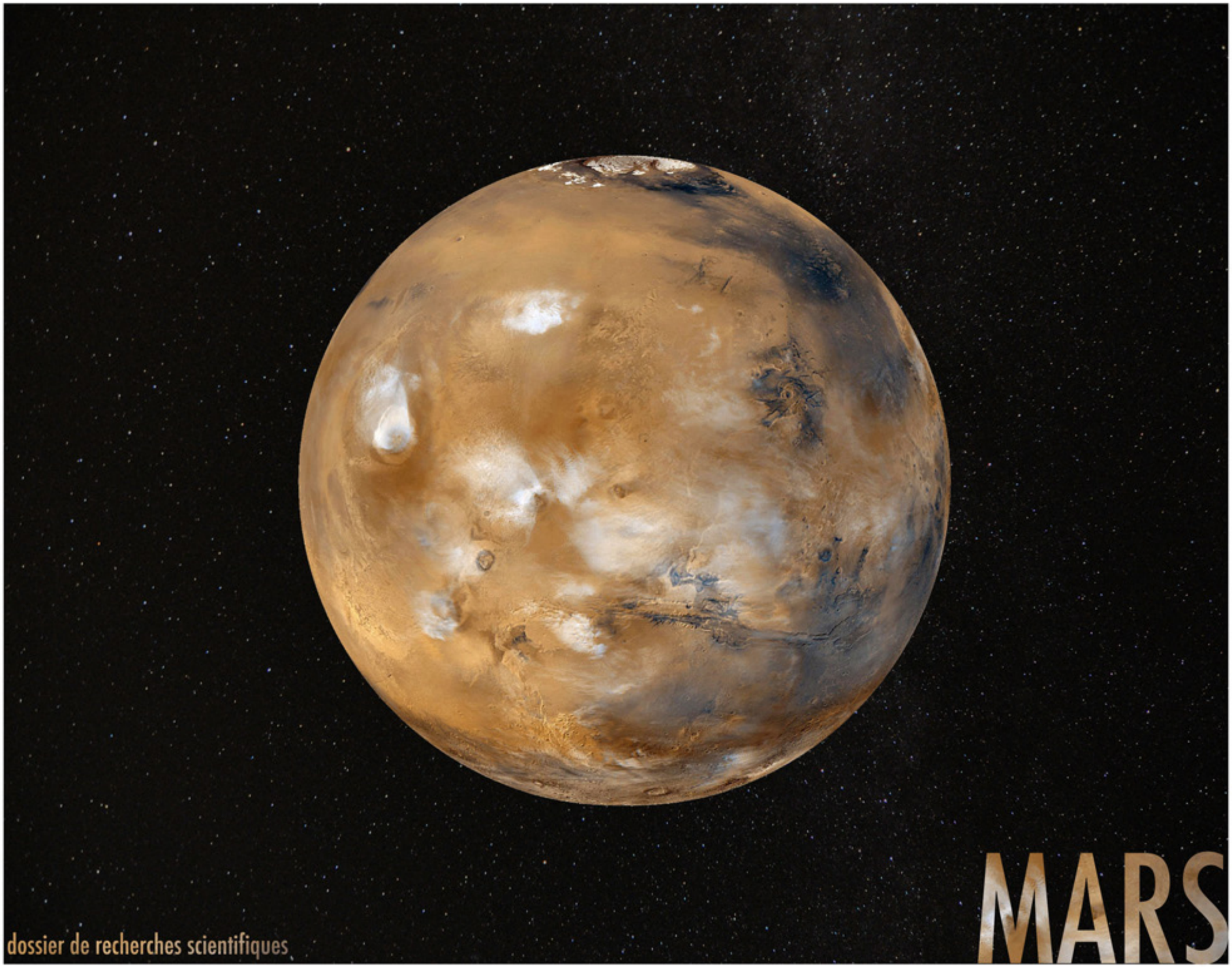
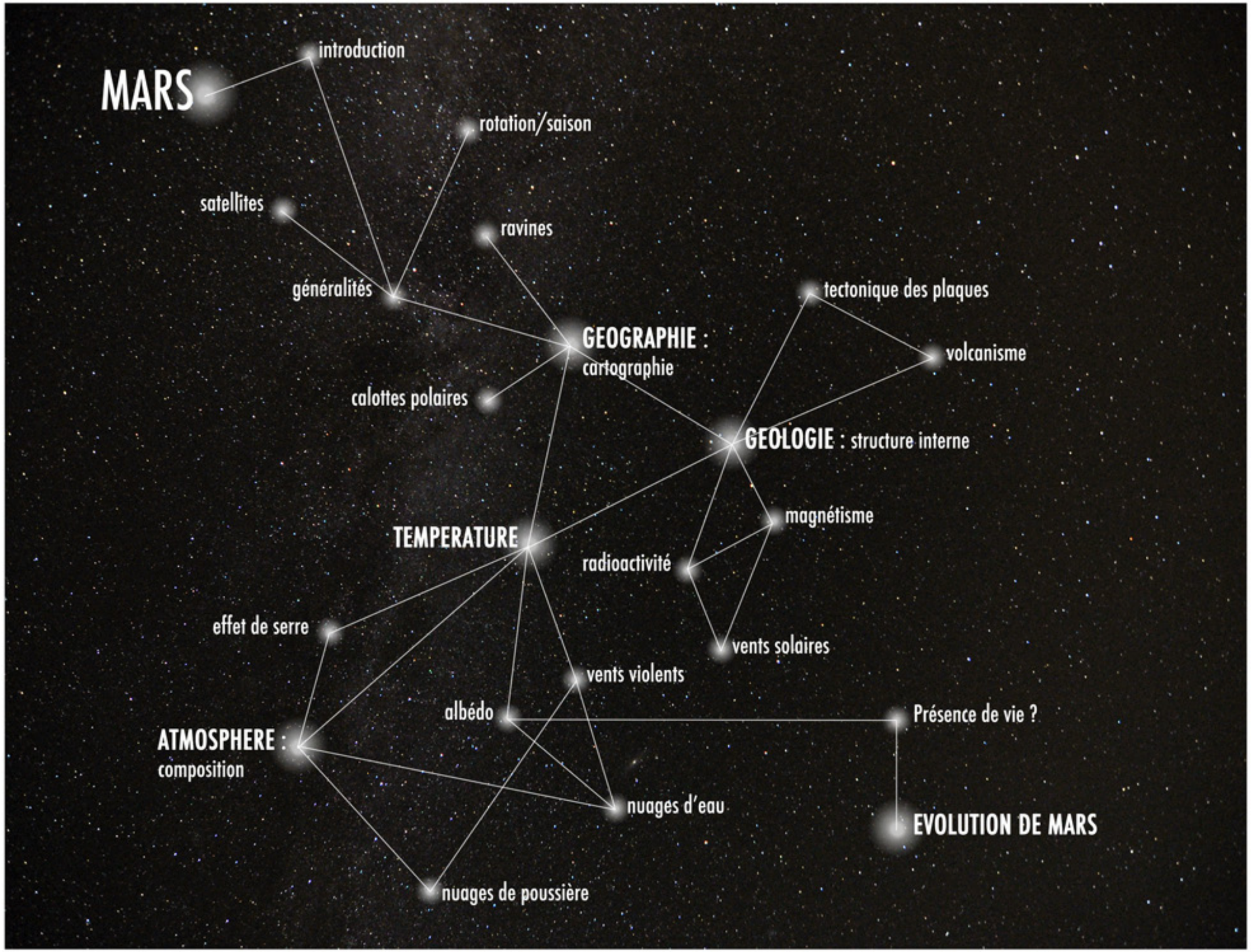
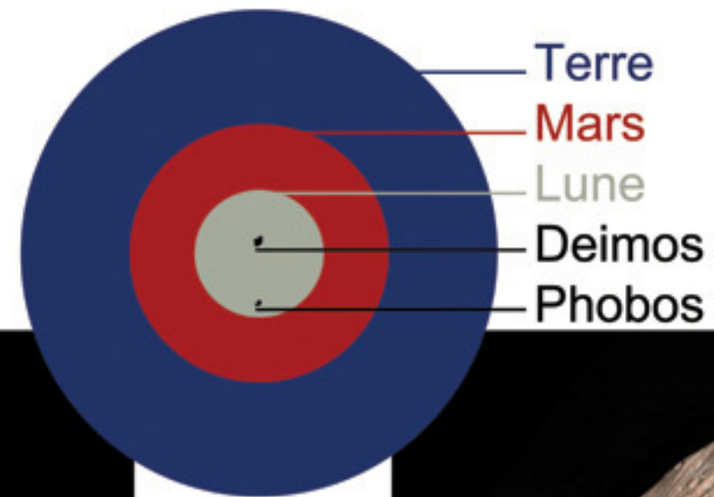

MARS
dossier de recherches scientifiques

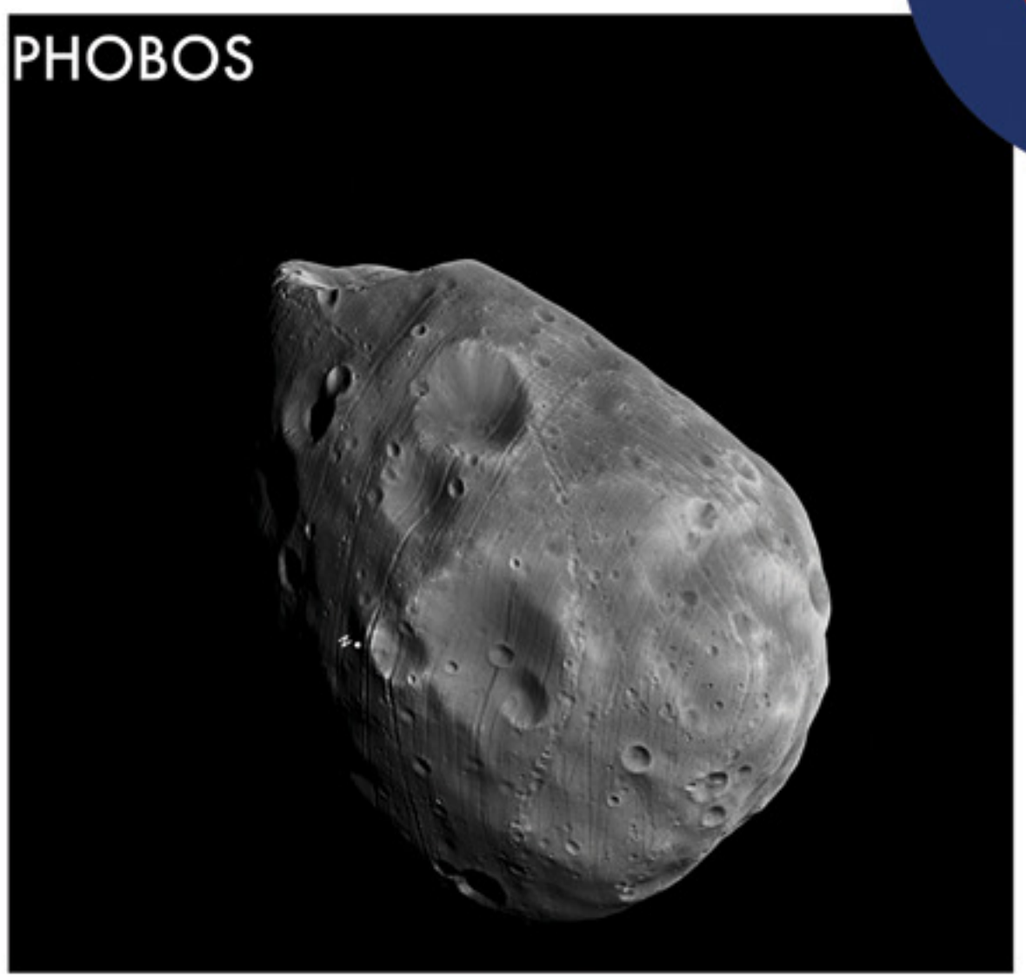
Mars et la Terre ont entres elles de nombreuses similitudes. Il semblerait que dans le passé, Mars aurait disposé de l'ensemble des éléments nécessaires à la naissance de la vie. Quels étaient ils? Que s'est il passé pour que Mars se transforme en planète « morte » ; tandis qu'en parallèle la Terre connu une explosion de vie ?

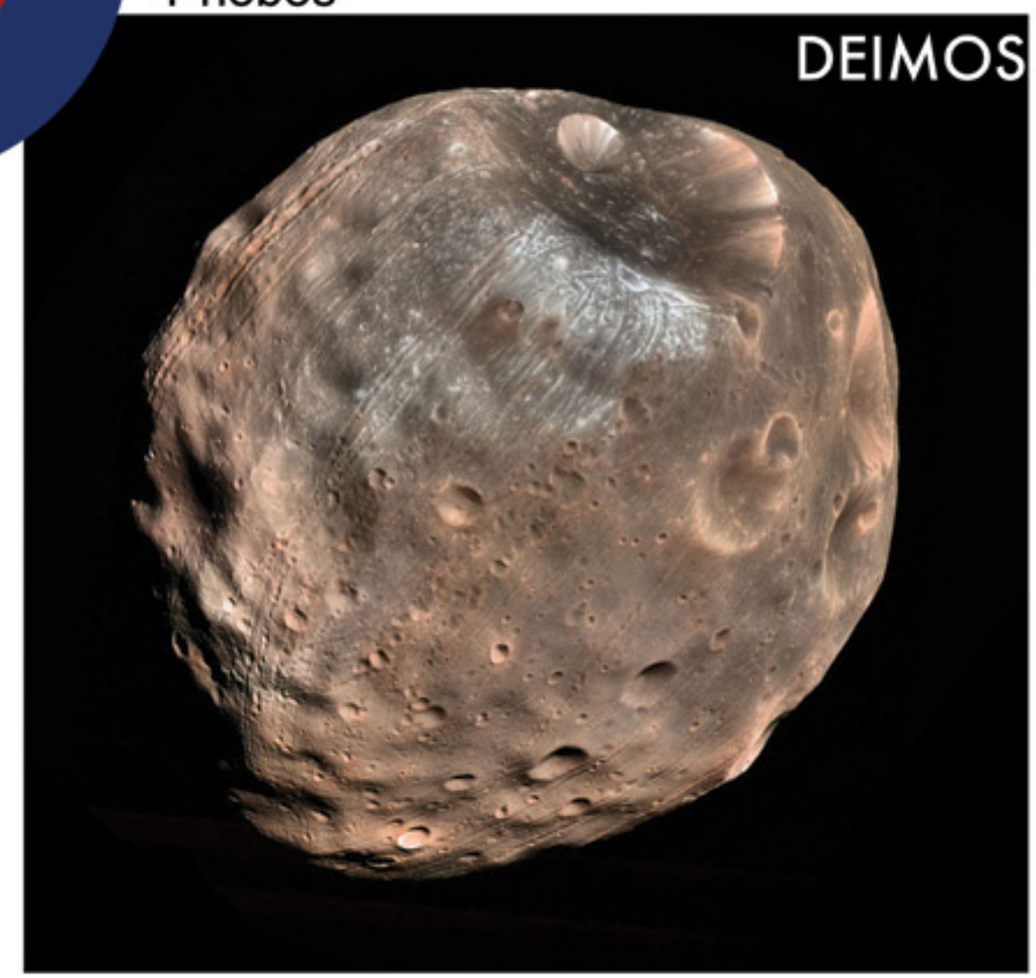

MARS
introduction
rotation/saison
satellites
ravines
généralités
GEOGRAPHIE :
cartographie
calottes polaires
tectonique des plaques
volcanisme
GEOLOGIE : structure interne
magnétisme
TEMPERATURE
radioactivité
effet de serre
vents solaires
vents violents
albédo
Présence de vie ?
ATMOSPHERE :
composition
nuages d'eau
EVOLUTION DE MARS
nuages de poussière

introduction : SATELLITES

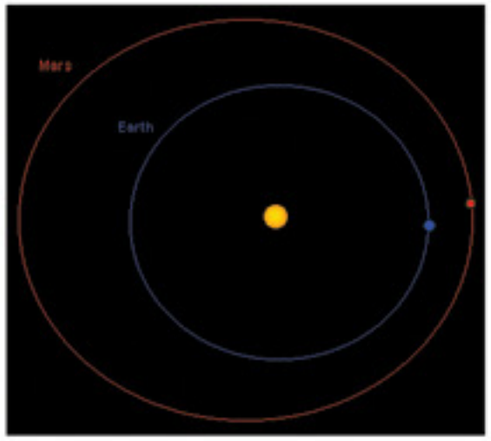
-> noms de dieux de mauvaises augures (Mars étant le dieu de la guerre dans la mythologie romaine)
-> orbites à Mars circulaire (comme la Lune pour la Terre)
-> formes non circulaire (à l'inverse de la Lune), ressemblent plus à des « patates »
-> de petites tailles
-> formés surement d'astéroïdes captés par le champ gravitationnel de Mars
-> encore difficile à observer précisément

