

AMBASSADE DE FRANCE AUX ETATS-UNIS

**MISSION POUR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE
CONSULAT GENERAL DE SAN-FRANCISCO**

L'ASTROBIOLOGIE AUX ETATS-UNIS

**Jean SAINT-GEOURS
Stéphane ROY**

Janvier 2001

RAPPORT DE

Jean SAINT-GEOURS
Ecole Supérieure de Commerce de Paris

sous la responsabilité de
Stéphane ROY
Attaché pour la Science et la Technologie ¹

¹ Mission pour la Science et la Technologie, Consulat Général de France, 530 Bush Street, San Francisco, CA, 94108. Tél: 415.397.4440. Fax: 415.397.9947. email: stephane.roy@diplomatie.gouv.fr. Site web: <http://www.france-science.org>

RESUME

L'astrobiologie est présentée par certains experts comme un ancien domaine d'étude ayant changé d'appellation. Daniel Goldin, administrateur de la NASA, a, en effet, eu recours à ce terme voilà cinq ans en tentant d'élargir le programme de la NASA sur l'exobiologie, l'étude de la possible vie extra-terrestre. L'astrobiologie a pour but de comprendre comment la vie s'est développée sur Terre, de savoir si la vie est envisageable autre part et, d'envisager l'avenir de la vie sur Terre et au-delà. Ce nouvel-ancien domaine connaît un vif succès car il s'appuie sur un grand intérêt de la part du public et il permet, enfin, de donner un cadre à la collaboration entre des scientifiques aux formations radicalement différentes, mais qui traitent du même sujet. Les principaux enjeux de l'astrobiologie sont donc de définir son champ d'étude, de coordonner les partenariats entre les scientifiques, les universités et les laboratoires et, à plus long terme, de créer des infrastructures qui lui sont propres

SOMMAIRE

I - L'ASTROBIOLOGIE VUE PAR LA NASA

- A - DEFINITION DE L'ASTROBIOLOGIE DONNEE PAR LA NASA :
- B - LES 10 OBJECTIFS A ATTEINDRE :
- C - QUATRE PRINCIPES OPERATOIRES S'AJOUTENT AUX OBJECTIFS :

II - LE NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE

- A - LES MEMBRES DU NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE :
- B - LE FONCTIONNEMENT PRATIQUE DE L'INSTITUT :
- C - LA POSITION FRANÇAISE PAR RAPPORT A L'INSTITUT :

III - LE LABORATOIRE D'ASTROBIOLOGIE

- A - LA CREATION DU LABORATOIRE EST SUJETTE A LA CONTROVERSE :
- B - LES CARACTERISTIQUES THEORIQUES DU LABORATOIRE :

	Janvier 2001	Diffusion: Publique
--	--------------	---------------------

L'astrobiologie est une science relativement récente aux Etats-Unis. Ces dernières années, les scientifiques américains se sont organisés en institut - le NASA *Astrobiology Institute* - ont participé à de nombreuses conférences² et l'astrobiologie a permis un regain d'intérêt du public pour les sciences de l'espace.

Basé sur des rencontres avec des Professeurs d'Université et des directeurs d'instituts, nous avons analysé le domaine de l'astrobiologie aux Etats-Unis. Notre objectif était de comprendre les grandes lignes de ce programme de recherche, d'évaluer le fonctionnement du NASA *Astrobiology Institute* après 2 ans d'existence et de percevoir quelles nouvelles directions seront prises par la NASA. Notre but est d'apporter des éléments de réflexion pour l'éventuelle association du nouveau Groupement de Recherche (GDR) en Exobiologie du CNRS/CNES³ à l'initiative américaine.

