

A. Vue d'ensemble de la Terre

I. Situation de la Terre dans le système solaire.

Rappels :

- Situation du système solaire dans l'univers

- Aristarque de Samos, Grec, (310 - 220 av JC) prévoit l'héliocentrisme
- Puis obscurantisme médiéval et credo cosmique de l'église catholique : géocentrisme
- Milieu du XVII^{ème} : Démonstration par Copernic (chanoine polonais 1473-1543), Kepler (1571-1630, excommunié et mort dans la misère) puis Galilée (1564 - 1642) de la rotation de la Terre autour du Soleil (ruine de la théorie géocentrique) et des orbites planétaires elliptiques dont le soleil occupe un des foyers (travaux confirmés par ceux de Isaac Newton 1642-1727 qui pose les fondements de la mécanique et les applique à tous les corps se mouvant dans l'espace)
- XVIII^{ème} : avec l'acquisition des lunettes astronomiques, travaux de Hutton sur le grand âge de la Terre et Travaux de Lamarck et Darwin sur l'évolution des êtres vivants
- XX^{ème} : observation de l'expansion de l'Univers :
 - Théorie du Big-Bang, admise par la majorité des astronomes (ms remise en cause à l'heure actuelle) et s'appuyant sur de nombreuses observations concordantes comme ;
 - un décalage systématique des spectres émis par les galaxies vers le rouge et qui augmente en même temps que croît la distance de la galaxie étudiée par rapport à la Terre : par analogie avec un effet Doppler, signifie que les galaxies s'éloignent les unes des autres);
 - Travaux de Hubble montrent que la vitesse d'éloignement est proportionnelle à la distance
 - 1964 : enregistrement d'un rayonnement électromagnétique fossile de 2.7K remplissant de façon homogène tout l'Univers : vestige du rayonnement de l'Univers au début de son expansion
 - Donc, les galaxies, les étoiles et les planètes naissent, vivent et meurent.
 - Âge de l'Univers : 15 Milliards d'années

- Naissance du soleil

- Théories de formation du système solaire : cogénique (soleil et planètes de même origine); nébuleuse protosolaire de Laplace
- Âge du système solaire : environ 4,6 Milliards d'années

1- Le système solaire : une étoile et 9 planètes telluriques ou géantes

Moyen Mnémotechnique : Me Voici Tout Mouillé, J'ai Suivi Un Nageur Poilu

- Dans l'Antiquité, on connaissait les 6 premières planètes dans l'ordre.
 - Uranus a été observée fin XVIII (1781 par Herschel),
 - Neptune a été découverte par le calcul milieu XIX (1846 par Galle, astronome allemand)
 - Pluton découverte seulement en 1930 par Tombaugh
- Les apports de la conquête spatiale : depuis les 20 dernières années, grâce aux sondes Russes et Américaines (cf mission sur titan, satellite de saturne, par huygens II en 2004 et sur mars par mission américaine en 2003), on a pu mesurer les champs gravitaires, les flux de chaleur, les propriétés de l'atmosphère de certaines planètes comme Vénus et Mars et étudier la nature des sols (400 kg d'échantillons rapportés de l'alunissage de 1969, et installation de sismographes et station de mesures)

a) Les planètes gravitent autour du soleil

- Le Soleil : une des 100 milliards d'étoiles de notre galaxie, en position excentrée par rapport à un des bras spiralé. Les galaxies sont regroupées en amas et super-amas
- Rayon : près de **700 000 km**, taille modeste par rapport aux géantes rouges 1000 fois plus grosses que le soleil (mais il existe également des naines blanches, petites mais denses, des étoiles à neutrons et des pulsars aux densités énormes, des étoiles à magnitude variables suite à une explosion comme les novae et supernovae, les étoiles à éclat variable et les trous noirs)
- L'ensemble des objets du système solaire représente une masse négligeable : **0,15%** de la masse du soleil
- Les planètes gravitent autour du Soleil sur des orbites elliptiques disposées dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation du Soleil, sauf Mercure et Pluton (les deux planètes extrêmes), disposées dans un plan légèrement incliné et excentré. Les planètes ont le même sens de rotation que le soleil (sens direct ou trigonométrique), qui est aussi celui des planètes sur elles-mêmes sauf pour Vénus et Uranus. La période de révolution varie de 0,24 année pour Mercure à 248,4 années pour Pluton

