

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 59 (2001)  
**Heft:** 303

**Artikel:** La quête de l'eau  
**Autor:** Nicolet, Bernard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897895>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# La quête de l'eau

BERNARD NICOLET

## De grandes nouvelles

21 juin 2000

Nous apprenons que le vaisseau de la NASA Mars Global Surveyor a observé des ravins (fig. ci-contre) témoignant d'une présence d'eau liquide sur la planète rouge. Présence contemporaine?

25 août 2000

La sonde GALILEO renforce notre conviction au sujet de l'existence d'un océan sous les glaces du satellite Europe orbitant autour de Jupiter.

4 décembre 2000

Le même vaisseau détecte des strates horizontales au fond d'un cañon de Mars. Y a-t-il eu des cours d'eau sur Mars?

Il faudra le préciser et c'est le but des lignes qui suivent.



Juin 2000: Ravins sur Mars. Document NASA

## L'eau sur Terre

### 1.1 Bref historique

Le lien de l'eau et de la vie (terrestre en tout cas) est à l'origine de symboles éloquentes. Pour les Chrétiens, l'eau vive que la Samaritaine suppliante demande à Jésus dans le chapitre 4 de l'évangile de Jean représente la vie éternelle. L'eau purifiée et les ablutions des Musulmans ont également un sens sacré. Un des seuls témoignages faisant état de quelqu'irrévérence à l'égard de ce liquide est extrait du

code d'une société d'étudiants goûtant volontiers aux joies bacchiques et gambriques: «Quant au liquide absurde qu'on nomme l'eau, le Z... ne s'en occupe que comme combinaison chimique et n'en fait qu'un usage externe».

Le voyageur assoiffé dans le désert vit intensément cette grande vérité: l'eau est un liquide rare, précieux et vital. Même le marin entouré des immenses masses d'eau du Pacifique est confronté aux mêmes préoccupations. Déjà au 18<sup>e</sup> siècle, de Bougainville avait pris soin d'emporter sur la Boudeuse une installation de désalinisation: la cucurbite mise au point par le Poissonnier qui permit à son équipage de goûter aux délices de l'eau douce. Après tout, l'organisme humain se compose à 60% d'eau.

Dans l'antiquité présocratique, l'eau est considérée par THALÈS DE MILET comme l'origine de tout. Héraclite attribuera ce rôle au feu. Empédocle mettra à égalité les 4 éléments: eau, terre, feu et air et dans les cultures européennes cette conception perdurera jusqu'à la fin du 18<sup>e</sup> siècle.

Le physicien CAVENDISH isolera l'hydrogène et son compatriote PRIESTLEY l'oxygène et, en 1785, LAVOISIER réalisera la synthèse de l'eau qui sera dès lors déchu de son rang d'élément sauf en astrologie (signes d'eau), mais c'est une autre histoire. Au sens actuel l'hydrogène  $H$  et l'oxygène  $O$  sont des éléments ainsi qu'une centaine d'autres atomes tandis que l'eau est un corps composé de molécules polyatomiques. Le fait que les proportions stœchiométriques de cette synthèse sont de 2 volumes d'hydrogène pour un d'oxygène à pression et température données seront la raison initiale de la formule  $H_2O$ . La nature de cette molécule justifie entièrement cette formule.

### 1.2 Propriétés de $H_2O$ liquide

$H_2O$  se présente sous trois phases bien connues: solide, liquide et gazeuse.

Dans la suite le vocable «eau» signifiera phase liquide de  $H_2O$ .

L'eau a des propriétés intéressantes, notamment sa constante diélectrique  $\epsilon$  de l'ordre de 80 (elle baisse quelque peu à haute température).

La valeur de  $\epsilon_{\text{eau}}$  est importante.

Elle signifie qu'en milieu aquatique la force de liaison électrostatique entre ions est divisée par 80. Concrètement le sel fond dans l'eau, car les ions  $Na^+$  et  $Cl^-$  y sont 80 fois moins attirés l'un par



1991-août: Coexistence des 3 phases de  $H_2O$  un matin d'hiver au geyser du Tatio (Chili).

l'autre et leur structure, cristalline au sec, est désagrégée.

Ces ions circulent librement. Le sel (de cuisine et les autres) sont isolants de même que l'eau pure. En présence d'ions libres l'eau devient conductrice d'électricité.

L'eau liquide est ainsi solvant puissant et accélère les réactions chimiques dont celles du métabolisme vivant.

La chaleur massique de l'eau est très grande:

$$C_{\text{eau}} = 4180 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$$

N.B. L'utilisation de l'échelle de températures Kelvin (K) à partir du zéro absolu permet de simplifier considérablement l'écriture des relations thermodynamiques. Les écarts de températures sont les mêmes en K et  $^{\circ}\text{C}$ .

Il faut 4180 Joules (ou 1 calorie pour employer une unité tombée en désuétude) pour échauffer de 1K (ou  $1^{\circ}\text{C}$ ) 1 kg d'eau.

### 1.3 Phases solide et gazeuse

La phase solide de  $H_2O$  se présente usuellement sous une forme cristalline bien connue par la glace et la neige. La masse volumique  $\rho$  de la glace vaut  $918 \text{ kg/m}^3$ , soit un peu moins que celle de la phase liquide ( $1000 \text{ kg/m}^3$  à  $15^{\circ}\text{C}$ ).  $H_2O$  est un des rares corps pour lesquels la masse volumique de la phase solide est inférieure à celle de la phase liquide.

$H_2O$  sous forme gazeuse est transparente. Il convient de rappeler ici que le brouillard et les nuages sont formés de fines gouttelettes d'eau ou paillettes de glace et non pas de vapeur au sens physique. La masse volumique  $\rho$  de la phase gazeuse est usuellement inférieure de

3 ordres de grandeur environ, mais varie fortement avec la température et la pression. A haute température  $T$  [K] et à masse volumique  $\rho$  assez basse la vapeur suit la loi des gaz parfaits:



$$P[\text{Pa}] = \frac{k}{\mu m_H} \rho[\text{kg}/\text{m}^3] T[\text{K}] \Leftrightarrow PV = n[\text{mole}]RT \text{ où} \quad (1.1)$$

$$\left. \begin{array}{l} \mu \quad 18 \\ m_H \quad 1,72661 \cdot 10^{-27} \text{kg} \\ k \quad 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{J/K} \end{array} \right\} \Rightarrow \rho = \frac{\mu m_H}{k} \frac{P[\text{Pa}]}{T[\text{K}]}$$

0,00218

Pour la vapeur de  $H_2O$  à 373,15K (100°C) et à la pression normale de 101 325 Pa,  $\rho = 0,592 \text{ kg}/\text{m}^3$  ce qui correspond bien à la réalité.

A des  $\rho$  plus élevés ( $P$  élevé et/ou des  $T$  bas), la loi des gaz parfaits est de moins en moins valable;  $\rho$  dépend de moins en moins de  $P$  et  $T$ . Cela aura bientôt de l'importance.

Un modèle plus fidèle à la réalité des gaz est donné par la loi de van der Waals:

$$P = -a\rho^2 + \frac{k}{\mu m_H} \frac{\rho}{1 - b\rho} T \quad (1.2)$$

Pour  $H_2O$ :

$a = 1709 \text{ Pa m}^6/\text{kg}^2$  provient des forces de cohésion entre les molécules,  $b = 0,001694 \text{ m}^3/\text{kg}$  représente le volume occupé par les molécules.

Avec  $a$  et  $b$  nuls, on retrouve l'équation d'état (1.1) des gaz parfait, cas particulier d'un gaz formé de molécules ponctuelles qui n'interagissent pas.

#### 1.4 Changements de phase

Dans les conditions «normales» de pression

101 325 Pa = 1013,25 hPa naguère mb ou millibars  $\leftrightarrow$  760 mmHg  $\leftrightarrow$  1 atm.

la glace fond à 0°C et l'eau s'évapore (complètement) à 100°C. C'est du moins ce que l'on apprend à l'école et ces phénomènes ont servi à définir l'échelle thermométrique centigrade. Comme on l'a déjà dit, on lui préfère l'échelle physique K qui part du zéro absolu.

L'énergie nécessaire à faire passer 1 kg de glace à 0°C à la phase liquide de même température s'élève à 330 000 J  $\leftrightarrow$  80 calories soit autant que pour réchauffer 1 kg d'eau de 80K ou °C. C'est la chaleur latente de fusion de  $H_2O$ .

A la pression normale on peut définir une chaleur latente de vaporisation qui s'élève, par kg d' $H_2O$  passant de la phase liquide à la phase gazeuse, à 2 300 000 J  $\leftrightarrow$  540 calories. Il faut, dans ces conditions, 5,4 fois plus d'énergie pour faire évaporer 1 kg d'eau à 100°C que pour chauffer cette quantité d'eau de 273 à 373K (0°C à 100°C).

La transition de phase liquide/gaz met donc en jeu, à la pression normale, des quantités d'énergie considérables. Le changement de masse volumique est aussi spectaculaire.

Il convient de remarquer qu'une évaporation partielle est possible à la pression normale à des températures  $T < 373\text{K}$ . La pression partielle limite de la vapeur point de rosée est donnée par le diagramme ci-dessous.

Le degré hygrométrique est le rapport de la pression partielle de  $H_2O$  au point de rosée.

A une température donnée l'évaporation est possible tant que cette limite n'est pas atteinte. Aux températures auxquelles nous avons l'habitude de vivre, la limite double pratiquement si  $T$  augmente de 10K ou °C.

Si la pression partielle de vapeur de  $H_2O$  dépasse le point de rosée par suite d'une baisse de température par exemple, il y a saturation et une partie de la vapeur va se liquéfier ou se cristalliser.

