

LJM :::1COLEGE JACQUES MOUDEINA DE BONGOR

Formesoutra.com
ça soutra!

CLASSE : 1^{ère} C

DEPARTEMENT : S.V.T

COURS DE BIOLOGIE

1^{ère}

M.AHAMAT YOASSINA MAGLOIRE

Professeur de S.V.T

Partie I – LA GEODYNAMIQUE EXTERNE

Chap.1 : Mouvements atmosphériques et mouvements océaniques (2h) – p3

Chap.2 : De la roche-mère aux sédiments (5h) – p9

Partie II – LA GEODYNAMIQUE INTERNE

Chap.3 : Structure interne et source de chaleur de la terre (4h) - p17

Chap.4 : Les mouvements des plaques lithosphériques (8h) - p22

Partie III – METABOLISME ENERGETIQUE

Chap.5 : Quelques voies de régénération d'énergie par les organismes (8h) – p31

Chap.6 : Dépense énergétiques des organismes (5h) – p39

Chap.7 : Flux d'énergie et cycle du carbone dans les écosystèmes (10h) – p43

Partie IV – EDUCATION ENVIRONNEMENTALE

Chap.8 : Education environnementale (3h) – p46

Partie I – LA GEODYNAMIQUE EXTERNE

CHAP.1 –

MOUVEMENTS ATMOSPHERIQUES ET MOUVEMENTS OCEANIQUES

OPO : Déterminer l'influence du rayonnement solaire sur les enveloppes externes de la planète terre.

INTRODUCTION

L'atmosphère et les eaux océaniques ne sont pas immobiles. L'atmosphère est animée de mouvements permanents notamment dans sa partie la plus basse et les eaux océaniques sont affectées pour une circulation aussi bien à leur surface qu'en profondeur.

I – LE RAYONNEMENT SOLAIRE

Un rayonnement solaire est une radiation lumineuse envoyée sur la terre par le soleil.

1° - Origine de l'énergie reçue par la terre

Le soleil est une immense boule de feu située à 150 millions de km de la terre. Les différentes radiations électromagnétiques qui composent la lumière blanche venant du soleil sont caractérisées par leur longueur d'onde : 400 nm (le violet) à 700nm (le rouge).

a) – La constante solaire

La constante solaire ou flux solaire est le rapport existant entre l'énergie du rayonnement solaire reçu et la surface ayant reçu cette énergie. La valeur de l'énergie solaire ou constante solaire qui est évaluée grâce à un radiomètre donne une valeur de 350W/m^2 .

b) – Les réactions de fusions nucléaires au cœur du soleil

La t° régnant dans la région centrale du soleil est estimée à 15 millions de degré environs. A cette t° , la matière solaire constituée à 92% d'hydrogène, 7,8% d'hélium et 0,2% d'atomes plus lourds que l'hélium est à l'état de plasma gazeux.

L'énergie solaire provient des réactions thermonucléaires de fusion de 4 atomes d'hydrogène en un atome d'hélium, fusion qui s'accompagne d'une disparition de la matière nucléaire qui est convertie en une quantité énorme d'énergie libérée sous forme de rayonnement gamma et véhiculée par les photons qui s'échappent.

Ces réactions vont permettre au soleil d'avoir une durée de vie d'environ 10 milliards d'années.

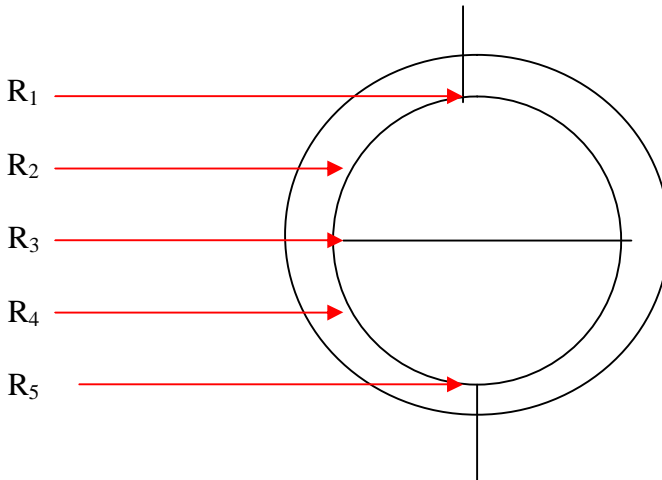
2° - Le devenir du rayonnement solaire à la surface de la terre

Le rayonnement solaire peut être mesuré grâce au luxmètre ou au radiomètre.

Le luxmètre permet de mesurer la quantité d'énergie incidente et la quantité d'énergie réfléchie. Il permet donc de calculer l'albédo

Le radiomètre est un appareil de télédétection par satellite qui permet de mesurer la façon dont les objets terrestres réfléchissent les radiations lumineuses de différentes longueurs d'ondes.

a) - La répartition de l'énergie solaire à la surface du globe



L'énergie solaire est inégalement répartie. Les rayons solaires sont inclinés par rapport à la surface du sol :

- En un point du globe selon les heures de la journée et selon les saisons

- En fonction de la latitude

- La masse atmosphérique traversée augmente quand l'angle d'incidence des rayons solaires diminue.

La quantité d'énergie solaire reçue au sol par unité de surface est moins en moins importante lorsqu'on va des régions équatoriales vers les régions polaires :

- A l'équateur : les rayons solaires traversent une faible couche atmosphériques et sont perpendiculaires au sol, d'où l'existence d'une

faible surface de contact au niveau du sol et par conséquent il y a une grande concentration d'énergie.

- Aux pôles, les rayons solaires qui traversent une couche atmosphérique importante sont rasants, d'où l'existence d'une grande surface de contact au sol et par conséquent une faible concentration d'énergie solaire.

Par ailleurs, l'atmosphère absorbe d'autant plus la chaleur qu'elle est épaisse ; raison pour laquelle il fait plus froid au niveau des pôles qu'à l'équateur.

b) – La notion d'albédo

La surface du sol et les nuages ont un rôle réflecteur.

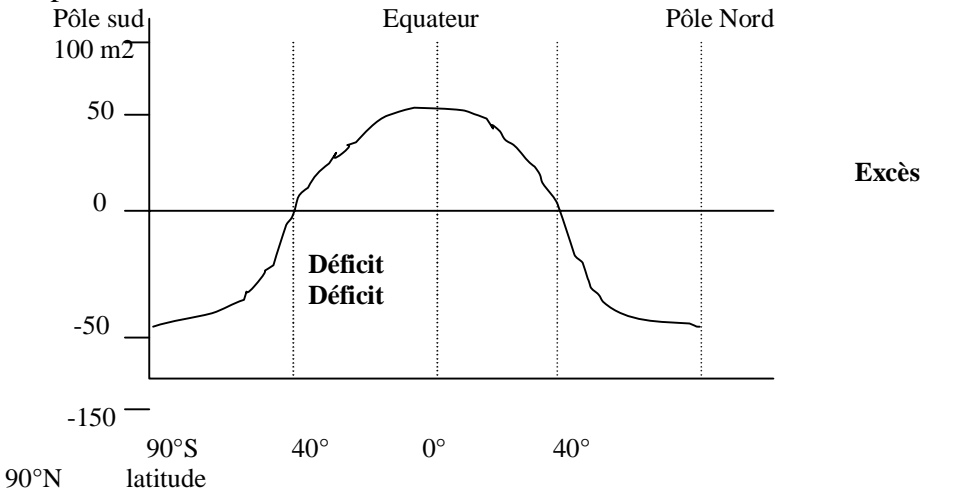
L'albédo est le rapport de l'énergie réfléchie sur l'énergie incidente. L'albédo permet de connaître la valeur de l'énergie absorbée par un corps. Ainsi, concernant la terre, l'énergie incidente est de 342W/m^2 ; l'énergie réfléchie est de 77W/m^2 (énergie réfléchie par l'atmosphère) + 25W/m^2 (énergie réfléchie par le sol).

L'albédo de la terre est donc égal : $\frac{77+25}{342} = 0,29 \approx 0,3$

30% de l'énergie reçue par la terre est réfléchie et 70% absorbée.

c) – Le bilan radioactif

Le bilan radioactif est la différence entre l'énergie qu'absorbe la terre et l'énergie qu'elle émet sous forme de rayonnement infrarouge vers l'espace.



Le bilan radioactif global de la terre est nul mais il existe des déséquilibres locaux : Il est excédentaire au niveau de l'équateur et déficitaire au niveau des pôles. Les régions excédentaires vont subir un transfert de l'énergie ; ce qui tend à rétablir l'équilibre.

Ce déséquilibre constaté est à l'origine des déplacements des masses d'air

II – LES MOUVEMENTS ATMOSPHERIQUES

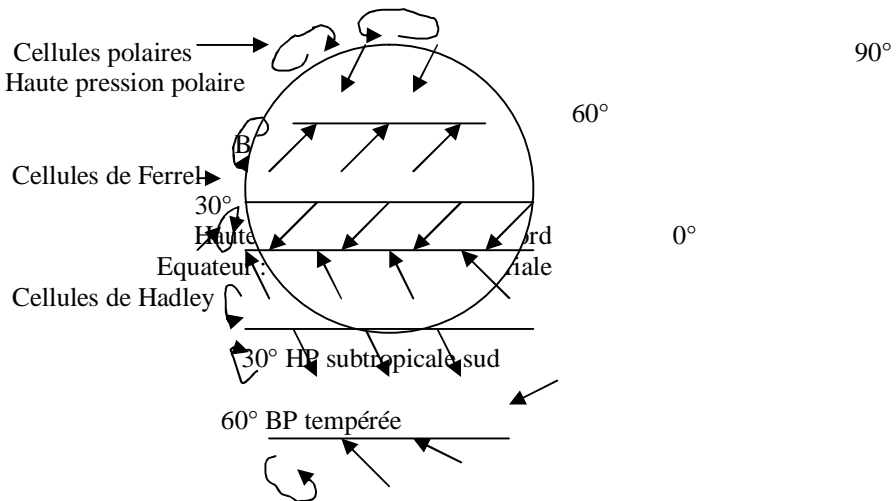
Les masses d'air sont animées par les mouvements verticaux engendrés par les différences de densité créées par la température et par les mouvements horizontaux engendrés par les différences de pression.

Au niveau de l'équateur, les masses d'air échauffées montent deviennent moins denses et s'élèvent. Cet air se refroidit au sommet de la troposphère, devient dense et redescendent au niveau des tropiques.

Le retour à la latitude initiale est assuré par les vents de surface. La circulation s'effectue alors dans les cellules de convection de la zone équatoriale qu'on appelle cellule de Hadley.

Dans les régions polaires (latitudes élevées), l'air trop froid est plus lourd (dense) ; ce qui crée au sol une zone de haute pression polaire. Cet air va glisser au sol vers les latitudes tempérées (60°) où se trouve une zone de basse pression et monter en direction des pôles, créant des cellules dites cellules polaires.

Les masses d'air se déplacent des zones de haute pression appelées anticyclones ou zones de descente d'air froid (tropiques et pôles) vers les zones d'ascendance d'air ou zones de basse pression appelées dépressions ou cyclones.





Les circulations troposphériques

Les mouvements des masses sont affectés par des forces dues à la rotation de la terre : les forces de Coriolis qui dévient les vents vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère sud.

La pression atmosphérique est le poids de l'air au-dessus d'un lieu. Les points de même pression atmosphérique sont appelés les points isobares. Elle s'exprime en Pascal et se mesure avec un baromètre.

III – LES MOUVEMENTS OCEANIQUES

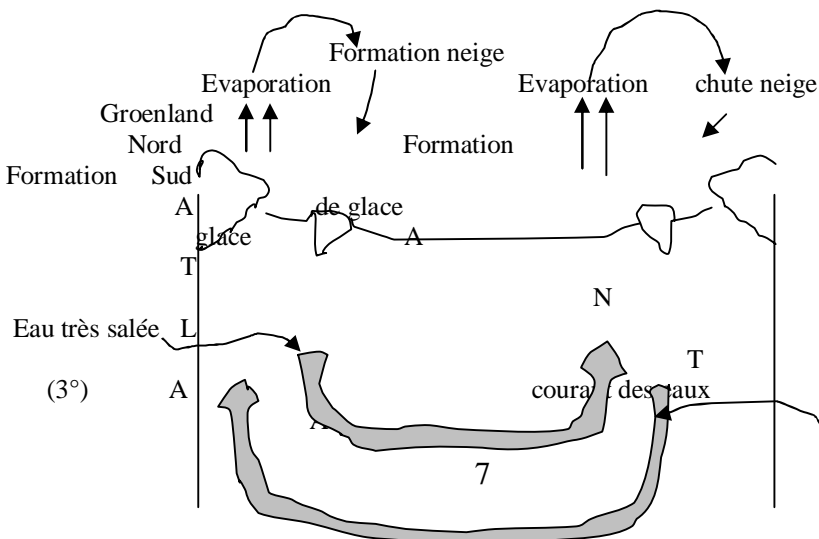
On distingue : les courants superficiels et les courants profonds.