b) Les planètes internes telluriques : Mercure, Vénus, Terre, Mars

- Les planètes sont définies comme des corps célestes non lumineux par eux-mêmes, dont la surface est "froide" c'est-à-dire sensiblement en équilibre avec le rayonnement qu'elles reçoivent de leur soleil
- Température moyenne élevée : 500 à 1000°C : H et He chassées par vents solaires
- Toutes les planètes telluriques possèdent une surface solide et sont structurées en couches de nature, d'épaisseur et de propriétés différentes
- Elles ont peu ou pas de satellites et pas d'anneaux
- Atmosphère réduite (Vénus, Terre et Mars) à un très faible pourcentage de leur masse, voire absente (Mercure, Lune)
- Densité élevée : 3.5 à 5.5
- Très riches en Fer
- Présentent les traces d'une activité géologique actuelle (Vénus et Terre) ou passée (Mars)
- Origine : zone où les phénomènes d'accrétion ont du être prépondérants

c) Les planètes externes géantes ou gazeuses : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune

- Température moyenne externe -140 à -250°C (solidification de l'azote et du méthane sous forme de glace) mais au centre 20 000°C (insuffisante pour déclencher les réactions thermonucléaires spécifiques des étoiles)
- Densité faible : 0.7 à 1.5 (surtout pour Neptune, avec un flux d'énergie 2,8 fois supérieur à l'énergie reçue du soleil : l'accrétion y serait encore active)
- La plupart possèdent un grand nombre de satellites ou d'anneaux
- Atmosphère importante : surtout H et Hé.
- Partie interne : Hydrogène sous forme métal (due aux conditions très élevées de pression)
- Noyau petit : Fer, Silicates et/ou glace
- Origine : zone où les phénomènes d'effondrement gravitationnels ont du être dominants

d) Cas de Pluton

- Rayon 1200 km
- Serait situé dans une seconde ceinture d'astéroïdes dite ceinture Kuiper : 32 planétésimaux identifiées dans cette région et plus de 30 000 objets
- Remet donc en cause son statut de planète

e) Les autres corps célestes

e1- Les corps de gros diamètre : 200 à 2600km

- **La limite** (arbitraire) du diamètre d'une planète se situerait entre 1025 et 2240 km
- **Sedna** (nom provisoire; Sedna est une divinité eskimo) : découvert en novembre 2003 de diamètre probable compris entre 1300 et 1700 km, de couleur "rougeâtre" actuellement situé à environ 90 U.A. du soleil (environ 50 UA au plus près du soleil : périhélie; environ 900 U.A au plus loin : aphélie). Sa température est voisine de -240°C. Sa masse et sa densité ne sont pas mesurées pour l'instant. L'orbite est voisine du plan de l'écliptique (inclinaison de 12°; orbite dont les dimensions et l'ellipticité sont intermédiaires entre celles des objets de Kuiper et les objets de Oort.). Sa période de révolution est d'environ 10 500 ans.
- **Les astéroïdes** :
 - surface criblées de cratères météoritiques
 - Densité variable : de 3 (corps rares : silicates riche en Fe) mais en général inf. à 2 (mélange eau solide/silicates, plus ou moins différenciées avec enveloppes glacées périphériques)
 - Certains montrent une activité géologique actuelle (Io) ou passée (Ganymède)
- **la lune**
 - Rayon = 1735 km
 - Caractères de la Lune : cf. *FIG. n° carte de la Lune de Blanche* : des mers jeunes (-4 à -3,2 Milliards d'années) et sombres dont les terrains sont de nature basaltique et sous lesquelles se trouvent des masses denses (appelées mascons), entourées de terres claires plus âgées (-4,4 Ma) criblées de cratères qui traduisent bombardement par météorites (présentent des roches appelées KREEP : riches en K, terres rares Rare Earth Element, et Phosphore) : principal mécanisme de l'accrétion planétaire
 - 19 Juillet 1969 : Neil AMSTRONG pose le pied sur la Lune.
 - La datation isotopique d'échantillons lunaires a montré que la surface du satellite est d'autant plus vieille que le nombre de cratères météoritiques est élevé. C'est ainsi que l'on détermine l'âge de la surface des autres planètes
 - 99% des séismes lunaires (500/an) sont situés à une profondeur comprise entre 700 et 1000 km, et ont lieu selon une périodicité de 27 jours qui serait due à l'attraction de la Terre sur la Lune

e2- Les corps de petit diamètre (inf. à 200 km) :, plusieurs milliers d'astéroïdes, une cinquantaine de comètes, petits satellites et autres poussières interstellaires