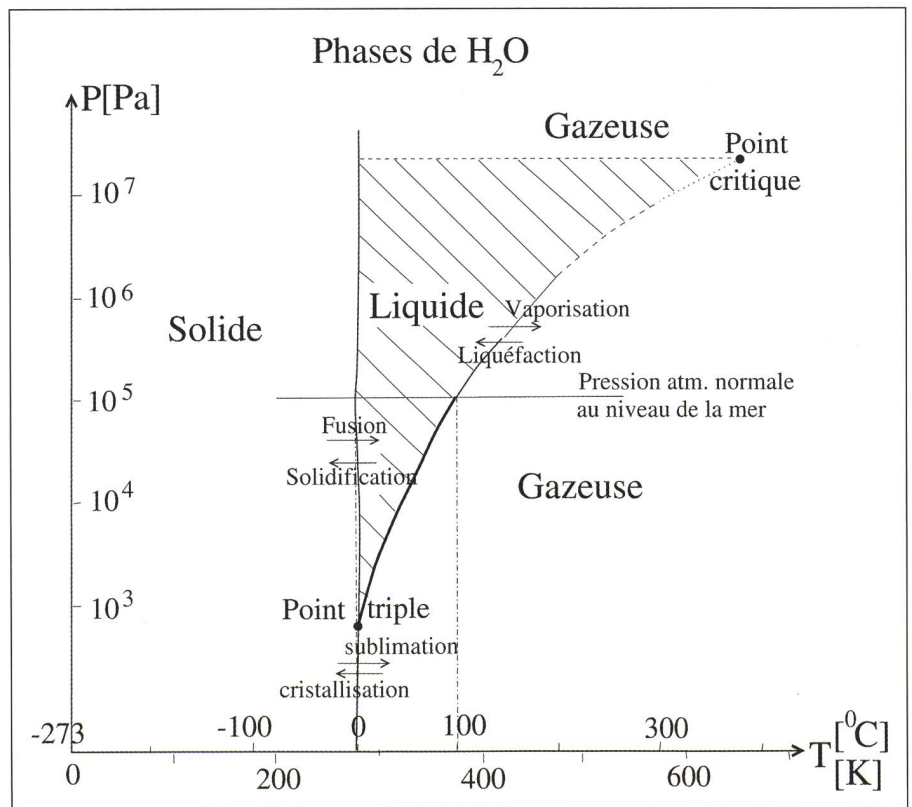
*Exemples familiers:*

a) La buée et le givre qui se forment sur des corps refroidis. En météorologie on sait que le contact d'une masse d'air chaud et humide avec une masse d'air froid (front) provoque des précipitations.

b) La transpiration où la chaleur excessive de l'organisme est évacuée par l'évaporation de la sueur. Ce moyen de climatisation est très efficace pour autant que l'eau soit effectivement vaporisée. Dans les climats très chauds et secs, on utilise même des cruches légèrement poreuses ou des récipients en tissu serré pour conserver de l'eau à température fraîche au prix d'une déperdition minimale.

Si l'air est saturé, la «transpiration à grosses gouttes» est peu efficace. Le climat équatorial et le temps lourd sont ainsi plus pénibles qu'un temps plus chaud, mais sec.

c) Le foehn. A l'inverse, lorsque la vapeur atmosphérique est liquéfiée, de l'énergie est restituée à l'air qui, à pression donnée, est ainsi réchauffé. Le foehn, vent qui souffle usuellement du Sud au Nord des Alpes, commence à s'élever sur les pentes et à se refroidir. L'air cède une partie de son humidité ce qui provoque des précipitations orographiques intenses au Sud des Alpes. A ce stade, de



la chaleur latente est cédée à l'air qui franchit la crête des Alpes où il est encore froid en raison de l'altitude. La différence de température et d'hygrométrie est spectaculaire lorsque l'on compare deux stations situées à même altitude de part et d'autre des Alpes.

## L'eau de l'espace

### 2.1 Conditions non normales de pression

Les exemples qui précèdent se rapportent à des pressions qui ne s'écartent pas trop de la normale. Or on sait que la température de vaporisation (et de liquéfaction) de  $H_2O$  est très sensible à la pression. Avec une pression de 960 hPa (moyenne à une altitude de 500 m) cette température n'est plus que de 371,5K (98,55°C). A 3500 m l'eau bout à 363K (90°C).

Si la pression s'abaisse à 611Pa la température de vaporisation s'abaisse à 273,225K (+ 0,075°C) qui est aussi le point de fusion à cette pression. La coexistence des trois phases est le point triple de  $H_2O$ . On voit aussi que dans le vide ou à une pression inférieure à 611Pa ou 1/170 de la pression normale, la phase liquide de  $H_2O$  est impossible. C'est le cas de Mars. La pression de son atmosphère est de 700 à 1100Pa. Si elle était constituée essentiellement d' $H_2O$ , l'eau liquide serait possible à la rigueur. Or on sait que l'atmosphère martienne est très sèche.

A l'opposé avec une pression double de la normale, la température de vaporisation s'élève à 394K ou 121°C environ. La marmite à pression permet de garder un équilibre de phase eau-vapeur à plus haute température et de raccourcir des temps de cuisson. Les moteurs à vapeur qui ont longtemps équipé trains et bateaux font également usage du déplacement de la température de fusion de  $H_2O$  avec la pression.

On pourrait croire que la phase liquide est d'autant plus présente que la pression est élevée. Ce n'est pas le cas, car d'autres paramètres entrent en considération. On rappelle qu'à la pression normale, la transition de phase liée à la vaporisation fait intervenir des changements importants:

- Energie de vaporisation (chaleur latente);
- Masse volumique entre liquide et gaz;
- Compressibilité grande pour le gaz (parfait), presque nulle pour le liquide.

Or, plus la pression augmente, plus ces différences s'estompent. Le gaz cesse d'être parfait à haute pression, car les coefficients  $a\rho^2$  et  $b\rho$  de (1,2) ne sont plus négligeables. Il devient plus dense et moins compressible. L'énergie de vaporisation diminue aussi et, dès une pression de 22,06 MPa  $\leftrightarrow$  217,7 atm., cette énergie de vaporisation tombe à zéro. A peine au-dessous, on retrouve un changement de phase discret à une température de 647,25K ou 374,1°C. C'est le point critique de  $H_2O$ .

A des températures et des pressions supérieures aux valeurs critiques, la distinction entre liquide et gaz n'a plus cours; il n'y a plus de limite nette et il convient de considérer cet état comme gazeux.

Cela est vrai pour d'autres substances. Par exemple le gaz propane  $C_3H_8$  a son point de vaporisation à 231,08K (- 42°C) à la pression normale et une température critique de 370K (96,8°C) bien supérieure aux températures auxquelles nous vivons habituellement. Si on le comprime il se liquéfie. Si on ramène le tout à pression normale il subsiste du propane liquide à 231K bien entendu. On peut stocker et transporter facilement du propane liquide dans des bouteilles qui supportent une pression modérée.

La liquéfaction de l'air ou de l'azote  $N_2$  qui en est le constituant principal est une opération beaucoup moins aisée, car la température critique de  $N_2$  est de 136K. Il faut commencer par refroidir l'air à une température moindre que 136K et l'y maintenir durant toute la liquéfaction. Il est impossible de stocker du  $N_2$  liquide à la température ordinaire. La conservation se fait dans des bouteilles «dewar» très soigneusement isolées présentant une petite ouverture permettant l'échappement du gaz qui se forme. Ainsi conditionné,  $N_2$  (azote liquide) se maintient à 80K. L'azote liquide est souvent utilisé pour refroidir des spectroscopes.

La présence d'eau liquide à la surface de Vénus est impossible, car la température est supérieure à la température critique de  $H_2O$ .

En résumé: la phase liquide de  $H_2O$  (et de n'importe quoi d'autre) est exceptionnelle et rarissime dans l'Univers. L'abondance d'eau (liquide) dans nos océans (et dans les précipitations helvétiques) ne doivent pas faire illusion. La pression atmosphérique et une température voisine de 300K font bénéficier la Terre de conditions favorables, mais peu fréquentes dans l'Univers.

### 2.2 L'espace interstellaire

Dans notre Univers,  $H$  est l'élément le plus abondant et  $O$  vient au 4<sup>e</sup> rang. On peut s'attendre à ce que la molécule

$H_2O$  soit très abondante dans l'Univers et, de fait, elle a été découverte grâce à la radioastronomie en 1969 dans les nuages interstellaires; il s'agit d'une molécule très banale. On la trouve dans la plupart des nuages moléculaires de notre Galaxie (Orion, Taurus) et des spirales voisines.

Une partie de la poussière interstellaire est formée de grains recouverts de  $H_2O$  solide (ice-mantle particles).

La molécule  $H_2O$  est dans la poussière et le gaz circumstellaire qui enveloppe les supergéantes froides du type Mira Ceti.

La grande majorité des planètes extrasolaires (ou exoplanètes) actuellement connues a des orbites très proches de l'étoile-mère, elle-même de type solaire, car les recherches se sont focalisées sur les naines G. Les températures qui règnent sur la plupart de la soixantaine d'exoplanètes connues à ce jour (fin 2000) est de l'ordre de 1000 à 1500K. Néanmoins la période d'une de ces planètes est de 443 jours autour de l'étoile HD 82943. On a lu dans la presse quotidienne qu'une exoplanète contenant de l'eau avait été découverte (!?). En réalité l'astre en question offre des conditions n'excluant pas la phase liquide de l'eau et c'est tout ce que l'on a le droit d'affirmer maintenant.

### 2.3 $H_2O$ des planètes et des gros satellites

Les calottes polaires de Mars sont connues depuis plus d'un siècle. On a pu observer leur recul durant l'été martien pour chaque hémisphère. On a supposé que ces calottes étaient constituées de glaces ce que les sondes contemporaines ont confirmé. Le  $CO_2$  solide y est aussi abondant. Au début du 20<sup>e</sup> siècle on pensait déjà que le climat de Mars est très sec, mais on surestimait sa pression atmosphérique. Les canaux conjecturés par SCHIAPARELLI et LOWELL étaient supposés irriguer en eau les rivages avoisinants. Les observations très fines entreprises par les Suisses de QUERVAIN et SCHAER au Jungfraujoch en 1924, celles d'ANTONIADI, puis de DOLFUSS ne confirmèrent pas ces canaux et le doute subsista jusqu'à ce que la sonde MARINER 4 révèle Mars comme un astre mort criblé de cratères.

