal : \_\_\_\_\_  
 Et je verse 21 Euros (adulte) ou 12 Euros (jeune, gratuit avec le coupon pass culture) en chèque au nom de l'O.P.L. L'adhésion permet de recevoir le bulletin d'information de l'O.P.L.  
 \* A remettre à un responsable ou à retourner à : O.P.L., 33 allée du Vieux Saint-Louis, 53000 LAVAL.



Fédérée à la Fédération de la Ligue de l'enseignement- FAL53  
 Membre des associations nationales :

- L'Association Française d'Astronomie
- Association des Planétariums de Langue Française
- Planète Sciences
- Association nationale de protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne

