Origin of Life Université Grenoble Alpes · PNP · UGA Université Grenoble Alpes · cnrs · cnes · LabEx OSUG Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble · IPAG

Recueil des actes

Conférence Nationale
d'Exobiologie
2023
SFE

Conférence nationale d'Exobiologie 2023

Mardi 7 novembre

Société Française d'Exobiologie

	09:30 - 09:50	**Café d'accueil**		**Titane 1**
	09:50 - 10:00	*Welcome*	Hervé Cottin & Xavier Delfosse	Titane 2
Chair : Xavier Delfosse	**10:00 - 12:10**	**BRIQUE DU VIVANT ET CHIMIE PRE-BIOTIQUE, TRANSITION VERS LE VIVANT ET EVOLUTION PRECOCE**		
	10:00 - 10:40	› Phylogénie	Guy Perriere	Titane 2
	10:40 - 11:10	› Le rôle primordial de l'ATP à l'origine de la vie	Juan Fontecilla-Camps	Titane 2
	11:10 - 11:30	› Anémochorie et origines de la vie: la transformation d'aérosols en structures protocellulaires	Serge Nader	Titane 2
	11:30 - 11:50	› Comment commence l'évolution ?	Sylvain Charlat	Titane 2
	11:50 - 12:10	› Associations organiques et minérales pour la formation, la complexification et la préservation de molécules organiques dans les systèmes prébiotiques	Vassilissa Vinogradoff	Titane 2
	12:10 - 13:45	**Déjeuner**		**Titane 1**
Chair : Vassilissa Vinogradoff	**13:45 - 15:45**	**BRIQUE DU VIVANT ET CHIMIE PRE-BIOTIQUE, TRANSITION VERS LE VIVANT ET EVOLUTION PRECOCE**		
	13:45 - 14:25	› Reproduction non enzymatique du métabolisme primitif pour comprendre les origines de la vie	Joseph Moran	Titane 2
	14:25 - 14:45	› Explorer les éléments constitutifs de la vie dans les hot corino	Layal Chahine	Titane 2
	14:45 - 15:05	› Glycolaldéhyde dans L1157 : une molécule d'intérêt prébiotique	Juliette Robuschi	Titane 2
	15:05 - 15:25	› Des Molécules Interstellaires Aux Molécules Prébiotiques	Jean-Claude Guillemin	Titane 2
	15:25 - 15:55	*Rapports moral et financier de la SFE*	Hervé Cottin, Fabien Stalport	Titane 2
	15:55 - 16:15	*Présentation des posters*		Titane 2
	16:15 - 16:45	**Pause café**		**Titane 1**
Chair : Grégoire Danger	**16:45 - 17:45**	**TERRE PRIMITIVE ET SON ENVIRONNEMENT LORS DE L'EMERGENCE DE LA VIE**		
	16:45 - 17:05	› Origines de la matière organique sur la Terre primitive et leur identification dans les plus anciennes roches	Julien Alleon	Titane 2
	17:05 - 17:25	› Micropyrites comme potentielles biosignatures	Johanna Marin Carbone	Titane 2
	17:25 - 17:45	› Traceurs isotopiques pour contraindre les environnements primitifs	Maud Boyet	Titane 2

Conférence nationale d'Exobiologie 2023

Mercredi 8 novembre

Société Française d'Exobiologie

Chair : Hervé Cottin	**09:00 - 10:40**	**EXPLORATION DU SYSTEME SOLAIRE, EXOBIOLOGIE ET RETOUR D'ECHANTILLONS**		
	09:00 - 09:40	› Retour d'échantillons et exobiologie	Lydie Bonal	Titane 2
	09:40 - 10:00	› Origin and evolution of the aromatic organic matter in carbonaceous chondrites	Laurent Remusat	Titane 2
	10:00 - 10:20	› Investigating traces of life in a Martian context: a micro-to-nanoscale study of microfossils from Rio Tinto	Lara Maldanis	Titane 2
	10:20 - 10:40	› Optimiser les analyses in-situ sur Mars par l'instrument MOMA : extraction et dérivatisation par MTBSTFA de molécules organiques	Clara Azémard	Titane 2
	10:40 - 11:10	**Pause café**		**Titane 1**
Chair : Bruno Franzetti	**11:10 - 12:30**	**EXPLORATION DU SYSTEME SOLAIRE, EXOBIOLOGIE ET RETOUR D'ECHANTILLONS**		
	11:10 - 11:30	› The future of life: Dynamical evolution of the Solar System after a sub-100 au stellar flyby	Sean Raymond	Titane 2
	11:30 - 11:50	› Altération aqueuse dans les météorites : quel impact sur la matière organique et l'assemblage organo-minéral ?	Coline Serra	Titane 2
	11:50 - 12:10	› Evolution of H-isotope signature of amino acids during asteroidal aqueous alteration	Yuanyuan He	Titane 2
	12:10 - 12:30	› L'ammonium : un réservoir important d'azote dans les chondrites CI	Lucie Laize-Générat	Titane 2
	12:30 - 14:00	**Déjeuner**		**Titane 1**
Chair : Maud Boyet	**14:00 - 16:00**	**IMPACT SOCIETAL DE LA RECHERCHE DE VIE EXTRA-TERRESTRE**		
	14:00 - 14:40	› Organisation de l'exobiologie en France : SFE, PEPR Origins, initiatives locales, ...	Hervé Cottin	Titane 2
	14:40 - 15:00	› Contributions de l'anthropologie aux recherches en exobiologie	Perig Pitrou	Titane 2
	15:00 - 15:20	› La mise en discours des origines de la vie et de la recherche de vie extra-terrestre par les créateurs de contenus sur YouTube (2016-2023)	Guylaine Gueraud-Pinet, Robin Gaillard	Titane 2
	15:20 - 15:40	› Médiatisations des Origines et de l'Habitabilité. A la recherche de l'impact sociétal	Benoit Lafon	Titane 2
	15:40 - 16:00	› Cinéma et archéologie extraterrestre	Olivier Planchon	Titane 2
	16:00 - 16:30	**Pause café**		**Titane 1**
Ch. : Andres Carmona	**16:30 - 17:10**	**IMPACT SOCIETAL DE LA RECHERCHE DE VIE EXTRA-TERRESTRE**		
	16:30 - 16:50	› Comment les magazines télévisés préparent le grand public à la découverte d'autres formes de vie ?	Jean-Stéphane Carnel	Titane 2
	16:50 - 17:10	› La cause du principe de causalité et du hasard : La formation du système solaire et de la vie en lui est-elle un hasard ou un déterminisme ?	Cyrille Olou	Titane 2
	19:00 - 22:00	**BANQUET DE LA CONFERENCE - AU CIEL ROOFTOP, A GRENOBLE**		

Conférence nationale d'Exobiologie 2023

Jeudi 9 novembre

Société Française d'Exobiologie

Ch. : Adrienne Kish	**09:00 - 10:50**	**EXOPLANETES, CLIMATS ET ZONE HABITABLE : A L'ERE DU JWST ET DES ELTS**		
	09:00 - 09:40	› Exoplanètes et habitabilité	Emeline Bolmont	Titane 2
	09:40 - 10:00	› Rechercher des planètes telluriques dans le voisinage solaire avec SOPHIE, SPIRou et NIRPS	Xavier Delfosse	Titane 2
	10:00 - 10:20	› Constraining the thermal emission of TRAPPIST-1's innermost planets using the JWST	Elsa Ducrot	Titane 2
	10:20 - 10:50	› Origin of water and life: What astrophysical and instrumental challenges for tomorrow ?	Gaël Chauvin	Titane 2
	10:50 - 11:20	**Pause café**		**Titane 1**
Chair : Sean Raymond	**11:20 - 11:40**	**EXOPLANETES, CLIMATS ET ZONE HABITABLE : A L'ERE DU JWST ET DES ELTS**		
	11:20 - 11:40	› Un point sur l'habitabilité de la planète Mars	François Forget	Titane 2
	11:40 - 12:30	**VULGARISATION, DIFFUSION DES CONNAISSANCES, ENSEIGNEMENTS**		
	11:40 - 12:10	› AstrobioEducation : un projet interdisciplinaire pour une initiation et des approfondissements en exobiologie	Hervé Cottin	Titane 2
	12:10 - 12:30	› Site web et implantation SFE	Olivier Poch	Titane 2
	12:30 - 14:00	**Déjeuner**		**Titane 1**
Chair : Laurence Lemelle	**14:00 - 14:50**	**VULGARISATION, DIFFUSION DES CONNAISSANCES, ENSEIGNEMENTS**		
	14:00 - 14:20	› Ecole RED	Vassilissa Vinogradoff	Titane 2
	14:20 - 14:50	*Débat: "Organiser l'enseignement de l'exobiologie en France" | Fabien Stalport*		Titane 2
	14:50 - 15:30	**ORGANISME EXTREMOPHILE, LIMITES DE L'HABITABILITE ET BIOSIGNATURES**		
	14:50 - 15:30	› Bio-énergétique	Barbara Schoepp-Cothenet, Simon Duval	Titane 2
	15:30 - 16:00	**Pause café**		**Titane 1**
Chair : Sophie Abby	**16:00 - 17:20**	**ORGANISME EXTREMOPHILE, LIMITES DE L'HABITABILITE ET BIOSIGNATURES**		
	16:00 - 16:20	› Les Woesearchaeota du lac Dziani Dzaha : des archées dominantes au potentiel métabolique énigmatique	Lilian Cloarec	Titane 2
	16:20 - 16:40	› Mise en évidence d'un lien étroit entre forte résistance au stress radiatif et stabilité conformationnelle d'enzymes extrêmophiles	Dominique Madern	Titane 2
	16:40 - 17:00	› Sels, cellules, et biosignatures	Adrienne Kish	Titane 2
	17:00 - 17:20	› Carbon fixation in microbial communities from the shallow serpentinite-hosted system of Prony Bay, New Caledonia	Rabja Popall	Titane 2
	19:15 - 22:30	**REMISE DES PRIX DE LA SFE A COSMOCITE**		

Conférence nationale d'Exobiologie 2023

Vendredi 10 novembre

Société Française d'Exobiologie

Chair : Maeva Millan	**9:00 - 10:00**	**REMISE DES PRIX THESE ET JEUNE CHERCHEUR SFE 2023**		
	09:00 - 09:30	*Prix de Thèse SFE 2023 - Lorenzo Carré*		Titane 2
	09:30 - 10:00	*Prix Jeune Chercheur SFE 2023 - Benjamin Charnay*		Titane 2
	10:00 - 10:20	**ORGANISME EXTREMOPHILE, LIMITES DE L'HABITABILITE ET BIOSIGNATURES**		
	10:00 - 10:20	› UV-C radiation induces nucleoid remodeling and major changes in HU dynamics in the radiation resistant bacterium Deinococcus radiodurans	Pierre Vauclare	Titane 2
	10:20 - 10:50	**Pause café**		**Titane 1**
Chair : Julien Alleon	**10:50 - 11:50**	**ANALOGUES ET BIO-SIGNATURES**		
	10:50 - 11:30	› Bio-signature	Kevin Lepot	Titane 2
	11:30 - 11:50	› Thermal analyses of (bio)carbonates as part of the search for traces of life in extraterrestrial environments	Alexandra Perron	Titane 2
	11:50 - 12:50	*Table ronde: Bio-Signatures | Julien Alleon*		Titane 2
	12 :50	**FIN DE LA CONFERENCE**		

Brique du vivant et chimie pré-biotique, transition vers le vivant et évolution précoce

Phylogénie

G. PERRIÈRE

LBBE, Villeurbanne, guy.perriere@univ-lyon1.fr

Abstract

Références

Le rôle primordial de l'ATP à l'origine de la vie.

J. C. FONTECILLA-CAMPS

Unité Métalloprotéines, Institut de Biologie Structurale Univ. Grenoble-Alpes, CEA, CNRS

Il semble bien établi que des surfaces minérales aient pu loger et rendre possibles les premières manifestations de la vie [1]. En effet, de telles surfaces peuvent (i) réguler l'activité de l'eau à travers des cycles sécheresse/humidité, (ii) fournir des catalyseurs inorganiques pour des réactions en chaîne [2][3][4] et (iii) produire des molécules activées nécessaires à la formation des liaisons C-N par des réactions de condensation [5]. Elles auraient pu également fournir des sources d'énergie primordiales grâce à la déshydratation thermique, [6] et à la génération de H_2 [1]. Une combinaison de différentes surfaces minérales aurait permis de générer des chaînes de réactions proto-métaboliques dans des conditions de sécheresse relative, et d'échanger, au cours d'une étape humide, des molécules produites pour former une entité autocatalytique primordiale [7]. A terme, une telle entité serait devenue une protocellule liée à son berceau minéral [1]. Sa transition vers un milieu liquide aurait impliqué le remplacement d'une partie des catalyseurs et cofacteurs minéraux de surface par des molécules solubles, et également la nécessité de réaliser des réactions de condensation -génératrices d'eau- dans un environnement liquide constant. Je propose que ces fonctions fondamentales ont pu être accomplies par l'ATP par phosphorylation pour les réactions de condensation et grâce à la déshydratation accomplie par son fragment PO_3^{2-} qui devient HPO_4^{2-} [8][9]. Ces idées seront discutées lors de mon exposé.

Références

[1] G. Wächtershäuser, *Microbiol. Rev. 52*, 452–484. **1988**

[2] M. A. Keller, D. Kampjut, S. A. Harrison, M. Ralser, *Nat Ecol Evol 1*, 0083. **2017**

[3] K. B. Muchowska, S. J. Varma, E. Chevallot-Beroux, L. Lethuillier-Karl, G. Li, J. Moran, *Nat Ecol Evol 1*, 1716–1721, **2017**

[4] M. I. Guzman, S. T. Martin, *Astrobiology*, *9*, 833–842, **2009**

[5] Deiana Chiara, Sakhno Yuriy, Fabbiani Marco, Pazzi Marco, Vincenti Marco, Martra Gianmario, *ChemCatChem*, *5*, 2832–2834, **2013**

[6] S. Kiyabu, J. S. Lowe, A. Ahmed, D. J. Siegel, *Chem. Mater.*, *30*, 2006–2017, **2018**

[7] J. C. Fontecilla-Camps, *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, *58*, 42–48, **2019**

[8] J. C. Fontecilla-Camps, *J.l Inorg. Biochem.* 111347. **2020**,

[9] J. C. Fontecilla-Camps, *ChemBioChem 23*, e202200064, **2022**

Anémochorie et origines de la vie: la transformation d'aérosols en structures protocellulaires

S. Nader[1], A. Baccouche[1], F. Connolly[1], J.D. Lewis[2], D. Pink[3], S.S. Mansy[1]

[1]Department of Chemistry, University of Alberta, Edmonton, AlbertaT6G 2N4, Canada, serge.c.nader@gmail.com

[2]Department of Oncology, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E1, Canada

[3]Nanostics Inc., Edmonton, Alberta T5J 4P6, Canada

Les aérosols, abondant sur notre planète, ont une forte chance d'avoir été impliqué dans la chimie pré-biotique. Alors que de nombreux travaux se sont concentrés sur la génération d'aérosols et leurs propriétés chimiques, peu d'efforts ont été consacrés à leur sort après retour à la surface. À l'aide d'un dispositif expérimental en laboratoire, nous montrons que des aérosols aqueux se transforment en structures protocellulaires, de la taille d'une cellule, lors de leur entrée dans une solution aqueuse contenant des lipides. Un tel processus fournis une voie jusqu'à présent inexplorée pour l'assemblage des briques élémentaires de la vie, à partir de régions géochimiques disparates, dans des vésicules protocellulaires, et en fournissant une protection contre la dilution de leur contenu. Nos travaux mettent en lumière une nouvelle voie qui a peut-être facilité l'émergence des premières cellules sur la Terre. [1]

Reference:

[1] Nader, S., Baccouche, A., Connolly, F., Abou-Ghanem, M., Styler, S. A., Lewis, J. D, Pink, D. & Mansy, S. S. (2023): ACS Earth and Space Chemistry, 7 (1), 252-259
DOI: https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.2c00328

Comment commence l'évolution ?

S. CHARLAT*[1], D. KUPERBERG[2], E. RAJON[1] & N. LARTILLOT[1]

[1] Laboratoire de Biométrie & Biologie Evolutive - Villeurbanne - sylvain.charlat@univ-lyon1.fr

[2] Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme, Lyon.

En expliquant la complexité et l'apparente finalité des propriétés du vivant, le principe d'évolution par sélection naturelle offre au raisonnement biologique sa pierre angulaire. Toutefois, ce principe reste à ce jour inopérant pour expliquer l'émergence même du vivant, dans la mesure où sa formulation repose sur des propriétés minimales biologiques et non physicochimiques: individualité et héritabilité [1,2]. Pour expliquer l'émergence de l'évolution, deux hypothèses s'offrent alors à nous. La première, que nous jugeons improbable, a minima insatisfaisante, implique de supposer une apparition purement “fortuite”, c'est-à-dire strictement non darwinienne, de ces propriétés minimales. La seconde, notre hypothèse de travail, est d'envisager la possibilité d'une re-formalisation, vers plus de généralité, du principe d'évolution par sélection naturelle. Nous chercherons dans cet exposé à présenter d'abord une analyse conceptuelle et épistémique de ce problème, pour évoquer ensuite les travaux de modélisation entrepris pour tenter de le résoudre, c'est à dire de rendre compte de cette nécessaire articulation, de ce passage, du physique au Darwinien, et peut-être au biologique. Reposant sur un minimalisme n'obéissant qu'aux lois élémentaires de la thermodynamique, ces modèles visent plus spécifiquement à saisir les conditions d'une émergence, vraisemblablement graduelle, de proto-individus porteurs de variance héritable. Les cycles autocatalytiques constituent dans ce cadre des objets d'un grand intérêt [3–5], dont la complexification pourrait générer des systèmes appréhendables à la fois, et de façons également pertinentes, dans un cadre physique et dans un cadre Darwinien. La détection systématique de ces objets dans des “soupes physiques” complexes constitue un premier défi computationnel, que nos récents développements algorithmiques permettent de relever.