Les sondes Voyager ont montré que les satellites froids orbitant autour des planètes gazeuses ont une épaisse carapace de glaces ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ ) solides.

### 2.4 $H_2O$ interplanétaire

La mise en évidence de la molécule  $H_2O$  dans l'espace interplanétaire a été beaucoup plus difficile. L'intense rayon-



Comète Kohoutek. Photo NOËL CRAMER

nement ultraviolet du Soleil ne laisse que quelques secondes à cette molécule qui ne tarde pas à être dissociée ou ionisée.

Les lecteurs plus tout jeunes se rappellent la comète P/Kohoutek observable fin 1973-début 1974. Les prédictions de magnitude étaient comprises dans une fourchette allant de +5 à -1. On pouvait espérer un spectacle magnifique et la presse s'en est fait l'écho. Mais c'est la prédiction pessimiste qui s'est réalisée d'où une déception beaucoup plus sensible dans le grand public que chez les astronomes professionnels et amateurs qui ne se sont pas laissé prendre par le battage médiatique d'alors. Or la comète P/Kohoutek a permis à HERZBERG et LEW de mettre en évidence l'ion  $H_2O^+$  qui provenait avec quasi-certitude d'une molécule-mère  $H_2O$ .

Les derniers doutes ont été levés en mars 1986 avec la sonde GIOTTO qui a détecté  $H_2O$  avant qu'elle soit ionisée. Depuis lors on pense que les noyaux cométaires sont formés d'un conglomérat de grains de silicates ou de graphite recouverts de glaces.

### 2.5 Un océan sous Europe et Ganymède?

Parmi les quatre satellites galiléens de Jupiter, Europe est le 2<sup>e</sup> quant à son orbite: 670 900 km du centre de Jupiter, période de 3,551181 jours et le 4<sup>e</sup> quant à sa taille: 3138 km, soit un peu moins que la Lune. Les sondes Voyager ont révélé une surface remarquablement claire (albédo 0,64) et lisse: une des plus purées sphères connues.

En août 1996 la sonde GALILEO mettait en évidence des craquelures qui pouvaient aussi bien provenir d' $H_2O$  liquide que de glace «chaude» et donc plus molle qu'à la surface à 130K (-140°C). Des traces fossiles pouvant être attribuées à un geyser étaient également découvertes.

En 2000 (25 août), un indice nettement plus probant émanait du magnétomètre de cette même sonde GALILEO. Au cours des quelques années de service de la sonde, des variations du champ magnétique d'Europe étaient enregistrées. Or un champ magnétique provient toujours d'un courant électrique, donc de charges en mouvement. Europe abrite donc un fluide conducteur dans ses profondeurs. Il ne peut s'agir d'eau douce qui est non conductrice. Or on a vu au début de la section (1,2) que l'eau contenant des ions est, elle, conductrice. De l'eau salée expliquerait très bien les observations.

En 2000 (15 décembre), le même magnétomètre détecte des variations de champ magnétique sous la croûte de glace recouvrant Ganymède, le plus grand satellite du système solaire (diamètre 5268 km, soit plus que Pluton et Mercure). L'explication la plus plausible est à nouveau la présence d'un océan salé sous la croûte glacée de cet astre. Autre argument allant dans ce sens: la présence de poussières et de blocs minéraux qui peuvent avoir été remontés à la surface par de l'eau liquide si l'on en croit les résultats de la réflexion infrarouge mesurée par GALILEO. Les failles de la croûte peuvent provenir de remontées d'eau liquide ou de glace plus molle, car plus «chaude».

### 2.6 De la glace sur la Lune?

En 1994 la NASA lançait CLEMENTINE, une petite sonde de 227 kg à vide, afin d'étudier la Lune à toutes les latitudes et l'astéroïde 1620 Geographos. En 1996, fin novembre, le dépouillement des résultats donnait de sérieux indices d'une surabondance de H près du pôle Sud. L'explication de loin la plus plausible est la présence de  $H_2O$  sous forme de glace dans des régions qui ne sont jamais touchées par le Soleil et qui restent en permanence à des températures inférieures à 150K. Une autre sonde, Lunar Prospector, était lancée le 5 mars 1998 afin d'acquiescer des compléments d'informations. Le spectromètre à neutrons confirmait l'existence de  $H_2O$  près des deux pôles lunaires. La sonde devait s'écraser de manière contrôlée au pôle Sud de la Lune en 1999 juillet 31 afin d'avoir des preuves supplémentaires. Or cet impact n'a pas révélé de  $H_2O$ .

D'où peut provenir cette molécule? En l'absence d'atmosphère la phase liquide est impossible et une température supérieure à 273K ou, même un peu moins, entraîne une sublimation rapide de la glace. Des météorites et des débris de comète peuvent apporter de la glace et, si les impacts ont lieu dans des régions que le Soleil n'éclaire jamais et où règne un froid permanent, cette glace peut subsister mélangée (quelques pour mille) à la régolithe qui recouvre le sol lunaire.

### 2.7 Histoires d'atmosphères

La présence des cañons sur Mars révélée par les sondes VIKING peut être la signature de cours d'eau très anciens.

