

Sources

Release of volatiles from a possible cryovolcano from near-infrared imaging of Titan; C. Sotin¹, R. Jaumann², B. J. Buratti³, R. H. Brown⁴, R. N. Clark⁵, L. A. Soderblom⁶, K. H. Baines³, G. Bellucci⁷, J.-P. Bibring⁸, F. Capaccioni⁹, P. Cerroni⁹, M. Combes¹⁰, A. Coradini⁷, D. P. Cruikshank¹¹, P. Drossart¹⁰, V. Formisano⁷, Y. Langevin⁸, D. L. Matson³, T. B. McCord¹², R. M. Nelson³, P. D. Nicholson¹³, B. Sicardy¹⁰, S. LeMouelic¹, S. Rodriguez¹, K. Stephan² & C. K. Scholz²

¹ Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, Université de Nantes, Nantes, France. ² Institute of Planetary Exploration, DLR, Berlin, Germany. ³ Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, USA. ⁴ Lunar and Planetary Laboratory and Stewart Observatory, University of Arizona, Tucson, USA. ⁵ US Geological Survey, Denver, USA. ⁶ US Geological Survey, Flagstaff, USA. ⁷ Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario, CNR, Rome, Italy. ⁸ Institut d'Astrophysique Spatiale, Université de Paris-Sud, Orsay, France. ⁹ Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica, CNR, Rome, Italy. ¹⁰ Observatoire de Paris, Meudon, France. ¹¹ NASA Ames Research Center, Moffett Field, USA. ¹² Department of Earth and Space Sciences, University of Washington, Seattle, USA. ¹³ Cornell University, Astronomy Department, Ithaca, New York, USA.

Dans le cadre de l'exploitation des données recueillies par la mission internationale [Cassini /Huygens](#), des équipes scientifiques de l'Université de Nantes (France) et l'Université d'Arizona à Tucson (E-U), viennent peut-être de percer le mystère de l'atmosphère saturée en méthane de Titan et du [remodelage](#) de sa surface. Les résultats de leur étude, publiée dans la revue *Nature* de mars 2006, lèvent le voile sur les épisodes du passé du cycle du méthane de la plus grosse Lune de Saturne.

L'atmosphère de Titan s'étend aujourd'hui à plus de 1 000 km d'altitude. Composée essentiellement d'azote, elle contient une proportion de méthane qui peut atteindre 5% près de la surface. Les données recueillies par la sonde Huygens et par l'orbiteur Cassini, montrent que l'azote de l'atmosphère s'est formé peu de temps après l'accrétion de Titan, il y a environ 4.5 milliards d'années. La décomposition de l'ammoniaque (NH₃), sous l'effet du rayonnement ultraviolet provenant du soleil, a provoqué la formation de cet azote. Le méthane actuellement présent dans l'atmosphère subit aussi les effets des rayonnements et devrait disparaître en quelques dizaines de millions d'années.

La mise en évidence de vallées, de traces de lacs et d'une surface érodée ne peut s'expliquer que par la libération régulière de grandes quantités de méthane dans l'atmosphère à partir de réservoirs souterrains. Cette libération s'accompagne d'une augmentation de la pression partielle de méthane qui pendant un certain temps peut produire des pluies d'hydrocarbure. Ces pluies ravinent les pentes et créent les réseaux fluviaux révélés par les photos prises par Huygens pendant sa descente vers la surface. Les équipes scientifiques ont ainsi pu identifier un dôme de 30 km de diamètre, qui pourrait bien être un volcan de glace. Ce cryo-volcanisme serait responsable des émissions actuelles de méthane dans l'atmosphère et du remodelage de la surface de ce corps.

A partir de ces observations, les auteurs proposent un modèle de formation de Titan et d'évolution de sa structure interne. D'après ce modèle, le méthane sur Titan, joue un rôle un peu similaire à l'eau sur Terre. Il aurait été libéré lors de trois épisodes provoqués par la déstabilisation thermique d'un réservoir de [clathrates](#) de méthane dans la croûte puis à la surface de Titan.

► Pourquoi pleut-il du méthane ?

[page 2/4]

Sources

Episodic outgassing as the origin of atmospheric methane on Titan ; G.Tobie^{1,2}, J.I. Lunine^{2,3} & C. Sotin¹, Nature Vol 440| 2 March 2006| doi:10.1038

¹ Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, Université de Nantes, Nantes, France. ² Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona, Tucson, USA. ³ Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario, INAF, Roma, Italia.

Notes

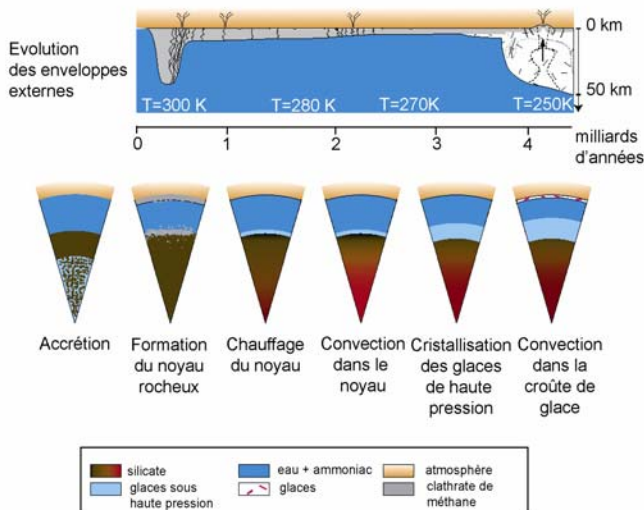
Clathrate :

C'est un composé chimique complexe dans lequel une molécule incluse (azote, méthane, gaz carbonique...) est enfermée dans une cage formée par la molécule hôte ou par un réseau de molécules hôtes. Les clathrates hydratés sont des solides où les molécules d'eau forment entre elles dans la glace une cage capable d'emprisonner une molécule de gaz (oxygène, azote, argon, méthane, ammoniac, sulfure d'hydrogène etc.). Ces molécules se forment dans des conditions physiques particulières et selon différentes théories, elles existent dans les corps célestes lointains. Elles existent aussi sur Terre dans des sédiments sous-marins et retiendraient d'importantes quantités de méthane et de gaz carbonique.

Tout a commencé lorsque ce corps céleste s'est formé par l'accrétion de planétésimaux il y a environ 4,5 milliards d'années. A la fin de cette phase, Titan possédait un noyau constitué de matériel rocheux et de glace d'eau entouré d'une épaisse couche de silicate. Une croûte de clathrate de méthane s'est formée à la surface d'un océan d'eau et d'ammoniac qui recouvrait le tout. Le noyau s'est réchauffé et après seulement 500 millions d'années une première libération massive de méthane s'est produite à partir des clathrates.

Sous l'influence de divers facteurs, le noyau a poursuivi son échauffement et il y a environ deux milliards et demi d'années, une convection thermique s'est déclenchée dans le cœur rocheux. Cette convection, par l'échauffement qu'elle a induit, a provoqué la diminution de la quantité de clathrate à la surface de l'océan : du méthane s'est de nouveau libéré dans l'atmosphère.

Enfin le cœur rocheux a commencé à se refroidir ; une couche de glace a cristallisé à la surface de l'océan sous les clathrates de méthane alors que simultanément une couche de glace sous haute pression s'est formée au contact du noyau rocheux. L'océan d'eau et d'ammoniac s'est ainsi trouvé entre deux couches de glaces. La couche de glace en surface, sous la croûte riche en clathrates, s'est épaissie et sa partie la plus externe s'est refroidie. Un gradient de température s'est installé et la glace la plus profonde et la plus chaude, est devenue instable. Cette glace est remontée par fluage vers la surface à travers la glace froide.