Références

[1] Charlat, S.; Ariew, A.; Bourrat, P.; Ferreira Ruiz, M.; Heams, T.; Huneman, P.; Krishna, S.; Lachmann, M.; Lartillot, N.; Le Sergeant d’Hendecourt, L.; et al. Natural Selection beyond Life? A Workshop Report. *Life* **2021**, *11*, 1051, doi:10.3390/life11101051.

[2] Charlat, S.; Heams, T.; Rivoire, O. Is Natural Selection Physical? In *Evolutionary Thinking Across Disciplines*; Du Crest, A., Valković, M., Ariew, A., Desmond, H., Huneman, P., Reydon, T.A.C., Eds.; Synthese Library; Springer International Publishing: Cham, 2023; Vol. 478, pp. 287–296 ISBN 978-3-031-33357-6.

[3] Liu, Y.; Sumpter, D.J.T. Mathematical Modeling Reveals Spontaneous Emergence of Self-Replication in Chemical Reaction Systems. *Journal of Biological Chemistry* **2018**, *293*, 18854–18863, doi:10.1074/jbc.RA118.003795.

[4] Blokhuis, A.; Lacoste, D.; Nghe, P. Universal Motifs and the Diversity of Autocatalytic Systems. *Proc Natl Acad Sci USA* **2020**, *117*, 25230–25236, doi:10.1073/pnas.2013527117.

[5] Sarkar, S.; England, J.L. Design of Conditions for Self-Replication. *Phys. Rev. E* **2019**, *100*, 022414, doi:10.1103/PhysRevE.100.022414.

Associations organiques et minérales pour la formation, la complexification et la préservation de molécules organiques dans les systèmes prébiotiques

VINOGRADOFF Vassilissa [a], CHEVRIER Vincent[b], MEINERT Cornelia[c], GRAUBY Olivier[d], RIMOLA Albert[e], MATES-TORRES Eric[e], DANGER Gregoire[a] and PASCAL Robert[a].

[a] *CNRS, Aix-Marseille University, Institut Origines, PIIM UMR 7345, Marseille, France, vassilissa.vinogradoff@univ-amu.fr*
[b] *Arkansas Center for Space and Planetary Sciences, University of Arkansas, Fayetteville, AR 72701, USA*
[c] *Université Côte d'Azur, ICN, UMR CNRS 7272, Nice, France*
[d] Aix-Marseille Université, CINAM UMR-CNRS 7325, Marseille, France
[e] Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Departament de Química, Bellaterra, Spain

Les matières minérales et organiques coexistent dans de nombreux systèmes naturels et sont si étroitement mélangées dans les sédiments terrestres et les environnements hydrothermaux que leurs interactions mutuelles sont difficiles à comprendre [1]. Ensemble, ils présentent de nouvelles propriétés physico-chimiques en raison de leurs interactions. C'est pourquoi les interactions organiques-minérales sont souvent considérées comme des systèmes primordiaux pour la chimie prébiotique [2].

Notre approche consiste à étudier ces interactions dans des conditions aqueuses appliquées à des objets du système solaire, en prenant comme point de départ une matière organique commune abiotique en présence de certains des premiers minéraux disponibles du système solaire. À travers deux exemples, nous présenterons le grand intérêt d'étudier en laboratoire des systèmes aussi modestes, qui n'ont pratiquement pas été étudiés auparavant. Dans le premier système, nous mettons en évidence l'influence de molécules organiques abiotiques (composés benzylés), communes dans de nombreux environnements, qui modifient la nature et la structure de phyllosilicates nouvellement formés, dérivés de minéraux ignés classiques (olivine et feldspath) [3]. Dans le second système, nous présenterons pour la première fois la capacité de l'olivine à initier et catalyser la réaction de Formose à basse température à partir du formaldéhyde uniquement, probablement l'une des réactions les plus importantes pour produire des composés sucrés en chimie prébiotique [4].

Dans les deux cas, les analogues synthétiques produits sont constitués de composés organiques et de minéraux hydratés soigneusement mélangés, une cohésion qui ne pourrait pas être reproduite en mélangeant mécaniquement les composants. Nos analogues possibles de la Terre primitive (et d'autres environnements planétaires – comme Mars) peuvent donc reproduire la première étape de la complexification de la matière organique avec des minéraux en vue de son incorporation dans des systèmes prébiotiques. Nos résultats justifient la nécessité d'aborder la question du minéral (omniprésent à la surface de la Terre primitive) dans cette organisation chimique, non seulement en tant que catalyseur, substrat ou compartiment, mais aussi en tant que véritable réactif dans le processus.

[1] Kleber M., Bourg I. C., Coward E. K., Hansel C. M., Myneni S. C. B. and Nunan N; Nat. Rev. Earth Environ. 2, 402–421. (2021)
[2] Cleaves II H. J., Scott A. M., Hill F. C., Leszczynski J., Sahai N. and Hazen R.; Chem. Soc. Rev. 41, 5502–5525. (2012)
[2] Vinogradoff V., Chevrier V., Grauby O, Coulet M-V. et al., soumis (2023).
[3] Vinogradoff V., Pepino R., Leyva V., et al., EPSC2022-141, (22022) et soumis (2023)

Reproduction non enzymatique du métabolisme primitif pour comprendre les origines de la vie

J. MORAN

[1] ISIS, Strasbourg, moran@unistra.fr

Abstract

Références

Explorer les éléments constitutifs de la vie dans les hot corinos

L. Chahine[1], A. López-Sepulcre[1,2], C. Ceccarelli[1], R. Neri[2]

[1] Université Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, 38000 Grenoble, France, layal.chahine@univ-grenoble-alpes.fr

[2] Institut de Radioastronomie Millimétrique (IRAM), 300 rue de la Piscine, 38406 Saint-Martin-d'Hères, France

Le secret de nos origines semble être l'un des plus grands mystères non résolus de tous les temps. Il a été exploré depuis l'Antiquité, mais plusieurs questions restent sans réponse. Une étape importante dans la résolution de ce problème consiste à remonter le temps et à retracer l'histoire chimique et physique de la formation du système solaire par l'étude des systèmes planétaires actuellement émergents. Dans le domaine de l'astrochimie, l'étude des régions compactes, denses et chaudes (hot corinos [1,2]) qui entourent les jeunes objets stellaires de type solaire offre une vision intrigante de l'interaction complexe de la chimie et de la physique qui a façonné notre voisinage cosmique. La chimie organique complexe découverte dans ces environnements constitue un lien vital entre la chimie interstellaire et, peut-être, l'avènement de la vie sur Terre [e.g., 2].

Dans cette présentation, nous examinerons les molécules organiques complexes interstellaires et les processus chimiques au sein des hot corinos, et nous donnerons un aperçu des précurseurs moléculaires et des conditions qui ont pu contribuer à la formation des molécules prébiotiques sur Terre et sur d'autres corps célestes. Nous explorerons également les caractéristiques de l'environnement de la naissance solaire ainsi que leur impact possible sur la chimie des hot corinos en utilisant OMC-2 FIR4 comme exemple [3]. OMC-2 FIR4 est un amas protostellaire de masse intermédiaire abritant plusieurs protoétoiles [e.g., 4, 5, 6] et situé le long du filament OMC-2 à proximité d'étoiles massives ($M > 8M_0$). Ces deux propriétés, ainsi que le fait que FIR4 soit imprégné d'une irradiation protostellaire interne [7, 8, 9], font de OMC-2 FIR4 le représentant le plus proche de l'environnement de la naissance du Soleil, et une cible parfaite pour comprendre la chimie de ce dernier.

Références

[1] Ceccarelli, C. 2004, in ASP Conf. Ser., 323, Star Formation in the Interstellar Medium: In Honor of David Hollenbach, eds. D. Johnstone, F. C. Adams, D. N. C. Lin, D. A. Neufeeld, & E. C. Ostriker, 195

[2] Caselli, P., & Ceccarelli, C. 2012, A&ARv, 20, 56

[3] Chahine, L., López-Sepulcre, A., Neri, R., et al. 2022, A&A, 657, A78

[4] Shimajiri, Y., Takahashi, S., Takakuwa, S., Saito, M., & Kawabe, R. 2008, ApJ, 683, 255

[5] López-Sepulcre, A., Kama, M., Ceccarelli, C., et al. 2013a, A&A, 549, A114

[6] Tobin, J. J., Megeath, S. T., van't Hoff, M., et al. 2019, ApJ, 886, 6

[7] Ceccarelli, C., Dominik, C., López-Sepulcre, A., et al. 2014, ApJ, 790, L1

[8] Fontani, F., Ceccarelli, C., Favre, C., et al. 2017, A&A, 605, A57

[9] Favre, C., Ceccarelli, C., López-Sepulcre, A., et al. 2018, ApJ, 859, 136

Glycolaldéhyde dans L1157 : une molécule d'intérêt prébiotique.

J. Robuschi[1], A. López-Sepulcre[1,2], C. Ceccarelli[1] , L. Chahine[1]

[1]Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, 38000 Grenoble, juliette.robuschi@univ-grenoble-alpes.fr

[2]Institut de Radioastronomie Millimétrique, 38406 Saint-Martin d'Hères

Dans les années 70 fût détectée la première molécule organique complexe – comprendre ici molécule organique d'au moins 6 atomes - dans le milieu interstellaire. Depuis, les recherches sont nombreuses pour expliquer leur présence dans les conditions hostiles du milieu interstellaire. Ces molécules organiques sont particulièrement remarquables, puisqu'elles sont les briques élémentaires à la base de structures complexes constituant toute forme de vie connue à l'heure actuelle. Ainsi, les observer tout au long des différents stades de la formation d'étoiles de type solaire nous permet de comprendre comment des systèmes planétaires similaires au nôtre peuvent voir le jour.

Parmi les différentes étapes de formation stellaire, nous nous intéressons ici au stade protostellaire, durant lequel l'objet central éjecte une partie de sa matière, sous forme de ce qu'on appelle « écoulement moléculaire », et de jets supersoniques ($\sim$ 150 km/s [1]). Des régions de chocs apparaissent alors, lorsque ces jets rapides rencontrent la matière au repos entourant la protoétoile. Ces régions sont le siège d'une chimie particulière, où atomes et molécules auparavant piégés dans les grains de poussière sont relâchés dans la phase gazeuse. Parmi les écoulements connus à ce jour, L1157 est une des sources les plus célèbres et les plus étudiées. En particulier, l'écoulement moléculaire sud recense de nombreuses molécules organiques complexes, et présente 3 régions de choc principales : B0, B1 et B2. Les âges de ces 3 chocs sont à la fois différents et très bien contraints par de précédentes études [1], ce qui nous permet théoriquement d'examiner l'évolution chimique dans la phase gazeuse en fonction du temps.

À cette fin, nous avons conduit des observations à 3mm de l'écoulement sud de L1157, en utilisant l'interféromètre de l'IRAM-NOEMA, et avons identifié de nombreuses molécules, parmi lesquelles le glycolaldéhyde (CH_2OHCHO). Cette molécule est d'intérêt prébiotique, puisqu'il s'agit notamment du sucre le plus simple. De plus, le glycolaldéhyde est le premier produit intermédiaire dans la réaction de formose, menant à la synthèse de ribose - dans des conditions terrestres -, lui-même une brique fondamentale de l'ARN [2]. La présence de glycolaldéhyde est ainsi annonciatrice de processus aboutissant à la formation de molécules d'intérêt biologique majeur. Les voies de formation de cette molécule, détectée pour la première fois dans des régions de formation stellaire il y a une quinzaine d'années ([3] et [4]), puis dans des régions de choc [5], sont encore largement méconnues. Par ailleurs, la répartition spatiale du glycolaldéhyde dans des écoulements protostellaires n'a jamais été étudiée jusqu'à présent. Nous présentons ici la première carte du glycolaldéhyde dans une région de choc d'écoulement protostellaire. Je vais également montrer que ces résultats préliminaires supportent l'idée selon laquelle la chimie de la phase gazeuse joue un rôle important dans la formation de molécules organiques complexes dans le milieu interstellaire.

Références

[1] L. Podio, *A&A*, 593, L4 (2016)
[2] R. Larralde, *PNAS*, 92 (1995)
[3] M. T. Beltrán, ApJ, 690 (2009)
[4] J. K. Jørgensen, ApJ, 757 (2012)
[5] B. Lefloch, *MNRAS*, 469 (2017)

Des Molécules Interstellaires Aux Molécules Prébiotiques

Amavi Kpoezoun, Houda Gazzeh, Amira Ghabi, Jean-Claude Guillemin
Univ Rennes, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, CNRS, ISCR UMR 6226, Rennes. Jean-claude.guillemin@ensc-rennes.fr

De nombreuses molécules ont été détectées dans le milieu interstellaire (MIS) [1]. Cependant, seules quelques-unes font partie des molécules habituellement considérées comme prébiotiques. Néanmoins, il est habituel de lire dans de nombreux articles que les éléments constitutifs de la vie proviennent de l'espace, en particulier des nuages moléculaires du MIS [2-4].
Nous proposons plusieurs hypothèses pour expliquer cela :
1) Il faut attendre pour détecter les composés prébiotiques sophistiqués dans le MIS ; de nombreuses molécules détectées ont moins d'atomes que les bases puriques, les acides aminés ou les sucres et elles sont plus faciles à détecter en raison de leur abondance et/ou de leur moment dipolaire permanent.
2) Les composés prébiotiques ne proviennent pas du MIS. Seuls des précurseurs très simples et en abondance ont été transportés sur Terre.
3) Les molécules prébiotiques que nous recherchons ne sont pas les bonnes.

Ces trois points seront discutés à la lumière de ce qui a été découvert récemment dans le MIS, sur des planètes comme Mars, dans les météorites, en chimie prébiotique.

Références

[1] HTTPS://CDMS.ASTRO.UNI-KOELN.DE/CLASSIC/MOLECULES

[2] Ayachi, H.; Gazzeh, H.; Boubaker, T.; Guillemin, J.-C. Methylenecyanamide (CH_2=NCN) and (Z)- and (E)-Iminoacetonitriles (NC-CH=NH), Dimers of Hydrogen Cyanide, *Journal of Organic Chemistry* **2023**, 88(4), 2570-2574

[3] M. Rivilla , L. Colzi , I. Jiménez-Serra, J. Martín-Pintado, A. Megías, M. Melosso, L. Bizzocchi, Á. López-Gallifa, A. Martínez-Henares, S. Massalkhi, B. Tercero, P. de Vicente, J.-C. Guillemin, J. García de la Concepción, F. Rico-Villas, S. Zeng, S. Martín, M. A. Requena-Torres, F. Tonolo, S. Alessandrini, L. Dore, V. Barone, C. Puzzarini, Precursors of the RNA-world in space: Detection of Z-1,2-ethenediol in the interstellar medium, a key intermediate in sugar formation, *ApJL*, **2022**, 929:L11.

[4] Y. Ellinger, F. Pauzat, A. Markovits, A. Allaire, J.-C. Guillemin, The quest of chirality in the interstellar medium: I- The lessons of methyl oxirane detection A&A, **2020**, *633*, A49.

Increasing molecular complexity by atomic hydrogenation on water ices

Y. Ellinger,[1] N. Tieppo,[2] P. Redondo,[3] F. Pauzat,[2] O. Parisel,[2]

. [1] Univ Rennes, Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes, CNRS, ISCR UMR 6226, Rennes

. [2] Sorbonne Université, CNRS, UMR 7616, Paris, France

. 3 Universidad de Valladolid, Facultad de Ciencias (Dpto. QF y QI), 47011-Valladolid, Spain

All complex organic molecules (COMs) observed in the interstellar medium (ISM) are most probably not formed in the gas phase. A large consensus has developed that it could be related to the icy surfaces in this environment. The question can be raised in particular for the amides whose formation is still under debate.

The process of building N-substituted amides in the ISM by successive additions of atomic hydrogen to R-NCO isocyanates is considered, both in the gas phase and at the surface of ices. In this work the key point is to see whether the adsorption of the atomic hydrogen at ice surfaces is also a driving vector as it is for the formation of CH_3OH from CO.

We used quantum numerical simulations, namely density functional theory (DFT) and post Hartree-Fock methods derived from coupled-cluster implementations CCSD and CCSD(T). Several models are presented and compared: addition of hydrogen directly on the isocyanate in the gas phase, addition of hydrogen in presence of water ices simulated first by a few water molecules, then by full bi-layers of them featuring the surface, and finally addition onto a hydrogen atom pre-adsorbed on the ice.

The formation of formamide (NH_2CHO) is first taken as case study. Whatever the level of the calculations and the theoretical model, increasing the size of the water cluster supporting the adsorbed isocyanate, the addition of the incoming atomic hydrogen reveals no opportunity to eliminate the energy barrier found in the gas phase. By contrast the formation of H_2NCHO, CH_3NHCHO, C_2H_5NHCHO is possible without activation barrier on the same water ice surfaces with the express condition that the hydrogen atom to be added is already attached to the ice prior the attack by the isocyanate species.

As a conclusion, when looking at larger systems we find that the N-substituted amides can be smoothly built by successive hydrogenations promoted by atomic hydrogens adsorbed on ices. starting from isocyanates HNCO, CH_3NCO, C_2H_5NCO. Some of the corresponding amides are already detected or, if not, they should be considered as strong candidates worth of laboratory spectroscopic experiments in view of future observation campaigns.