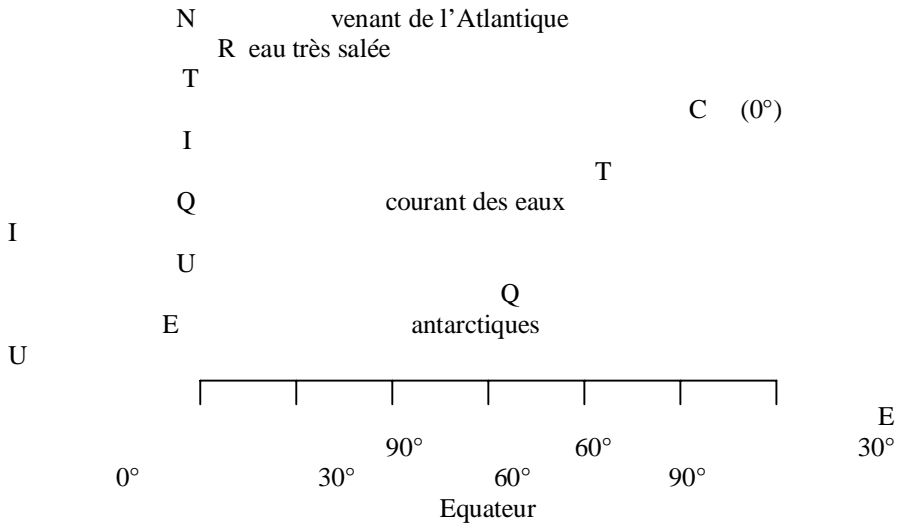
Les vents affectent les couches océaniques superficielles. Les différences de densité des eaux de mer liées à la t° et à la salinité entraînent des mouvements océaniques profonds :

- A une même t° , l'eau salée est plus dense que l'eau douce
- La densité de l'eau de mer augmente lorsque la t° diminue

T° et salinité sont 2 paramètres qui gouvernent la distribution des eaux océaniques appelée circulation thermohaline :

L'eau superficielle chaude et de faible salinité remonte dans l'Atlantique Nord s'évapore, gèle partiellement, se sursale, plonge au niveau de l'Islande et du Groenland, puis se répand vers l'Atlantique sud en une circulation profonde, froide et salée. Elle diffuse ensuite dans l'Océan indien et dans l'Océan Pacifique où un réchauffement et une baisse de salinité due aux pluies et aux eaux de fleuves induit son retour en surface au niveau de l'Antarctique ; Elle gèle, se sursale et plonge à nouveau vers l'Atlantique Nord.





La circulation thermohaline

Une thermocline = profondeur au-dessous de laquelle la t° des eaux océaniques ne varie pas au cours de l'année (t° voisine de 3°)

CONCLUSION

L'énergie solaire est inégalement répartie à la surface de la terre. Ce déséquilibre est à l'origine des mouvements atmosphériques et océaniques.

CHAP.2 -

DE LA ROCHE-MERE AUX SEDIMENTS

- OPO** :
- Identifier les étapes de la transformation d'une roche
 - Déterminer les principaux agents de transport des sédiments
 - Expliquer le phénomène de diagenèse
 - Représenter le cycle sédimentaire
 - Définir paléontologie
 - Expliquer la notion de paléogéographie et paléoécologie

INTRODUCTION

Dès qu'elles se trouvent en contact de l'hydrosphère et de l'atmosphère, les roches subissent des transformations et les produits issus de l'érosion participent à la formation des sédiments.