- N'ont plus aucune activité géologique
- Diversité :
 - sidérites (cf météorites , chapitre ultérieur)
 - sidérolites : cristaux l'olivine dans une matrice métallique
 - aérolites : silicates avec qq éléments métalliques
- comètes : 10^{12} localisées entre 50 000 et 100 000 UA dans le nuage d'Oort. Une cinquantaine observées à proximité de la Terre suite à des perturbations gravitationnelles qui les ont éjectées. (Elles peuvent être captées par l'attraction gravitationnelle d'autres planètes). Elles permettent l'étude des conditions physicochimiques des nébuleuses protosolaires (vestige). Ex Halley 1986 : contient H_2O , CO_2 , HCN

2- La Terre : planète en position habitable dans le système solaire

a) Une zonation des planètes par rapport au soleil

- calculs de la distance Terre / Soleil

-Hipparque (150 av JC) calcule à qq km près la distance Terre-Lune (384 395 km)

- Distances des différentes planètes au Soleil

- Kepler détermine la distance Mars-Terre, connaissant les périodes de révolution de Mars (687 jours) et de la Terre (365j). Elle vaut 1,523 Unités Astronomique

- 1 UA = distance Terre-Soleil, déterminée précisément en 1962, légèrement inférieure à **150 millions de km**)

- Loi empirique de **Bode** : la distance des planètes au soleil obéit à une progression géométrique simple (chaque planète est deux fois plus éloignée du soleil que sa voisine intérieure) : on calcule qu'il manque une planète entre Mars et Jupiter : mais on a trouvé la ceinture d'astéroïdes (objets de qq cm à 1 km de diamètre)

b) La zone d'habitabilité

- Les conditions de la vie

Rappels : principaux composants de la biosphère i.e. du vivant pas différents de ceux trouvés dans les autres sphères

- présence d'eau liquide

- Présence d'eau liquide possible dans les fenêtres allant de 0,95 à 1,1 ou 1,5 UA dans le système solaire
- Vénus, Terre et Mars auraient eu des atmosphères initialement très proches (en particulier, richesse en CO_2 et vapeur d'eau)
- Les différences actuelles seraient dues au recyclage du CO_2 : Très abondant sur Vénus (sans effet de serre, Vénus serait plus froide que la terre du fait des nuages vénusiens qui réfléchissent 80% de l'énergie solaire, pourtant double de celle reçue par la Terre), en quantité infime sur Terre et Mars (petite taille a dû laisser échapper des éléments ou alors piégés dans lithosphère, ne sont plus recyclés du fait d'une activité géologique interrompue); de même pour la vapeur d'eau (infime sur Vénus et Mars, abondant sur la Terre, rendu possible par piégeages sous forme de carbonates au fond des océans qui a permis de limiter l'effet de serre à 31°C)

- persistance d'eau liquide

- Possibilité d'eau liquide dans les profondeurs de Mars (compte tenu du gradient géothermique) donc peut-être vie possible profondément
- Sur la Terre, diminution progressive de CO_2 du à la biosphère dans le recyclage (en 500 Ma, métabolisation d'une masse équivalente à celle de la totalité du globe)