E-mail address:

noellie.tieppo@gmail.com ; pilar.redondo@uva.es ;

pauzat@ip2ct.upmc.fr ; olivier.parisel@sorbone-universite.fr ; yves.ellinger@ensc-rennes.fr

L'importance des réactions en phase gazeuse dans la chimie prébiotique

L. GIANI[1,2], C. CECCARELLI[1], L. MANCINI[2], E. BIANCHI[3], M. ROSI[4], F. PIRANI[2,4] and N. BALUCANI[1,2]

[1]Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, 38000 Grenoble, France, lisa.giani@univ-grenoble-alpes.fr

[2]Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie, Università degli Studi di Perugia, Perugia, 06123, Italy

[3]Excellence Cluster ORIGINS, Boltzmannstraße 2, 85748 Garching bei München, Germany

[4]Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, Perugia, 06125, Italy

Un grand nombre de molécules prébiotiques en phase gazeuse ont été observées dans plusieurs environnements extraterrestres, tels que les nuages interstellaires, les comètes et les atmosphères planétaires. Comprendre l'origine de la vie sur Terre nécessite d'explorer comment ces molécules se forment à partir d'atomes simples et comment ces éléments constitutifs initiaux donnent naissance à des molécules plus complexes ayant une pertinence biologique. Par conséquent, la caractérisation des processus chimiques et la création de réseaux de réactions complexes constituent une étape cruciale pour comprendre la chimie à l'origine de l'émergence de la vie.

Les nitriles, c'est-à-dire des molécules organiques contenant un groupe fonctionnel -C≡N, joueraient un rôle central dans la chimie prébiotique en raison de leur rôle possible dans la formation d'acides aminés et de bases nucléiques [1,2]. Parmi ceux-ci, le cyanure de méthyle (CH_3CN), mérite une attention particulière puisqu'il s'agit d'une des rares espèces prébiotiques retracées à travers toutes les phases de formation des étoiles et des systèmes planétaires. Cependant, les processus chimiques conduisant à sa formation font encore l'objet de débats et la plupart d'entre eux n'ont jamais été caractérisés par des expériences en laboratoire ou par des calculs théoriques. Nous présentons un nouveau réseau chimique de réactions formant du cyanure de méthyle interstellaire en phase gazeuse, suite à une révision exhaustive des processus rapportés dans la littérature. De plus, nous discutons des implications de ces résultats sur la modélisation de certains objets astronomiques pertinents.

Références

[1] M. W. Powner, B. Gerland, and J. D. Sutherland, *Nature,* 459 (2009)

[2] J. D. Sutherland, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 55 (2016)

Pourra-t-on manger, un jour, les fruits qui poussent sur les autres planètes ?

O. DURIF,[1] A. BERGEAT,[2] S. MORALES,[2] B. NOZIÈRE[1]

[1]Department of Chemistry, KTH, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, durif@kth.se

[2]*Université Bordeaux, CNRS, INP, ISM, UMR 5255, F-33400 Talence, France*

Dans la nature, les molécules biologiques sont asymétriques. Tous les aminoacides chiraux constituant les protéines sont lévogyres tandis que tous les sucres de l'ADN sont dextrogyres. Savoir pourquoi est l'une des grandes énigmes à résoudre pour comprendre l'origine de la vie sur cette planète et dans le cosmos.

À ce jour, l'une des pistes pour élucider ce mystère est d'en rechercher l'origine dans le milieu interstellaire [1]. Cette hypothèse est étayée par la détection d'excès de certains acides aminés retrouvés dans des météorites primitives [2].

Le milieu interstellaire est un environnement froid (10-100K), complexe physiquement et riche chimiquement, avec un peu plus de 220 espèces polyatomiques détectées à présent. La lumière polarisée qui traverse ces milieux peut influer sur la forme prédominante des molécules produites lors de réactions dans cet environnement [3].

Pour tester ces hypothèses d'une chimie prébiotique d'origine interstellaire, et participer à élucider si cette homochiralité particulière est le résultat d'un mécanisme local ou universel, nous présentons dans ce poster une approche expérimentale en phase-gas à très basse énergie de collisions (i.e. température) au moyen de faisceaux moléculaires croisés et d'écoulements supersoniques uniformes. Ces dispositifs expérimentaux, combinés à un spectromètre permettant de discriminer des molécules chirales, comme un spectromètre de photoélectrons/photoions, pourraient apporter de précieuses informations pour éclairer des dynamiques réactionnelles pouvant conduire à cette homochiralité des molécules du monde du vivant. Et mieux appréhender cette question fondamentale, à savoir si seule les protéines lévogyres et les sucres de l'ADN dextrogyres peuvent constituer des cellules vivantes; c'est-à-dire, si, un jour, nous pourrions manger des fruits qui poussent sur une autre planète, sans nous empoisonner ?

Références

[1] U. Meierhenrich, *Amino Acids and the Asymmetry of Life: Caught in the Act of Formation* (Springer, Berlin, Heidelberg, 2008), *Advances in Astrobiology and Biogeophysics*.

[2] J. R. Cronin, S. Pizzarello, Amino acid enantiomer excesses in meteorites: Origin and significance. *Advances in Space Research*. **23**, 293–299 (1999).

[3] A. D. Garcia, J. Topin, J. Bocková, N. C. Jones, S. V. Hoffmann, C. Meinert, Chiroptical activity of gas-phase propylene oxide predicting the handedness of interstellar circular polarization in the presolar nebula. *Science Advances*. **8**, eadd4614 (2022).

Emergence of homochirality via RNA template-directed ligation

G. LAURENT[1,2,3], T. THUN[2], D. LACOSTE[3] and U. GERLAND[2]

[1]TIMC, UMR CNRS 5525, Université Grenoble Alpes, Grenoble, gabin.laurent@univ-grenoble-alpes.fr

[2]Physics of Complex Biosystems, Technical University of Munich, Garching, Germany

[3]Gulliver, UMR CNRS 7083, ESPCI, Paris

In living matter, proteins are composed of amino-acids that are L-chiral and nucleic acids such as DNA or RNA contain only D-sugars. We do not observe D-amino-acids in protein nor L-sugars in nucleic acids. This phenomenon is called homochirality, and its emergence mechanism from a racemic mixture is still unknown. In this work, based upon experimental results of Joyce et al. [1] and Bolli et al. [2], we seek to explain the emergence of this phenomenon through RNA template-directed synthesis. Template-directed synthesis of RNA polymers consists of the extension of an RNA polymer by ligation with another polymer or monomer while being both attached to a third polymer that acts as a template. In their studies, Joyce and Bolli observed that the speed of template-directed ligation of nucleic acids was slowed down by several orders of magnitude when the chirality of the extended strand does not match the chirality of the template, at the ligation site. This stalling in the ligation process induces a chiral selection during the extension process which is inherent to RNA as it is not the consequence of an enzyme or the environment. Using detailed stochastic simulations of template-directed ligation, we investigate the propensity of systems inoculated initially with a racemic mixture of RNA monomers and dimers, to evolve towards a homochiral polymeric system.

Références

[1] G. F. Joyce, G. M. Visser, C. A. A. Van Boeckel, J. H. Van Boom, L. E. Orgel, and J. Van Westrenen, Nature 310, 602 (1984)

[2] M. Bolli, R. Micura, and A. Eschenmoser, Chemistry & Biology 4, 309 (1997)

Looking for stable CxHyN2isomers in the ISM

Y. ELLINGER[1], J-C. GUILLEMIN[1], O. TASSEAU[1], I. CHATAIGNER[1], F. PAUZAT[1]

[1]ISCR, Rennes, jean-claude.guillemin@ensc-rennes.fr

[2]LCT, Paris

POSTER

Terre primitive et son environnement lors de l'émergence de la vie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

Origines de la matière organique sur la Terre primitive et leur identification dans les plus anciennes roches

Julien Alleon

Laboratoire de Géologie de Lyon – Terre, Planètes, Environnement, Lyon, julien.alleon@ens-lyon.fr

La chronologie de l'émergence et des premiers stades de l'évolution de la vie sur Terre reste mal connue [1-3]. De la matière organique est préservée dans les plus anciennes roches sédimentaires datant de l'Archéen (4,0 – 2,5 Ga) et pourrait avoir enregistré des informations clés sur cette chronologie, mais l'histoire géologique des roches archéennes complique souvent l'identification de ses origines [4]. Décoder cet enregistrement archéen nécessite de pouvoir distinguer la matière organique fossile (d'origine biologique), de celle issue de sources abiotiques (non-biologiques). Dans cette présentation, je montrerai à partir de la littérature que de la matière organique issue de différentes sources abiotiques était probablement présente à l'Archéen en quantités significatives, peut-être comparables à celles d'une biosphère émergente. La contribution de ces différentes sources abiotiques dans les sédiments archéens reste mal identifiée. Dans certaines conditions, la matière organique paléoarchéenne a pu être géochimiquement mieux préservée que ce que son histoire géologique laisserait supposer [5]. De l'information a donc été préservée dans certains cas. Décoder cette information et identifier des biosignatures organiques dans les roches archéennes nécessitera une meilleure compréhension des processus abiotiques de formation et de transformation géochimiques de la matière organique au cours de la diagenèse et du métamorphisme, notamment à partir d'expériences simulant ces processus au laboratoire [6-8].

Références

[1] E.J. Javaux, *Nature*, 572 (2019).
[2] K. Lepot, *Earth-Science Reviews*, 209 (2020).
[3] S. Bernard, I. Criouet, and J. Alleon, *Encyclopedia of Geology,* 5 (2021).
[4] J. Alleon, and R.E. Summons, *Free Radical Biology and Medicine*, 140 (2019).
[5] J. Alleon, et al., *Communications Earth & Environment*, 2 (2021).
[6] I. Criouet, et al., *Geochemical Perspectives Letters*, 16 (2021).
[7] C. Nims, et al., *Geology*, 49 (2021).
[8] S. McMahon, and J. Cosmidis, *Journal of the Geological Society*, 179 (2022).

Micropyrites comme potentielles biosignatures

Johanna MARIN CARBONNE

UNIL Lausanne

Traceurs isotopiques pour contraindre les environnements primitifs

Maud Boyet

Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD, OPGC, Laboratoire Magmas et Volcans, F-63000 Clermont-Ferrand, France

Remonter aux conditions de la Terre primitive demande de trouver des traceurs géochimiques qui ne sont pas affectés par des modifications postérieures à la mise en place des roches en surface. L'oxygénation de l'atmosphère provoque des changements majeurs dans le comportement des éléments, notamment pour ceux qui sont sensibles aux conditions redox (e.g., V, Cr, Mo, U). Le cérium est un élément particulièrement étudié pour répondre à cette problématique. Il appartient aux groupes des terres rares (REE) et présente la particularité d'exister sous la forme de valence 4+ dans des conditions oxiques alors que les éléments voisins restent sous la forme 3+. Les anomalies élémentaires en cérium mesurées dans les roches anciennes ont permis d'apporter des contraintes sur l'âge du GOE (Great Oxygenation event). Nous avons récemment développé la mesure des isotopes du cérium pour identifier des fractionnements isotopiques et dater les processus de fractionnements Ce/REE par le géochronomètre 138La-138Ce. Les résultats obtenus sur plusieurs sites seront présentés.

Comprendre la complexité organique de Titan avec Dragonfly

V. MOULAY

LATMOS/IPSL, Paris, moulay.valentin@gmail.com

Poster

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

Investigating the impact of stellar activity on radial velocities Looking for exoplanets around M Dwarfs

P. LARUE[1], X. DELFOSSE[1], T. FORVEILLE[1] & SPIRou SOPHIE Consortium

[1] IPAG, Grenoble, pierre.larue@univ-grenoble-alpes.fr

Poster

Exploration du système solaire, exobiologie et retour d'échantillons

Retour d'échantillons et exobiologie

L.BONAL[1]

[1]IPAG, lydie.bonal@univ-grenoble-alpes.fr

Abstract

Références

Origin and evolution of the aromatic organic matter in carbonaceous chondrites

L. REMUSAT, M. LECASBLE, B. LAURENT and S. BERNARD

Institut de Minéralogie, Physique des Matériaux et Cosmochimie, IMPMC, Muséum National d'Histoire Naturelle, UMR CNRS 7590, Sorbonne Université, 75005, Paris, France. (laurent.remusat@mnhn.fr)

Carbonaceous chondrites are often considered as reservoirs of the first organic molecules delivered to the prebiotic Earth. They can contain up to 4 wt% of organic matter, most of it being rich in aromatic moieties [1]. Indeed; the main organic fraction is an insoluble macromolecule (IOM) constituted by small aromatic units interconnected by short and branched aliphatic chains, and chondrites also contain a diverse suite of soluble polyaromatic hydrocarbons (PAHs). In the meantime, PAHs are emblematic molecules of the interstellar medium and molecular clouds [2]. The relationships between PAHs in the ISM and aromatic moieties in carbonaceous chondrites remains unresolved. Carbon and hydrogen isotopes constitute a valuable tool to decipher the origin of organic compounds in small bodies but their evolution during the parent body evolution still needs to be constrained. We have investigated soluble PAHs and the IOM of Mukundpura, Aguas Zarcas and Kolang, CM carbonaceous chondrites showing increasing degrees of aqueous alteration. They are expected to originate from the same parent body as the Murchison and Paris chondrites. We have also subjected these organic components to experimental hydrothermal conditions to investigate how asteroidal processes, here the aqueous alteration, may affect molecular and isotope features of aromatic organic materials.

A diverse suite of up to 35 ppm of soluble PAHs can be detected in CM chondrites, going from 1 to 7 aromatic rings [3]. Their C-isotope composition are consistent with pre-accretion synthesis in the gas phase, either in the parent molecular cloud or the protosolar nebula [4]. However, their H-isotope composition shows significant D-depletion compared to other molecules in the same chondrites, likely influenced by the D-depleted water stored in hydrated minerals. Experiments at 150°C show that PAHs are stable and their C-isotope signature is not modified during aqueous alteration on the parent bodies whereas H-isotope compositions are strongly influenced by the D/H of circulating water.

The IOM isolated from the same meteorites show similar molecular structure as in the Paris and Murchison chondrites although the relative content of aromatic carbon increases at the expense of aliphatic moieties upon aqueous alteration [5]. The diversity of N, S and O containing moieties is also reduced with increasing degree of alteration, showing the loss of heteroelements through aqueous alteration. In the meantime, the IOM H-isotope signature is only slightly affected by aqueous alteration. This is confirmed by experiments performed in hydrothermal conditions at 150°C [6].

Overall, the molecular structure of aromatic moieties in CM chondrites is poorly affected by aqueous alteration on the parent body. However, soluble PAHs are severely influenced by the H-isotope composition of the circulating fluid, hence losing the pre-accretion signature. In the meantime, the IOM constitute a more robust recording of the H-isotope signature of its precursors as a likely consequence of its hydrophobic nature. Both aromatic-rich components are likely inherited from gas phase synthesis, in the molecular cloud or during the first events of the formation of our solar system.

[1] L. Remusat. In Planetary Mineralogy, The European Mineralogical Union, pp. 33-65 (2015).
[2] C. Joblin and A.G.G.M. Tielens. PAHs and the Universe, EAS Publications Series, Volume 46 (2011).
[3] M. Lecasble et al. Geochimica et Cosmochimica Acta. 335, 243-255 (2022).
[4] H. Naraoka et al. Earth and Planetary Science Letters 184, 1-7 (2000).
[5] V. Vinogradoff et al. Geochimica et Cosmochimica Acta. 212, 234-252 (2017).
[6] B. Laurent et al. Geochemical Perspective Letters 23, 28-32 (2022).

Investigating traces of life in a Martian context: a micro-to-nanoscale study of microfossils from Rio Tinto

L. MALDANIS[1], D. FERNANDEZ-REMOLAR[2,3], L. LEMELLE[4], M. GUIZAR-SICAIROS[5,6], M. HOLLER[5], F. M. C. da SILVA,[7] V. MAGNIN[1], M. MERMOUX[8], A. SIMIONOVICI[1]

[1] ISTerre, Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, IFSTTAR, Grenoble, l.maldanis@vu.nl
[2] SKL Lunar and Planetary Sciences, Macau University of Science and Technology, Macau, SAR, China
[3] CNSA Macau Center for Space Exploration and Science, Macau, SAR China
[4] LGL-TPE, ENS de Lyon, Univ. de Lyon, CNRS, 69342 Lyon, France.
[5] Paul Scherrer Institute, Villigen PSI, Switzerland
[6] Institute of Physics, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland
[7] Brazilian Synchrotron Light Laboratory, LNLS, Campinas, SP, Brazil
[8] Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP, LEPMI, 38000 Grenoble, France

Understanding the nature and preservation of traces of microbial life in extreme environments is crucial for retrieving Earth's past biosphere and to guide the search for life in other planets. Rio Tinto, a hyperacidic Mars analogue, has produced ferric deposits entombing a diversity of fossilized organisms, despite the putative unfavorable chemical conditions.[1,2] Investigating its unique fossil microbiota can shed light into ancient extremophile communities and on the preservation of biosignatures on acidic environments on Earth and potentially Mars. Here we employed an innovative multiscale approach combining the state-of-art synchrotron X-ray nanoimaging methods of Ptychographic X-ray Computed Laminography [3] and Nano-X-Ray Fluorescence [4] to reveal Rio Tinto's microfossils at sub-cellular resolution. The unprecedented views of several different specimens within their geological and geochemical contexts revealed novel intricacies of the microbial communities. Different morphotypes, taxonomic affinities and ecological interactions were identified based on qualitative and quantitative 3D ultrastructural information, while diagenetic processes and metabolic affinities were inferred with complementary chemical information. Our integrated nano-to-microscale analytical approach unveiled previously invisible microbial and mineral interactions, complementing and filling a gap of resolution of conventional methods. Ultimately, this study contributes to the challenge of deciphering the faint chemical and morphological biosignatures that point to life's presence - both on early Earth and distant worlds

Références

[1] Fernández Remolar D, Carrizo D, Harir M, Huang T, Amils R, Schmitt-Kopplin P, et al. Unveiling microbial preservation under hyperacidic and oxidizing conditions in the Oligocene Rio Tinto deposit. Sci Rep 2021;11(1):1–23.