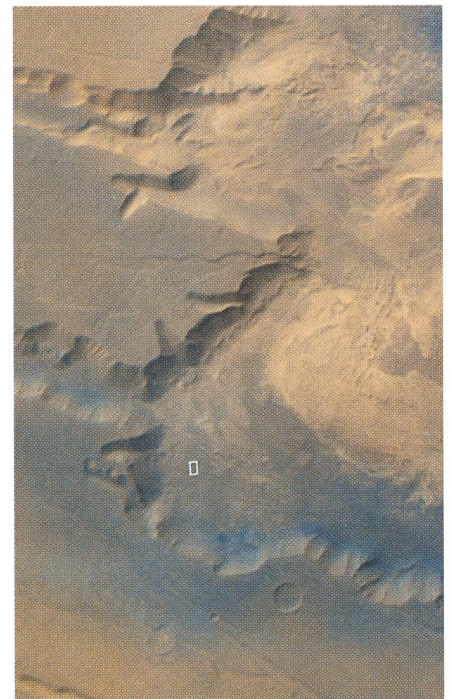
Mais on a dit plus haut que l'atmosphère de cette planète est ténue et très sèche. Comment la présence d'eau est-elle possible?

Il ne faut pas oublier que l'atmosphère des planètes telluriques évolue.

Cela s'explique par la théorie cinétique des gaz. Pour cela on peut imaginer un vaste manège d'autos tamponneuses un peu spécial.

- Il n'y a pas de barrière de sécurité,
- la piste a la forme d'une vasque plus ou moins creuse,
- les voitures sont de masse inégales, certaines sont légères, les autres massives.

Document NASA. Région de Candor (Mars): cañons de quelques km de large.



Si on faisait l'expérience on constaterait qu'à la longue:

- Les voitures légères seront beaucoup plus affectées par les collisions que les voitures massives,
- Si les bords de la vasque étaient très relevés, seules quelques voitures, les plus légères de préférence, seraient éjectées,
- Si les bords sont bas, toutes les voitures finiront assez rapidement par quitter la piste,
- Dans le cas intermédiaire, les voitures les plus légères seront éjectées alors que les plus massives resteront en piste à part quelques exceptions qui ne pèseront pas lourd dans une statistique.

Avec les gaz entourant les astres, l'importance du champ de gravitation jouera le rôle du relèvement des bords de la vasque, les molécules celui des voitures. Les masses moléculaires  $\mu$  seront inégales:

Molécule	Formule	$\mu$
Hydrogène	$H_2$	2
Hélium	$He$	4
Méthane	$CH_4$	16
Ammoniac	$NH_3$	17
Eau	$H_2O$	18
Azote	$N_2$	28
Oxygène	$O_2$	32
Gaz carbonique	$CO_2$	44

Les planètes géantes Jupiter et Saturne sont essentiellement gazeuses et retiennent tout, notamment  $He$ , c'est la situation b) illustrée par la vasque très creuse.

Mercure, la Lune et les autres satellites ont une gravité faible et ont perdu rapidement leur atmosphère, analogue à c) piste presque plate.

Vénus et la Terre sont dans le cas intermédiaire analogue à d). La première a une atmosphère très riche en  $CO_2$  et en  $N_2$ .  $He$  est rare pour les deux planètes; cette molécule est légère et a été éjectée sélectivement alors que la gravité suffisait à conserver les molécules plus lourdes.

La Terre a perdu presque tout son  $CO_2$  en raison de la formation des roches carbonées et de la dissociation de cette molécule par la photosynthèse végétale qui entretient aussi un  $O_2$  abondant malgré son instabilité.

Mars a une gravité plus faible, mais qui a pu permettre de conserver pendant quelques centaines de millions d'années une atmosphère plus importante qu'aujourd'hui. Mis à part  $O_2$ , instable, l'atmosphère martienne a retenu essentiellement des molécules massives:  $CO_2$

et un peu de  $N_2$ . Aux premiers temps de son histoire Mars devait posséder de l'eau. Par la suite seule la phase solide de  $H_2O$  a permis de sauver des représentants de cette molécule.

## 2.8 Conclusion

Une forte motivation des recherches actuelles sur l'eau, entre autres, est de découvrir hors de la Terre des sites susceptibles d'abriter de la vie.

L'eau est-elle indispensable? Oui sans équivoque pour la vie terrestre. Comment se comporte la vie ailleurs si elle existe? Si on admet qu'elle a un support matériel, elle devrait être hautement organisée et seules les molécules carbonées présentant des bifurcations (comme l'urée) ou des cycles (comme le sucre) peuvent offrir cette organisation. Il faut des températures assez élevées pour permettre la formation de telles