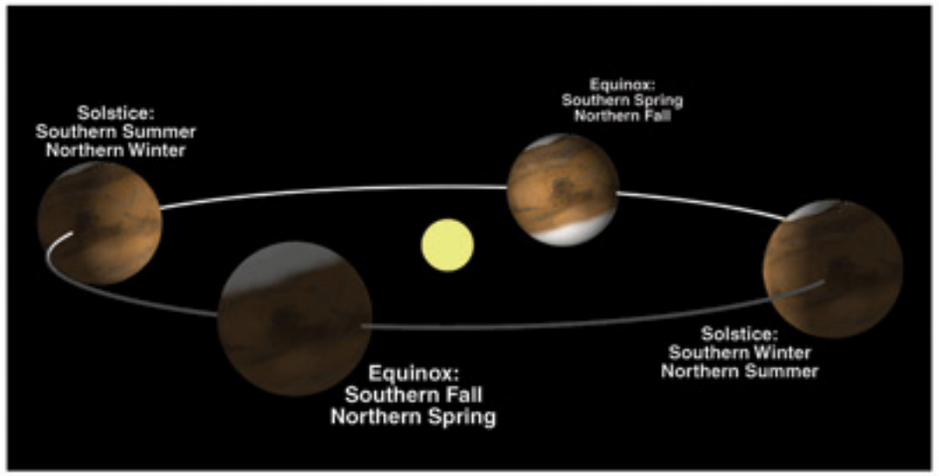


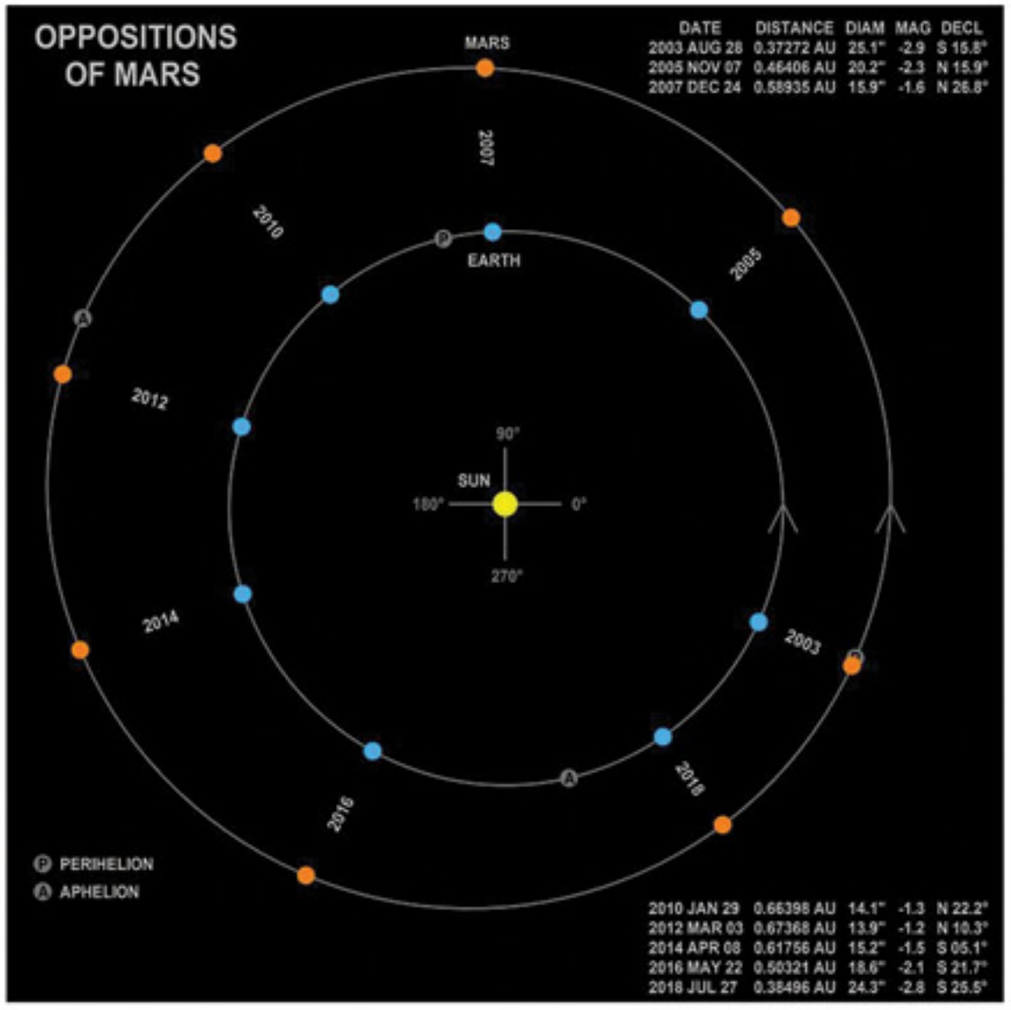


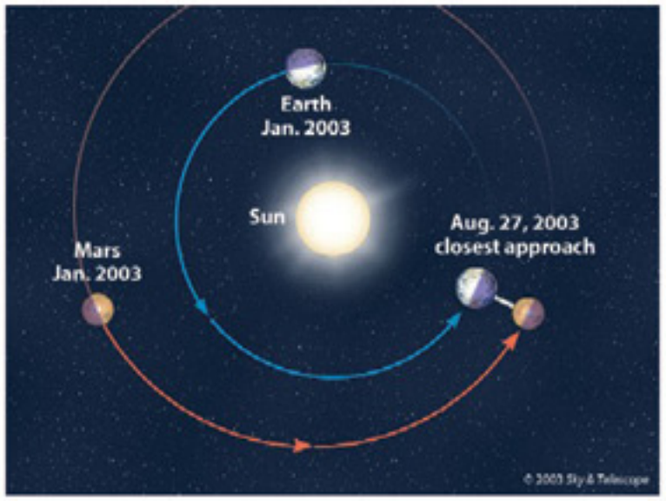


astronomie : ROTATIONS ET ORBITES









Opposition de Mars : moment où la Terre et Mars sont le plus proches.

Périphelion = Périphélie : moment où l'orbite d'une planète est à son point le plus proche du Soleil
Aphelion = Aphélie : moment où la distance est la plus grande

introduction : MARS, LE DESERT ROUGE

Mouvement dans le ciel rétrograde par moment : Copernic fut le premier à comprendre pourquoi : la Terre n'est pas au centre du système solaire (= un sacrilège pour l'époque!)

Mars est proche de nous environ tous les 26 mois
-> cas extrême en août 2003 (tous les 60 000 ans) : distance de 55 000 000 km

Orbite excentrique (elliptique, e = 0,09)
-> variation climatique importantes (40% de chaleur en + au pé riphélie par rapport à l'aphélie)
-> T°C entre -130° et +27° (moyenne : -55°C)
-> Mars est un désert glacé

Mars + petite que la Terre :
-> gravité moins forte
-> différentiation (séparation des corps par gravité : les éléments les plus lourds tombant au fond du noyau) ayant lieu très tôt mais avec moins d'ampleur
-> + de fer à la surface de Mars (elle en est composée de 15 à 20%)
-> avec le temps, oxydation avec l'oxygène de l'atmosphère

introduction : COMPARAISONS

JOURNEE : Terre = Mars (jour marsien 41min plus long)

ANNEE : 2 Terre = Mars

SAISONS : Terre : été = 5% + long que l'hiver
Mars : printemps = saison la plus longue (200 jours) à à l'opposé de l'automne (150 jours)

ORBITE : plus circulaire / plus elliptique
DISTANCE : Terre/Mars : de 55 à 400 millions de km

COMPOSITION
Terre : 70 % d'océan / 30% de terre émergée (= Mars) (comparaison : Terre émergée de l'Afrique = Lune)

DIAMETRE : Terre = 2 Mars = 4 Lune

VOLUME : Terre = 6 Mars

MASSE : Terre = 10 Mars

(donc densité Mars < Terre)

PESANTEUR : Terre = 3 Mars

-> plus facile de sauter, et renvoyer des fusées depuis Mars
-> tempete de sable plus importantes

géologie : GEOGRAPHIE

Surface cratérisée rappelant la Lune
Systèmes de volcans, canyons, lifts, vallées, dômes, calottes, failles, gorges, fractures, canaux, bassins, plaines... rappelant la Terre
A l'opposé de la Terre, pas d'océan, mais néanmoins d'importantes quantités d'eau glacées dans le sous sol martien, recouvertes de poussières

-> *dichotomie crustale* : opposition très nette entre les hémisphères
-> *h nord* : vaste plaine lisse (altitude d'environ -5 000m sous le niveau de référence)
-> bassin d'arabia terra (cratères d'impacts dus à un fort bombardement météorique)
-> *limite* très nette et légèrement oblique à l'équateur
-> dessus 2 grandes régions volcaniques proches (avec les 5 montagnes les plus hautes du sys tème solaire) :
-> elysium planitian
-> le renflement de Tharsis (soulèvement/dôme s'étendant sur 5 500km avec :
-> des volcans majeurs dont 4 des plus hautes montagnes -> dont Olympus Mons (22 500m de hauteur)
-> des hauts plateaux volcaniques (Syrie Planum et Solis Planum)
-> des canyons (Valles Marineris : faille de 2500 km de long, 120km de large, 6km de profondeur, plus grand du système solaire)
-> sûrement du à des failles et écoulements d'eau
-> créés par un immense diapir (panache de lave provenant du manteau) à ce niveau là ayant entraîné son bombement et ayant percé la croûte en de nombreux points (les volcans)
-> *h sud* : plateaux souvent élevés et cratérisés, accidentés, avec du relief
-> 2 grands bassins d'impact (cratères formés par des météorites) :
-> argyre planitia
-> hellas planitia (profondeur maximale de Mars avec -9 500m)

-> Une présence d'eau liquide (comme sûrement dans le passé) aboutirait à un écoulement du sud vers le nord (à cause de la différence de dénivelé)

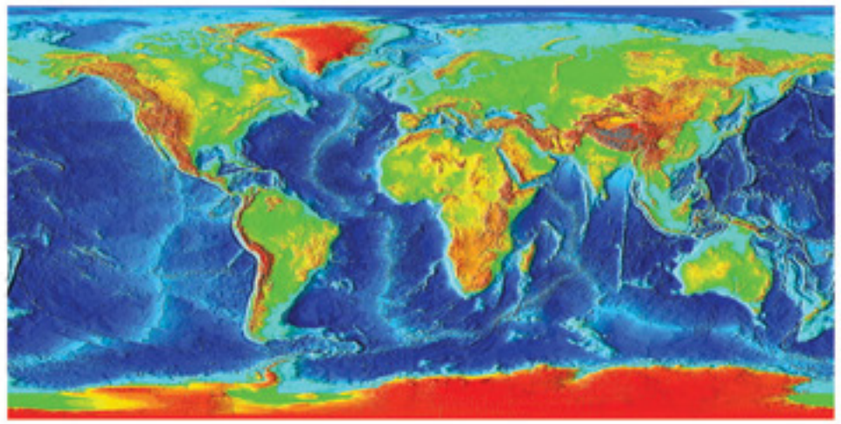
géologie : GEOGRAPHIE

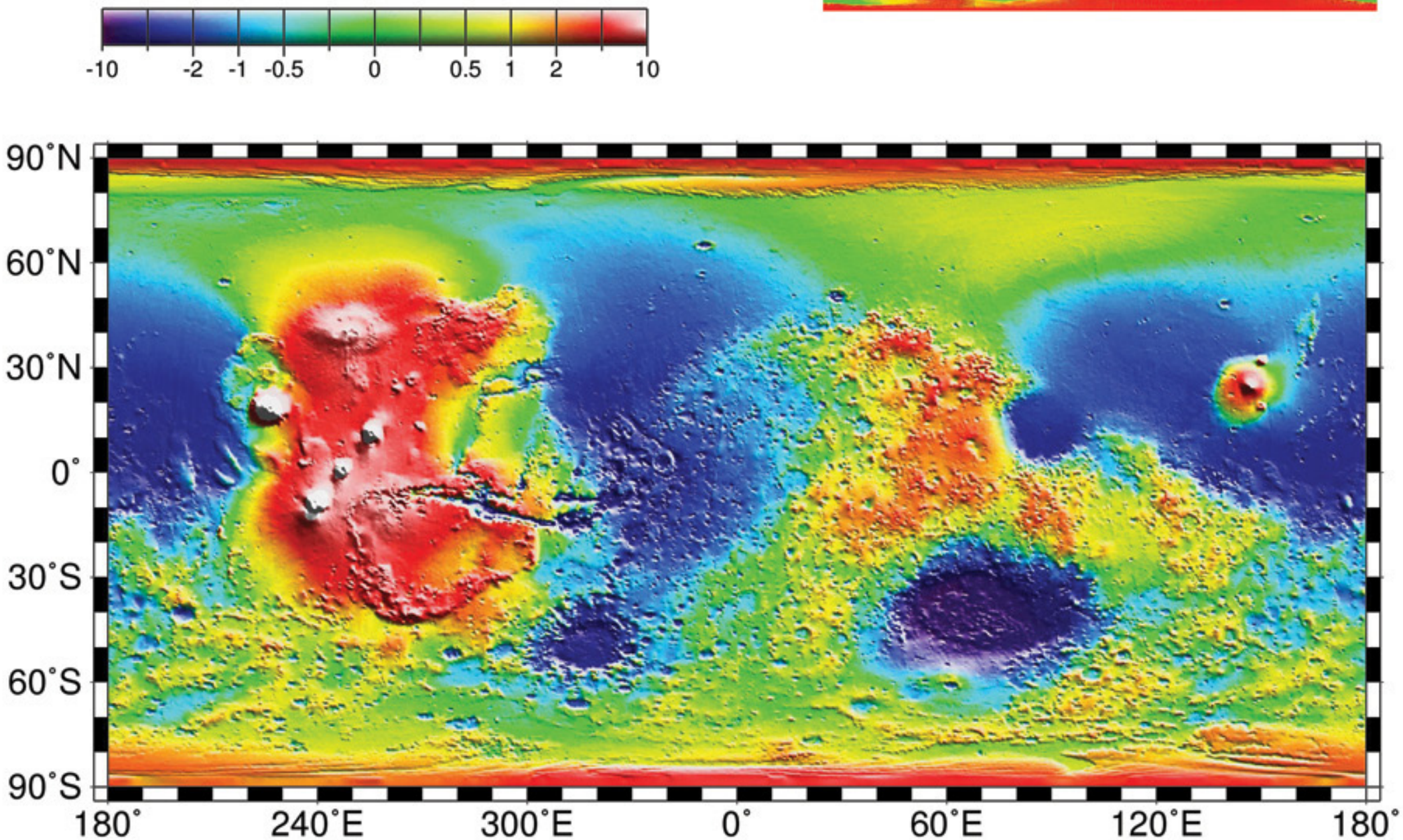
Eléments remarquables :

-> flots de boue autour des cratères (météorites ayant fait fondre la glace du sous sol)
-> tempêtes de sables
    -> dust devils : tornades de poussières laissant des trâces noires au sol)
-> dunes (dues aux vents) (voir Herschel Crater)

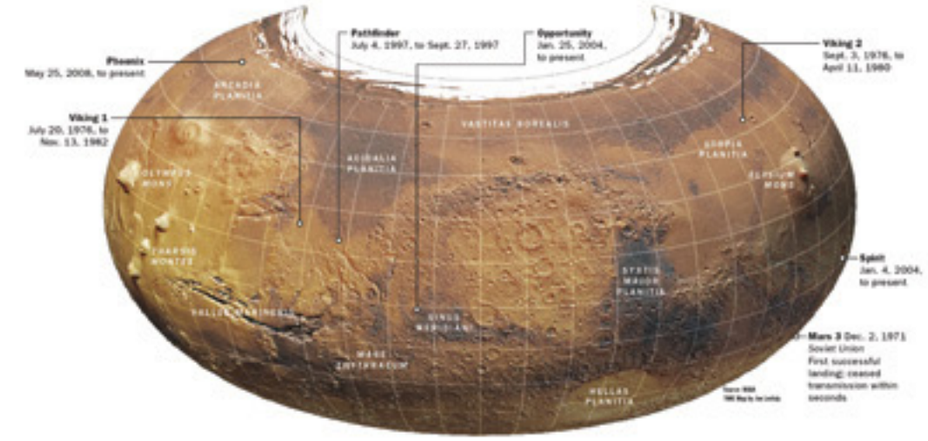
-> Chryse Planitia : fortement étudié dans le cadre de la recherche de traces d'eau
-> Gusev Crater et Ma'adim Vallis : traces d'écoulements d'eau, dépots de sédiments, présence possibles fossiles
-> glissements de terrain (voir Kasei Valles)
-> traces d'anciennes rivières (voir Nirgal Vallis)
-> falaises (voir Asam Chaos)
-> ravines (d'une forme étrange au Russel Crater)
-> Nanodi Vallis : ancien fleuve de 10 km de large
-> Holden Crater : ancien lac?
-> paroies les plus froides des cratères : résurgences récentes d'eau

géologie : GEOGRAPHIE



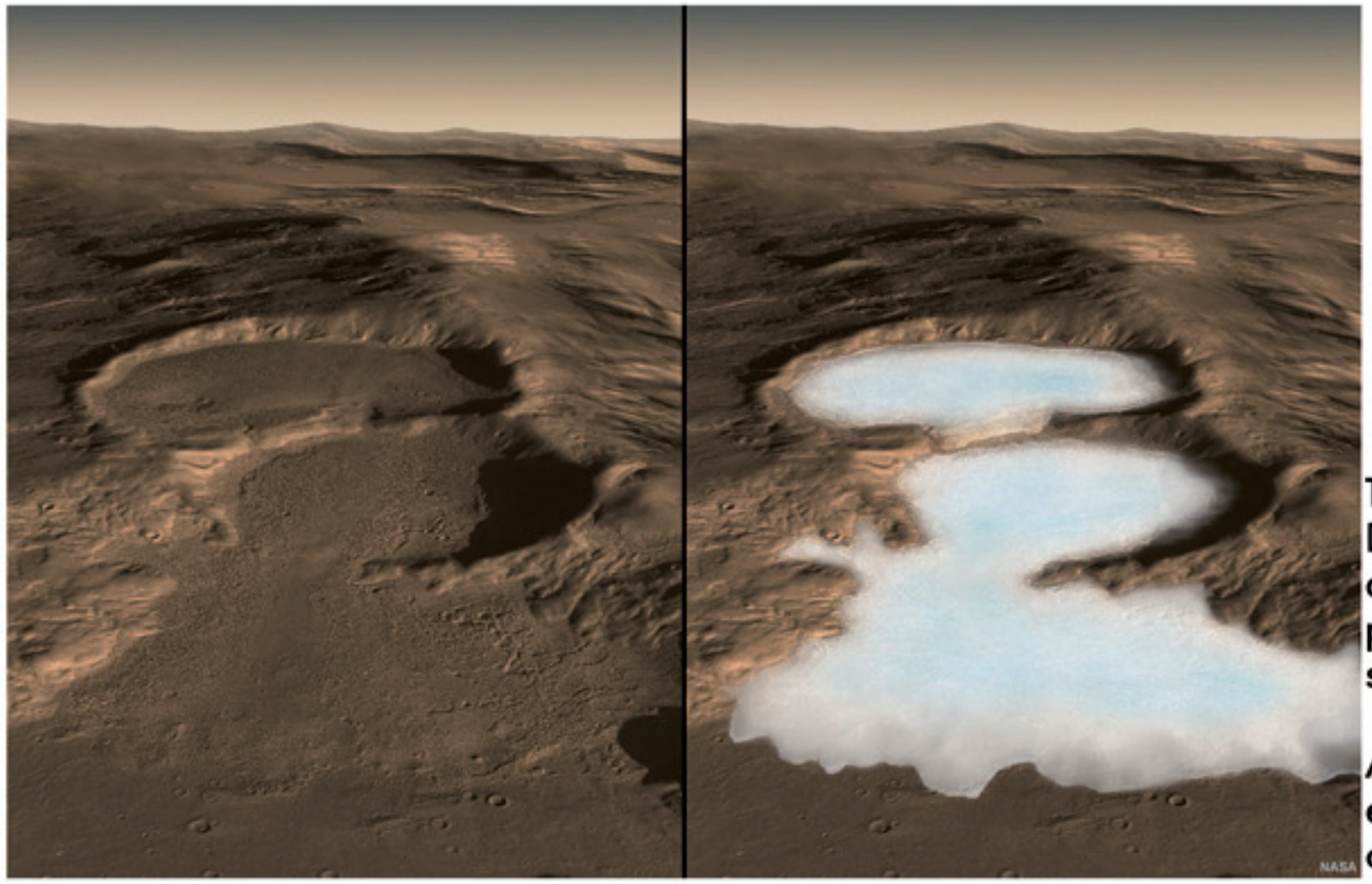


géologie : GEOGRAPHIE



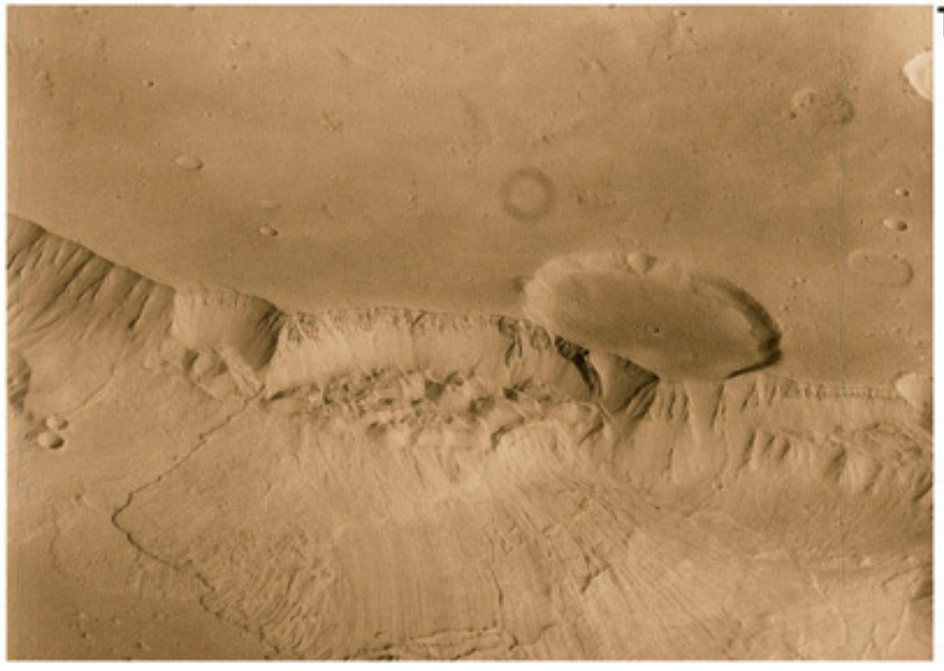
Planum Boreum
Chasma Boreale
Olympia Planitia
Vastitas Borealis
Lomonosov
Vastitas Borealis
Milankovic
Kunowsky
Mie
Arcadia
Planitia
Acheron Fossae
TEMPE TERRA
Acidalia Planitia
Hecatus Tholus
Amazonis Planitia
Utopia Planitia
Olympus Mons
Uranius Tholus
Uranius Patera
ARABIA TERRA
Elysium Mons
Lycus Sulci
Ceraunius Tholus
Kasei Valles
Chryse Planitia
Cassini
Nili Fossae
Albor Tholus
Tartarus Montes
Pettit
Ascraeus Mons
Tharsis Tholus
Lunae Planum
Pasteur
Antoniadi
Syrtis Major
Isidis Planitia
Nepenthes Mensae
Eddie
Elysium Planitia
Henry
Shalbatana Vallis
Ares Vallis
Biblis Patera
Pavonis Mons
Hebes Chasma
Schiaparelli
SABAEA TERRA
Schroeter
Libya Montes
Xanthe Terra
Ganges Chasma
Oenotria Scopulus
Aeolis Mensae
Arsai Mons
Noctis Labyrinthus
TERRA MERIDANI
Huygens
Apollinaris Patera
Margaritifer Terra
Herschel
Valles Marineris
TYRRHENA TERRA
Eos Chasma
Hesperia Planum
SIRENUM TERRA
Daedalia Planum
Bakhuysen
Ma'adim Vallis
Solis Planum
Holden
NOACHIS TERRA
Hellespontus Montes
Vogel
Nereidum Montes
Lohse
Hellas Planitia
CIMMERIA TERRA
PROMETHEI TERRA
Lowell
Argyre Planitia
Galle
Green
Kepler
SIRENUM TERRA
AONIA TERRA
Charitum Montes
Darwin
Maraldi
Secchi
Argentia Planum
Schmidt

géologie : GEOGRAPHIE



Trois cratères dans la région Eastern Hellas. Des radars y ont détecté une grande présence d'eau glacée situées sous une couche de débris, poussières et roches. Les aspérités à la surface sont causées par des déformations de la glace.

A gauche, l'image montre la surface telle qu'elle est aujourd'hui, à droite la vue d'artiste montre ce qui est situé dans le sous sol.

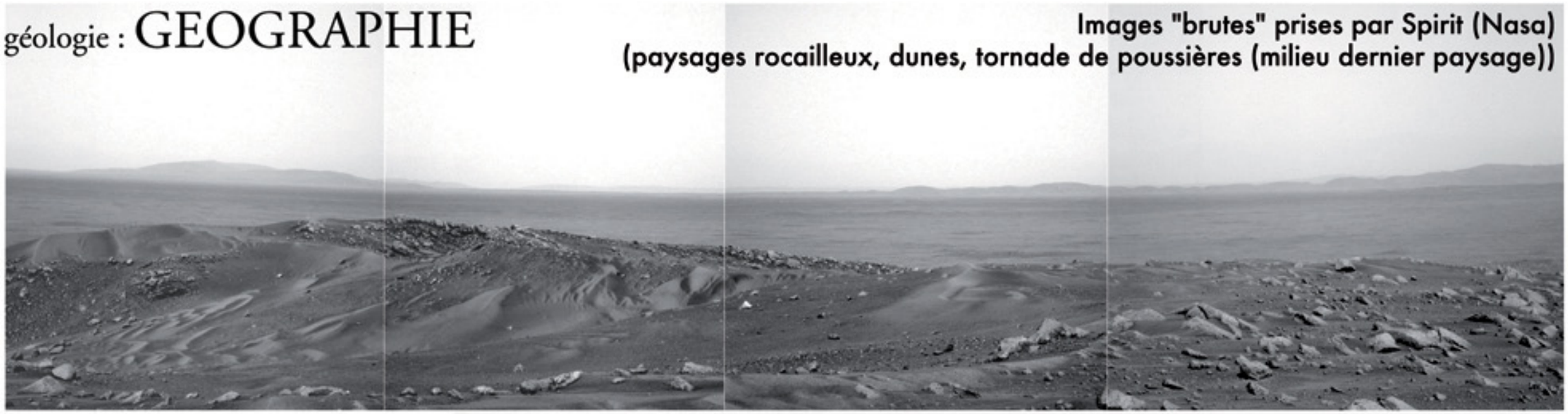


Traces d'effondrements et de coulées photo Viking NASA.

Paysage martien vu par Mars Pathfinder.

géologie : GEOGRAPHIE

Images "brutes" prises par Spirit (Nasa)
(paysages rocailleux, dunes, tornade de poussières (milieu dernier paysage))

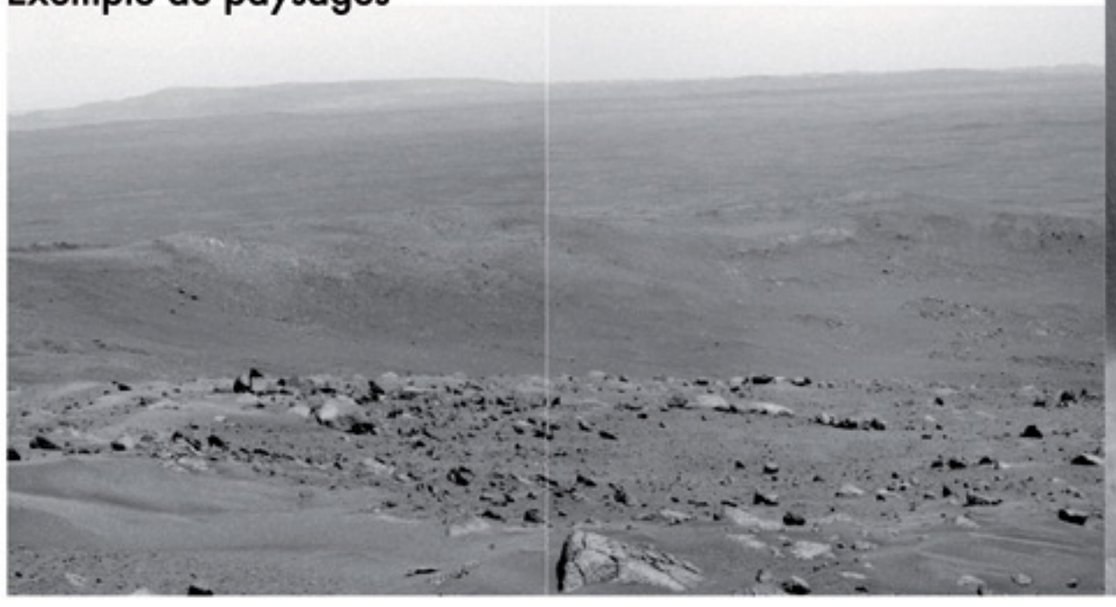


géologie : GEOGRAPHIE

Elysium Mons

Dunes sur Mars

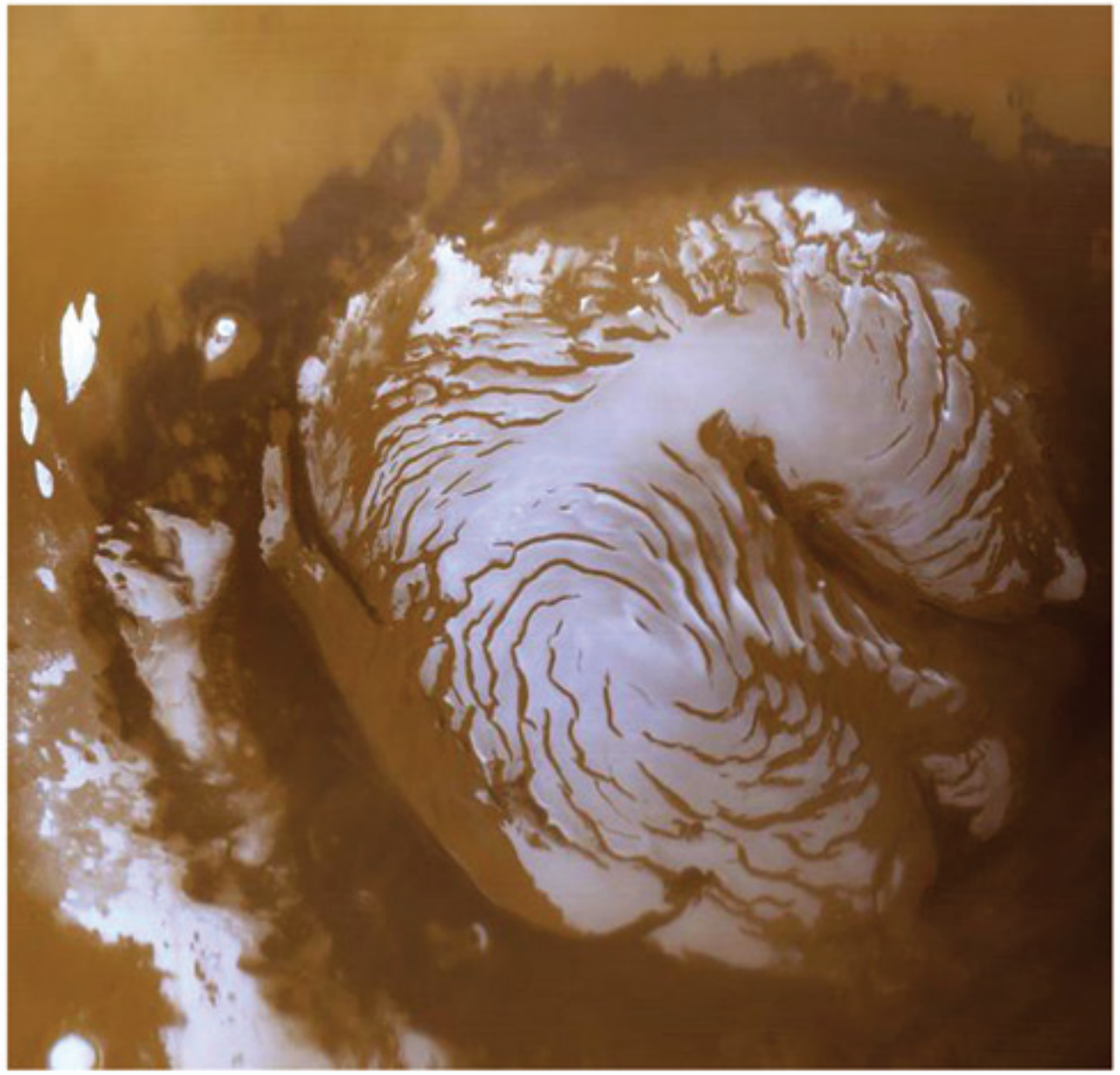
Exemple de paysages



géologie : CALOTTES POLAIRES

-> varient considérablement au fil des saisons
- -> calotte nord -> circulaire
  - -> s'étend sur 1200km, de 1 à 4km d'épaisseur
  - -> eau glacée (1000km) puis sédiments
  - -> recouverte de neige carbonique en hiver (condensation atmosphère)
- -> calotte sud
  - -> 4 fois < calotte nord
  - -> pas centrée au pôle sud

-> si la quantité d'eau des deux calottes était liquide : océan global de 20/30m de profondeur



Photographie de la Nasa
de la calotte Nord

géologie : RAVINES

Présence de beaucoup de marques de ruissellements, lits de fleuves, ravines...

-> hypothèse :

-> le globe martien bascule jusqu'à 60° sur son axe au cours des temps

-> pôles alors exposés au soleil qui les réchauffe

-> évaporation de l'eau

-> cette vapeur d'eau arrive aux régions nouvellement froides (latitudes moyennes)

-> se condense et retombe sous forme de neige

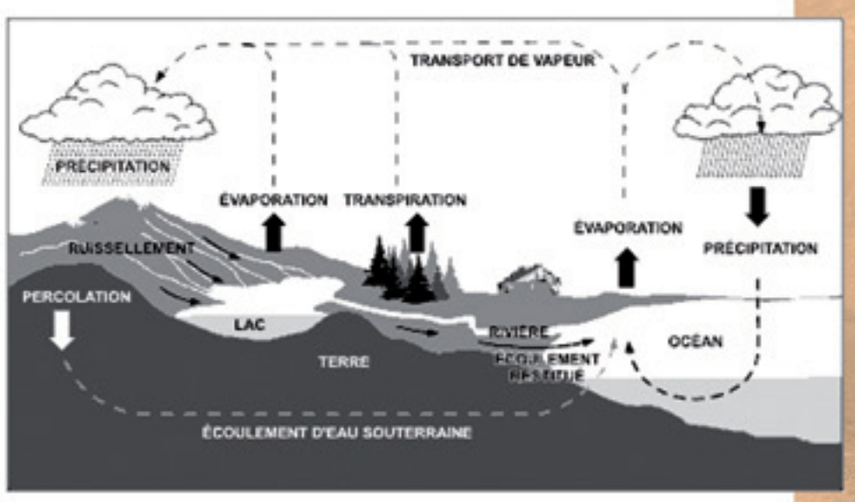
-> quelques milliers d'années après : le globe bascule à nouveau

-> latitudes moyennes ensoleillées

-> manteau neigeux formé fond

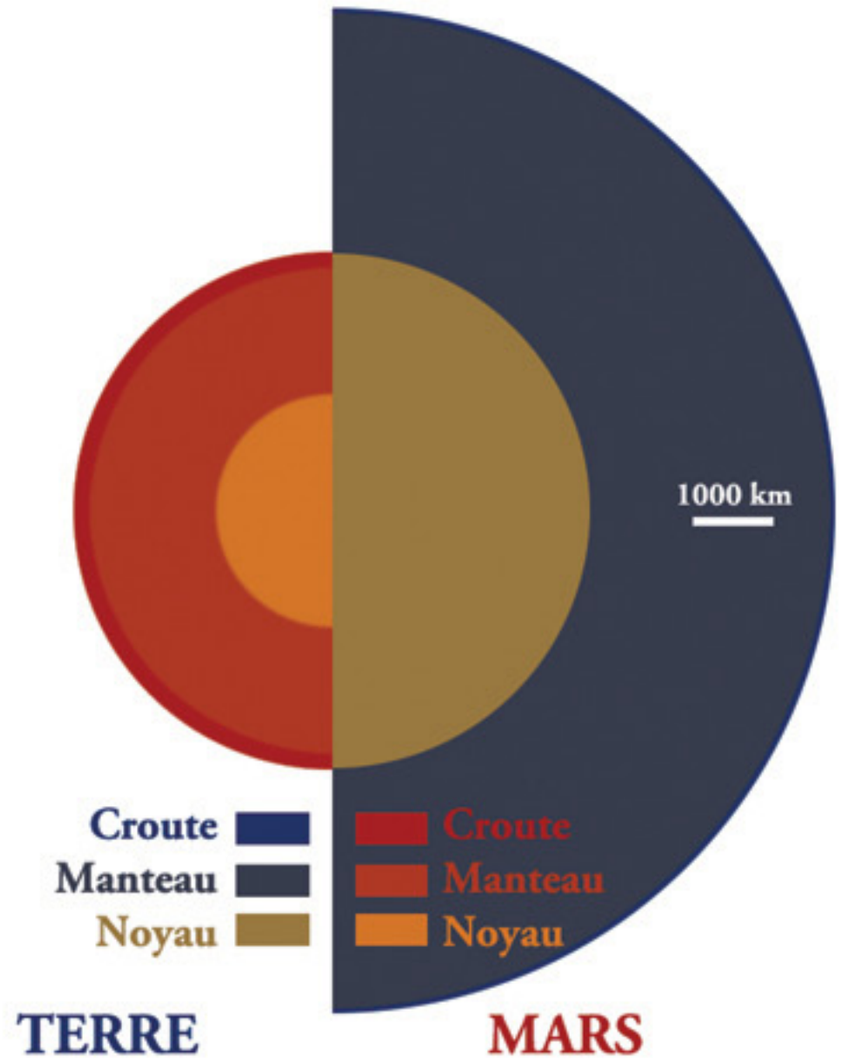
-> ravines

-> processus cyclique



géologie : STRUCTURE INTERNE

(n'ayant pas encore été possible d'être déterminée exactement)



NOYAU :

-> liquide ou solide, selon les sources
-> selon les sources, de 800 °C à 2500°C
-> composé de fer et nickel
-> rayon d'environ 1500 km (44% de son rayon)
-> de faible densité

-> noyau interne solide, externe liquide
-> 4000°C et +
-> composé de fer et nickel
-> rayon d'environ 3500 km (15% de son rayon)

MANTEAU

-> très semblables
-> rocheux, composé de silicates (olivine, pyroxène...)
-> partiellement en fusion

CROUTE

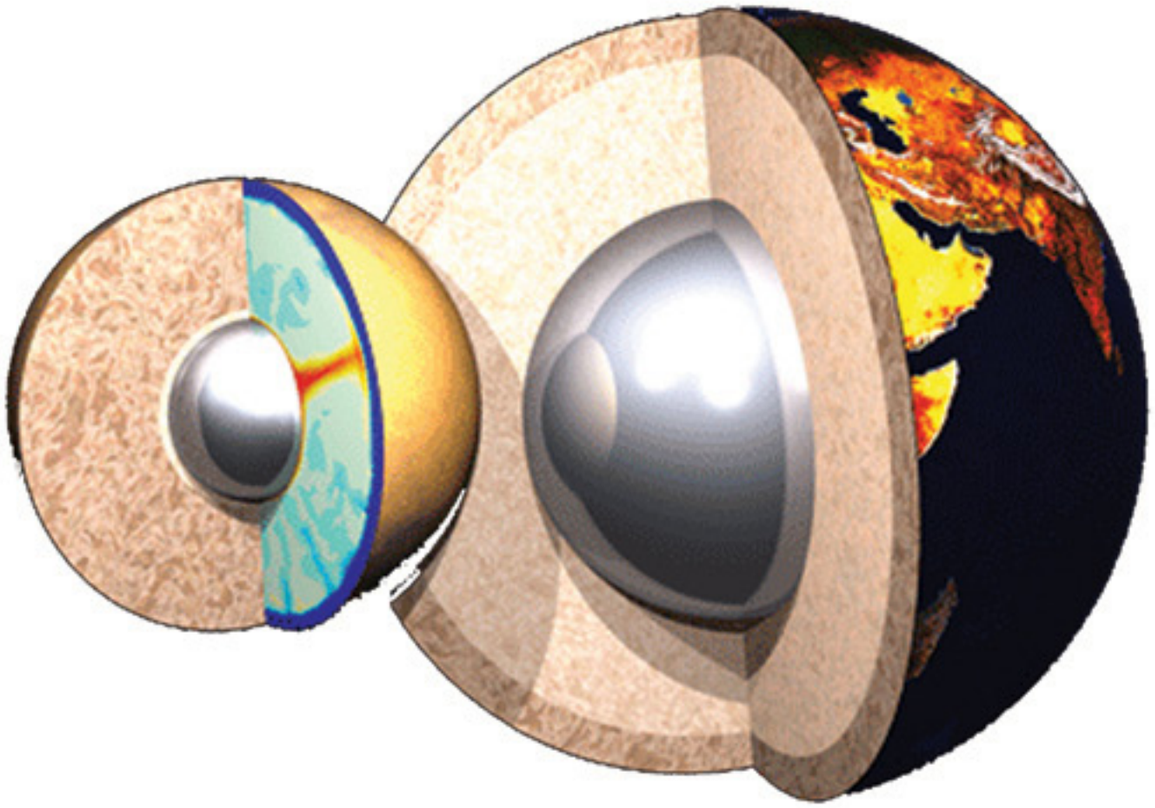
-> de 30 à 100km (croute continentale) jusqu'à 5km (croute océanique)