[2] Fernández Remolar D, Knoll AH. Fossilization potential of iron-bearing minerals in acidic environments of Rio Tinto, Spain: Implications for Mars exploration. Icarus. 2008;194(1):72–85.

[3] Holler M, Odstrcil M, Guizar-Sicairos M, Lebugle M, Müller E, Finizio S, et al. Three-dimensional imaging of integrated circuits with macro- to nanoscale zoom. Nat Electron [Internet]. 2019;2(10):464–70.

[4] Lemelle L, Simionovici AS, Schoonjans T, Tucoulou R, Enrico E, Salomé M, et al. Analytical requirements for quantitative X-ray fluorescence nano-imaging of metal traces in solid samples. TrAC - Trends Anal Chem. 2017;91:104–11.

Optimiser les analyses in-situ sur Mars par l'instrument MOMA: extraction et dérivatisation par MTBSTFA de molécules organiques

C.AZÉMARD[1], R. GONTHIER[1], F. STALPORT[2], N. CHAOUCHE[1], K. LEPOT[3,4], H. COTTIN[1] AND THE MOMA TEAM

[1]Univ Paris Est Creteil and Université Paris Cité, CNRS, LISA, F-94010 Créteil, clara.azemard@lisa.ipsl.fr
[2]Université Paris Cité and Univ Paris Est Creteil, CNRS, LISA, F-75013 Paris
[3]Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, UMR 8187 - LOG, F-59000 Lille
[4]Institut Universitaire de France (IUF)

L'instrument MOMA (Mars Organic Molecule Analyser), à bord du rover Rosalind Franklin (ExoMars 2028), permettra d'analyser les échantillons de sol et sous-sol martiens grâce à différentes techniques analytiques : LD-MS, Pyr-GC-MS et derivatisation + GC-MS [1]. Dans le cas de la derivatisation plusieurs réactifs ont été choisis : le TMAH, le DMF-DMA et le MTBSTFA, et scellés dans des capsules. Celles-ci ont une température d'ouverture spécifique qui conditionne les paramètres d'extraction thermique et de dérivatisation. Dans le cas du MTBSTFA, l'ouverture des capsules s'effectue à 221°C. Cette condition inhérente à notre système nous a obligé à effectuer une nouvelle optimisation des paramètres par ailleurs bien connus en laboratoire : le temps d'extraction et le temps de dérivatisation. Cette optimisation s'est effectuée sur des molécules d'intérêt prébiotique : les acides aminés et carboxyliques.

L'étude de l'extraction thermique s'est effectuée sur une matrice naturelle (Orbagnoux - Kimmerdgian, Jurassique supérieur) à 200°C. Un optimum d'extraction des acides carboxylique a été établi entre 5 et 8 minutes ce qui est en accord avec des études précédemment effectuées sur les acides aminés [2].
En terme de dérivatisation par le MTBSTFA, plusieurs points doivent être pris en considération. Tout d'abord, le report d'Exomars pose la question du vieillissement des produits de dérivatisation déjà stockés depuis 2015 dans le rover. Une comparaison de différents MTBSTFA datant de 2014 à 2022 nous a permis d'observer un effet mineur du vieillissement de cet agent. Ensuite, l'influence d'une température de 221°C lors de la réaction et l'absence de DMF habituellement ajouté en laboratoire ont été étudiés. Une dérivatisation partielle des acides aminés et l'apparition de divers sous-produits a été observée dans ces conditions. Une partie d'entre eux peuvent être utilisés comme marqueurs spécifiques cependant d'autres pourraient créer des problèmes d'interprétation des résultats sur Mars comme l'acide α-aminobutyric. Malgré un rendement plus faible pour les acides aminés, la dérivatisation a montré un optimum pour 4 minutes de réaction.

Le temps opérationnel sur Mars étant limité, une réflexion devra avoir lieu entre optimum calculés et temps de run nécessaire pour obtenir des résultats pertinents. Le meilleur compromis devra être trouvé pour répondre à la fois aux contraintes opérationnelles et objectifs scientifiques.

Références

[1] Goesmann, F. et al. (2017) 'The Mars Organic Molecule Analyzer (MOMA) Instrument: Characterization of Organic Material in Martian Sediments', *Astrobiology*, 17(6–7), pp. 655–685.
[2] Freissinet, C. (2010) 'Recherche de traces de vie extraterrestre : élaboration d'une unité d'extraction et d'analyse chirale pour la séparation énantiomérique in situ de molécules organiques d'intérêt exobiologique'. Thèse de doctorat. Châtenay-Malabry, Ecole centrale de Paris.

The future of life on Earth: dynamical evolution of the Solar System after a sub-100 au stellar flyby

S.N. RAYMOND[1], N. KAIB[2], F. SELSIS[1], H. BOUY[1]

[1]Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, CNRS and Université de Bordeaux, Pessac, France, sean.raymond@u-bordeaux.fr

[2] Planetary Science Institute, Tucson, AZ, USA

Given the inexorable increase in the Sun's luminosity, Earth will exit the habitable zone in ~ 1 billion years. There is a negligible chance that Earth's orbit will be perturbed during that time by internal Solar System dynamics. However, there is a ~ 1% chance per billion years that a star will pass within 100 au of the Sun. Here, we use N-body simulations to evaluate the possible evolutionary pathways of the planets under the perturbation from a close stellar passage. We find a ~ 92% chance that all eight planets will survive on orbits similar to their current ones if a star passes within 100 au of the Sun. Yet a passing star may disrupt the Solar System, by directly perturbing the planets' orbits or by triggering a dynamical instability. Mercury is the most fragile, with a destruction rate (usually by collision with the Sun) higher than that of the four giant planets combined. The most probable destructive pathways for Earth are to undergo a giant impact (with the Moon or Venus) or to collide with the Sun. Each planet may find itself on a very different orbit than its present-day one, in some cases with high eccentricities or inclinations. There is a chance that Earth could end up on a more distant (colder) orbit, through re-shuffling of the system's orbital architecture, ejection into interstellar space (or into the Oort cloud), or capture by the passing star. We quantify plausible outcomes for the post-flyby Solar System.

Altération aqueuse dans les météorites : quel impact sur la matière organique et l'assemblage organo-minéral ?

C. SERRA [1], V. VINOGRADOFF [1], P. POINOT [2], P. SCHMITT KOPLIN [3,4,5], O. GRAUBY [6], G. DANGER [1], F. DUVERNAY [1]

[1]PIIM, Aix-Marseille Université, Marseille, France, coline.serra@univ-amu.fr; [2] IC2MP, Université de Poitiers, Poitiers, France ;[3]Helmholtz Munich, Analytical BioGeoChemistry, Neuherberg, Germany ; [4]Technische Universität München, Analytische Lebens-mittel Chemie, Freising, Germany ; [5]Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, München, Germany ; [6]CINAM, Aix-Marseille Université, Marseille, France.

Les astéroïdes sont des corps complexes composés des premiers solides et de la matière organique (MO) primitive du disque protoplanétaire. L'étude des météorites carbonées, dites primitives et non différenciées a révélé que leurs corps parents, les astéroïdes, avaient évolué une fois formés, notamment avec des épisodes d'altération aqueuse, comme en témoignent les assemblages minéralogiques. Dans quelle mesure la MO, également présente, a-t-elle évolué pendant cette altération ? Cette altération explique-t-elle la diversité moléculaire retrouvée aujourd'hui dans ces objets ? Nous avons exploré ces questions d'une part à l'aide d'échantillons naturel en comparant des échantillons de météorites primitives à d'autres présentant un degrès d'altération plus important, puis en simulant expérimentalement les conditions d'altération en laboratoire à partir de composés modèles.

Nous avons étudié une chondrite carbonée de très faible degrés d'altération : Asuka 12236 (classée CM2.9 [1]). Sa matière organique soluble (SOM) a été caractérisée et comparée à 3 autres chondrites plus altérées: Paris, Murchison et Aguas Zarcas. Les analyses non ciblées en spectrométrie de masse révèlent des conditions d'altération et une diversité moléculaire de la SOM d'Asuka similaire à celle de Murchison, bien que l'analyse élémentaire d'Asuka 12236 montre une faible teneur en H, témoin d'une faible altération. L'analyse de la teneur en acides aminés par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse a montré une concentration plus élevée en acides aminés, en particulier de la forme alpha, ce qui est concordant avec une faible teneur en eau et des processus de formation spécifiques telle que la réaction de Strecker [2]. Cette première étude sur échantillon naturel souligne que les composés organiques chondritiques peuvent subir une transformation rapide lors d'un court processus d'altération aqueux tandis que la minéralogie a été à peine affectée.

Afin de mieux appréhender les mécanismes d'interactions entre MO et minéral au sein de ces objets naturels, nous avons développé des expériences en laboratoire. Les effets de l'altération aqueuse sur les minéraux sont relativement bien documentés [3], mais celui sur la matière organique et l'effet simultané de l'altération sur un système organo-minéral ont été peu étudiés [4,5,6]. Nos expériences ont pour but d'étudier l'évolution d'une matière chondritique (organique et minéral) soumis à des conditions hydrothermales. Ces dernières ont particulièrement exploré le rôle joué par des minéraux primaires dans l'évolution des composés organiques. Pour cela nous avons choisi des silicates anhydres avec différentes sources de matière organique, y compris issues de la nébuleuse protosolaire et du milieu interstellaire. Les mélanges des divers minéraux avec ces sources de matière organique ont clairement modifié la MO, formant une grande diversité moléculaire, influencée par la nature des minéraux. Par ailleurs, la formation in-situ des phyllosilicates a également été modifié par la présence de MO. L'évolution du système organo-minéral ne découle pas simplement de la somme des deux systèmes. En effet, durant le processus d'altération, les deux matières interagissent et évoluent mutuellement. Par ailleurs, plus le système organo-métal est initialement diverse (plusieurs minéraux et organiques), plus celui-ci se complexifie et donne des résultats nouveaux et inattendus comparé au système binaire.

Références [1] Kimura. M. et al., *Polar Science,* 26, (2020). ; [2] Serra. C. et al., *in review in ACS Earth and Space Chemistry.;* [3] Brearley. A.J. et al., *Meteorite and the early solar system II*, *university of Arizona press,* 587-624, (2006).;

[4] Vinogradoff V. et al., *Icarus*, 305:358-370, (2018). ; [5] Vinogradoff V. et al., *Geochimica et cosmochimica acta*, 269:150-166, (2020).; [6] Kebukawa Y.et al., *Icarus*, 347, (2020).

Evolution of H-isotope signature of amino acids during asteroidal aqueous alteration

Y. HE[1], L. REMUSAT[1], M. LECASBLE[1], N. KHODOROVA[1], D. BOULESTEIX[2], A. BUCH[2], S. BERNARD[1]

[1] Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie, Paris, Yuanyuan.he@mnhn.fr
[2]Laboratoire Génie des Procédés et Matériaux, EA 4038, CentraleSupélec, Gif-sur-Yvette, France

Over 100 amino acids have been detected in carbonaceous chondrites and comets. They are of prime interest to disentangle the evolution of organic materials in the early solar system and on the parent bodies that were subjected to physical and chemical evolution over the past 4.5 billion years [1, 2]. Distribution of amino acids may relate to the synthetic processes and secondary processes that have affected parent bodies (aqueous alteration or thermal metamorphism). Isotope compositions point to precursors formed at low temperatures in cold interstellar or nebular environment before parent body accretion, as they show the largest D-enrichments among organic constituents in carbonaceous chondrites [3]. Nevertheless, the D/H isotope compositions of amino acids spread over a large range of values; for instance, 360‰<δD<3400‰ in the Murchison CM2 chondrite [4] or 1000‰<δD<7000‰ in the EET92042 CR2 chondrite [5]. This difference is often interpreted as the consequence of isotope equilibration with water during the aqueous alteration that affected CI, CM and CR chondrite parent bodies. The δD values of amino acids tend to increase with the increasing carbon number for the α-H, α-NH_2 amino acids. This may relate to their precursors and synthesis route, or to a better preservation of their isotope signature during parent body evolution [5]. To explore the later hypothesis, a better understanding of the evolution of the δD of amino acids under asteroidal conditions is required. We present here an experimental investigation of the kinetics of isotope exchange between water and amino acids at 150°C. We can also identify which molecular sites are more prone to D-H exchange to interpret how molecular structure influence preservation of δD values.

In this contribution, the H-isotope evolution of glycine, alanine and isovaline under aqueous alteration conditions have been investigated with experiments at 150 °C for 1, 10 and 21 days with the presence of water at different δD values. The preferential sites for H-D isotope exchange were identified through experiments in the presence of D2O and using gas-chromatography and mass spectrometry (GC-MS). Our results showed that the hydrogen at α-position of amino acids is prone to faster exchange; the amino acids without α -hydrogen show no significant exchange, *e.g.*, glycine with 2 H-atoms shows significant exchange, in contrast to isovaline (no α -hydrogen).

Kinetics of isotope exchange was investigated thanks to experiments with D-poor water (SLAP2, δD=-427‰) and D-rich water (IAEA 605, D = 6000 ‰) and analysis by GC-irMS (Elementar VisION isotopic interfaced with an Agilent Technologies 7890B GC). Our data show that the shorter the carbon chain, the higher the exchange efficiency. Therefore, long-chain amino acids and branched-amino acids without α-hydrogen should better preserve their D/H than short ones. The different behavior of amino acids under aqueous alteration may partly explain the large range of isotope compositions reported within single meteorites.

Références

[1] S.G. Love, D.E. Brownlee, *Science.* 262 (1993) 550–553.
[2] Y. Ellinger, M. Lattelais, F. Pauzat, et al., *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 502 (2021) 4064–4073.
[3] M.A. Sephton, J.M.T. Lewis, J.S. Watson, et al., *Res. Lett.* 41 (2014) 7453–7460.
[4] S. Pizzarello, Y. Huang, *Geochim. Cosmochim. Acta.* 69 (2005) 599–605.
[5] J.E. Elsila, S.B. Charnley, A.S. Burton, et al., *Meteorit. Planet. Sci.* 47 (2012) 1517–1536.

L'ammonium : un réservoir important d'azote dans les chondrites CI

L. LAIZE-GÉNÉRAT[1], L. SOUSSAINTJEAN[1,2], O. POCH[1], L. BONAL[1], J. SAVARINO[3], N. CAILLON[3], P. GINOT[3], A. VELLA[3], L. FLANDINET[1], L. VACHER[1], M. GOUNELLE[4], M. BIZZARRO[5]

[1] IPAG, Grenoble, lucie.laize-generat@univ-grenoble-alpes.fr
[2] now at DEEPICE, Bern
[3] IGE, Grenoble
[4] IMPMC, Paris
[5] Centre for Star and Planet Formation, Copenhagen

Sur Terre, l'azote joue un rôle essentiel pour l'émergence et le maintien de la vie telle qu'on la connaît. Comment et sous quelles formes l'azote a-t-il évolué dans le système solaire jeune, et a-t-il été incorporé aux planètes telles que la Terre ? Ces questions restent non élucidées aujourd'hui.

L'azote dans les comètes et les chondrites carbonées est considéré comme étant principalement présent dans la matière organique réfractaire [1]. Néanmoins, de l'azote sous forme d'ammonium a récemment été détecté dans la comète 67P/Churyumov-Gerasimenko [2]. Cet ammonium pourrait aussi être présent sur plusieurs astéroïdes [2, 3] et peut-être dans les échantillons de l'astéroïde Ryugu, rapportés par la mission Hayabusa-2 [4]. Suite à ces découvertes, il se pourrait alors que dans les astéroïdes et les comètes, et donc dans les chondrites carbonées, une part importante de l'azote soit sous forme d'ammonium.

En 1864, de l'ammonium a été détecté dans la météorite d'Orgueil juste après sa chute, mais n'a plus été signalé depuis [5-8]. Nous avons étudié trois échantillons d'Orgueil, dont deux présentant très peu de trace d'altération terrestre. Nous avons développé un protocole permettant l'extraction cryogénique et la quantification de l'ammonium soluble dans l'eau, ainsi que la mesure de la composition isotopique de son azote. Nous avons détecté avec succès de l'ammonium à une concentration moyenne de 0,068 ± 0,008 wt.%, correspondant à 27 ± 2 % de l'azote total d'Orgueil. La composition isotopique de l'azote de l'ammonium (+202 ± 57‰) est significativement différente de celle de l'azote de la matière organique insoluble (IOM, +33.4 ± 0.2‰), suggérant que ces phases azotées se sont formées à partir de réservoirs d'azote différents.

Nous avons effectué cette même étude sur deux autres chondrites CI, Ivuna et Alais, et également mesuré une part importante d'azote sous forme d'ammonium dans ces météorites (Ivuna : 20 ± 4%, Alais : 24 ± 5%). L'ammonium présent dans Ivuna et Alais présente une composition isotopique en azote similaire à Orgueil (Ivuna : +159 ± 57‰, Alais : +197 ± 57‰), suggérant une origine commune de l'ammonium contenu dans les chondrites CI.

Nos résultats confirment la présence d'une importante concentration d'ammonium extraterrestre dans les chondrites carbonées de type CI, et montrent qu'il y constitue une part importante de l'azote total. Il est donc possible qu'une partie de l'azote ait été présente dans le disque protoplanétaire et ait été livrée aux planétésimaux sous forme d'ammonium et que cet ammonium ait joué un rôle dans l'émergence de la vie sur Terre.