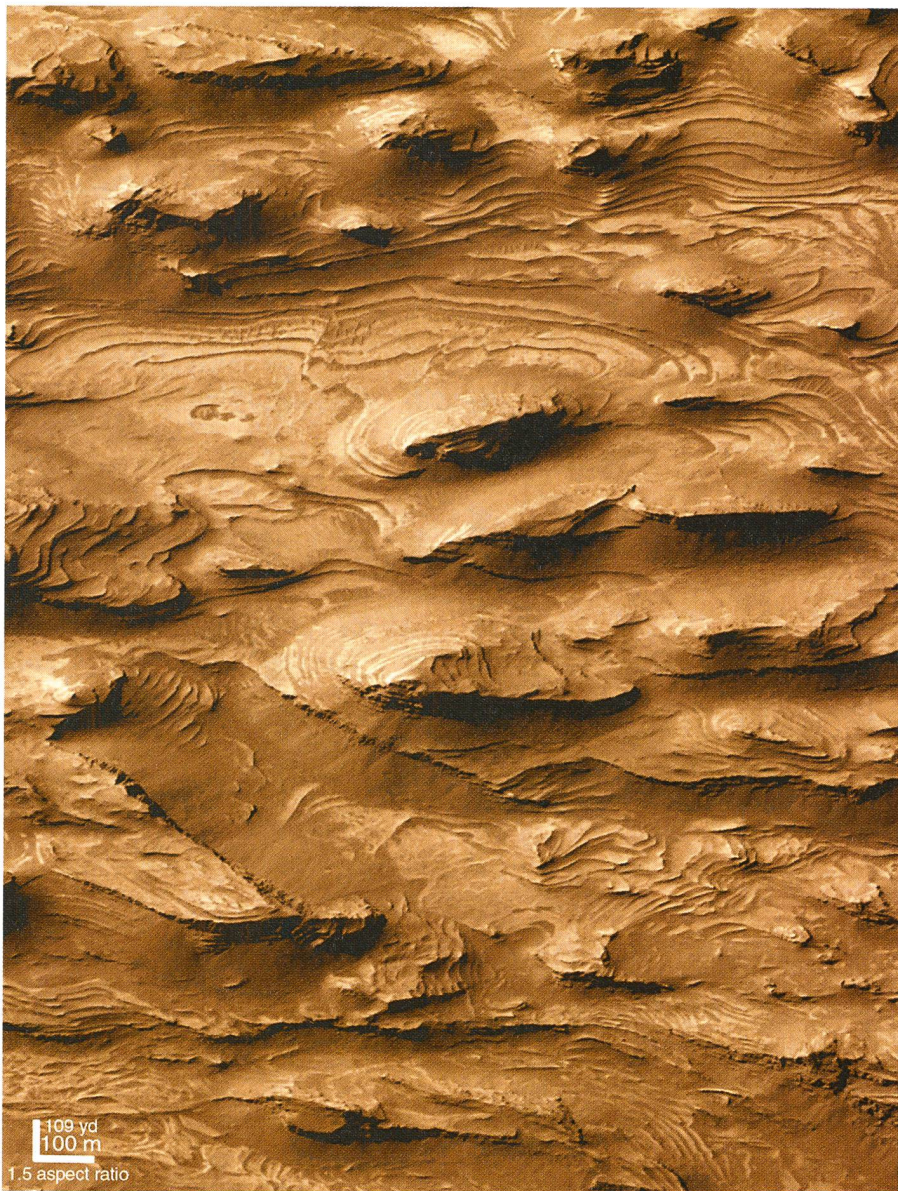
molécules organiques. Ces températures ne doivent pas non plus être trop élevées, sinon elles détruiraient les molécules organiques à peine formées.

La haute constante diélectrique de l'eau liquide facilite grandement la chimie organique à température «modérée». L'eau pourrait ne pas être indispensable à une vie extraterrestre, mais il est sûr qu'elle la faciliterait hautement. Mais il ne faut pas oublier que si  $H_2O$  n'est de loin pas rare dans l'Univers, sa phase liquide est, elle, tout-à-fait exceptionnelle.

*Qu'en est-il dans le système solaire?*

Les hypothétiques paillettes de glace de la Lune ne permettent assurément pas à la vie de se former. Mais cette glace est de nature à faciliter grandement l'établissement de stations scientifiques sur la Lune. Si l'on sait que l'apport d'un kg de matériel sur la Lune revient à

Document NASA. Détail de la région de Candor (figure précédente).  
Sédiments ou érosion éolienne?



10000 euros au bas mot, on conçoit l'intérêt de ces gisements de glace. Sous des cloches offrant la pression adéquate, on peut obtenir le précieux liquide. Enfin il est possible d'analyser  $H_2O$  à l'aide de l'énergie fournie par des panneaux solaires et de la stocker sous forme de  $H_2$  et de  $O_2$ . On dispose du carburant et du comburant nécessaires au retour. On peut ainsi réduire notablement la charge à emmener depuis la Terre.

Les sondes MARINER et VIKING ont exclu tout espoir de trouver de l'eau liquide à la surface de Mars. Les expériences de VIKING (1976) tendant à mettre en évidence une biochimie n'ont pas donné de résultat probant.

Toutefois les orbiters de VIKING détectaient des cañons, fossiles de cours d'eau de peu postérieurs à la formation de Mars. Les images de Mars Global Surveyor sont encore plus éloquentes.

Le détail montre des strates horizontales qui pourraient être dues à des dépôts sédimentaires. Si la Terre avait abrité une vie qui se soit éteinte après quelques centaines de millions d'années, d'hypothétiques «explorateurs» pourraient en retrouver la trace dans des sédiments semblables. Est-ce que les conditions sont similaires sur Mars?