- protection contre les rayonnements solaires : champ magnétique

- Présent chez toutes les planètes sauf Vénus
- Angle $11,5^\circ$ par rapport à axe de rotation de la planète
- S'ajoute un faible champ
 - d'origine externe provoqué par des courants électriques ionosphériques
 - pour une part d'origine crustale due aux minéraux magnétiques de certaines roches et enfin
 - d'origine plus profonde dans le noyau externe
- très variable à l'échelle humaine même, dues à des variations séculaires internes ou à des orages magnétiques externes. Actuellement décroissant (entre 33 000 et 70 000 nanotesla = $\text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$). Ces variations sont explicables par une origine fluide du noyau externe (effet dynamo auto entretenu)
- Magnétosphère s'étend sur une distance de plusieurs rayons terrestres : compressé par les rayons solaires (10 rayons terrestres) ou étiré (60 rayons terrestres)

- Théories de la fenêtre spatiale d'habitabilité

II. Les enveloppes externes fluides de la Terre.

1- Une atmosphère originale

a) Richesse en O₂, faiblesse en CO₂ et présence de vapeur d'eau

- Masse de l'atmo : $5,13 \cdot 10^{18}$ kg dont 50% en dessous de 5,5km
- Proportions (cf. tableau) dont vapeur d'eau de 0 à 4% en volume de l'air sec
- Ozone entre 15 et 35 km en très faible quantité mais joue rôle essentiel : absorbe longueurs d'onde 0,3 nm (ultraviolets destructeurs par dimères de thymine), trous...

b) Structure verticale de l'atmosphère en 5 couches

- Troposphère : de 7km aux pôles à 18 km à l'équateur; 3/4 de la masse atmo et 100% de la vapeur d'eau; température décroît de 6°C par km
- Stratosphère : jet stream 350kmh^{-1}
- Mésosphère
- Thermosphère : température passe de -90 plus de 1200°C; les molécules s'ionisent sous l'effet de
 - vent solaire
 - RX
 - UV de courtes longueurs d'onde d'où ceinture de VanAllen
- Exosphère

c) Energie solaire et circulation atmosphérique

- Moteur essentiel : rayonnement solaire reçu
 - Flux des rayonnements plus élevé à l'équateur qu'aux pôles en raison de l'incidence des rayons solaires, de la saison et de l'heure
 - Albédo = énergie réfléchie/énergie incidente compris entre 0,3 et 0,4 soit 60% à 70% de l'énergie absorbé en chaleur; principaux réflecteurs : nuages, poussières atmosphériques, neige etc.
- Deuxième moteur : émission par la Terre d'un rayonnement de longueur d'onde 11 nm dont une très faible partie s'échappe, le reste est absorbé par vapeur d'eau, nuages et CO₂
- Bilan énergétique global de la Terre : actuellement égal à 0 (en général positif aux faibles latitudes = échauffement équatorial, et négatifs aux fortes latitudes : refroidissement des zones polaires)
 - (équilibre thermique surface terrestre/atmosphère) détermine température moyenne du globe : 13°C
 - Température effective de la terre = équilibre surface atmosphère / espace = -18°C
 - Différence = 31°C = effet de serre (atmosphère opaque aux infrarouges mais perméable aux longueurs d'ondes visibles) donc l'atmosphère réabsorbe une partie du rayonnement infrarouge émis en surface
 - Ce sont les différences localisées des gains et pertes d'énergies qui sont le moteur de la circulation atmosphérique et océanique : trois systèmes de vents dominants = alizés latitudes intertropicales; vents d'W latitudes moyennes et vents d'E latitudes polaire mais compliqué par couplage avec circulations océaniques

2- Une hydrosphère abondante : la planète "bleue"