Références

[1] C. Alexander, G. Cody, B. De Gregorio, L. Nittler and R. Stroud, *Geochemistry* 77 (2017)
[2] O. Poch, et.al, *Science* 367 (2020)
[3] M. C. De Sanctis et.al, *Nature* 528 (2015)
[4] C. Pilorget et al., *Nature Astronomy* 6 (2022)
[5] A. Daubrée, *Compte rendu de l'Académie des Sciences* 58 (1864)
[6] F.S. Cloëz, *Compte rendu de l'Académie des Sciences* 58 (1864)
[7] F.S. Cloëz, *Compte rendu de l'Académie des Sciences* 59 (1864)
[8] F. Pisani, *Compte rendu de l'Académie des Sciences* 59 (1864)

Impact sociétal de la recherche de vie extra-terrestre

Organisation de l'exobiologie en France : SFE, PEPR Origins, initiatives locales…

H.COTTIN[1]

[1]LISA, herve.cottin@lisa.ipsl.fr

Abstract

Références

Société Française d'Exobiologie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

Contributions de l'anthropologie aux recherches en exobiologie

P . Pitrou[1]

[1] CNRS, Maison Française d'Oxford, Oxford, perig.pitrou@college-de-france.fr

L'anthropologie, science de la comparaison fondant ses connaissances sur la réalisation d'enquêtes ethnographiques, peut contribuer au moins de deux manières aux recherches en exobiologie. Bien avant le développement des sciences de la vie, les sociétés humaines ont développé des hypothèses concernant l'origine de la vie. L'anthropologie aide tout d'abord à inventorier – dans les mythes, les rites, les savoirs techniques, etc. – la diversité des manières de penser la vie, à partir de l'observation conjointe des astres et des êtres vivants sur Terre. Par ailleurs, l'ethnographie de laboratoire aide à cerner les définitions de la vie élaborées par les scientifiques. Sous cet angle, l'anthropologie participe à la réflexion interdisciplinaire menée en exobiologie pour articuler les connaissances provenant de plusieurs champs disciplinaires (sciences de la vie, sciences de la Terre, sciences de l'univers). À partir de quelques exemples, cette communication vise à montrer comment des recherches empiriques sur le terrain nourrissent une réflexion fondamentale dans le domaine de l'anthropologie de la vie et de l'anthropologie de l'espace.

Références [insérées dans le texte avec un numéro entre crochet [x]]

[1] C. Dupons, B. Dupond and A. Dupont, *Journal,* Volume (Année)

La mise en discours des origines de la vie et de la recherche de vie extra-terrestre par les créateurs de contenus sur YouTube (2016-2023)

R. GAILLARD[1], G. GUÉRAUD-PINET[1]

[1]GRESEC, Grenoble, robin.gaillard1@univ-grenoble-alpes.fr ; guylaine.gueraud-pinet@univ-grenoble-alpes.fr

Les origines de la vie et la recherche de vie extra-terrestre sont aux fondements de grandes questions scientifiques et sociétales. La volonté de situer nos origines biologiques alimente la recherche depuis de nombreuses années, tout comme l'idée de comprendre la formation du Système solaire pour y déceler d'éventuelles formes de vie. Les résultats et découvertes liés aux origines dépassent grandement le cadre universitaire. Ils nourrissent l'actualité médiatique, qu'elle soit spécialisée ou « grand public », mais aussi les imaginaires sociaux [1]. Depuis 2005, YouTube devient un lieu où l'information scientifique pour des publics non spécialisés est discutée [2]. La thématique des origines de la vie alimente alors les vidéos de créateurs de contenus.

Par une approche communicationnelle, nous souhaitons montrer comment les origines de la vie et la recherche de vie extra-terrestre sont traitées au sein des productions vidéo des créateurs de contenus étiquetés « vulgarisateur scientifique ». Une enquête exploratoire [3] a permis d'identifier deux grandes catégories de productions : celles où le vidéaste apparaît à l'écran et s'adresse directement au public et celles réalisées à partir de techniques d'animation (dessins animés, *motion design*). Dans chacune d'entre elles, la science est expliquée à l'aide de référents du quotidien (illustrations préexistantes : dessins, photographies, images et sons issus de la fiction, etc.) et de référents des sciences (sources, modélisation, schéma, photographies de scientifiques, etc.). Cela montre que ce type de vidéo est ancré dans les canons du genre (la production de vidéo sur YouTube), mais aussi dans un contexte socio-économique marqué (par exemple : captation des publics, promotion des chaînes).

Bien que ces résultats nous permettent de fournir une première catégorisation de la production de ces créateurs de contenu, cette dernière reste à approfondir. En effet, nous souhaitons montrer comment la mise en discours de la question des origines de la vie et de la recherche de vie extra-terrestre résulte d'une tension entre les enjeux de monstration des créateurs de contenus et ceux de la vulgarisation des questions scientifiques.

Par conséquent, à partir de l'analyse sémio-discursive d'un corpus de 12 vidéos diffusées sur les chaînes YouTube de ces vidéastes et des descriptions associées, nous chercherons à étudier les différentes postures adoptées par ces acteurs de la vulgarisation. Pour cela, nous nous intéresserons aux stratégies discursives des acteurs étudiés (procédés de vulgarisation, recours à la métaphore, à l'humour, etc.), mais également aux stratégies de mise en images convoquées. Nous verrons alors si les créateurs de contenus apparaissent comme les « traducteurs » [4] des grandes problématiques scientifiques affiliées à la question des origines de la vie, ou bien s'ils s'emparent davantage des interrogations philosophiques associées pour imprégner leurs productions d'un avis plus proche de leurs croyances et de celles de leur public.

Références

[1] G. Guéraud-Pinet, « Formes et traitement médiatiques d'explorations. La médiatisation des origines de la vie et la vie extraterrestre à la télévision française et sur YouTube (1959-2018) », *Question de communication*, n°42 (2022)

[2] E. Chevry Pébayle, « Pratiques informationnelles des youtubeurs scientifiques au service de la médiation du savoir. Youtubeurs scientifiques : activité et pratiques informationnelles », *Communication*, 38/2 (2021)

[3] R. Gaillard, G. Guéraud-Pinet, « Les origines de la vie par les créateurs de contenus sur YouTube. Analyse du traitement médiatique d'une question scientifique non résolue », *90e congrès de l'Acfas, Origines de la vie : de l'astrophysique à la philosophie*, Montréal (2023)

[4] D. Jacobi, B. Schiele, *Vulgariser la science. Le procès de l'ignorance*, Éditions Champ Vallon (1988)

Société Française d'Exobiologie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

Médiatisations des Origines et de l'Habitabilité. A la recherche de l'impact sociétal (magazines, documentaires)

B. LAFON

Gresec (Groupe de Recherche sur les Enjeux de la Communication), Grenoble, benoit.lafon@univ-grenoble-alpes.fr

La recherche d'explications scientifiques sur l'apparition de la vie et sur les possibilités de vie hors de la biosphère terrestre constitue un déplacement majeur des frontières des savoirs [1], dont les médias – en particulier spécialisés dans la vulgarisation scientifique [2, 3, 4, 5] – se saisissent en vue d'une implication des publics et d'un impact sociétal. Cette communication s'appuie sur des résultats issus de deux enquêtes, la première menée dans le cadre du projet ANR-IDEX Origin of Life et questionnant la médiatisation des exoplanètes en lien avec la vie [6] et la seconde réalisée en préparation du PEPR Origins volet SHS et portant sur les documentaires internationaux relatifs aux origines de la vie [7].

Nous allons montrer que la question des impacts sociétaux de la recherche de vie extraterrestre repose sur l'adhésion des publics à des récits recevables, acceptables et compréhensibles (donc souvent évasifs), à la fois sur les scénarios d'apparition de la vie et sur les projections sur l'habitabilité. Ces récits relevant d'une double logique : « proximisation » [8] visant à rendre atteignables de nouveaux horizons lointains et familiers des processus microbiologiques / « spectacularisation » visant à favoriser l'implication spectatorielle par des visuels et des effets narratifs attractifs. Il est donc moins question d'un impact difficilement mesurable que d'une recherche d'impact par les médias

Les cas présentés seront issus de résultats sélectionnés au sein des deux enquêtes précitées. Ils illustreront les impacts sociétaux de la recherche de vie extraterrestre qui reposent sur deux étapes :

- Présenter les mécanismes d'apparition de la vie : la présentation d'extraits d'un corpus de 20 documentaires internationaux (ie National Geographic) illustrera la manière dont les scénarios des origines sont mis en scène, entre ellipses reposant sur la « soupe primitive », description du rôle des acides gras avec diagrammatisation [9] et marginalement « dessein intelligent » (instrumentalisation religieuse des découvertes).

- Décrire les planètes où tester ces scénarios : l'analyse d'un corpus de magazines de vulgarisation scientifique français et étasuniens (n=115) met en évidence la médiatisation de l'habitabilité des exoplanètes à partir des années 2000, en particulier à grand renfort de métaphores [10, 11] et projections par des visuels attractifs.

Certains scénarios de films de science-fiction, d'épisodes de séries télévisées ou de documentaires sont basés sur et ou développent le thème de la recherche et de la découverte des civilisations extraterrestres et leurs diverses conséquences. Cette étude a pour objectif de démêler le vrai du faux en comparant les faits à la fiction dans les films et les séries télévisées. Certains films sélectionnés ont été classés en deux catégories, selon l'emplacement des découvertes fictives de vestiges de civilisations extraterrestres : sur Terre ou sur d'autres planètes. Les résultats soulignent que si les films de fiction sont souvent inspirés de théories ufologiques controversées telles que celle des « anciens astronautes », certains d'entre eux mettent également l'accent sur des préoccupations scientifiques sérieuses telles que le risque de contamination biologique.

Carnel Jean-Stéphane
Groupe de recherche sur les enjeux de la communication - Gresec
Univ. Grenoble Alpes
F-38000
jean-stephane.carnel@univ-grenoble-alpes.fr

Proposition communication - Conférence nationale d'Exobiologie 2023

Thématique : Impact sociétal de la recherche de vie extra-terrestre

Comment les magazines télévisés préparent le grand public à la découverte d'autres formes de vie ?

Cette communication se situe dans le champ des Sciences de l'Information et de la Communication et présente une partie des résultats des études menées au sein du projet *Origin of Life*[1] et du projet *Cybele*[2]. Cette communication vise à fournir des pistes réflexives sur l'impact sociétal de la recherche de la vie extraterrestre, en se concentrant sur les discours télévisés et en particulier dans les magazines. Nous présenterons les formes discursives et visuelles récurrentes utilisées par les magazines télévisés lors du traitement des questions des « origines de la vie » et de la « vie ailleurs ». Nous faisons l'hypothèse que ces programmes télévisés, de par leurs audiences (plusieurs millions de téléspectateurs), sont représentatifs de la conception qu'une société se fait d'une problématique et qu'ils alimentent en grande partie nos imaginaires et nos représentations mentales sur ces questions (théorie du *Media Framing* – R. M. Entman[3]). L'intérêt de se focaliser sur des magazines tient en particulier au temps d'antenne qu'ils consacrent à ces questions (dossiers thématiques du programme) qui permettent un développement du discours souvent supérieur à 10 minutes (à la différence, par exemple d'un JT, dont la durée standard d'un reportage est de 80 secondes), ce qui a une implication sur la qualité mémorielle des informations diffusées dans ce type de programme.

Notre communication se concentrera sur l'analyse de 4 magazines. Le choix de ce corpus s'est fait sur des critères d'audience, de public cible, mais aussi, pour certains, de leur présence et de la qualité de leur référencement – et donc de leur nombre de consultations - sur la plateforme *Youtube*. Le corpus analysé inclut les programmes suivants sur la période 1990 – 2023 :

- *C'est pas sorcier*, qui s'adresse à un public jeune
- *E=M6* qui s'adresse à un public familial
- *Xenius* qui s'adresse à un public d'adultes curieux des questions scientifiques
- *28 minutes* qui s'adresse à un public d'adulte curieux de l'actualité généraliste

Les principaux résultats montrent que :

- L'approche de cette thématique se modifie au milieu des années 1990 (premières exoplanètes, missions martiennes) ; elle n'est plus abordée via le prisme de la science-fiction mais de la science et de la technologie ;
- certaines annonces des agences spatiales (découvertes de traces d'eau, « nouvelles terres »…) déclenchent l'intérêt journalistique et donc la mise en place de discours ad-hoc par la sphère médiatique ;
- la recherche de la vie ailleurs et d'une meilleure compréhension de nos origines apparaissent comme centrales dans les justifications sociales, scientifiques et financières d'une large majorité des programmes spatiaux médiatisés (Rosetta, JWST…)
- le discours portés par ces programmes est généralement très optimiste : des traces de vie seront découvertes très prochainement ;
- la mise en image de ces concepts se standardise autour de forme d'images d'illustration stéréotypées et récurrentes
- les représentations visuelles de la vie intelligente évoluent et se rarifient.
- des strates discussives se créent et se complexifient en fonction du public cible : zone d'habitabilité, équation de Drake, paradoxe de Firmi, Seti, marqueurs de vie, « définition de la vie », extrêmophiles, biosphère de l'ombre…
- De nouvelles thématiques apparaissent depuis une dizaine d'année (comment pourrait-on communiquer avec « eux », quels sont les scénarios possibles des découvertes, des « rencontres », etc.)

Cette étude nous permet donc de de mieux comprendre la formation et l'évolution des discours médiatiques autour de ces questions et d'envisager comment nos sociétés se « préparent » - ou au moins « envisagent » - la découverte d'une vie extra-terrestre.

Bibliographie de l'auteur en rapport avec la thématique

---

[1] Site du projet *Origin of life* : https://origin-life.univ-grenoble-alpes.fr/
[2] Site du projet *Cybèle* : http://cybele.gresec.fr/
[3] ENTMAN Robert M., « Framing: Toward Clarification of a Fractured Paradigm », *Journal of Communication*, Volume 43, n°4, 1993, pp. 51–58.

CARNEL Jean-Stéphane, « Représentations des comètes : étude de l'intégration des photographies de la comète Tchoury dans les films promotionnels de la mission Rosetta : entre enjeux scientifiques et besoins esthétiques ». Journée d'étude *: L'Univers à l'écran au XXIe siècle : visible et invisible – Nouvelles images astronomiques dans la fiction au XXIe siècle, Remploi, modélisation, création,* Université Paris Cité, 20 janvier 2023.

CARNEL Jean-Stéphane, « Heureux qui, comme Rosetta, a fait un beau voyage. La mission spatiale Rosetta au 20h de TF1, analyse de la mise en récit d'un exploit scientifique (2004-2016) », *Questions de Communication*, n°42, 2022.

CARNEL Jean-Stéphane, GAILLARD Robin, GUERAUD-PINET Guylaine, LAFON Benoit *Extraterrestrial life and origins of life in the media : framings and stories*, meeting origin of life, Grenoble, 5 novembre 2019

BONAL Lydie, CARNEL Jean-Stéphane, « Les comètes : l'alpha et l'oméga. Analyse de la mise en image du discours journalistique sur les objets d'astrophysique ». PEPS COMUE de Grenoble « Programme Cybele ». Grenoble, 21 novembre 2014.

CARNEL Jean-Stéphane, *Le journal télévisé, un créateur de représentations sociales sous contrainte ? Approche par le recyclage des images d'archives*. Thèse de doctorat en Sciences de l'Information et de la Communication, sous la direction de BÉGUIN-VERBRUGGE, Annette, Université de Lille 3, soutenue le 4 février 2009.

Société Française d'Exobiologie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

La cause du principe de causalité : La formation du système solaire et de la vie en lui est-elle un hasard ou un déterminisme ?

Dodji Mahouignito Djehouty OLOU, docteur en Astrobiologie et philosophie

Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France/Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin, cyriloloiu86@yahoo.fr

La cause du principe de causalité : La formation du système solaire et de la vie en lui est-elle un hasard ou un déterminisme ? Si oui quelle serait la cause du hasard ou du déterminisme dans l'univers ?

Le soleil s'est formé il y a environ 4.5 milliards lorsqu'un nuage de gaz et de poussière connu sous le nom de nébuleuse solaire s'est effondré. La matière qui avait été condensé en une boule de gaz en feu est devenu notre soleil.

Après avoir rappelé quelques caractéristiques physiques du soleil et de ses astres environnants, nous nous poserons la question de savoir si le processus de formation du système solaire et de la vie en lui serait le produit d'un déterminisme qui voudrait que chaque événement dans l'univers, en vertu du principe de causalité, soit déterminé par les événements passés conformément aux lois de la nature ; ou plutôt serait-ce le fruit du hasard, serait-ce un évènement fortuit ; un concours de circonstances inattendu et totalement inexplicable ? La question du hasard et du déterminisme dans l'univers est l'une des plus grandes interrogation philosophiques et scientifiques. Depuis que l'être humain s'interroge sur l'univers, il s'est toujours questionné sur le pourquoi des choses.

Dans un document philosophique de l'Afrique Antique, le principe cosmique s'exprime en ces termes : *« Mon cœur se montra efficace, le plan de la création se présenta devant moi, et je fis tout ce que je voulais faire, étant seul »* (Extrait du papyrus d'Ihâmessou (Rhind), dans Théophile Obenga, La philosophie africaine de la période pharaonique, 2780-330 avant notre ère, l'Harmattan, Paris, 1990, p.56-57.).

Laplace, un philosophe du 19ème siècle écrira lui aussi : *« Les événements actuels ont, avec les précédents, une liaison fondée sur le principe évident, qu'une chose ne peut pas commencer d'être, sans une cause qui la produise ».* (Pierre-Simon Laplace, Essai philosophique sur les probabilités, Paris, Bachelier, 1844 (1re éd. 1814), « De la probabilité »).