Notes

Les planétésimaux :

Les planétésimaux sont des objets de taille et de diamètre variables, pouvant atteindre celui de Pluton. Ils se sont formés par l'agglomération des glaces et des poussières de la nébuleuse primitive. Puis ils se sont petit à petit condensés sur certaines orbites pour constituer les planètes telluriques, la plupart des satellites des planètes géantes et peut être le noyau (s'il existe) de ces géantes gazeuses.

Diapir :

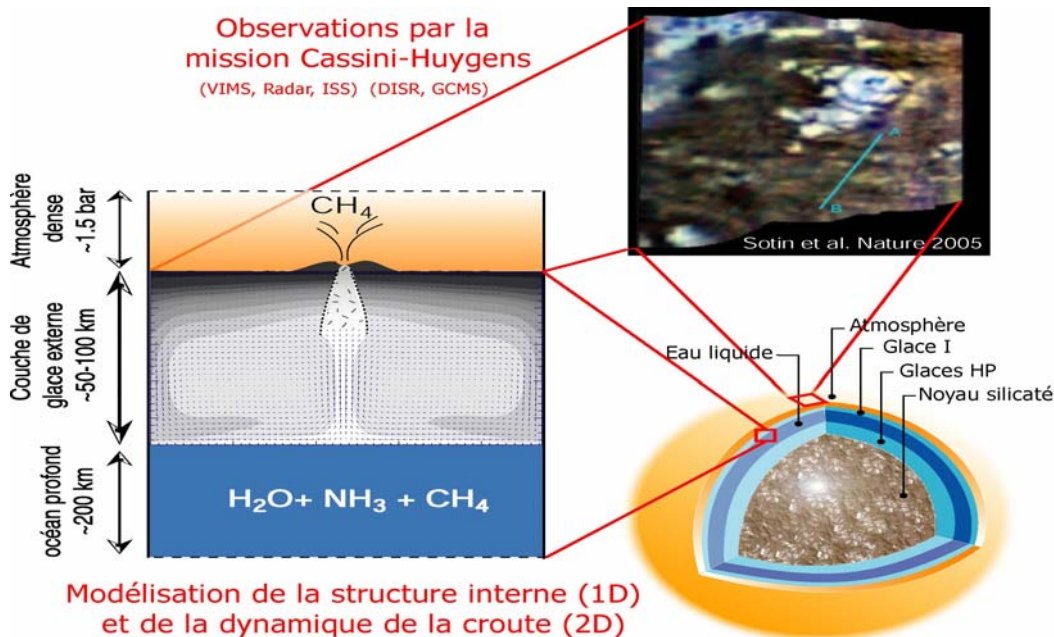
Déformation créée par l'intrusion de terrains profonds transperçant, plissant (pli diapir) ou soulevant (dôme) les couches sus-jacentes. Dans le cas de Titan, cette action serait réalisée par des remontées de glace plus chaude que celle qui la surplombe.

Remodelage :

La surface des objets du système solaire se présente sous deux aspects : soit elle est marquée par de nombreux cratères et elle est alors considérée comme ancienne. Le corps ne possède pas d'activité géologique propre (la Lune par exemple). Soit la surface comporte très peu de cratère. Elle a donc été remodelée par des mouvements de la surface tectonique des volcans ou, sur les corps glacés, des phénomènes dynamiques de la glace.

Ces remontées de « panaches » de glace chaude ont été favorisées par la chaleur produite par un deuxième phénomène : la « dissipation de marée ». Au cours de son orbite elliptique autour Saturne, Titan, soumis à un champ de gravité qui varie, s'est déformé et il est apparu « des forces de marée ». L'amplitude des déformations, évaluée à une cinquantaine de mètres, a été telle que la glace s'est échauffée par friction visqueuse ; l'énergie ainsi libérée a participé à ce cryo-volcanisme. (C'est ce même type de forces qui est responsable du déplacement des océans à la surface de la Terre.). Ces espèces de « bulles » de glaces (des panaches ou diapirs en langage de géophysicien) chauffées par ces deux phénomènes ont entraîné la dissociation des clathrates de méthane qu'elles traversent.