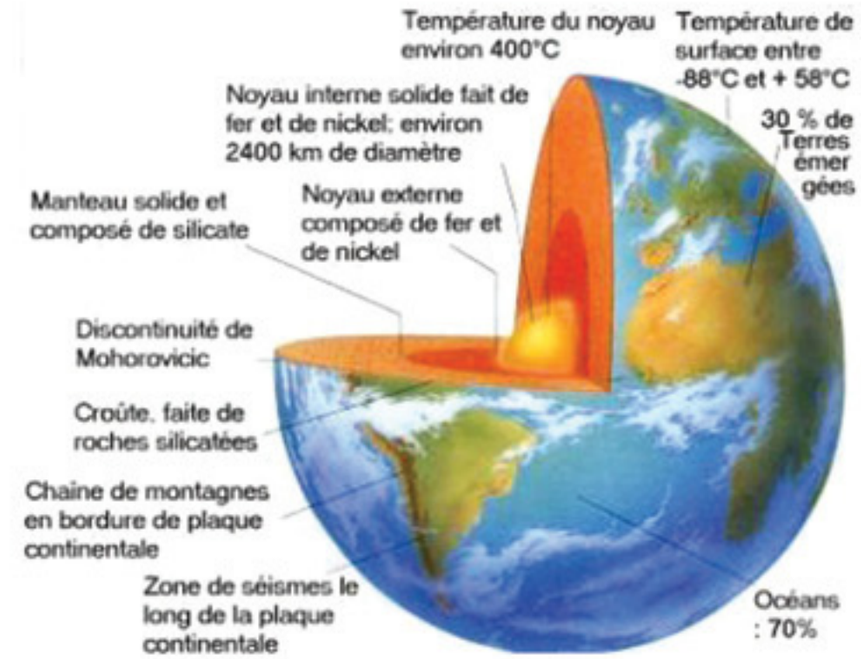
-> plus mince dans l'hémisphère nord (jusqu'à 3km) que l'H sud (jusqu'à 92km) (50km en moyenne)

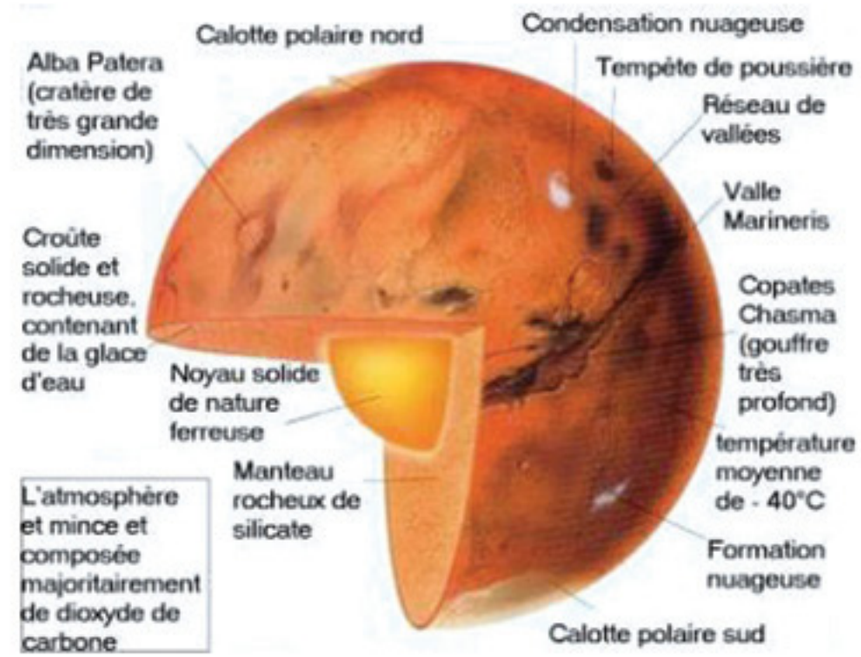
LITHOSPHERE (croute + manteau supérieur rigide)

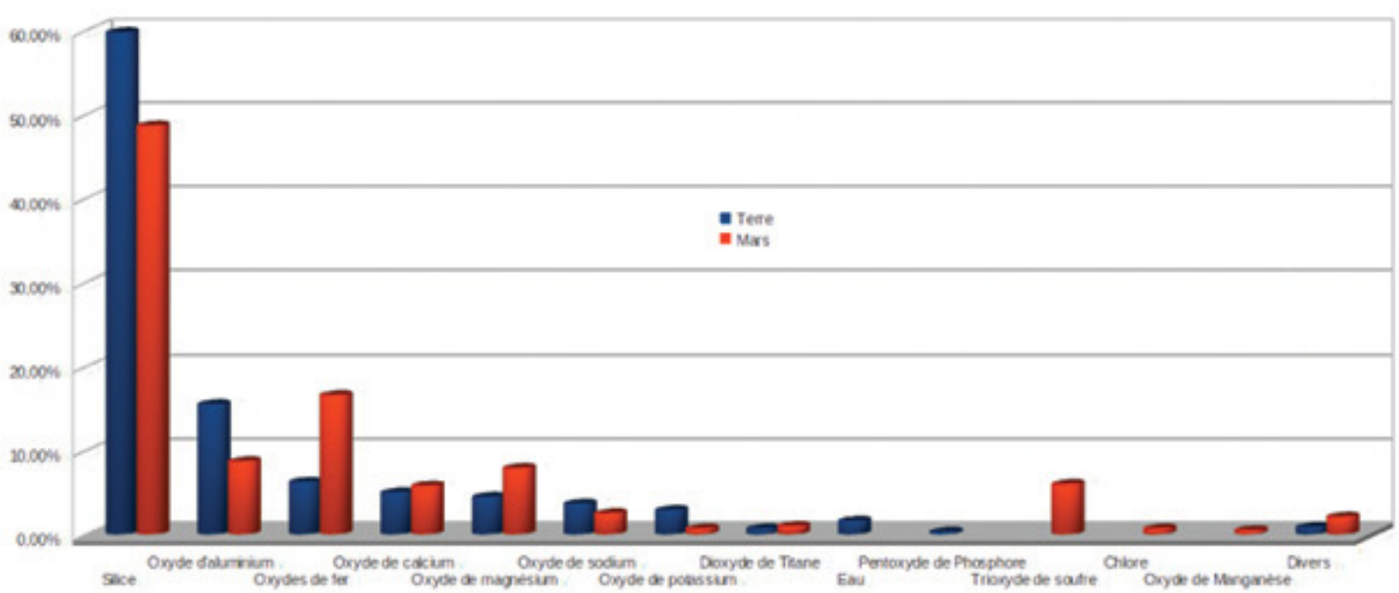
-> beaucoup plus épaisse que celle de la Terre
-> possibilité de supporter le poids de ses immenses volcans

géologie : STRUCTURE INTERNE









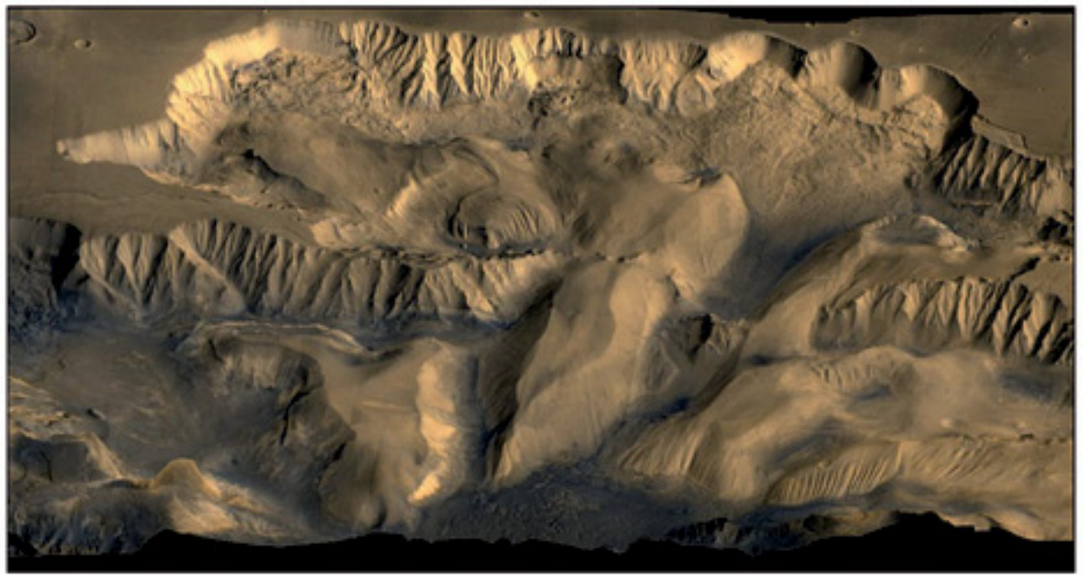
atmosphère : TECTONIQUE DES PLAQUES

-> couche externe (= la lithosphère) découpée en plaques rigides
-> flottent et se déplacent sur l'asthénosphère (qui est + ductile)
-> dérive des continents, failles (chaines de montagnes, séismes, volcanisme...)
-> mouvements dus à la convection (= déplacement de matière / inverse de conduction = transfert de température sans déplacement de masses) des fluides conducteurs (métaux liquides) du noyau externe vers le manteau
-> c'est l'effet dynamo (du à de grandes différences de T°)

-> pas de tectonique des plaques (croute épaisse et non morcelée)

Hypothèse de son absence :
-> Mars s'étant refroidie plus rapidement que la Terre (car plus petite)
-> la croûte s'est plus épaissie
-> trop rigide pour se fissurer suffisamment pour la tectonique des plaques

Hypothèse qu'elle ait eu lieu dans le passé :
-> impacts d'astéroïdes ayant transférés de l'énergie dans le manteau
-> augmentation de T° du manteau
-> moins de différences de T° avec le noyau
-> plus d'effet dynamo suffisant



Glissements de terrain dans Valles Marineris (photo Viking NASA)

géologie : VOLCANISME

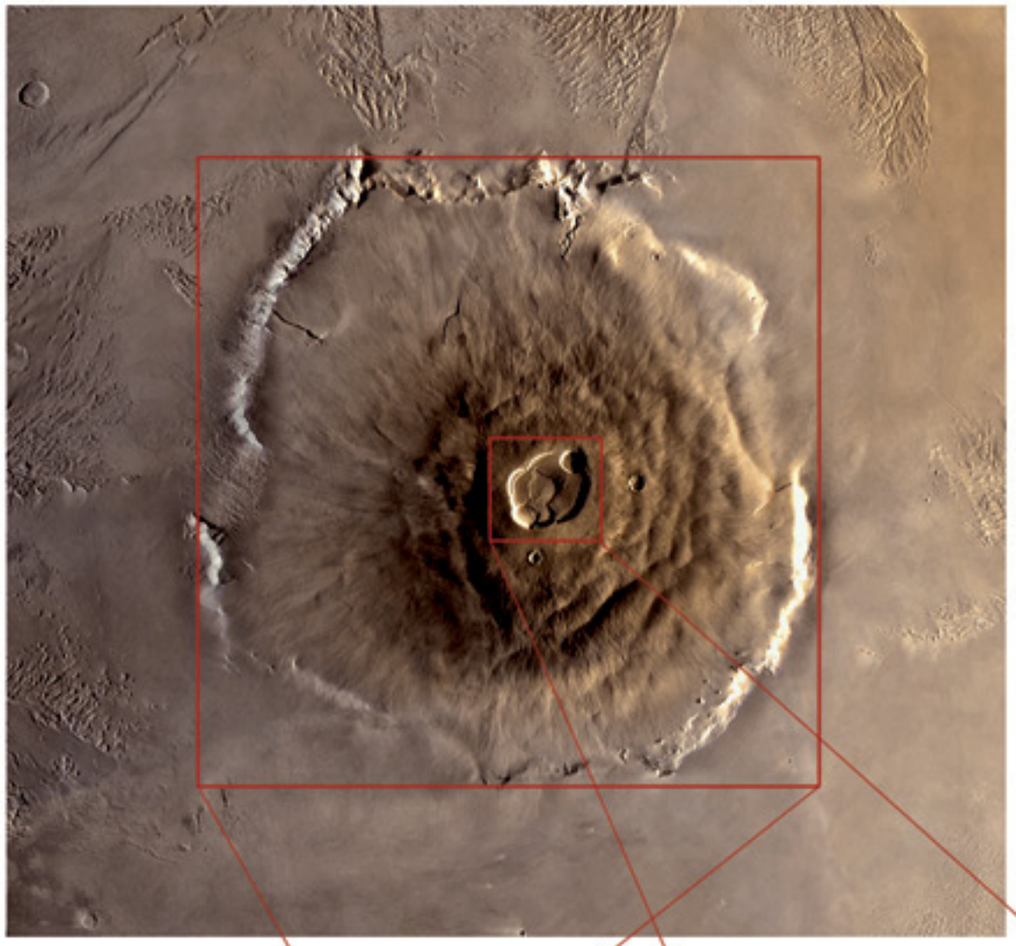
-> a connu un grand bombardement d'astéroïde ayant engendré un volcanisme intense
-> actuellement les volcans semblent être endormis
-> volcans gigantesques dus à l'absence de tectonique
    -> la croute reste immobile sur les points chauds
    -> remontée de matériaux du manteau jusqu'au volcan et ceux toujours au même point : sous le volcan
-> volcans boucliers : volcans effusif avec une très faible pente à ses flancs, et avec souvent au centre un cratère (ressemblant à un lac asséché)

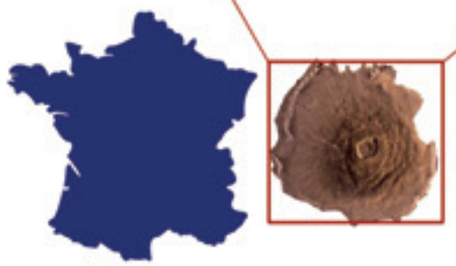
-> le plus grand du système solaire : Olympus Mons (22,5km de haut pour 650 km de large à sa base, soit 3 fois l'Everest)
-> le plus large : Alba Mons (6,6km de haut pour 1600km de large)

La chaine de volcans Tharsis Montes située dans la région du renflement de Tharsis (à l'équateur) et composée de : Arsia Mons, Pavonis Mons et Ascraeus Mons.