En analysant ces deux pensées, on peut en déduire que la formation du système solaire et de la vie en lui serait plutôt un déterminisme plutôt qu'un hasard. La mécanique newtonienne peut aussi être qualifiée de déterminisme dans la mesure où ses lois permettent de décrire le mouvement d'une particule de matière selon une équation différentielle (principe fondamental de la dynamique). Mais le problème est-il pour autant résolu ? Et si le déterminisme était lui-même hasardeux ? Le fait que chaque événement, en vertu du principe de causalité, soit déterminé par les événements passés conformément aux lois de la nature, le fait que les mêmes conditions initiales puissent produire les mêmes effets : tout cela peut-il être expliqué par une cause qui expliquerait le principe de causalité en toute chose ? La question de la cause du principe de causalité ou même du hasard dans l'univers est donc posée.

Ce faisant, la présentation de ces cas montrera que ces récits reposent d'une manière rhétorique davantage sur la construction d'une vraisemblance impliquant (ou impactant ?) les publics que sur la véritable compréhension de processus scientifiquement établis. Ce qui relève d'une « contradiction inhérente à la rencontre entre sciences et médias » selon S. Moirand en raison des contraintes de temps et d'espace des médias [12]. Ces phénomènes traduisent enfin des problèmes de désinstitutionalisation et d'externalisation de la production des récits médiatiques scientifiques (privatisation des médias) et de croissance de discours concurrentiels envahissant le champ de l'explication scientifique (renouveau du fait religieux en particulier). Ceci doit questionner sur des exigences renouvelées de communication scientifique afin de mieux négocier les impacts sociétaux de la recherche de vie extraterrestre.

Références

[1] B. Lafon, JS. Carnel, « De l'exploration à l'exploitation ? Nouvelles frontières de l'espace et du social », *Questions de communication,* 42, 2022, p. 9-23. https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.29534

[2] B. Jurdant, « Vulgarisation scientifique et idéologie », *Communications* 14, 1969, p. 150-161 https://www.persee.fr/doc/comm_0588-8018_1969_num_14_1_1203

[3] B. Schiele, G. Larocque, « Le message vulgarisateur. Narrativité et scientificité », *Communications*, 33, 1981, p. 165-183. https://doi.org/10.3406/comm.1981.1498

[4] D. Jacobi, « Sémiotique du discours de vulgarisation scientifique », *Semen*, 2, 1985, https://doi.org/10.4000/semen.4291

[5] B. Bensaude-Vincent, « Splendeur et décadence de la vulgarisation scientifique », *Questions de communication* 17, 2010, p. 19-32, https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.368

[6] B. Lafon, « Médiatisation des exoplanètes », *Questions de communication*, 42, 2022, p 97-131. https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.29676

[7] B. Lafon, « Quand les documentaires racontent les origines de la vie. Les standards d'une médiatisation internationalisée (TV, YouTube) », *90e congrès de l'ACFAS - 618 - Origine de la vie : de l'astrophysique à la philosophie*, ACFAS, May 2023, Montréal, Canada

[8] E. Seguin, « Pourquoi les exoplanètes sont-elles politiques ? Pragmatisme et politicité des sciences dans l'œuvre de Bruno Latour », *Revue française de science politique*, 65 (2), 2015, p. 279‑ 302. https://doi.org/10.3917/rfsp.652.0279

[9] M. Bourgatte, D. Jacobi, « Les médiatisations visuelles des savoirs scientifiques », dans B. Lafon (dir.), *Médias et médiatisation. Analyser les médias imprimés, audiovisuels, numériques*, Fontaine, PUG, 2019, p. 241‑ 271.

[10] Y. Jeanneret, « Le choc des mots. Pensée métaphorique et vulgarisation scientifique », *Communication et langages*, 93, 1992, p. 99‑ 113. https://doi.org/10.3406/colan.1992.2383

[11] D. Jacobi, *La Communication scientifique. Discours, figures, modèles*, Grenoble, PUG, 1999.

[12] S. Moirand, « Formes discursives de la diffusion des savoirs dans les médias », *Hermès, La Revue*, 21, 1997, p. 33‑ 44. https://doi.org/10.4267/2042/15040

Exoplanètes, climats et zone habitable : à l'ère du JWST et des ELTs

Exoplanète et habitabilité

E.BOLMONT[1]

[1]Observatoire de Sauverny, Centre pour la vie dans l'univers, Université de Genève, emeline.bolmont@unige.ch

Abstract

Références

Rechercher de planètes telluriques dans le voisinage solaire avec SOPHIE, SPIRou et NIRPS

X.DELFOSSE[1,]

[1]Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, F-38000 Grenoble, France

L'identification de planètes semblables à la Terre, en particulier dans les zones habitables, et la caractérisation de leur atmosphère sont parmi les principaux objectifs de l'astronomie de ce nouveau siècle, motivant des missions ambitieuses - telles que JWST, TESS, PLATO - et constituent l'un des principaux objectifs des ELTs de la classe 40m.

Cet objectif est extrêmement ambitieux et nécessite de nombreuses étapes pour être atteint, la première étant de détecter les meilleurs système pour la caractérisation future des atmosphères. Au cours de la prochaine décennie les seuls planètes pour lesquelles un espoir de caractérisation est possible sont celles orbitant autour des naines M du proche voisinage solaire.

De nombreux projets sols ont pour objectifs de complèter le catalogue des planètes du voisinage solaire. Au cours de ce talk nous ferons un bilan des recherches actuelles, et nous nous focaliserons notamment sur les recherches faites en vélocimétrie radiale dans le cadre de larges programmes avec SOPHIE@OHP, SPIRou@CFHT ou NIRPS@ESO qui ont permis des découvertes de planètes du très proche voisinage solaire.

Constraining the thermal emission of TRAPPIST-1's innermost planets using the JWST

E. Ducrot[1,2], P-O. Lagage[1], M. Gillon, T. J. Bell, T. Greene and the MIRI GTO Exoplanet Team

[1] Université Paris-Saclay, Université Paris-Cité, CEA, CNRS, AIM, Gif-sur-Yvette, 91191, France
[2] Paris Region Fellow, Marie Sklodowska-Curie Action
[3] Space Science and Astrobiology Division, NASA's Ames Research Center, M.S. 245-6, Moffett Field, 94035, CA, USA
[4] Bay Area Environmental Research Institute, NASA's Ames Research Center, M.S. 245-6, Moffett Field, 94035, CA, USA
[5] Department of Astronomy and Astrophysics, University of California, Santa Cruz, Santa Cruz, 95064, CA, USA.

The seven TRAPPIST-1 planets are the best-known terrestrial planets after the Earth, Mars, Venus, and Mercury (in terms of masses, radii and orbital parameters) and the most amenable targets for the first characterization of temperate rocky worlds with the James Webb Space Telescope (JWST). (Gillon et al. 2020). In that regard, nine JWST programs (~270 hours of telescope time) are dedicated to the observations of this system. In particular, the two inner planets have irradiations large enough to enable the photometric measurement of their dayside's thermal emission by observing secondary eclipses -when the planet passes behind the star as seen from the observer - with JWST/MIRI in the 10-18 microns spectral range. In this talk, I will discuss the analysis of three JWST programs consisting in: 1) the observation of 5 secondary eclipses of TRAPPIST-1 b at 15 microns (GTO 1177), 2) the observation of 4 secondary eclipses of TRAPPIST-1 c at 15 microns (G0 2304), and 3) the observation of 5 secondary eclipses of TRAPPIST-1 b at 12.8 microns (GTO 1279)

First, I will present the results from Greene et al. 2023 showing that the secondary eclipse of TRAPPIST-1 b at 15 microns is detected at 8.7 sigma with a corresponding brightness temperature of 503 +/- 47 K. Such a high temperature is consistent with a null albedo and a very poor efficiency at redistributing the heat from the dayside to the nightside, as expected with little to no atmosphere. Then, I will present the results from Zieba et al. 2023 showing that the secondary eclipse of TRAPPIST-1 c at 15 microns is also detected by MIRI, and that the planet's brightness temperature in this band is 369 +/- 30 K. This makes TRAPPIST-1c the coolest rocky exoplanet detected in thermal emission (over 600 K cooler than the previous record-holder, LHS 3844b, Kreidberg et al. 2019). Finally, I will present our very recent observations of TRAPPIST-1 b in emission at 12.8 microns (acquired in July 2023, Ducrot & Lagage et al. *in prep*). From the data we measure a brightness temperature lower than the one expected from the best fit of the 15 microns measurements. This allows us to start the construction of the broadband emission spectrum of the planet and to set a constrain on the albedo of TRAPPIST-1 b (now the smallest and coolest planet for which this parameter is measured). We infer that the planet is best fitted with a bare rock whose albedo is 0.18 +/- 0.11, in the solar system this is comparable to the albedo of Vesta. To conclude I will discuss the implication of these results in terms of realistic surface composition, planet evolution and future observations.

References:

Kreidberg, L., Koll, D.D.B., Morley, C. et al. Absence of a thick atmosphere on the terrestrial exoplanet LHS 3844b. *Nature* 573, 87–90 (2019). https://doi.org/10.1038/s41586-019-1497-4

Gillon, M., Triaud, A., Demory, BO., et al. Seven temperate terrestrial planets around the nearby ultracool dwarf star TRAPPIST-1. *Nature* 542, 456–460 (2017). https://doi.org/10.1038/nature21360

Gillon, M., Meadows, V., Agol, et al. The TRAPPIST-1 JWST Community Initiative. Bulletin of the AAS, 52(2) (2020), https://doi.org/10.3847/25c2cfeb.afbf0205

Greene, T.P., Bell, T.J., Ducrot, E. et al. Thermal emission from the Earth-sized exoplanet TRAPPIST-1 b using JWST. *Nature* 618, 39–42 (2023). https://doi.org/10.1038/s41586-023-05951-7

Zieba, S., Kreidberg, L., Ducrot, E. et al. No thick carbon dioxide atmosphere on the rocky exoplanet TRAPPIST-1 c. *Nature* 620, 746–749 (2023). https://doi.org/10.1038/s41586-023-06232-z

Société Française d'Exobiologie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

ORIGIN OF WATER AND LIFE: WHAT ASTROPHYSICAL AND INSTRUMENTAL CHALLENGES FOR TOMORROW?

Reporting from the SF2A-2023 splinter session

G. Chauvin (1), S. Raymond (2), D. Mouillet (3), J.-P. Berger (3) , I. Boisse (4), E. Choquet (4) , H. Cottin (5), X. Delfosse (3) , M. Ferrari (4) , E. Huby (6), S. Lacour (6) , M. Langlois (4), L. Leboulleux (3) , F. Martinache (1) , M. N'Diaye (1) , A. Santerne (4) , A. Vigan (4) and V. Vinogradoff (7)

(1) Laboratoire J.-L. Lagrange, Université´ Côte d'Azur, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, 06304 Nice, France
(2) Laboratoire d'Astrophysique de Bordeaux, CNRS and Université de Bordeaux, Allée Geoffroy St. Hilaire, 33165 Pessac, France
(3) Univ. Grenoble Alpes, CNRS, IPAG, F-38000 Grenoble, France
(4) Aix Marseille Univ, CNRS, CNES, LAM, Marseille, France
(5) Laboratoire Interuniversitaire des Système Atmosphériques Universités Paris-Est Créteil, Paris Cité UMR 7583 CNRS, IPSL, France
(6) LESIA, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Sorbonne Universités, UPMC Univ. Paris 06, Univ. Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité´e, 5 place Jules Janssen, 92195 Meudon, France
(7) Aix-Marseille Université, CNRS, PIIM, UMR 7345, Marseille, France

Understanding how giant and telluric planets form and evolve, their internal structure and that of their atmosphere, represents one of the major challenges of modern astronomy, and is directly linked to the ultimate search for life by 2050. However, several astrophysical (understanding the formation and physics of giant and telluric exoplanets), biological (identification of the best biomarkers) and technological (technical innovations for new-generation telescopes and instruments). We now know that rocky exoplanets are ubiquitous in the Milky Way, and very probably in the immediate vicinity of the Sun too. Detecting these closest planets, understanding the diversity (atmospheric) of other worlds, and the search for clues to habitability and biological activity, particularly that of water, are essential to understanding the origin of life. With this in mind, the coming decades will be rich in instrumental projects in space and on the ground, exploiting the various techniques for detecting and characterizing exoplanets in highly complementary ways. Within the next 10 years, major systematic surveys using velocimetry, transit, astrometry and imaging will provide a virtually complete census of exoplanetary systems in the near-solar environment. This will usher in an observational era dedicated primarily to characterizing the conditions conducive to the formation of habitable worlds, and to the physical and atmospheric characterization of known exoplanets, particularly temperate telluric planets suitable for the emergence of life. This phase, already initiated with Hubble and Spitzer, and with the first ground-based spectrographs, will intensify with the JWST, Roman and ARIEL space telescopes, and from 2028 with the new generation of extremely large telescopes that will offer unique spatial and spectral resolution, as well as versatile multi-decade instrumentation for characterization of giant and rocky planets and the search for the first clues of habitability and life activity. However, it is very likely that a systematic atmospheric study of dozens of Earth analogues and a quantitative assessment of their habitability and the possible existence of biomarkers will require large-scale, highly optimized space missions. Our goal with this SFE talk is to present here a brief summary of the background, objectives, presented talks, discussions and conclusions of the splinter session organized on June 20th and 21st, 2023 during the Journ´ees 2023 de la Soci´et´e Fran¸caise d'Astronomie & d'Astrophysique (SF2A). This session has been a nice op- portunity to be informed about current theoretical, observing and instrumental developments, initiate the discussion on how to organize and

Un point sur l'habitabilité de la planète Mars

F. FORGET[1], J-B CLEMENT[1], A. GAUVAIN[1], L. LANGE[1], Y. LUO[1], M. MAURICE[1], E. MILLOUR[1], J. NAAR[1], A. SPIGA[1], M. TURBET[1] , E. VOS[1]

[11] Laboratoire de Météorologie Dynamique, Paris, forget@lmd.ipsl.fr

L'habitabilité présente et passé de la planète Mars reste un sujet d'enquête scientifique. D'une part, sur la planète d'aujourd'hui et probablement durant toute l'ère Amazonienne, la formation d'eau liquide est encore trop souvent surestimée en se basant uniquement sur des calculs simples de température et de pression. En réalité, on peut quasiment démontrer que dans les conditions martiennes actuelles et récentes, la glace d'eau ne peut pratiquement pas atteindre 0°C à cause de l'intensité de la sublimation et des flux de chaleur latente associés. De plus, la glace d'eau tend à se réfugier dans les zones climatiques les plus froides (« pièges froids »). Au final les scénarios qui pourraient permettre la formation d'eau liquide à la surface ou dans le proche sous-sol réclament des conditions extrêmement spéciales, sur lesquelles nous enquêtons avec un ensemble de nouveaux modèles, que nous développons dans le cadre du projet ERC *Mars Through Time.* D'autre part, les processus climatiques qui ont permis la formation d'eau liquide, de rivières et de lacs sur Mars il y a plus de 3 milliards d'années (Eres Noachienne et « Hesperienne) restent énigmatiques. Sur ce sujet aussi nous développons une nouvelle génération de modèles de climat incluant la chimie et l'hydrologie afin de mieux comprendre ce qui a pu se passer.

Nous ferons un point sur nos connaissances actuelles sur l'habitabilité présente et passé de Mars, et sur les progrès à venir.

Références [insérées dans le texte avec un numéro entre crochet [x]]

[1] C. Dupons, B. Dupond and A. Dupont, *Journal,* Volume (Année)

structure the French community around these astrophysical themes, finally to initiate a coordinated response to the call of ideas of CNES 2023 to organize and structure our community with a proposed roadmap for 2024

Société Française d'Exobiologie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

AD Leo: a testbed for searching planets around active M dwarfs using infrared radial velocities

A. CARMONA[1], X. DELFOSSE[1], S.BELLOTTI[2], P. CORTEZ-ZULETA[3], M. OULD-ELHKIM[2], N. HEIDARI[3] L. MIGNON[1,5], J.F. DONATI[2], C. MOUTOU[2], N. COOK[4], E. ARTIGAU[4] , P. FOUQUE[2] , and the SPIRou COLLABORATION

[1] IPAG, Univ. Grenoble Alpes, Grenoble, andres.carmona@univ-grenoble-alpes.fr

[2] IRAP, Univ. de Toulouse, UPS-OMP, Toulouse, France

[3] LAM, Aix Marseille Univ., Institut Origines, Marseille, France,

[4] Institute for Research on Exoplanets, Université de Montréal, Montréal, Canada

[5] Observatoire Astronomique de l'Université de Genève, Chemin Pegasi 51b, 1290 Versoix, Switzerland

The search for extrasolar planets around the nearest M dwarfs is a crucial step toward identifying the nearest Earth-like planets. One of the main challenges in this search is that M dwarfs can be magnetically active and stellar activity can produce radial velocity (RV) signals that could mimic those of a planet. We investigate whether the 2.2 day period observed in optical RVs of the nearby active M dwarf star Gl 388 (AD Leo) is due to stellar activity or to a planet that corotates with the star as suggested in the past. We obtained quasi-simultaneous RVs of Gl 388 from 2019 to 2021 with SOPHIE, the optical échelle spectrograph (R ~75k) at the Observatoire de Haute-Provence in France, and RV and Stokes V measurements with SPIRou, the near-infrared spectropolarimeter at the Canada France Hawaii Telescope (R ~70k). The SOPHIE RV time series (precision of 3 to 5 m/s per visit) displays a periodic signal with a 2.23±0.01 day period and 23.6±0.5 m/s amplitude, which is consistent with previous HARPS observations obtained in 2005–2006. **The SPIRou RV time series (precision of 2 m/s per visit) is flat at 5 m/s rms and displays no periodic signals**. RV signals of amplitude higher than 5.3 m/s at a period of 2.23 days can be excluded with a confidence higher than 99%. Using the modulation of the longitudinal magnetic field (B_l) measured with SPIRou as a proxy of stellar rotation, we measure a rotation period of 2.2305±0.0016 days. **SPIRou RV measurements provide solid evidence that the periodic variability of the optical RVs of Gl 388 is due to stellar activity rather than to a corotating planet.** The magnetic activity nature of the optical RV signal is further confirmed by the modulation of B_l with the same period. The SPIRou campaign on Gl 388 demonstrates the power of near-infrared RV to confirm or infirm planet candidates discovered in the optical around active stars.