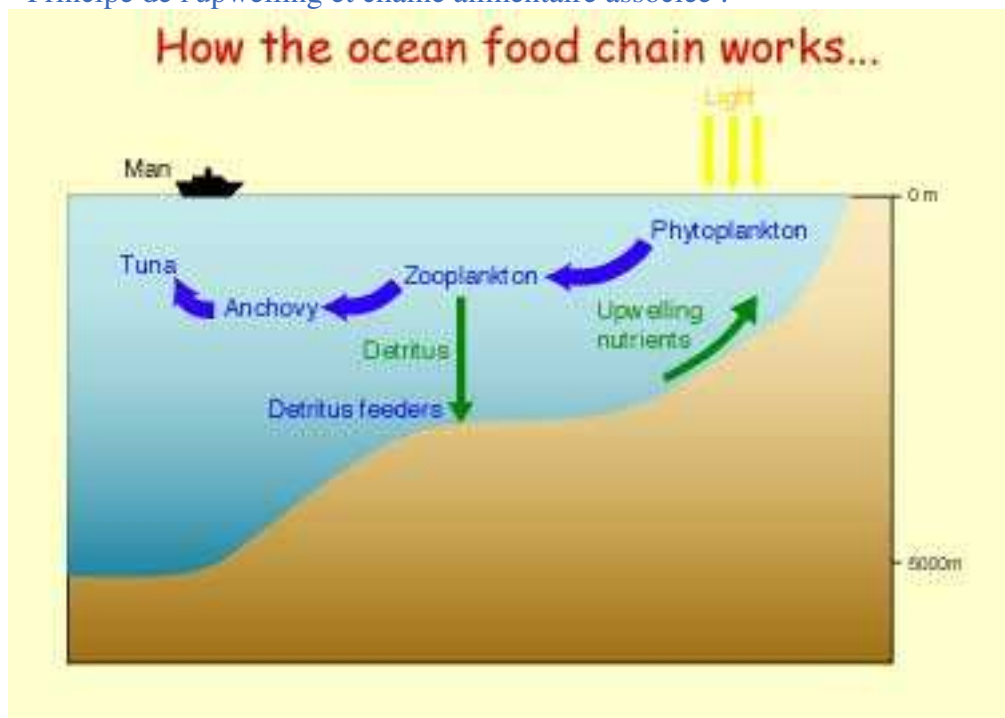
a) L'eau sur Terre

- eau sur trois formes : unique sur toutes les planètes connues

- évaluation des eaux souterraines : $330 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ soit 19% en volume de l'hydrosphère dont le total serait de $1700 \cdot 10^6 \text{ km}^3$
- eau de la croûte = 1 % et du manteau 0,05 % de son poids soit $2430 \cdot 10^{17} \text{ kg}$ d'eau+1500 soit 23% de l'ensemble hydrosphère + eaux interstitielles
- eau salée 97 ou 65,4% de l'hydro (suivant les calculs) : 35 pour mille de sels (Na Mg Ca K Cl SO_4^{2-}) : gigantesque distillerie cf flux moyens et érosion

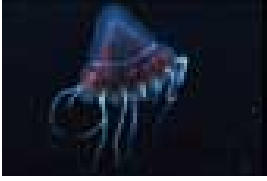
b) Courants océaniques

- houle et marées
- échauffement et rotation (Coriolis) dérivent vers la droite dans hémisphère boréal, vents et différences de salinité (plus lourdes et plus salées vers le fond en sens inverse du courant de surface)
- upwelling compense évapo et transport vers le large
- Principe de l'upwelling et chaîne alimentaire associée :