Enfin les ravinements actuels ou récents découverts en juin 2000 (illustration au début de cet article) semblent incompatibles, en raison d'une pression

atmosphérique trop basse, avec la phase liquide de  $H_2O$ . Toutefois en présence de failles assez profondes, on peut concevoir des conditions différentes. De l'eau pourrait surgir un peu comme nos geysers terrestres et s'évaporer peu après. Est-ce la situation actuelle?

Les ravins en question ne permettent d'affirmer qu'une «présence géologiquement très récente» de l'eau à la surface de Mars, c'est-à-dire datant au plus de quelques millions d'années. Restons prudents.

BERNARD NICOLET  
Observatoire de Genève  
CH-1290 Sauverny/GE  
bernard.nicolet@obs.unige.ch

SEKTIONSBERICHTE  
COMMUNICATIONS DES SECTIONS

## Medienmitteilung

# Mondfinsternis in Nebelschwaden

MARKUS GRIESSER

Rund 60 erlebnishungrige Gäste fanden sich am Dienstagabend, 9. Januar, auf der Winterthurer Sternwarte Eschenberg zur angekündigten Totalen Mondfinsternis ein. In den Stunden zuvor war das (private) Telefon des Sternwarte-Leiters heissgelaufen: Aus der ganzen Region erkundigten sich Leute, ob sich das angekündigte Naturspektakel wohl auf dem Winterthurer Hausberg verfolgen liesse.

### Begehrte Feldstecher

Tatsächlich konnten die Unentwegten, die sich trotz der rabenschwarzen Wetter-Prognosen nicht vom Pilgergang zur einsam gelegenen Sternwarte mitten im Winterthurer Stadtwald abhalten liessen, ab 19.30 Uhr durch das diffuse Weiss wogender

Nebelschwaden mitverfolgen, wie der Mond erst den Erdschatten berührte und dann immer tiefer in der Schwärze versank. Für einmal war der Feldstecher das beste Beobachtungsinstrument, denn die beiden grossen Teleskope der Sternwarte sammelten derart viel schwaches Streulicht rings um den Mond herum, dass der Kontrast im Blickfeld der Instrumente regelrecht einbrach. Da war es dann auch ein schwacher Trost, dass man in den letzten Minuten der Eintrittsphase am Mondrand noch das ausgedehnte Mare Crisium wahrnehmen konnte. Doch irgendwie passte das lunare Krisenmeer in die krisenhafte Witterungsstimmung und die dadurch verursachte Melancholie bei gar so manchem Sternwarte-Gast.

### Appetithäppchen zum Schluss

Die eigentliche Mondfinsternis spielte sich folgerichtig in vollständiger Dunkelheit ab. Immerhin bequemte sich Petrus wenigstens zum Ende des Spektakels nochmals zu einigen weiteren Aufhellungsversuchen. Ansatzweise bekamen so die wenigen verbliebenen Sternwarte-Gäste noch einen Eindruck von der rotverfärbten Mondoberfläche, bevor sich der Erdtrabant endgültig und unwiederbringlich in die himmlische Feuchte verabschiedete. Dieses Appetithäppchen muss nun eine ganze Weile anhalten: Erst im Mai 2003 haben wir wieder eine Chance, dem verdunkelten Erdtrabanten ins Antlitz zu gucken. Doch da sich dieses Himmelsschauspiel dann in die Morgendämmerung abspielen wird, schreibt man sich heute am besten auch noch gleich den 9. November 2003 in die Agenda. Dann natürlich mit Zusatz: «Nebel könnte die Sicht behindern ...»

MARKUS GRIESSER  
Leiter der Sternwarte Eschenberg in Winterthur  
Breitenstrasse 2, CH-8542 Wiesendangen  
griesser@spectraweb.ch



**MATERIALZENTRALE**

P.O.Box 715  
CH-8212 Neuhausen a/Rhf  
+41(0)52-672 38 69  
email: astroswiss@hotmail.com

### Ihr Spezialist für Selbstbau und Astronomie

- *Spiegelschleifgarnituren*, Schleifpulver, Polierpech.
- *Astro-Mechanik* wie Fangspiegelzellen, Stunden-, Deklinationskreise, Okularschlitten, Sucher, Adapter usw.
- *Qualitäts-Astro-Optik* wie Spectros-Schweiz und andere Marken: Helioskop, Achromate, Okulare, Filter, Fangspiegel, bel./unbel. Fadenkreuzokulare, Sucher, Messokulare, Zenitprisma, Parabolspiegel  $\varnothing$  bis 30 cm, Schmidt-Cassegrain, Newton-Teleskope, Refraktoren usw.
- **MEADE-Händler**: Sie erhalten bei uns sämtliche Produkte aus dem MEADE-Katalog.

**Alles Weitere im SAG Rabatt-Katalog «Saturn»**

4 internationale Antwortscheine (Post) oder CHF 4.50 in Briefmarken zusenden.

**Attraktiver SAG-Barzahlungs-Rabatt**

**Schweizerische Astronomische Gesellschaft**