Vulgarisation, diffusion des connaissances, enseignements

Société Française d'Exobiologie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

AstrobioEducation : un projet interdisciplinaire pour une initiation et des approfondissements en exobiologie. Exemple d'utilisation en L1 Science à l'université Paris Est Créteil (non entré actuellement dans le site)

Hervé Cottin, Vassilissa Vinogradoff, Anaïs Cario, Pierre Gratier, Martin Turbet, Muriel

UPEC

Site web et implantation SFE réseaux sociaux, chaine youtube

O. Poch

IPAG

Ecole RED

Vassilissa Vinogradoff [1], Hervé Cottin [2]

[1] PIIM, Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires

[2] LISA UPEC

Organisme extrêmophile et limites de l'habitabilité

Bio-énergétique

B.SCHOEPP-COTHENET[1]

[1]BIP, schoepp@imm.cnrs.fr

Abstract

Références

Les Woesearchaeota du lac Dziani Dzaha : des archées dominantes au potentiel métabolique énigmatique

Cloarec LA[1], Bacchetta T[1], Bruto M[2], Leboulanger C[3], Grossi V[4], Brochier-Armanet C[5], Flandrois JP[5], Bernard C[6], Troussellier M[3], Agogué H[7], Ader M[8], Oger PM[1], Hugoni M[1]

[1] MAP, Microbiologie Adaptation et Pathogénie, Villeurbanne, lilian.cloarec@insa-lyon.fr

[2] MYCOPAB, Mycoplasmoses Animales, Marcy l'Etoile

[3] MARBEC, MARine Biodiversity, Exploitation & Conservation, Montpellier

[4] LGL-TPE - Laboratoire de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement, Villeurbanne

[5] LBBE, Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, Villeurbanne

[6] MCAM, Molécules de Communication et Adaptations des Microorganismes, Paris

[7] LIENSs, Littoral ENvironnement et Sociétés, La Rochelle Université - CNRS, La Rochelle

[8] IPGP, Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France

Le lac Dziani Dzaha (Mayotte, Océan Indien) a été décrit comme un écosystème extrême, hypersalin, hyperalcalin, peuplé exclusivement de microorganismes, dont une forte biomasse photosynthétique. La présence de stromatolites, de faibles concentrations en sulfates, une anoxie permanente sous 1,5 m de profondeur et des valeurs très positives de $\delta^{13}C$ des carbonates sont autant de caractéristiques supplémentaires qui ont permis d'affirmer que ce lac présente des analogies avec les environnements Précambriens après le « Great Oxydation Event » (2,4 Ga). Nos travaux précédents montrent que les communautés d'Archaea dans la colonne d'eau du lac sont largement dominées par des séquences affiliées au phylum des Woesearchaeota. Néanmoins, les comparaisons de séquences des ARNr 16S des Woesearchaeota du lac Dziani Dzaha aux bases de données montrent 80 % d'identité de séquence suggérant l'existence de populations méconnues. En utilisant une approche de métagénomique, nous avons testé l'hypothèse selon laquelle la diversité taxonomique et fonctionnelle des Woesearchaeota du lac Dziani Dzaha serait différente de celle classiquement décrite.

La reconstruction de MAG (pour Metagenome Assembled Genome) suivie d'une analyse phylogénomique incluant 6 MAGs de Woesearchaeota reconstruits du lac Dziani Dzaha et 295 issus des bases de données mettent en évidence que le lac Dziani Dzaha héberge des populations de Woesearchaeota très différentes de celles connues jusqu'ici, dont une population qui s'ancre à la branche la plus basale des Woesearchaeota laissant penser à un nouveau phylum. Une analyse préliminaire des groupes d'orthologues sur une sélection plus restreinte de MAGs de Woesearchaeota (n=39) montre clairement des groupes de gènes associés spécifiquement aux Woesearchaeota du lac Dziani Dzaha, suggérant là encore des spécificités fortes de ces populations de Woesearchaeota. En effet, sur les 1 067 groupes d'orthologues identifiés, 47 sont spécifiques aux MAGs de Woesearchaeota du Dziani Dzaha, parmi lesquelles, les gènes spécifiques *mcrBC* et *arsC* suggérant, respectivement, leur implication dans la méthanogenèse et la résistance et/ou l'utilisation de l'arsenic.

Nos résultats suggèrent la présence d'un nouveau phylum d'Archaea, dont le métabolisme est inconnu, très abondant dans le lac Dziani Dzaha. Nous postulons que ces Archaea auraient un rôle clef dans le fonctionnement de cet écosystème hypersalin hyperalcalin, analogue des océans anciens.

MISE EN EVIDENCE D'UN LIEN ETROIT ENTRE FORTE RESISTANCE AU STRESS RADIATIF ET STABILITE CONFORMATIONELLE D'ENZYMES EXTREMOPHILES.

F. HALGAND[1], C. HOUEE-LEVIN[1], S. COQUILLE[3], M. LECOQ[2], C. BROCHIER-ARMANET[2], D. MADERN[3]

1-Institut de Chimie Physique d'Orsay, Bâtiment 200 - Rue André Ampère 91405 Orsay Cedex France.

2-Univ Lyon, Université Lyon 1, CNRS, UMR5558, Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, 43 bd du 11 novembre 1918, F-69622, Villeurbanne, France.

3-Univ. Grenoble Alpes, CEA, CNRS, IBS, 38000 Grenoble, France

La présentation montrera qu'il existe un lien phénotypique marqué entre la forte stabilité conformationelle de protéines vis-à-vis de l'irradiation gamma et le caractère hyperthermophile de celles-ci. En utilisant un jeu de protéines contemporaines et protéines ancestrales ressuscitées nous montrerons que cette relation est ancienne.

Nous proposons que cette relation ait pu être bénéfique à une époque au cours de laquelle la terre était plus radioactive et plus chaude qu'aujourd'hui.

Sels, cellules, et biosignatures

Charly Favreau[1], Alicia Tribondeau[2], Marie Marugan[1], François Guyot[3], Béatrice Alpha-Bazin[4], Arul Marie[1], Rémy Puppo[1], Thierry Dufour[5], Arnaud Huguet[6], Séverine Zirah[1], Adrienne Kish[1]

[1]MCAM, MNHN, Paris, adrienne.kish@mnhn.fr [2]PhyMA, MNHN, Paris [3]IMPMC, MNHN, Sorbonne Université, CNRS, IRD, Paris [4]DMTS, Université Paris-Saclay, CEA, INRAE, SPI, Bagnols-sur-Cèze [5]LPP, Sorbonne Université, CNRS, École Polytechnique, Université Paris-Sud, Observatoire de Paris, Paris [6]METIS, Sorbonne Université, CNRS, EPHE, PSL Paris

Les environnements à forte teneur en sel sont courants dans tout le système solaire. Sur Terre, les cristaux de sel halite (NaCl) peuvent abriter des micro-organismes halophiles piégés dans les inclusions fluides générées lors de la cristallisation ou de l'évaporation de la saumure. On suppose que ces micro-organismes halophiles sont préservés et restent même viables sur de longues périodes, bien que la durée exacte de leur viabilité ne soit pas encore claire[1]. Les mécanismes moléculaires impliqués dans leur acclimatation aux conditions des inclusions fluides de halite sont encore mal compris et soulèvent des questions importantes concernant la viabilité, l'activité et le métabolisme des cellules, ainsi que les modifications structurelles après leur piégeage. Il faut répondre à ces questions pour comprendre les limites de la vie sur Terre et pour évaluer avec précision le potentiel biologique des sels extra-terrestres.

Les saumures saturées, les changements induits chez les halophiles immédiatement pendant ou immédiatement après la réhydratation et les difficultés associées à l'isolement de biomolécules à partir d'inclusions fluides de halite (sans contamination par des cellules ou des biomolécules liées à la surface) posent tous des défis techniques importants pour le développement d'approches analytiques reproductibles. Les études précédentes se sont principalement concentrées sur l'isolement de l'ADN, avec différentes méthodologies utilisées pour extraire et analyser l'ADN à partir de cristaux nettoyés en surface[2,3]. Cependant, l'extraction d'autres biomolécules telles que les protéines et l'ARN n'a pas été rapportée, malgré les analyses protéomiques et transcriptomiques approfondies disponibles pour les cultures liquides de l'haloarchaeon modèle Halobacterium salinarum str. NRC-1[4,5].

Nouvelle boîte à outils "-omics" pour les inclusions salines : Pour surmonter ces difficultés, nous avons développé une nouvelle boîte à outils pour l'extraction et l'analyse de biomolécules par des approches "-omiques" directement à partir de la halite, en utilisant comme système modèle des cellules de *H. salinarum* piégées expérimentalement à l'intérieur d'inclusions fluides. Nous présenterons ici deux nouvelles méthodes : (1) le nettoyage de surface étendu de la halite pour éliminer les biomolécules fixées à la surface (au-delà de l'ADN), et (2) l'extraction et le dessalage des biomolécules directement à partir des inclusions de saumure de halite pour les analyses "-omiques" par spectrométrie de masse[6]. Cette nouvelle boîte à outils permettra de mieux comprendre l'acclimatation moléculaire des halophiles dans la halite dans diverses conditions (échantillons cultivés en laboratoire ou naturels), ainsi que d'analyser de petits cristaux de halite (centimètres).

Nous avons appliqué ces nouvelles méthodes pour déterminer comment le protéome exprimé de H. salinarum est modifié après avoir été piégé dans des inclusions fluides de halite. Bien que cette étude ne résolve pas la question de savoir combien de temps les halophiles peuvent rester viables dans les halites, les résultats apportent un éclairage nouveau et important sur les mécanismes de survie des halophiles dans les halites.

Références

[1] Jaakkola S et al. (2016) *Trends Microbiol* 24,148-60
[2] Gramain A et al. (2011)*EnviroMicrobiol*13,2105-21
[3] Sankaranarayanan K et al. (2011) *PlosOne* 6,e20683
[4] Whitehead K. et al. (2006) *Mol Syst Biol* **2**, 47.
[5] Schmid A et al. (2007) *Genome Res* 17,1399–1413
[6] Favreau C et al. (2023) *Front Microbiol* 13,1075274

Carbon fixation in microbial communities from the shallow serpentinite-hosted system of Prony Bay, New Caledonia

Rabja M. Popall[1], Aurélien Lecoeuvre[1], Anne Postec[1], Gaël Erauso[1]

[1] Institut Méditerranéen d'Océanologie UMR 7294

The beginnings of life remain one of the most outstanding scientific issues. For the development and maintenance of biological activity, electrochemical disequilibria are of central importance. In marine serpentinite-hosted systems, abiotic redox gradients develop between the ultrabasic hydrothermal fluid rising from the deep subsurface, and the surface waters. They are maintained across the porous hydrothermal chimney wall, which can be compared to an osmotic membrane. It is hypothesized that this rudimentary proton motive force has driven chimney nanopores to develop into protocells at the emergence of life [1]. In serpentinite-hosted systems, ultrabasic hydrothermal fluids enriched in abiotic hydrogen, methane, and small organic molecules are produced. The hyperalkaline milieu poses a great challenge for metabolic energy and nutrient acquisition, curbing the cellular membrane potential and limiting electron acceptor, phosphorous and dissolved inorganic carbon availability [2]. Nevertheless, diverse microbial communities are found in modern serpentinite-hosted systems. Their metabolic makeup might provide a glimpse into early life forms [1]. One of the greatest questions regarding microbial metabolism in a serpentinization context revolves around the carbon source for primary production in the absence of dissolved inorganic carbon. Potential carbon sources are formate and acetate produced abiotically or via acetogenesis [3] and fermentation [4], as well as abiotically produced amino acids such as glycine [5]. Some microorganisms have also been shown to grow on calcium carbonate, presumably by local redissolution into bicarbonate [6]. Here, we present a metagenomic study on the fixation of those carbon compounds in the shallow Prony Bay Hydrothermal Field, located on the Southern coast of New Caledonia [7]. We assess the abundance of respective functional genes along a transect from land to sea, their presence in taxonomic groups typically associated with serpentinization, as well as the completeness of relevant carbon fixation pathways. Subsequently, we compare the metagenomic results to preliminary experimental evidence obtained from microbial consortia grown on the different carbon compounds. Implications for the metabolic functioning of the community as well as the methodological approach are discussed.

Références

[1] Sojo, V., Herschy, B., Whicher, A., Camprubí, E., and Lane, N. (2016). The Origin of Life in Alkaline Hydrothermal Vents. Astrobiology 16, 181–197. doi: 10.1089/ast.2015.1406.

[2] McCollom, T. M., and Seewald, J. S. (2013). Serpentinites, Hydrogen, and Life. Elements 9, 129–134. doi: 10.2113/gselements.9.2.129.

[3] Suzuki, S., Ishii, S., Hoshino, T., Rietze, A., Tenney, A., Morrill, P. L., et al. (2017). Unusual metabolic diversity of hyperalkaliphilic microbial communities associated with subterranean serpentinization at The Cedars. ISME J. 11, 2584–2598. doi: 10.1038/ismej.2017.111.

[4] Kohl, L., Cumming, E., Cox, A., Rietze, A., Morrissey, L., Lang, S. Q., et al. (2016). Exploring the metabolic potential of microbial communities in ultra-basic, reducing springs at The Cedars, CA, USA: Experimental evidence of microbial methanogenesis and heterotrophic acetogenesis: Methanogenesis at The Cedars. J. Geophys. Res. Biogeosciences 121, 1203–1220. doi: 10.1002/2015JG003233.

[5] Nobu, M. K., Nakai, R., Tamazawa, S., Mori, H., Toyoda, A., Ijiri, A., et al. (2022). Unique H2- utilizing lithotrophy in serpentinite-hosted systems. ISME J. doi: 10.1038/s41396-022-01197- 9.

[6] Suzuki, S., Kuenen, J. G., Schipper, K., van der Velde, S., Ishii, S., Wu, A., et al. (2014). Physiological and genomic features of highly alkaliphilic hydrogen-utilizing Betaproteobacteria from a continental serpentinizing site. Nat. Commun. 5, 3900. doi: 10.1038/ncomms4900.

[7] Monnin, C., Chavagnac, V., Boulart, C., Ménez, B., Gérard, M., Gérard, E., et al. (2014). Fluid chemistry of the low temperature hyperalkaline hydrothermal system of Prony Bay (New Caledonia). Biogeosciences 11, 5687–5706. doi: 10.5194/bg-11-5687-2014.

UV-C radiation induces nucleoid remodeling and major changes in HU dynamics in the radiation resistant bacterium *Deinococcus radiodurans*.

Pierre Vauclare[1†], Jip Wulffele[1†], Françoise Lacroix[1], Pascale Servant[2], Fabrice Confalonieri[2], Jean-Philippe Kleman[1], Dominique Bourgeois[1*] and Joanna Timmins[1*].
[1]Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA, IBS, F-38000 Grenoble, France
[2]Université Paris-Saclay, CEA, CNRS, Institute for Integrative Biology of the Cell (I2BC), 91198, Gif-sur-Yvette, France
pierre.vauclare@ibs.f

Ultraviolet-C (UV-C) light, covering wavelengths from 100 to 280 nm, is considered the most lethal form of radiation in space. UV-C profoundly affects all living organisms on Earth's surface by inducing several cytotoxic DNA lesions, leading to irreversibly compromised cell survival [1]. However, *Deinococcus radiodurans*, one of the most radioresistant bacterium on earth, has developed exceptional tolerance to UV-C radiation[2]. To withstand DNA lesions produced by UV-C radiation, this fascinating non-pathogenic bacterium has developed a wide range of strategies, one of which is the rapid large-scale reorganization of its nucleoid using a small number of nucleoid-associated proteins (NAPs)[3,4]. These small basic proteins bind to DNA and are believed to play a major role in DNA organization through the remodeling of genome architecture[5,6]. Here, we examined the changes in nucleoid morphology and compaction induced by exposure to UV-C light using both single-molecule and conventional fluorescence microscopy. We also characterized the associated changes in the abundance and dynamics of the major NAP in *D. radiodurans*, known as the HU protein[5,7]. Our findings highlight the complexity of nucleoid remodeling processes triggered by hostile environments and their intricate relationship with the exceptional radioresistance properties of *D. radiodurans*.

References

(1) Cadet, J.; Richard Wagner, J. DNA Base Damage by Reactive Oxygen Species, Oxidizing Agents, and UV Radiation. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* **2013**, *5* (2). https://doi.org/10.1101/cshperspect.a012559.

(2) Blasius, M.; Sommer, S.; Hübscher, U. Deinococcus Radiodurans: What Belongs to the Survival Kit? *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology* **2008**, *43* (3), 221–238. https://doi.org/10.1080/10409230802122274.

(3) Timmins, J. *DNA Repair in Deinococcus Radiodurans*. http://hal.univ-grenoble-alpes.fr/tel-01301831.

(4) Floc'h, K.; Lacroix, F.; Servant, P.; Wong, Y. S.; Kleman, J. P.; Bourgeois, D.; Timmins, J. Cell Morphology and Nucleoid Dynamics in Dividing Deinococcus Radiodurans. *Nature Communications* **2019**, *10* (1). https://doi.org/10.1038/s41467-019-11725-5.