Personnes rencontrées

Professeur Baruch BLUMBERG, Prix Nobel. Director of NASA Astrobiology Institute⁴

Professeur David W. DEAMER, Professor of Biophysics, UC Santa Cruz⁵

Professor Donald LOWE, Professor of Geophysics, Stanford University

Dr. David MORRISON, Director of Astrobiology Program, NASA

Dr. Rose GRYMES, Associate Director, NAI⁶, NASA

I - L'ASTROBIOLOGIE VUE PAR LA NASA

Le terme d'astrobiologie a été utilisé pour la première fois, il y a cinq ans, par Daniel Goldin, administrateur général de la NASA. Il souhaitait, à l'époque, donner une autre ampleur au programme de la NASA sur l'exobiologie. Dans un entretien avec David Deamer, professeur à UC⁷ Santa Cruz, celui-ci nous a confié que la création de l'astrobiologie faisait écho à l'invention de la bioastronomie par les scientifiques français. L'apparition de l'astrobiologie a donc été orchestrée de bout en bout par la NASA et, à l'heure actuelle, tous les chercheurs américains qui travaillent dans ce nouveau domaine ont pour référence la définition de l'astrobiologie donnée par celle-ci. Il convient de se pencher sur l'approche que la NASA a de l'astrobiologie.

A - DEFINITION DE L'ASTROBIOLOGIE DONNEE PAR LA NASA :

L'astrobiologie est l'étude de la vie dans l'univers. Elle apporte une perspective biologique à de nombreux champs de recherches développés par la NASA. Cela lie notamment des entreprises telles que la recherche de planètes habitables, les missions d'exploration de Mars et d'Europa, les efforts investis pour comprendre l'origine de la vie et les prévisions concernant le futur de la vie hors de la Terre. L'astrobiologie s'articule ainsi autour de trois questions fondamentales :

- Comment la vie est-elle apparue et a-t-elle évolué ?

² First Astrobiology Science Conference. 3-5 avril 2000. Ames, Californie. www.astrobiology.com/asc2000

³ Dirigé par le Professeur François RAULIN, Université Paris XII - Paris VII - CNRS

⁴ bblumberg@mail.arc.nasa.gov

⁵ deamer@hydrogen.ucsc.edu

⁶ rgrymes@arc.nasa.gov

⁷ UC: University of California

- La vie existe-t-elle ailleurs dans l'Univers ?
- Quel est le futur de la vie sur Terre et au-delà ?

Le récent engouement que les scientifiques nourrissent à l'encontre de l'astrobiologie découle du fait qu'ils ont, aujourd'hui, les moyens et la technologie pour commencer à répondre à ces trois questions. C'est, en principe, ce qui a motivé Daniel Goldin lorsqu'il a lancé le programme d'astrobiologie.

La NASA ne se contente pas de donner une définition générale de ce nouveau secteur d'activité. Elle a aussi élaboré, grâce à l'intervention de nombreux membres de la communauté scientifique américaine (les profils étaient fort variés ; des chimistes, des océanographes, des biologistes, des zoologistes ou encore des paléontologues sont intervenus), un itinéraire officiel que l'astrobiologie est sensée suivre. Il est composé de dix buts à atteindre, de dix-sept objectifs périphériques et de quatre principes opératoires.

B - LES 10 OBJECTIFS A ATTEINDRE :

1. Comprendre comment la vie est née sur Terre.
2. Déterminer les principes généraux gouvernant l'organisation de la matière dans les systèmes vivants.
3. Explorer la façon dont la vie évolue au niveau moléculaire, des organismes et des écosystèmes.
4. Déterminer la façon dont la biosphère a évolué par rapport à la Terre.
5. Etablir les limites de la vie dans des environnements modèles des conditions dans les autres mondes.
6. Déterminer ce qui fait d'une planète qu'elle est habitable et déterminer si de telles planètes se rencontrent fréquemment dans l'univers.
7. Déterminer la façon de reconnaître la signature de la vie dans d'autres mondes.
8. Déterminer si la vie existe (ou a existé) ailleurs dans notre système solaire, particulièrement sur Mars et Europa.
9. Déterminer la sensibilité des écosystèmes aux changements d'environnement dans des échelles de temps compatibles avec la vie humaine sur Terre.
10. Appréhender l'évolution de la vie sur Terre lorsqu'elle est confrontée aux conditions de l'espace ou aux conditions d'autres planètes.