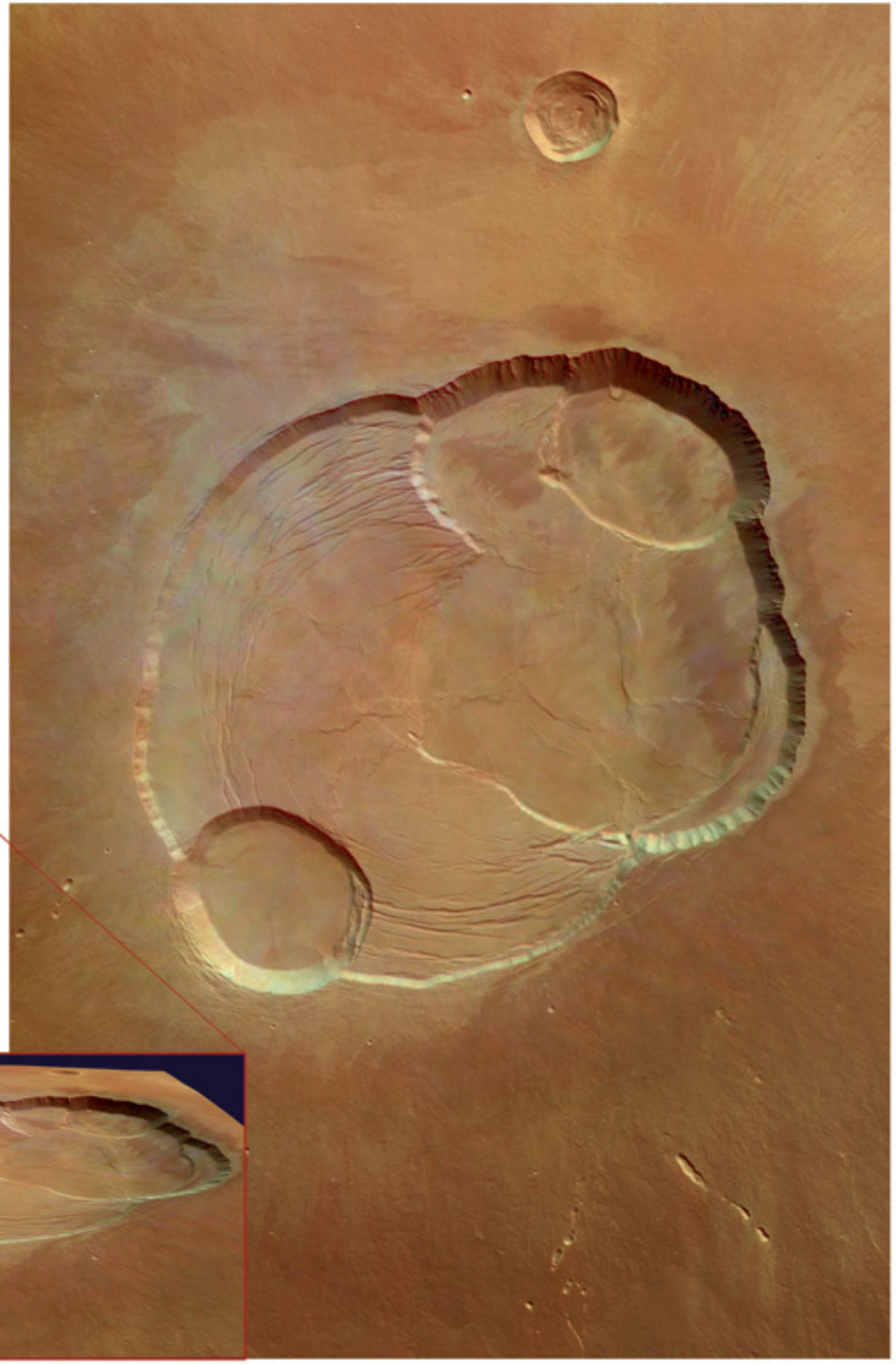
A gauche se trouvent Biblis Patera et Ulysses Patera.

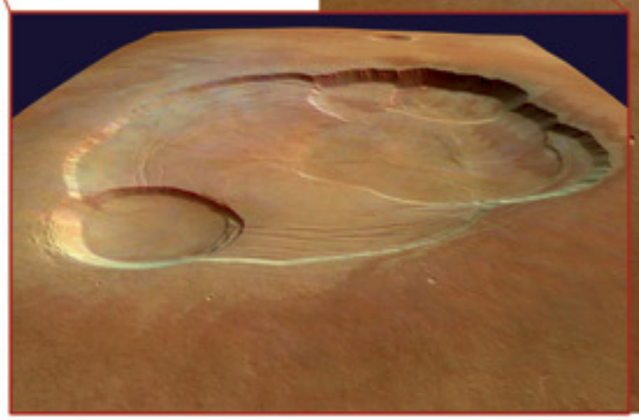
géologie : OLYMPUS MONS





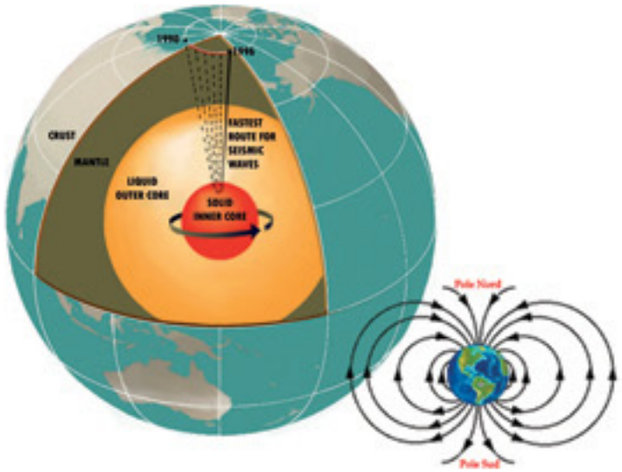
Olympus Mons :
22,5 km de haut
650km de large à sa base





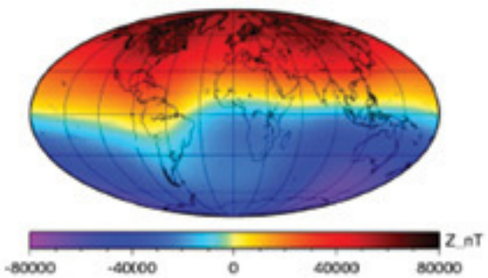
La caldeira d'Olympus Mons (caldera: vaste dépression circulaire ou élliptique, souvent à fond plat, situé au coeur de certains grands volcans)

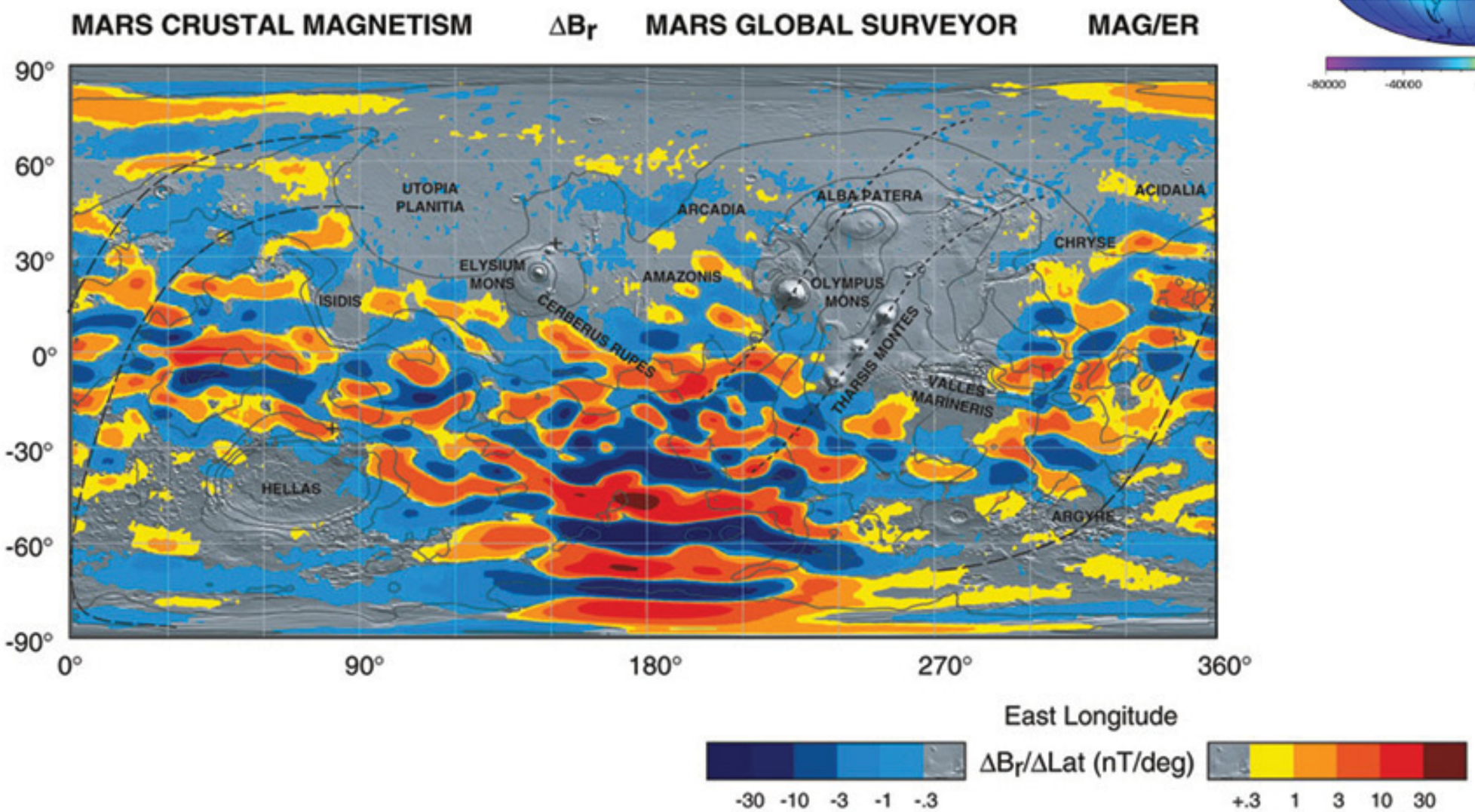
atmosphère : MAGNETISME



-> champ magnétique global (bipolarité)
-> du au mouvements de convection de métaux liquides dans le noyau

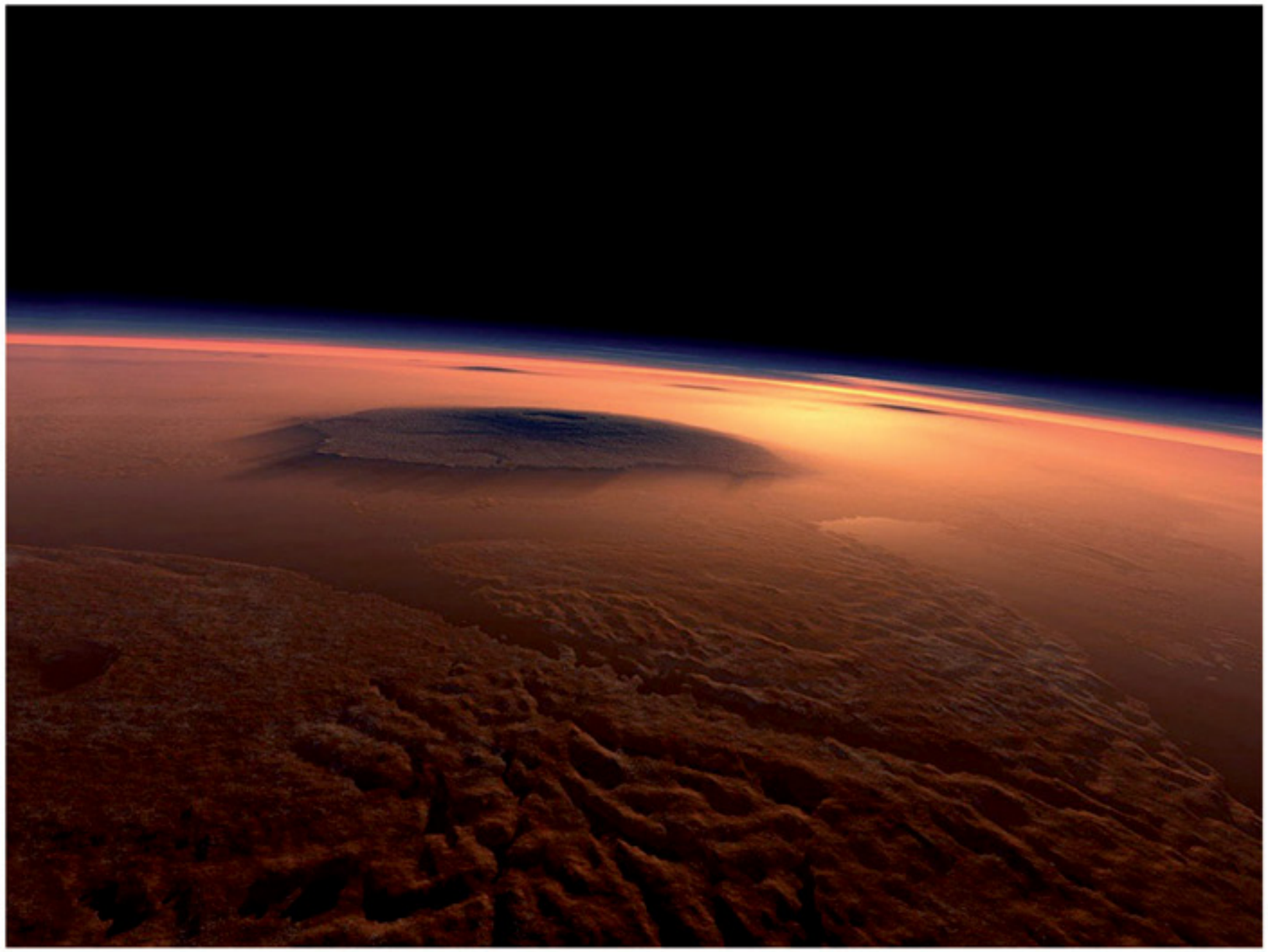
-> Noyau plus petit, peu dense, et froid (par rapport à la Terre)
-> peu de champ magnétique (1000 fois < Terre)
-> juste une rémanence thermomagnétique (30 fois > Terre)
-> c'est le « souvenir » du champ magnétique dans un matériau
-> étude du paléomagnétisme





géologie : RADIOACTIVITE

-> pas de champ magnétique
-> pas de magnétosphère
-> sur Terre : agit comme un écran la protégeant des vents solaires en les déviants
-> vents solaires : flux d'ions, électrons -> dangereux pour l'Homme
-> radioactivité de 3mSv/an, la limite pour les travailleurs étant fixée à 20 mSv/an
-> sur Mars : forte radioactivité (200 mSv/an)