Cette libération épisodique de grandes quantités de méthane a saturé l'atmosphère, des nuages se sont formés et des pluies de méthane se sont abattues sur la surface et la ravinent. Ces événements, la présence d'Argon atmosphérique ainsi que les rapports isotopiques du Carbone confortent ce modèle et expliquent la composition actuelle de l'atmosphère.



Contact chercheurs

Christophe SOTIN

UMR 6112 Planétologie et
Géodynamique

tel: (+33)2 51 12 54 66

sotin@chimie.univ-nantes.fr

Gabriel TOBIE

UMR 6112 Planétologie et
Géodynamique

tel: (+33)2 51 12 54 67

gabriel.tobie@univ-nantes.fr

Les prochains passages de la sonde Cassini à proximité de Titan devraient confirmer ces hypothèses. Premièrement, une meilleure estimation de l'âge de la surface en comptant la taille et la répartition des cratères d'impact confirmera la date du deuxième épisode de libération du méthane. Deuxièmement, la répartition des traces de l'action du méthane liquide et des terrains plus anciens comportant des cratères démontrera la nature limitée dans l'espace et épisodique des événements les plus récents qui ont pu libérer du méthane.

Mission Cassini/Huygens

Lancée en 1997, Cassini-Huygens est la première mission spatiale entièrement consacrée à l'exploration de [Saturne](#) et de son plus gros satellite Titan. Elle est menée par la NASA, qui a réalisé l'orbiteur Cassini, et l'Agence spatiale européenne fournisseur de la sonde Huygens. Ce projet a été engagé après que les missions de reconnaissance des sondes Pioneer 11, Voyager 1 et Voyager 2 aient révélé, dans l'atmosphère de Titan, la présence de molécules organiques similaires à celles qui pourraient être à l'origine de la vie sur Terre.

La sonde Huygens porte le nom de Christiaan Huygens (1629-1695), scientifique néerlandais qui découvrit les anneaux de Saturne et, en 1655, son plus gros satellite : Titan. L'orbiteur Cassini a été nommé du nom de l'astronome franco-italien Jean-Dominique Cassini (1625-1712) qui découvrit plusieurs satellites de Saturne (Japet, Rhéa, Téthys et Dioné). C'est également lui qui découvrit en 1675 ce que l'on appelle aujourd'hui la « division de Cassini », un espace entre les anneaux A et B de Saturne.

+ Cassini / Huygens

<http://saturn.jpl.nasa.gov>

<http://sci.esa.int/>

+ sur le CNES

<http://www.cnes.fr>

E-Space&Science vous informe des résultats des expériences scientifiques soutenues par le CNES

Directeur de la publication: **Yannick d'Escatha** ■ Directeur de la rédaction: **Arnaud Benedetti** ■ Rédacteur en chef: **Michel Viso** ■ Secrétaire de rédaction: **Myriana Lozach** ■ Diffusion du magazine: **INIST diffusion** ■

Abonnement

Vous voulez vous abonner à la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Abonnement version Française](#)

Vous voulez vous abonner à la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à :

[Abonnement version Anglaise](#)

Désabonnement

Vous voulez vous désabonner de la version française; envoyez un mail sans objet ni contenu à :

[Désabonnement version Française](#)

Vous voulez vous désabonner de la version anglaise; envoyer un mail sans objet ni contenu à :

[Désabonnement version Anglaise](#)

© CNES 2005

Reproduction possible à des fins non commerciales, sous réserve d'autorisation de notre part

Conformément à la loi 78-17 "Informatique et Libertés" (art. 34 et art.36), vous disposez d'un droit d'accès, de rectification et de suppression des données vous concernant, en ligne sur ce bulletin.