(5) de la Tour, C. B.; Passot, F. M.; Toueille, M.; Mirabella, B.; Guérin, P.; Blanchard, L.; Servant, P.; de Groot, A.; Sommer, S.; Armengaud, J. Comparative Proteomics Reveals Key Proteins Recruited at the Nucleoid of Deinococcus after Irradiation-Induced DNA Damage. *Proteomics* **2013**, *13* (23–24), 3457–3469. https://doi.org/10.1002/pmic.201300249.

(6) Chen, Z.; Tang, Y.; Hua, Y.; Zhao, Y. Structural Features and Functional Implications of Proteins Enabling the Robustness of Deinococcus Radiodurans. *Computational and Structural Biotechnology Journal* **2020**, *18*, 2810–2817. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.09.036.

(7) Stojkova, P.; Spidlova, P.; Lenco, J.; Rehulkova, H.; Kratka, L.; Stulik, J. HU Protein Is Involved in Intracellular Growth and Full Virulence of *Francisella Tularensis*. *Virulence* **2018**, *9* (1), 754–770. https://doi.org/10.1080/21505594.2018.1441588.

Détecter la vie aux frontières poly-extrêmes de la vie

PURIFICACION LOPEZ-GARCIA

Ecologie Systématique Evolution, UMR 8079, CNRS & Université Paris-Saclay, site IDEEV, 12 route 128, 91190 Gif-sur-Yvette, France ; puri.lopez@universite-paris-saclay.fr

Identifier les limites physico-chimiques de la vie sur Terre permet de définir des seuils d'habitabilité minimale ailleurs dans l'univers pour des potentielles formes de vie à biochimie comparable. Toutefois, déterminer les limites précises de la vie dans des environnements (poly)extrêmes est difficile à cause de biais d'interprétation et des facteurs confondants dont, sur Terre, la contamination par les formes de vie répandues sur la planète. J'illustrerai ces difficultés en utilisant comme exemple les écosystèmes poly-extrêmes autour du proto-volcan de Dallol (Dépression du Danakil, Ethiopie), souvent considéré comme un analogue martien. Je parlerai des limites de la vie le long d'un gradient de pH, température et salinité-chaotropicité, de l'effet confondant des microorganismes exogènes transportés dans des aérosols et de la diversité et les adaptations moléculaires des lignées d'archées qui très largement dominent (jusqu'à 99%) les écosystèmes les plus poly-extrêmes où l'on trouve la vie [1-4]. Finalement, je discuterai des perspectives et des implications de ce travail pour l'habitabilité.

Références

[1] Belilla J, Moreira D, Jardillier J, Reboul G, Benzerara K, Lopez-Garcia JM, Bertolino P, Lopez-Archilla AI, López-García P (2019) Hyperdiverse archaea near life limits at the polyextreme geothermal Dallol area. Nature Ecol Evol, 3:1552–1561

[21] Belilla J*, Iniesto M*, Moreira D, Benzerara K, López-García JM, Reboul G, Deschamps P, López-Archilla AI, López-García P (2021) Archaeal overdominance close to life-limiting conditions in geothermally influenced hypersaline lakes at the Danakil Depression, Ethiopia. Environ Microbiol, 23: 7168-7182

[3] Belilla J, Iniesto M, Moreira D, Benzerara K, Gérard E, López-García JM, Kotopoulou E, López-García P (2022) Active microbial airborne dispersal and biomorphs as confounding factors for life detection in the cell-degrading brines of the polyextreme Dallol geothermal field. mBio 13: e00307-22

[4] Baker B, Gutiérrez-Preciado A, Rodriguez del Rio A, McCarthy P, **López-García P**, Herta-Cepas J, Susko E, Roger AJ, Eme L, Moreira D (2023) Several independent adaptations of archaea to hypersaline environments. bioRxiv, https://doi.org/10.1101/2023.07.03.547478

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

Microfluidics for extreme microbiology: from deep-sea vents to space investigations (at lab scale)

A. CARIO[1], M. ABADIE[1], E. BOHUON[1], E. RAVARO[2], L. BOURMANCE[2], A. KISH[2], A. ELSAESSER[3], K.L. ROGERS[4], S. MARRE[1]

[1] ICMCB, Pessac, anais.cario@icmcb.cnrs.fr

[2] MCAM, Paris

[3] Freie Universität, Berlin

[4] Rensselaer Polytechnic Institute, New York

Poster

Analogues et bio-signatures

Bio-signature

K.LEPOT[1]

[1]LOG, Kevin.Lepot@univ-lille.fr

Abstract

Références

Société Française d'Exobiologie

7 – 10 novembre 2023, Grenoble, France

Thermal analyses of (bio)carbonates as part of the search for traces of life in extraterrestrial environments

A. PERRON[1], F. STALPORT[2], F. BAUDIN[3], C. AZEMARD[2], A. CHEVILLOT-BIRAUD[4], S. BORENSZTAJN[5], S. NOWAK[6], L. LECOURT[5], B. MENEZ[5]

[1] Université Aix-Marseille, Physique des Interactions Ioniques et Moléculaires, Marseille, France, alex.perron.perso@gmail.com

[2] Université de Paris, Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, CNRS, Créteil, France

[3] Sorbonne-Université, ISTeP, CNRS, Paris, France

[4] Université de Paris, Laboratoire Interfaces Traitements Organisation et DYnamique des Systèmes, CNRS, Paris, France

[5] Université de Paris, Institut de physique du globe de Paris, CNRS, Paris

[6] Université de Paris, Plateforme RX, UFR Chimie, Paris, France

The search for organic compounds related to life in extraterrestrial environments is currently the main strategy to highlight a possible extinct or extant extraterrestrial life. An alternative to detect evidence of life is to search for other products of biological activity such as minerals, probably more resistant to the extreme physical and chemical conditions that prevail in these environments, and potentially able to protect and preserve in their crystallographic structure, organic compounds of biological origin. The objective is therefore to be able to distinguish bio- and organo-minerals from their abiotic counterparts using instruments as close as possible to those aboard space missions dedicated to these issues. Thermal analyses such as differential thermal analysis (DTA) coupled to gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) as well as Rock-Eval analysis (RE) share similarities with space instruments such as SAM (Sample Analysis at Mars) of the MSL mission (Mars Science Laboratory) and MOMA (Mars Organic Molecule Analyser) of the ExoMars mission. This PhD project evaluates the potential of the joint use of (bio)mineral crystallographic parameters, obtained by X- ray diffraction, and thermal degradation and associated gas emission profiles, obtained by DTA-GC-MS and RE, to differentiate the microbial or abiotic origin of carbonate samples. Combined, these analyses provide chemical and structural information on the mineralogical and organic fractions of the studied samples with a distinction between surface organic compounds and those trapped in the crystal structure of carbonates. Validating such an approach requires the selection of a wide variety of terrestrial carbonate samples (Ca, Ca/Mg, Mg) of diverse origins and chemistry, such as natural abiotic or biologically related carbonates formed in environmental settings where microbial life impacts the formation of solid carbonates as well as synthetic (bio)carbonates of known composition. To this aim, laboratory carbonates were precipitated using carbonatogenic microbial strains or by organomineralization. Thermal, chemical and crystallographic data collected with analytical conditions close to those of space missions were used to build a chemometric model based on principal component analysis (PCA) that was tested to distinguish bio-related minerals from abiotic samples. A striking result of these PCA analyses is the individualization of distinct groups of carbonate samples related to their mineralization process. Such a combined multimodal and statistical approach could then be used to search for possible traces of life based on the study of bio-related minerals in extraterrestrial environments such as Mars, Enceladus and Europa, by current and future space explorations.

Molecular Biomarkers in Secondary Mineral Deposits of Mauna Loa Lava Tubes, Hawaii, as Analogs for Mars: Implications for Martian Habitability and Exploration

M. MILLAN[1,2], M. NAPOLEONI[3], A. MCADAM[4], D. BOWER[4], C. KNUDSON[4], C. ACHILLES[4], S. S. JOHNSON[2]

[1]Laboratoire Atmosphère, Observations Spatiales (LATMOS), Univ. Paris-Saclay, Guyancourt, France
[2]Georgetown University, Department of Biology, Washington D.C, USA
[3]Freie Universität Berlin
[4]NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt MD, USA

Martian subsurface terrains such as caves, lava tubes, and deep subsurface environments have been highlighted as protected refuges for both extant life (if present) and the preservation of biosignatures [1]. Subsurface basaltic environments are considered to be high priority targets for the future exploration of Mars because of their more constant climatic conditions compared to the surface and reduced exposure to radiation. Thousands of candidate caves and lava tubes have been identified on Mars by orbital imaging and represent plausible locations for hosting microbial life and/or preserving molecular biomarkers [2]. On Earth, lava tubes are formed by volcanic processes and undergo a variety of biogeochemical processes and despite the variety of location and conditions where they are found, their relative environmental stability can enhance the formation and preservation of secondary minerals. In these terrains, some secondary mineral deposits are directly driven by biomineralization processes involving communities of microorganisms that thrive underground.

The aim of this study is to assess the habitability potential of the relatively young flows (~ 200 yrs) at the Mauna Loa volcano, Hawai'i as terrestrial analogs for Mars [3, 4]. To do so, we collected samples during two expeditions that occurred in 2019 and 2022 such as basalt and secondary mineral deposits with varying mineralogy, light exposure, and humidity. We are undertaking a comparative biogeochemical study of the samples collected in the tube using a set of complementary techniques. Mineralogical, microbiological, and chemical analyses have been performed using X-Ray powder diffraction, DNA sequencing, gas-chromatography mass-spectrometry, and Raman spectroscopy [5, 6, 7]. These last techniques are part of the instrument suites of the current and future martian rovers (e.g., *Curiosity*, *Perseverance*, and *Rosalind Franklin*), thereby enabling us to assess the ability of current flight techniques to detect chemical biosignatures in mineral deposits. Results indicate the presence of a great diversity and abundance of organic molecules in the samples, as well as the presence of molecular biosignatures (*e.g.*, lipids, pigments). Our findings suggest that basaltic lava tubes are promising targets for the search for life on Mars and that biosignatures could be uncovered with techniques similar to those onboard martian rover missions.

Références

[1] Boston, P. J., et al., 2001, Cave biosignature suites: Microbes, minerals, and Mars. *Astrobiology*, *1*(1), 25–55
[2] Cushing, G.E., et al., 2015, Atypical pit craters on Mars, New insights from THEMIS, CTX, and HiRISE observations. *JGR Planets*, 120, 1023-1043, 2015.
[3] Northup, D. E., et al., 2011, Lava cave microbial communities within mats and secondary mineral deposits: Implications for life detection on other planets. *Astrobiology*, *11*(7), 601–618.
[4] Weng, M., Zaikova, E., Millan, M., et al., 2022, Life Underground: Investigating Microbial Communities and Their Biomarkers in Mars- Analog Lava Tubes at Craters of the Moon National Monument and Preserve." *JGR Planets* 127.11: e2022JE007268.
[5] Fishman, C., et al., 2023, Extreme Niche Partitioning and Microbial Dark Matter in a Mauna Loa Lava Tube, *JGR:* e2022JE007283
[6] Millan, M., et al., 2022. Organic Molecules in Secondary Mineral Deposits of Mauna Loa Lava Tubes, Hawaii, as Analogs for Mars: Implications for Martian Habitability and Exploration. *44th COSPAR Scientific Assembly. Held 16-24 July*, *44*, 2776.
[7] Bower, D., McAdam, A. C., Clayton S. C., Millan, M., et al., 2023, Spectroscopic Comparisons of Two Different Terrestrial Basaltic Environments: exploring potential novel biosignatures, *Icarus, 402*, 115626.

Liste des participants

- Abby Sophie
- Abello Alex
- Alleon Julien
- Arthozoul Chloé
- Azémard Clara
- Bacchetta Thomas
- Bastien Olivier
- Bavoux Emma
- Boiteau Laurent
- Bolmont Emeline
- Bonal Lydie
- Bouvier Jerome
- Boyet Maud
- Braham Asma
- Bricka Jean-Philippe
- Brochier-Armanet Céline
- Cario Anaïs
- Carmona Andres
- Carnel Jean-Stéphane
- Carré Lorenzo
- Ceccarelli Cecilia
- Chahine Layal
- Charlat Sylvain
- Charnay Benjamin
- Chauvin Gaël
- Cloarec Lilian
- Cottin Hervé
- Coussot Gaelle
- Danger Grégoire
- Debus Andre
- Delfosse Xavier
- Delorme Philippe
- Douté Sylvain
- Ducrot Elsa
- Durif Olivier
- Duval Simon
- Erauso Gaël
- Falconet Denis
- Faure Alexandre
- Fontecilla-Camps Juan
- Forget François
- Fraix-Burnet Didier
- Franzetti Bruno
- Freissinet Caroline
- Gaillard Robin
- Giani Lisa
- Glade Nicolas
- Gonthier Rachel
- Gueraud-Pinet Guylaine
- Guillaudat Edith
- Guillemin Jean-Claude
- He Yuanyuan
- Hendecourt (d') Louis
- Kish Adrienne
- Kosc Thomas
- Lafon Benoit
- Laize-Générat Lucie
- Langlet Philippe
- Larue Pierre
- Laurent Gabin
- Lazzeroni Océane
- Le Postollec Aurélie
- Lemelle Laurence
- Lepot Kevin
- Lewin Éric
- Lopez-Garcia Purificacion
- Madern Dominique
- Maldanis Lara
- Maratrat Louis
- Marin Carbonne Johanna
- Marre Samuel
- Millan Maëva
- Moran Joseph
- Morard Guillaume
- Moulay Valentin
- Nader Serge
- Olou Cyrille
- Pastore Juliette
- Pauzat Françoise
- Penel Simon
- Perrier Baptiste
- Perriere Guy
- Perron Alexandra
- Pierrel Fabien
- Pierson Laurent
- Pitrou Perig
- Planchon Olivier
- Poch Olivier
- Ponthieu Nicolas
- Popall Rabja
- Prin-Derre Nancy
- Puvanendran Dhenesh
- Raymond Sean
- Remusat Laurent
- Richard Edouard
- Robuschi Juliette
- Romane Le Gal
- Stalport Fabien
- Schoepp-Cothenet Barbara
- Serra Coline
- Simionovici Alexandre
- Sohier Orianne
- Tenelanda Laura
- Tessera Marc
- Tobon Valencia Vanesa
- Vauclare Pierre
- Vinogradoff Vassilissa
- Vuitton Véronique
- Yannick Vallée
- Yariv Vincent

Liste des sponsors

Société Française d'Exobiologie

La Société Française d'Exobiologie a été fondée le 15/05/2009 et a pour buts principaux : De fédérer les recherches en exobiologie au niveau français en facilitant l'établissement de contacts interdisciplinaires entre les chercheurs français. De faire connaître et expliquer l'exobiologie pour satisfaire la demande socio culturelle provenant d'un public diversifié, par le biais de conférences, d'ateliers, d'expositions.

Grenoble Alpes Métropole

Dotée du statut de Métropole depuis 2015, Grenoble Alpes Métropole assure de nombreuses missions : services publics, aménagement du territoire, développement économique, protection de l'environnement, mobilité et également soutien à l'écosystème scientifique.

CDP Origin of Life

Origin of Life s'intéresse à la compréhension des processus chimiques « avant la vie » sur Terre, à la définition des conditions d'habitabilité des astres du Système solaire et des exoplanètes et à la détection des astres sur lesquels nous pourrons tester la présence de vie dans le futur. Ces thèmes permettent de replacer la Terre dans son contexte (un astre habitable parmi d'autres), d'explorer nos origines en tant qu'êtres vivants et d'influencer notre regard sur notre planète.?

ERC DOC

Vers une théorie fiable de la chimie organique dans les systèmes solaires naissants, combinant de nouvelles observations astronomiques révolutionnaires, des calculs de chimie quantique, des modèles astrochimiques/chimico-physiques et des outils d'analyse sophistiqués.

Programme National de Planétologie

Le Programme National de Planétologie (PNP) est placé sous la responsabilité conjointe des divisions Astronomie-Astrophysique et Sciences de la Terre de l'INSU. Le PNP est financé par des contributions de l'INSU et du CNES. Le soutien apporté par le CNES au PNP vise d'une part à encourager les travaux théoriques ou de laboratoire aidant à mieux préparer les missions spatiales, et d'autre part à valoriser les données collectées au cours des missions achevées depuis plus de 2 ans.

UGA

Ancrée sur notre territoire, pluridisciplinaire et ouverte sur l'international, notre université rassemble les forces de l'enseignement supérieur public de Grenoble et Valence. En association avec les organismes nationaux de recherche et les grands instruments internationaux présents sur notre territoire, nous construisons notre politique de recherche et d'innovation à l'échelle mondiale. Moteur de progrès et laboratoire d'initiatives innovantes, nous interagissons avec nos nombreux partenaires pour accompagner l'évolution de la société.

Grenoble INP - UGA

Grand établissement public d'enseignement supérieur et de recherche, élément fondateur de l'écosystème grenoblois, Grenoble INP - UGA occupe une place de premier plan dans la communauté scientifique et industrielle.

LabEx OSUG

Le laboratoire d'Excellence LabEx OSUG est prolongé pour une durée de 5 ans dans le cadre du programme Investissements d'Avenir lancé par l'État et mis en œuvre par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Cette deuxième phase du projet sur le thème de l'Habitabilité dans des mondes changeants renforcera encore l'expertise et le savoir-faire de la communauté OSUG pour l'observation, la compréhension et la modélisation des systèmes naturels en abordant une diversité de sujets comprenant les exoplanètes, le système Terre, les ressources naturelles, et les risques.

IPAG

Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble

Unité mixte de recherche de l'Institut des Sciences de l'Univers (INSU) du CNRS et de l'université Grenoble Alpes, l'Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG) est l'un des principaux laboratoires de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG). Ses thèmes de recherche vont du système solaire à l'univers lointain, avec des approches alliant mesures en laboratoire, calcul intensif, observation astronomique, et instrumentation de pointe.