C - QUATRE PRINCIPES OPERATOIRES S'AJOUTENT AUX OBJECTIFS :

1. L'astrobiologie est, tout d'abord, pluridisciplinaire et l'accomplissement des objectifs nécessite la coopération de différents programmes scientifiques.
2. L'astrobiologie encourage une prise de conscience planétaire à travers la reconnaissance des questions éthiques ayant trait à l'exportation de la vie sur Terre, hors de celle-ci et à travers l'accentuation de la protection contre une contamination biologique.
3. L'astrobiologie rejoint, dans une large mesure, l'intérêt de la société, en particulier les

domaines qui s'occupent de la recherche de vie extraterrestre ou ceux qui tentent de concevoir de nouvelles formes de vie adaptées à d'autres planètes.

4. Au regard de l'engouement intrinsèque du public pour le sujet traité, l'astrobiologie prend fortement un tour éducatif.

Ayant posé les jalons théoriques de l'astrobiologie, la NASA a entrepris de doter son nouveau concept d'une structure capable d'encadrer les recherches faites sur le sujet. Cela a abouti à la création du *NASA Astrobiology Institute* (NAI). Il s'agit d'un institut virtuel coordonnant les travaux de nombreux organismes.

II - LE NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE

L'*Astrobiology Institute* de la NASA (NAI) représente un partenariat entre la NASA et des universités. Ce partenariat a pour but de promouvoir et de conduire des recherches pluridisciplinaires, de former de jeunes scientifiques et de donner accès au public à l'étude de la vie dans l'univers. Comme la mission fondamentale de la NASA est l'exploration de l'espace, le NAI est sensé mener à des missions spatiales spécifiques. Pour pouvoir plus facilement contrôler l'orientation des recherches, la NASA a choisi les membres de l'institut et en a limité le nombre.

A - LES MEMBRES DU NASA ASTROBIOLOGY INSTITUTE :

Le *NASA Astrobiology Institute* a été créé en 1998. Il est composé de onze membres, choisis parmi les cinquante-deux institutions qui avaient postulé pour intégrer le NAI, et d'une trentaine de consortiums dispersés dans tout le pays. La Suisse, l'Autriche, la Russie et l'Allemagne sont aussi des consortiums membres, tandis que l'Espagne a le statut d'institut associé. Les fonds engagés pour la première année s'élevaient à environ 10 millions de dollars.

Un deuxième round a été organisé dans le but d'intégrer trois nouveaux membres à la structure existante. David Deamer de UC Santa Cruz nous a expliqué que trente à quarante organismes sont susceptibles de se présenter pour l'obtention de l'un de ces trois postes. Il pense que le ticket UC Santa Cruz - UC Berkeley a de bonnes chances de s'imposer. Les deux universités ont, en effet, formulé une proposition commune.

A l'heure actuelle, le *NASA Astrobiology Institute* coordonne les travaux liés à l'astrobiologie effectués par les onze membres composant son noyau et par les nombreuses organisations affiliées précitées. Les onze centres de l'Institut sont : Le NASA Ames Research Center, Arizona State University⁸, Carnegie Institution of Washington DC⁹, Harvard University¹⁰, Jet Propulsion Laboratory¹¹, NASA Johnson Space Center¹², Woods Hole Marine Biological Laboratory¹³, Pennsylvania State University¹⁴, Scripps Research Institute¹⁵, UC Los