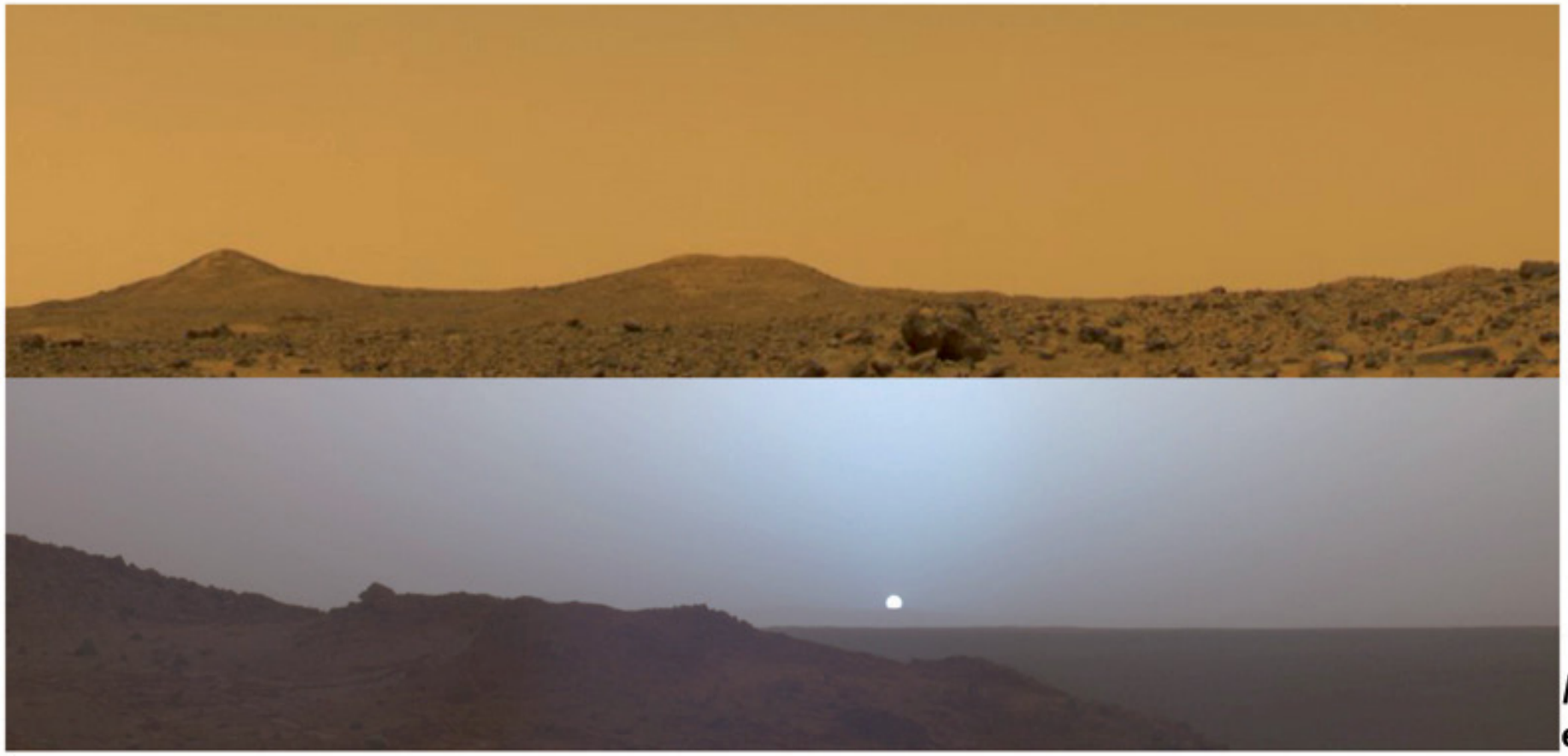


L'Olympus Mons vu de l'espace

géologie : TEMPERATURE

Chauffé par :

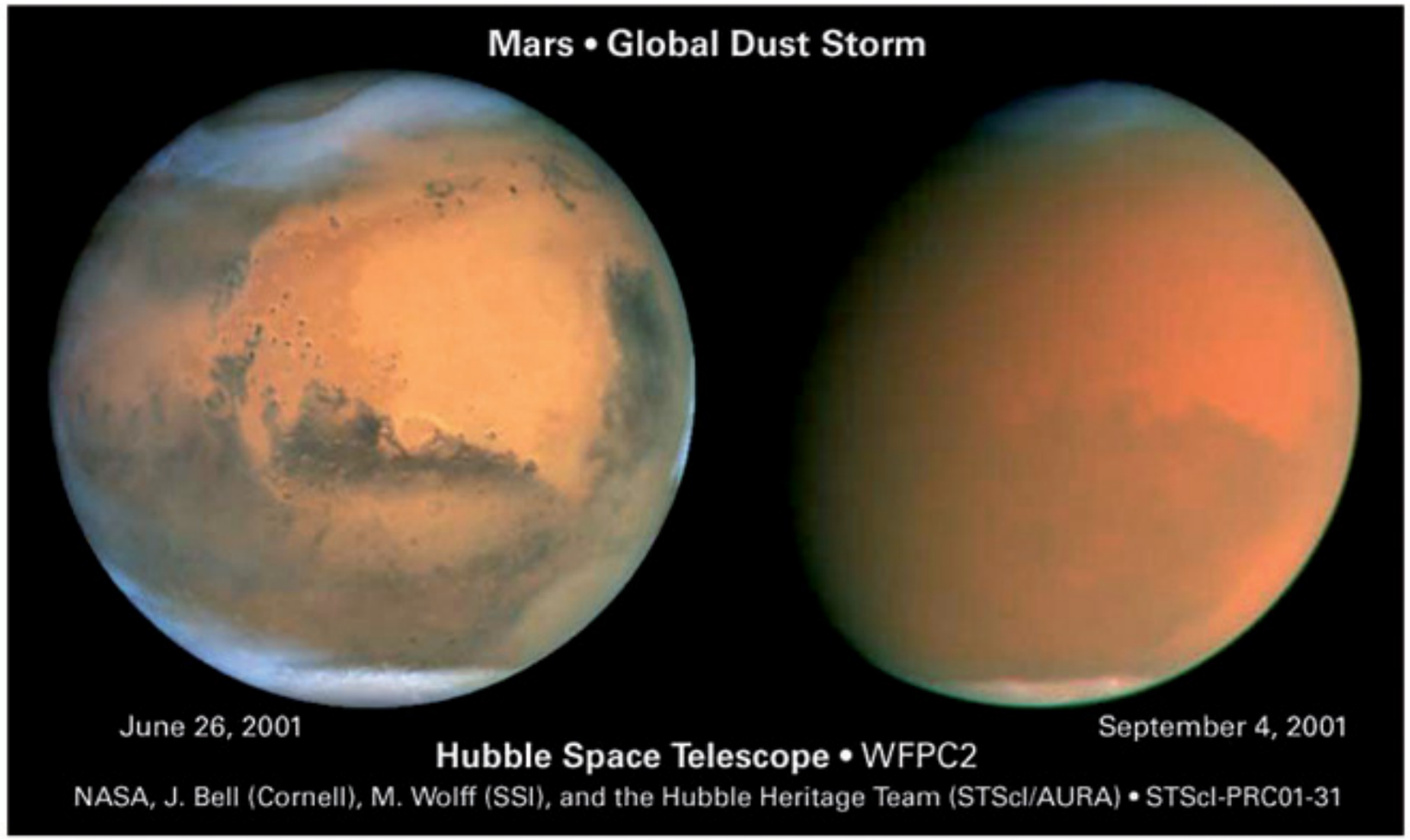
- -> rayons solaires
  - -> plus loin du Soleil que la Terre, moins de rayons
    - -> planète plus froide
- -> impacts (astéroïdes ...)
- -> contraction gravitationnelle (effondrement d'une masse sur elle même, produit de l'énergie)
- -> radioactivité
  - -> externe : forte : Soleil
    - -> peu de magnétosphère (noyau froid, petit, peu dense en matériaux conducteurs)
      - -> forte influence des rayons cosmiques/vents solaires
- -> interne : faible
  - -> masse de Mars 10 fois < Terre
    - -> quantité de matériaux radioactifs 10 fois <
    - -> il reste suffisamment de matériaux fissiles pour chauffer la Terre, mais plus assez pour Mars



Mars durant la journée et le crépuscule.

géologie : VENTS VIOLENTS

-> grands écarts thermiques (minima atteignant -133°C contre +27°C pour les maximas)
-> déplacement de courants d'air (l'air chaud monte alors que l'air froid descend)
-> violentes tempêtes
-> vents soufflants jusqu'à 200km/h
-> planète plus petite
-> moins de pesanteur
-> nuages de poussières envoyés dans l'atmosphère et pouvant recouvrir toute la planète
-> tourbillons de poussière
-> atmosphère très chargée en poussière
-> poussière superficielle de couleur orangée (présence d'oxyde de fer)
-> teinte ocre, rouille du ciel (virant bleu au crépuscule)



avant et pendant la grande tempête de poussières martienne de l'été 2001

atmosphère : COMPOSITION GENERALE

CO^2 (95%), Azote (2,7%), Argon (1,6%), O^2 (0,13%), vapeur d'eau (0,03%)
CO^2 (0,03%), Azote (78%), Argon (0,9%), O^2 (21%)

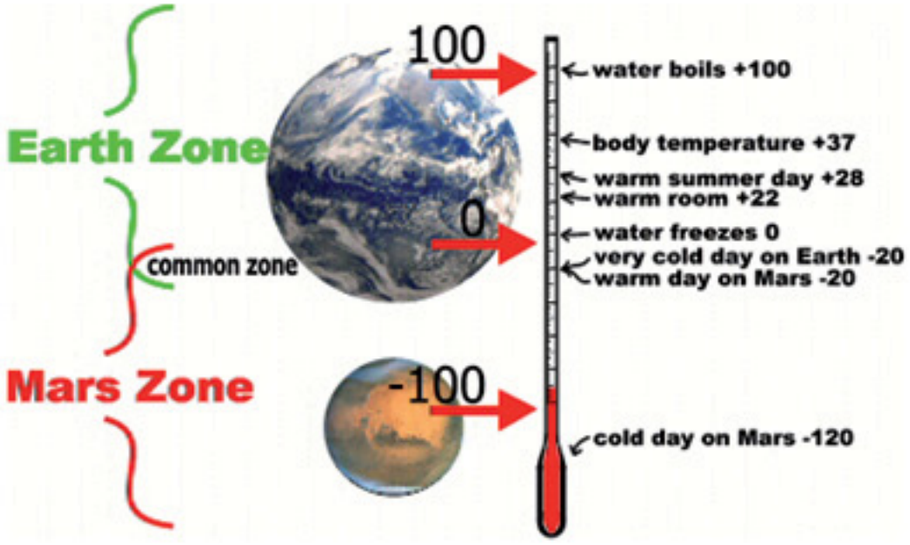
-> suite dans la partie de Davide

PRESENCE DE DIOXYDE DE CARBONNE DANS L'ATMOSPHERE

-> chaque année l'atmosphère perd 300 millions de tonnes de CO^2
-> comme autrefois sur Mars : CO^2 dissout dans la mer.
-> mécanisme terrestre permettant de le renvoyer dans l'atmosphère : les éruptions volcaniques sous-marines (65% de l'activité volcanique le long de la dorsale océanique sur 65 000km de long)
-> recyclage permanent, sinon la T° chuterait radicalement, les océans gèleraient

PRESENCE D'OXYGENE DANS L'ATMOSPHERE

-> transformation de CO^2 en O^2 (nécessaire à la respiration)
-> grâce à la photosynthèse (faite par les plantes terrestres, algues, plancton...)
-> ne dispose pas d'êtres vivants capables de métaboliser le CO^2
-> l'Homme ne pourait respirer



atmosphère : EFFET DE SERRE

Atmosphère laissant passer les rayons solaires (jour)
-> le sol les absorbe
-> il les réémet vers le haut (jour + nuit) (sous la forme d'un rayonnement différent : « les rayons infra rouges lointains »)
-> l'atmosphère en absorbe une partie grâce aux GES (gaz à effet de serre composés de 60% vapeur d'eau – 26% CO^2 – ozone, méthane...)
-> l'atmosphère se réchauffe
-> rayons renvoyés au sol
-> le sol se réchauffe
-> augmentation T° Terre

Mars est plus loin du Soleil
-> reçoit de 1/2 à 2/3 moins de rayons solaires que la Terre
Atmosphère ténue (= fine, peu dense, 150 fois < Terre)
-> moins d'absorption des rayons (Effet de Serre)
-> malgré ses 95% de CO^2 (= GES)
-> son atmosphère ne garde pas la chaleur
-> grandes variations de T° durant une journée

atmosphère : NUAGES D'EAU

1 atmosphère (= Terre) -> évaporation de l'eau à 100°C
0,5 atm (Mont Blanc) -> évaporation de l'eau à 85°C

6/1000 de la pression terrestre (Terre : 1 013,25 hPa / Mars : 6, 36 hPa)
-> eau liquide ne pouvant exister que sous le niveau de référence martien
-> où la pression augmente
-> eau liquide à 0°C (tandis que pour les mélanges acides jusqu'à -63°C)
-> uniquement de la vapeur d'eau au dessus du niveau de référence martien
-> parfois condensée en glace : nuages de cristaux (ressemblant à nos cirrus, filaments blancs dans le ciel, « cheveux d'anges »)
-> très visibles aux 2 grandes régions volcaniques
-> autres nuages (altitudes supérieures) : nuages de gros cristaux de $C2^2$ condensés par le froid
-> absorbent beaucoup de rayonnement solaire
-> grande baisse de T° sous ces nuages
-> différences de T° -> vents