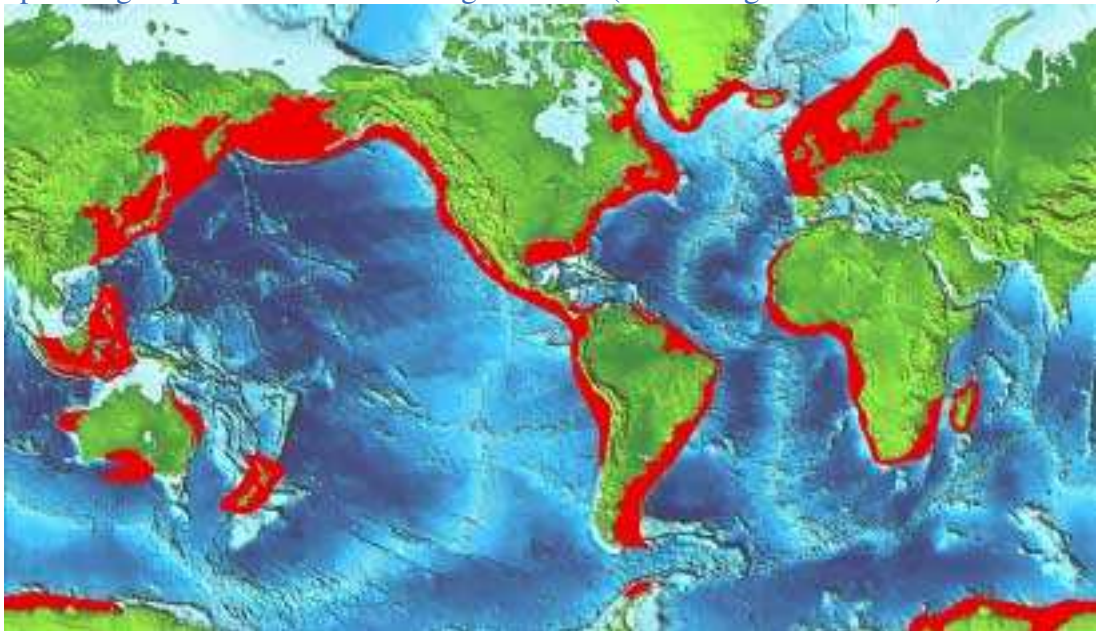


- Quelques éléments du plancton et de la chaîne alimentaire associée :

- phytoplankton : ex radiolaires (qq dizaines de microns)	
- herbivore de nourrissant du phytoplankton = zooplancton (qq mm) ex.1) amphipodes, 2) décapodes, 3) copepodes	 1)  2)  3)

- prédateurs du zooplancton (qq cm à dizaines de cm) : 1) méduses, 2) polychaetes, 3) calmar...	1)  2)  3) 
- Anchois (12 à 20 cm, durée de vie 3 ans) : se nourrit de tous les stades et type de plancton	

- Les zones de forte productivité océaniques se situent au niveau des courants d'upwelling et particulièrement le long des côtes (zones rouges sur la carte).



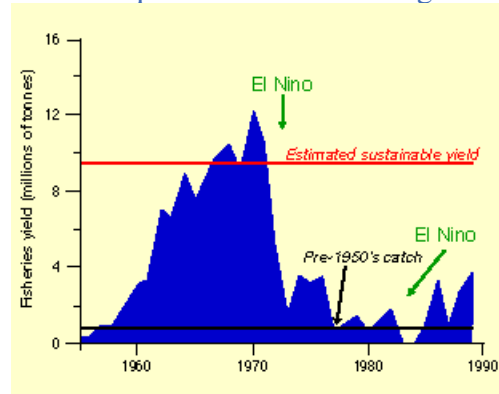
- Le courant d'upwelling de ces régions est dû aux courants profonds marins d'eau froide descendants qui provoquent un flux en masse remontant le long des marges continentales.
- Environ 90% de la biomasse des océans se situe dans ces zones (plus de 66000 fois plus productif que le reste de l'océan) dont seulement 0.2% sont pêchés au filet
- L'upwelling péruvien est le plus important de ces courants au monde (10 fois plus productif que les autres upwellings) et couvre environ 300 miles²
- Actuellement la pêche à l'anchois dans ces régions s'est industrialisée à l'extrême et seulement 5% est utilisé pour la consommation humaine, le reste pour la consommation animale

3- Couplages entre océans, atmosphère : les climats

- Influence du jet stream sur les courants marins
 - Perturbation cyclique des courants atmosphériques : El Nino :

Normalement, à la fin de l'année dans l'hémisphère Nord, qd l'été de l'hémisphère sud prend fin, un courant chaud remonte les côtes de l'Equateur et du Pérou remplaçant pendant quelques semaines le courant péruvien froid. Tous les 3 à 7 ans (1891, 1925, 1953, 1972, 1982, 1986, 1992, 1993, and 1997), ce contre courant est anormalement long

- Durant les phénomènes d'El Nino (modifications du jet stream) la température à la surface de l'océan peut s'élever de 3°C ce qui stoppe les phénomènes d'upwelling, le plancton est moins abondant, les anchois s'enfoncent plus en profondeur à la recherche d'eaux plus froides et plus riches en nutriments ce qui les met hors d'atteinte des filets. Les oiseaux qui s'en nourrissent migrent ou meurent.