⁸ Investigateur principal: Jack FARMER. www.asu.edu

⁹ Investigateur principal: Sean SOLOMON

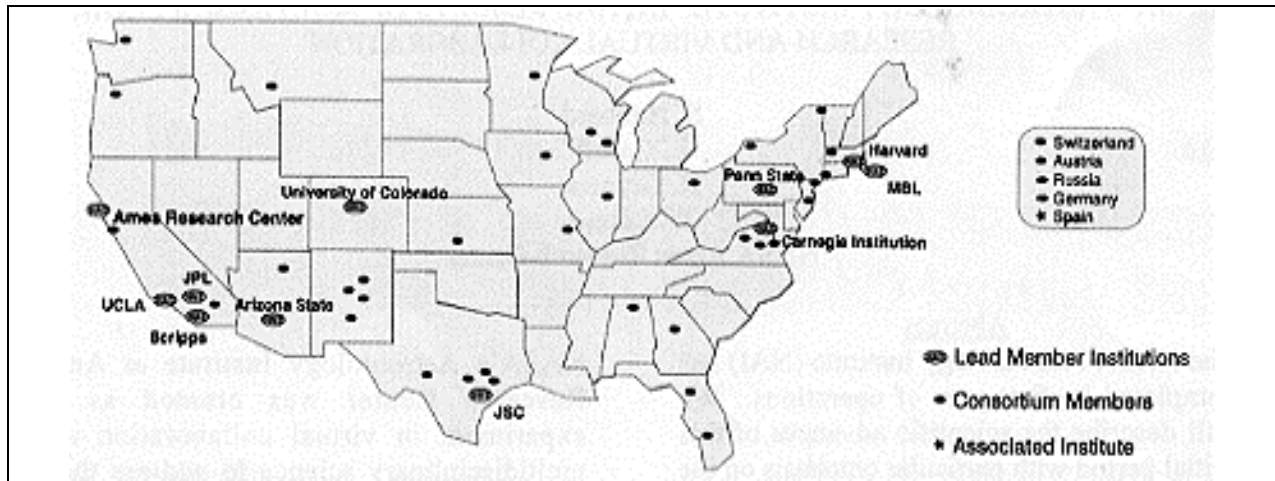
¹⁰ Investigateur principal: Andrew KNOLL. www.harvard.edu

¹¹ Investigateur principal: Kenneth NEALSON. www.jpl.nasa.gov

¹² Investigateur principal: David McKAY. www.jsc.nasa.gov

¹³ Investigateur principal: David CARON. www.whoi.edu

Angeles¹⁶, et University of Colorado à Boulder¹⁷.



Cartographie des centres de recherche du NAI

Les onze membres et les consortiums qui leur sont rattachés définissent les domaines spécifiques qu'ils se proposent d'explorer. Pour exemple, le NASA Ames Research Center a pour champ d'action la contribution de la matière organique aux planètes, la formation et l'évolution des planètes habitables, les origines des chemins métaboliques empruntés par les cellules primitives, la structure des écosystèmes microbiens et les effets de rapides changements environnementaux sur les propriétés des écosystèmes. La Carnegie Institution of Washington enquête, de son côté, sur les aspects des systèmes hydrothermaux. Pour ce faire, l'institution conduit des études en laboratoire sur l'analyse d'observations du système solaire et d'autres systèmes planétaires.

La grande incertitude qu'inspire cet institut virtuel tient à son fonctionnement pratique. Est-il possible de travailler ensemble sans se voir continuellement ?

B - LE FONCTIONNEMENT PRATIQUE DE L'INSTITUT :

Pour animer de façon cohérente un institut composé de nombreuses équipes de recherche indépendantes (570 chercheurs au total), il est nécessaire de disposer d'un système de communication efficace. Cela se traduit par l'utilisation de réseaux électroniques, mais cela passe aussi par des rencontres, des conférences ou des ateliers plus ciblés. Cela constitue l'occasion d'initier des collaborations que les moyens modernes de communication permettent de poursuivre.

Une grande conférence avait été organisée par le NASA Astrobiology Institute cinq mois après sa création pour mettre en commun les premières avancées réalisées par les différents

¹⁴ Investigateur principal: Hiroshi OHMOTO. www.ems.psu.edu/psarc/

¹⁵ Investigateur principal: Professor GHADIRI. www.scripps.edu

¹⁶ Investigateur principal: Bruce RUNNEGAR. www.ucla.edu

¹⁷ Investigateur principal: Bruce JAKOSKY. www.colorado.edu

membres. La dernière grande conférence ayant trait à l'astrobiologie s'est déroulée en avril 2000 au Ames Research Center de la NASA. Des forums réunissant des chercheurs aux intérêts concomitants sont fréquemment organisés et aboutissent à la création d'ateliers spécifiques.