Exemple de cirrus terrestre

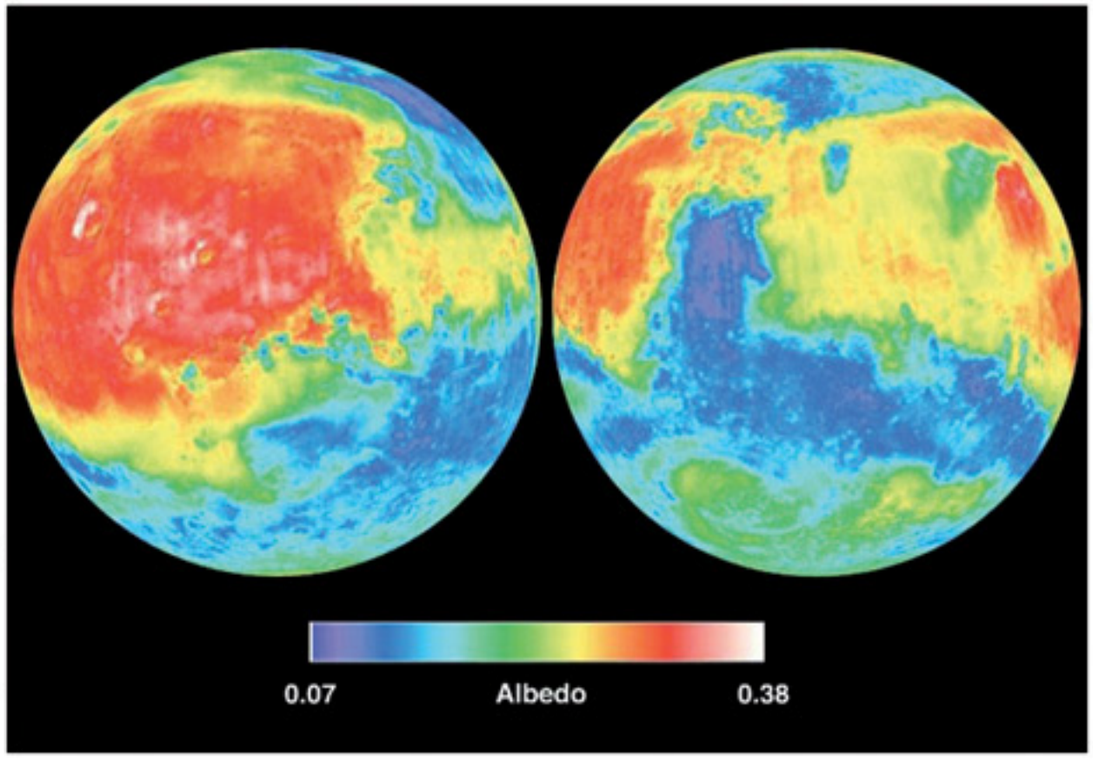
Atmosphère gazeuse trop fine pour filtrer le rayonnement ultraviolet du Soleil
-> rayons percutant les molécules d'H^2O de la vapeur d'eau
-> dissociation des molécule en H et 0^2
-> molécules ne subissant l'attraction de Mars et de son atmosphère
-> molécules allant se perdre dans l'espace
-> de moins en moins d'eau sur Mars

atmosphère : ALBEDO

C'est le rapport de l'énergie solaire réfléchie
-> baromètre des variations climatiques (effet de serre, températures, volume des glaces...)
-> de 0 (absorbe toute la lumière – noir jusqu'à 0,03)
à 1 (réfléchi toute la lumière – blanc de 0,8 à 1)

Albédo de 0,15
-> actuellement : refroidissement
-> augmentation du volume des glaciers continentaux et nuages de neige
-> plus de « blanc » donc augmentation de l'albédo
-> énergie solaire + renvoyée
-> moins de réchauffement

Albédo de 0,4
-> actuellement : réchauffement
-> moins de glacier, moins de « blanc »
-> baisse de l'albédo, moins d'énergie solaire renvoyée
-> + de réchauffement



Vues de Mars prises par le Spectromètre d'Emission Thermique de la sonde Mars Global Surveyor.

Reflexion de la lumière par la planète dans les longueurs d'ondes visibles et infra rouge proche.

atmosphère : PRESENCE DE VIE ?

Hypothèse :

-> il y a environ 4 million d'années

-> premiers êtres vivants sur mars peuplant rivières, fleuves, océans

-> puis l'eau disparaît

-> accumulation de fossiles au fond des lacs et océans

Expérience :

-> $C0^2$ radioactif injecté dans le sol martien

-> sol l'a rejeté sous forme de déchet

-> existence d'un métabolisme?

-> existence de bactéries s'étant nourries de ce gaz?

Découverte :

-> dans un cratère (ancien lac?) de sédiments (généralement présents au fond des lacs)

-> sédiments contenant des billes d'oxyde de fer : hématites ou « myrtilles »

-> billes fabriquées sur Terre uniquement par des formes de vies

-> présence de méthane

-> gaz généralement produit par des êtres vivants

-> sur Terre: vie pouvant exister sous la neige (algues, microbes vivant dans des T° < -20°C)

infos supplémentaires : EAU

Au début de Mars : grande présence d'eau

-> disparition par évaporation et fuite dans l'espace ou en pénétrant dans le sous sol martien

-> fort débit

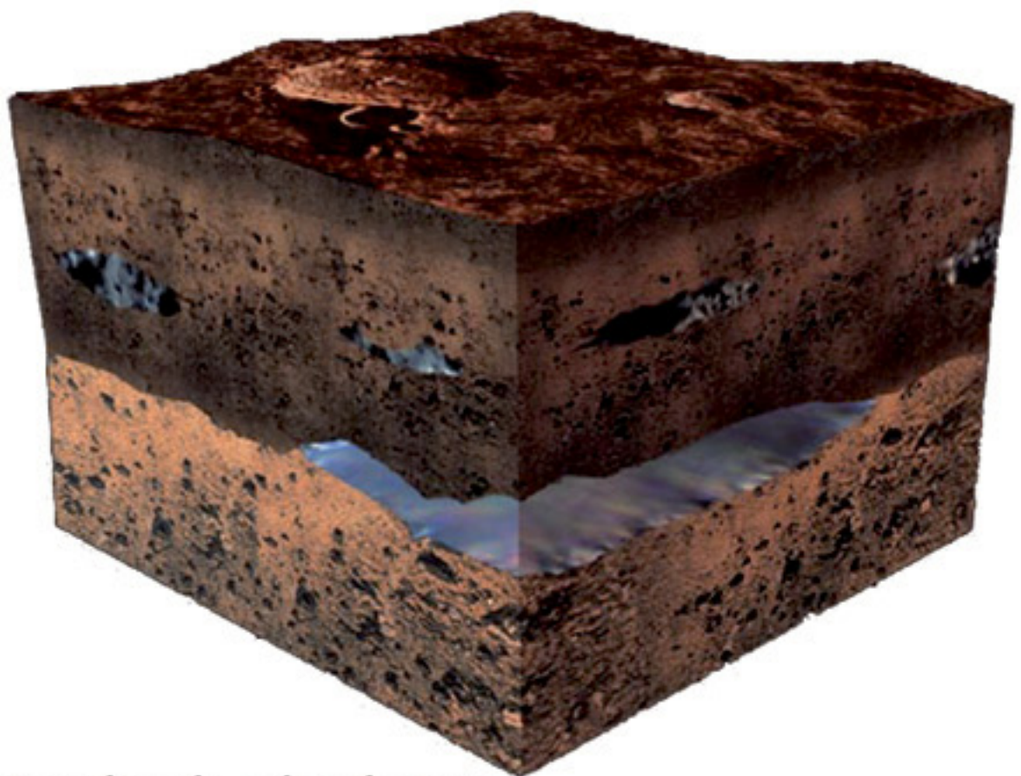
-> il faisait donc + chaud sur mars

-> grâce à la chaleur interne? à un changement de l'inclinaison de l'axe (il y a quelques million d'années : inclinaison de 35°)? à des météorites?

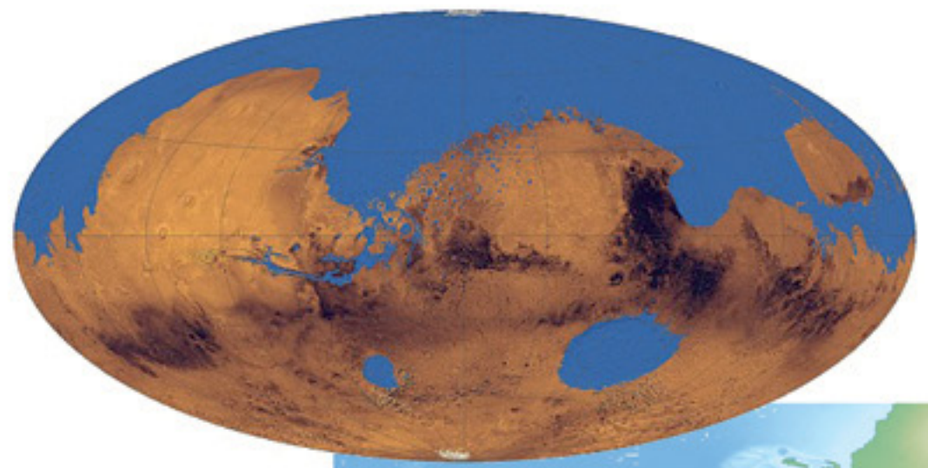
-> y aurait il un cycle chaud/froid?

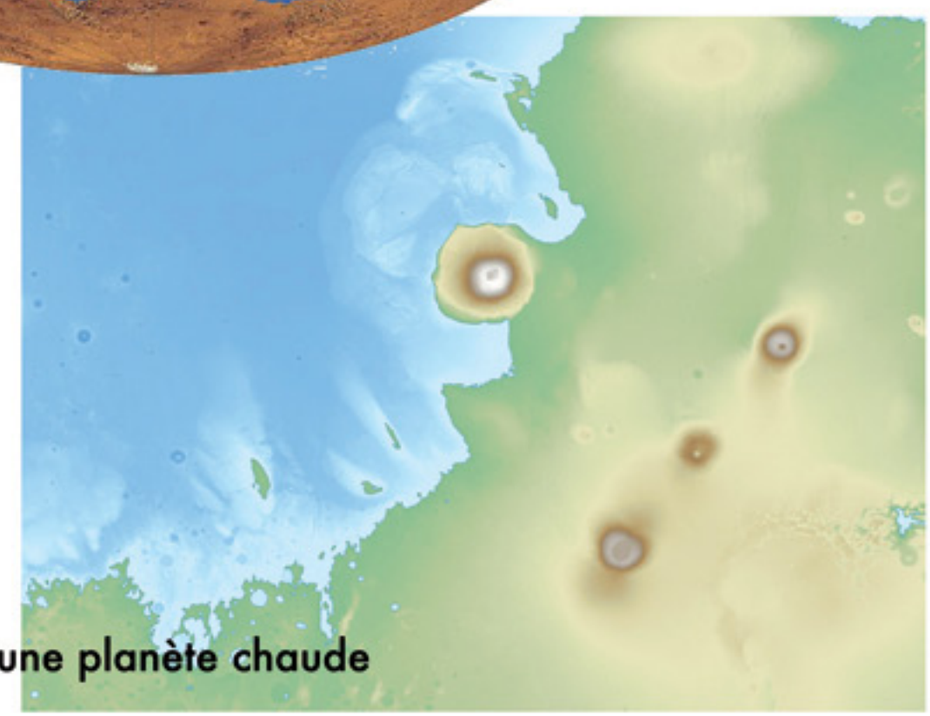
-> grand océan au pôle nord?

-> écoulement surtout aux régions froides (sinon évaporation immédiate)



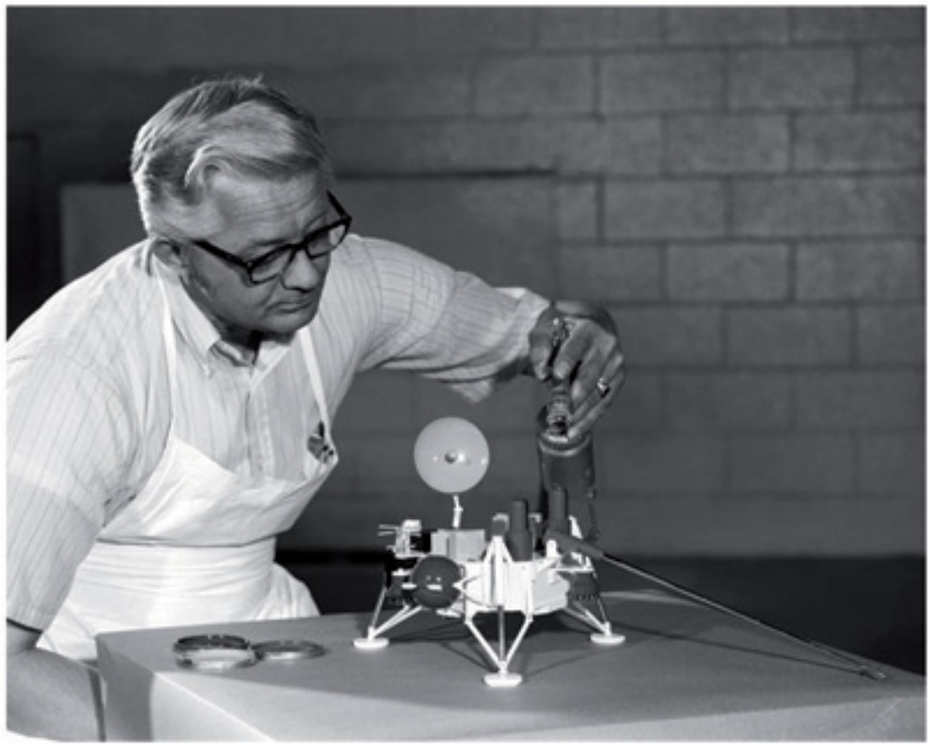
Eau dans le sols sol martien





Eau si Mars était une planète chaude

infos supplémentaires : MISSIONS



Missions
-> Russes : que des échecs ou presque
-> à succès : uniquement missions US (mais 50% d'échecs)

Début :
-> environ 1960 : l'épopée des Mariners
-> certains croyaient encore aux canaux de Schiaparelli et Lowell
-> 1969 : Mariner 6 : a pris des photos de 10% de la sur face de Mars
-> Mars ressemble à la Lune
-> Mars serait un astre mort
-> 1971 : Mariner 9 : découvertes de Valles Marineris, des Volcans de Tharsis, des immenses cratères de météorites, des restes de rivières...
-> 1976 : Viking : expériences de recherches de la vie (sans résultat)
-> 1997 : Pathfinder : mieux et moins cher
-> 1997 : Mars Global Surveyor atteint Mars : caméra très évoluée qui fit une cartographie complète et précise
-> calcule les masse d'eau aux pôles (environ = au Groeland) ; importance des vents ; probables résurgences liquides
-> 2001 : Mars Odyssey se met en orbite après 7 mois de voyage
-> découvertes essentielles sur la présence d'eau (grâce à un détecteur de neutrons sensibles à la signature de l'hydrogène)

conclusion : L'EVOLUTION DE MARS

Hypothèse sur son passé :

-> Comme sur la Terre, Mars aurait connu :

-> tectonique des plaques
-> volcans en activité
-> atmosphère plus épaisse
-> eau à sa surface
-> existence d'un champ magnétique
-> protection des vents solaires dangereux à la vie

Mars aurait donc vécu un grand dynamisme, une intensité de vie, s'étant alors rapidement éteint.

Mars planète ressemblant à la Terre lors de sa formation, mais beaucoup plus petite

-> moins de chaleur, donc refroidissement + rapide

-> noyau de solidifie progressivement, se refroidit

-> moins d'effet dynamo

-> disparition du champ magnétique global

-> rayons cosmiques et vents solaires destructeurs

-> arrêt de la tectonique des plaques

-> arrêt du volcanisme

-> gaz carbonique se raréfie

-> planète figée, morte

-> vision du futur de la Terre lorsque celle ci aura perdu sa chaleur