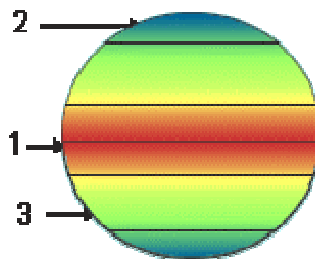
1) INTERTROPICAL : 3 climats :

- **équatorial** : une saison unique chaude et très pluvieuse toute l'année pour le climat équatorial
- **tropical** : deux saisons aussi chaudes l'une que l'autre, une humide et une sèche pour le climat tropical
- **désertique** : sont chauds et arides toute l'année

2) AU DELA DES CERCLES POLAIRES : climat **polaire** : très froid et sec toute l'année

3) DES TROPIQUES AUX CERCLES POLAIRES : 3 climats tempérés :

- **océanique** : l'hiver et l'été doux, pluvieux toute l'année
- **méditerranéen** : sec et chaud l'été
- **continental** : hivers très froids et étés chauds et orageux



[4- La biosphère]

III. Une géosphère hétérogène

1- L'épiderme de la Terre

a) Roches et minéraux de la croûte

a1) Les deux types de croûtes sont recouverts en surface de sédiments et roches sédimentaires

- 5% en volume, 75 % en surface couverte
- Principaux composants : Q, F, Argiles, calcite
- Classification des roches carbonatées selon texture DUNHAM ou nature des matrices et allochems FOLK

a2) La croûte continentales est essentiellement composée de roches métamorphiques

- Définition métamorphisme
- Transformation métamorphique fonction de 3 facteurs :
 - T
 - P
 - chimie de la roche. Les transformations sont isochimiques d'où notion de **séquence** métamorphique
 - pélitique : schiste/micaschiste/gneiss/ Leyptinite
 - Séquence carbonatée : calcaire / schiste / marbre / cipolin
 - séquence basique : schiste / prasinite / amphibolite / pyroxéite
- Eskola 1920 établit notion de **faciès** (assemblage de minéraux) qui tient compte des caractères de P et T et non de la chimie
 - ex. Schistes verts : association de chlorite + muscovite + amphibole + plagioclases
 - ex. amphibolite : association hornblende vert + épidote + albite + Micas + Andalousite / sillimanite / disthène
 - ex; éclogite : association omphacite + grenats
- Au delà du solidus du granite, on passe du métamorphisme au magmatisme (apparition d'une phase liquide qui interagit avec les minéraux).
 - Les formes intermédiaires sont les migmatites
 - Classification de Brousse Strekeisen

a3) La croûte océanique est essentiellement composée de roches basiques

basalte et gabbros cf T.P. roches et minéraux

b) Roches et minéraux du manteau

Observation d'affleurements dans des remontées tectoniques (enclaves)

- classification des péridotites
- texture grenue
- deux composants principaux :
 - phase ferromagnésienne : olivine et pyroxènes (classification fonction de rapport ortho / clino dans Strekeisen)
- Phase alumineuse en quantité moindre : plagio, spinelle et grenat : bons géobaromètres : permettent de savoir à quelle profondeur vient la péridotite

2- La Terre inaccessible

a) Masse de la Terre.

les propriétés astrophysiques de la Terre permettent de calculer

- sa Masse $M_T = 5.96 \cdot 10^{24}$ kg
- et son rayon $R_T = 6371$ à 6375 km
- d'où densité moyenne $\rho_{\text{moy } T} = 5.6$
- or on observe sur cont $\rho_{\text{cont}} = 2.7$ et $\rho_{\text{ocean}} = 2.9$ soit $\rho_{\text{croust moy}} = 2.8$ et $\rho_{\text{péridotite (manteau)}} = 3.2$ à 3.3

- donc il doit exister matériaux plus denses en profondeur.
- D'autre part, calcul du moment d'inertie de Terre donne $I = 0.4 MR^2$ or $I_{\text{mesuré}} = 0.33 MR^2$.
comme le moment d'inertie d'un corps en rotation autour d'un axe donne une idée de la répartition de la matière à l'intérieur du corps et que plus I est petit plus les masses sont proches de l'axe, on en déduit qu'il doit y avoir des masses proches de l'axe et denses.

b) Nécessité d'un noyau dense.

c) Renseignements apportés par les météorites

c1) Diversité des météorites

- Leur trajectoire laissent présumer qu'elles proviennent de la ceinture d'astéroïdes entre Mars et Jupiter