Par la suite, une collaboration virtuelle en réseau prend le relais. Le principe même de l'institut consiste à ne disposer d'aucun mur, tout en ayant des membres géographiquement dispersés. Cela permet notamment de réduire considérablement les coûts et de les réserver à la recherche. Des salles de vidéoconférence ont été aménagées chez les onze membres afin de pouvoir communiquer les uns avec les autres efficacement.

Le NAI est aussi organisé autour d'une équipe dirigeante à la tête de laquelle on trouve le docteur Baruch Blumberg. M. Blumberg est un scientifique de renommée mondiale, il a notamment gagné le prix Nobel de médecine en 1976 pour sa découverte du vaccin contre l'hépatite B. Nous avons eu l'occasion de le rencontrer aux NASA Ames Research Center. Il était accompagné de David Morrison, le directeur de l'astrobiologie et de l'espace à la NASA, et de Rosalind Grymes, Directeur associé. Le docteur Baruch Blumberg est entouré d'un conseil scientifique composé essentiellement de professeurs et de chercheurs (dont la plupart peuvent se targuer d'avoir gagné le prix Nobel). Doté d'un budget de 15 millions de dollars pour l'année, la promesse d'un financement annuel au moins égal est acquise pour 5 ans.

C - LA POSITION FRANÇAISE PAR RAPPORT A L'INSTITUT :

A titre d'exemple, l'Espagne et le Royaume-Uni participent d'ores et déjà au NAI et l'Australie en a exprimé le souhait. La recherche française dans le domaine de l'astrobiologie est déjà amplement reconnue par les membres du NAI et de nombreuses collaborations existent déjà. Ce n'est que tout récemment que le NAI a appris l'existence du GDR Exobio Français - Groupe de Recherche en Exobiologie créé par le CNRS en 1999 et soutenu par le CNES.

Au mois de septembre 2000, le NAI a été informé du désir du GDR Exobio, de participer au NAI. Cette demande est indépendante de l'appel d'offre qui a été lancé cette année pour son extension. En dehors de l'appel d'offre, aucune forme officielle de protocole de coopération n'a été arrêtée avec les organismes étrangers. Le NAI est donc disposé à considérer un partenariat similaire à l'accord espagnol ou à créer une structure adaptée à la spécificité scientifique française.

Bien que l'institut virtuel semble fonctionner, un laboratoire qui traiterait en partie de l'astrobiologie est susceptible d'être construit sur l'un des sites de la NASA avec la collaboration de partenaires industriels. Cela donnerait sans aucun doute à l'astrobiologie une importance reconnue et une efficacité accrue.

III - LE LABORATOIRE D'ASTROBIOLOGIE

Moffett Field, site du Ames Research Center de la NASA, est une ancienne base militaire

de la Navy d'un total de 800 hectares au coeur de la Silicon Valley. Une partie de cet espace pourrait accueillir un parc de recherches, créé grâce à des partenaires gouvernementaux et industriels. De nombreuses universités californiennes désirent ardemment participer au projet. Le parc doit accueillir un grand laboratoire au sein duquel un département, au moins, sera destiné à l'astrobiologie. Ce projet donnerait un tout autre visage à ce nouveau domaine qui repose pour l'instant sur un système de collaboration virtuelle.