- Les chondrites

- 80 à 85 % des météorites connues
- Formées de chondres :
 - Structure : globules de silicates de taille millimétrique
 - Composition : Olivine, pyroxènes, Plagioclases + matrice cristallisée de même nature mais enrichies en Fer (jusqu'à 20 %), Nickel, Soufre et Calcium
- Particularités par rapport aux roches terrestres:
 - la présence de cristaux de fer métal réparti de manière homogène parmi les silicates.
 - Par comparaison, ce seraient les péridotites ferreuses qui se rapprocheraient le plus de la composition mais la répartition du Fer n'est pas homogène
- Quelques chondrites particulières : les chondrites carbonées ou C chondrites (principaux sous-groupes : CI, CM, CV, CO, CR, CK, et CH chondrites)
 - Trouvées en petit nombre : ex : Orgueil en France (entre Toulouse et Montauban, à 16 km au SSE de Montauban), Allende au Mexique
 - Compositions chimiques :
 - Possèdent des inclusions blanchâtres formées de Ti, Al et Ca
 - Formées dans des régions riches en oxygène avec un rapport $\delta^{17}\text{O}/\delta^{18}\text{O}$ différent de celui des autres chondrites (origine : ^{16}O anormalement élevé par rapport aux trois isotopes présents dans sur Terre; fourni par supernovae qui l'aurait explosée peut-être avant la formation du système solaire; seules certaines régions du disque galactique auraient été touchées par cet enrichissement)
 - La majorité du fer n'est pas sous forme métallique mais associée à des silicates, oxydes, ou dérivés soufrés.
 - La plupart contiennent de l'eau ou des minéraux altérés par l'eau, ainsi que
 - Contiennent environ 5 % de carbone ou composés organiques, surtout pour celles qui n'ont pas subi de fortes températures au cours de leur histoire (certaines n'ont jamais atteint de température supérieure à 50 °C)

- Les achondrites

- Représentent 15 % des météorites
- Pas de chondres et moins riches en métaux (Fer, nickel)
- Trois principaux types :
 - Basaltiques
 - A composition de péridotite terrestre : pauvres en Ca et Fe
 - Sidérites : composées d'un alliage Fe-Ni pour 5 à 10 % de Ni

c2) Renseignements fournis par les météorites

- Les chondrites :
 - Ont même composition chimique que le Soleil hormis H et gaz rares

- Elles reflètent la composition chimique globale de la Terre
- Datation méthode couple radioactif U/Pb :
 - $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ de période 4,5 milliards d'années,
 - $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$ période $0,7 \cdot 10^9$ ans;
 - $^{232}\text{Th}/^{208}\text{Pb}$ période $14 \cdot 10^9$ ans
 - Résultat : $4,555 \pm 0,005$ milliards d'années (Ga)
- Les chondrites présentent des anomalies isotopiques : par ex., elles contiennent du Xénon 129 en excès par rapport à la composition solaire. Cet excès peut provenir de la désintégration radioactive d'un élément radioactif aujourd'hui disparu : l'Iode 129 dont la période est très courte (17 Ma Millions d'années). On peut, par radiochronologie, remonter à la durée de formation des chondrites : en 15 Ma. Les premières chondrites formées furent les chondrites carbonées
- CONCLU : Echantillons du produit primitif à partir duquel les planètes dont la Terre se sont formées, il y a 4,55 Ga
- Les achondrites ont la composition des enveloppes de la Terre :
 - les achondrites Basaltiques ont la composition de la croûte océanique
 - les achondrites a composition de péridotite terrestre traduisent la composition du manteau terrestre
 - les Sidérites traduisent la composition du Noyau
 - CONCLU : Le Fer qui était présent de manière homogène dans les chondrites se retrouve dans des météorites différentes : on dit qu'elles sont différenciées. Elles ont 10 à 30 Ma de moins que les chondrites.
- BILAN : d'après les observations des météorites, la Terre peut apparaître comme le résultat de la différenciation d'un corps solide de nature chondrique.

Nous allons préciser sa structure interne en couches concentriques et détailler les variations de composition chimique dans le chapitre suivant