A - LA CREATION DU LABORATOIRE EST SUJETTE A LA CONTROVERSE :

Le site destiné au parc de recherches s'étendrait sur 32 hectares et comprendrait un laboratoire de 10 000 mètres carrés. Lockheed Martin apparaît être le principal intervenant industriel. Les partenaires potentiels se sont engagés à construire le bâtiment (le coût de la construction est estimé à 40 millions de dollars, selon l'équipe de Baruch Blumberg). Cela coûterait par la suite 40 millions de dollars à la NASA pour l'aménager, somme à laquelle il faudrait ajouter le coût de fonctionnement à l'année. La manne financière à dégager est une des raisons pour lesquelles le laboratoire, initialement prévu pour n'être consacré qu'à l'astrobiologie, comprendra plusieurs types d'activités. L'autre raison tient au fait que d'autres projets proches de l'astrobiologie connaissent un vif engouement en ce moment.

La construction de ce laboratoire a toujours posé problème. Un panel de onze personnes a été dépêché à l'automne 1999 pour déterminer si le choix de construire un laboratoire à cet endroit était judicieux. Un rapport préliminaire rendu par le géologue Donald Lowe de Stanford indiquait que c'était l'occasion de créer un laboratoire unique sur le plan national et qu'un tel laboratoire serait d'une grande utilité pour l'astrobiologie. Cependant, bien que certains chercheurs aient chaudement soutenu l'initiative, d'autres chercheurs et d'autres responsables se sont résolument opposés au projet au point de le menacer.

Anne Kinney, de la NASA, a obtenu que l'*Astrobiology Task Force*, un groupe d'une douzaine de chercheurs, évalue aussi l'à-propos de la création d'un laboratoire uniquement destiné à l'astrobiologie. Le président de la *Task Force* est Charles Beichman, astronome au Jet Propulsion Laboratory (JPL) à Pasadena, Californie. Les membres de la *Task Force* pensent que le budget annuel de fonctionnement d'un tel laboratoire exclusivement dédié à l'astrobiologie ne se justifie pas.

En définitive, l'équipe de Baruch Blumberg nous a assuré que l'astrobiologie partagerait le laboratoire avec d'autres activités comme la nanobiologie ou encore la biologie fondamentale. Il semble donc difficile de déterminer quelles idées parmi celles proposées par le panel pourront être appliquées.

B - LES CARACTERISTIQUES THEORIQUES DU LABORATOIRE :

Lors de nos rencontres avec David Deamer de UC Santa Cruz et Donald Lowe de Stanford, tous deux membres du panel (Donald Lowe en étant le directeur), ceux-ci nous ont exposé les résultats de leurs réflexions concernant les caractéristiques du laboratoire. Le panel considérait

qu'idéalement, le laboratoire devrait être doté de trois ailes. La première serait destinée à la reproduction fidèle des environnements supposés de planètes comme Mars ou Europa pour tester les équipements (chambres cryogéniques, à radiation...). La deuxième servirait de laboratoire de retour de mission pour tester les échantillons prélevés. La troisième consisterait à faire des simulations informatiques et à établir des modèles numériques d'organismes. Le laboratoire permettrait alors d'accomplir plus de choses que les membres de l'institut pris séparément. Malheureusement, on ne peut savoir quel visage aura la section destinée à l'astrobiologie puisqu'il est maintenant certain que plusieurs activités partageront le laboratoire.

CONCLUSIONS

Bien que les concepts de la biologie ne fassent pas partie de la culture habituelle de la NASA, l'aide de Daniel GOLDIN a permis de hisser l'astrobiologie au niveau de domaine de recherche aux Etats-Unis. L'astrobiologie aux Etats-Unis est toutefois une science encore jeune. Conservera-t-elle sa cohérence? Attirera-t-elle suffisamment d'étudiants? Auront-ils des débouchés? Le remplacement très probable de l'administrateur de la NASA suite aux résultats de l'élection présidentielle peut remettre en question cette position. Cependant, cette initiative a donné à l'astrobiologie un *momentum* avec la création d'un institut, la publication d'une scientifique spécialisée (*Journal of Astrobiology*) ou l'organisation de conférences¹⁸

La France est amplement reconnue dans ce domaine de recherche et les désirs d'ouverture de la NASA à la collaboration internationale seront à développer dans l'année à venir.

¹⁸ ISSOL: International Study for the Study of Origin of Life. 400 participants dont 300 américains.