I – ALTERATION ET EROSION DES ROCHES

1° - L'altération des roches

L'altération est la dégradation des roches sous l'action des agents chimiques, physiques ou biologiques.

Exemple : altération du granite

On observe sur un massif granitique des fissures ou diaclases qui sont des zones d'attaque des eaux de pluie et d'infiltration.

Il se désagrège et les minéraux qui le constituent (quartz, mica, feldspaths) se séparent : les micas et les feldspaths se décomposent les premiers pour donner l'argile, le quartz très dur résiste et donnera le sable.

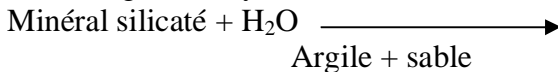
Les agents de l'altération mécanique sont : l'eau, les écarts thermiques, le phénomène de gel et dégel, les agents biologiques (les racines de végétaux élargissent les fissures des roches et produisent des substances acides).

Il existe une altération physique ou mécanique et une altération chimique.

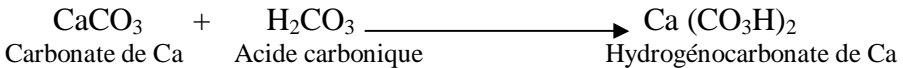
a) – L'altération chimique

L'action de l'eau sur le massif granitique est à la fois mécanique par l'effet de gel et de dégel, chimique due à son enrichissement en CO₂ L'eau chargée de CO₂ :

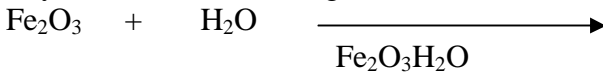
- hydrolyse les minéraux silicatés (micas, feldspaths) qu'elle transforme en argile et oxydes.



- Transforme les roches carbonatées en hydrogénocarbonates.



- hydrate les roches ferrugineuses



Hématite rouge

Goethite brune

Les lichens et les bactéries décomposent directement les roches.

b) – L'altération physique

Les racines des arbres au cours de leur croissance élargissent les diaclases et secrètent des substances acides qui peuvent hydrolyser les minéraux.

Les roches peuvent être attaquées par les écarts thermiques, les eaux de ruissellement, le vent et la foudre.

2° - L'érosion

L'érosion est le processus qui est responsable du déplacement des matériaux résultant de l'altération des roches. C'est un processus essentiellement physique, d'arrachement des matériaux à la roche-mère. Il succède à l'altération.

Les agents de l'érosion sont : l'eau, le vent.

II – TRANSPORT ET DEPOT DES PRODUITS D'ALTERATION ET D'EROSION

Les produits d'altération et d'érosion sont transportés sous forme de particules solides (galets, sable, graviers,..) ou sous forme d'ions en solution.

1° - Transport et dépôt des particules solides

La granulométrie et la vitesse du courant d'eau contrôlent le transport et le dépôt des particules solides.

a) – La granulométrie

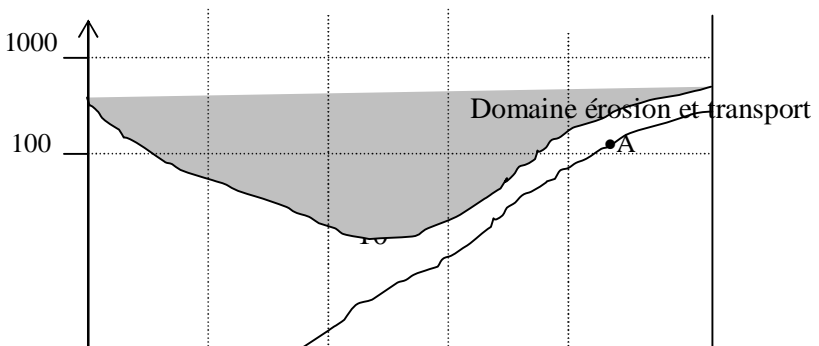
C'est la répartition selon leur taille des éléments d'une roche. Elle permet de fournir des renseignements sur le mode de transport des matériaux, la durée et les conditions de transport de ces matériaux. : Dans une rivière, un courant de 100 cm/s par exemple, emporte les cailloux de la taille du poing, seuls les gros blocs peuvent rester sur place.

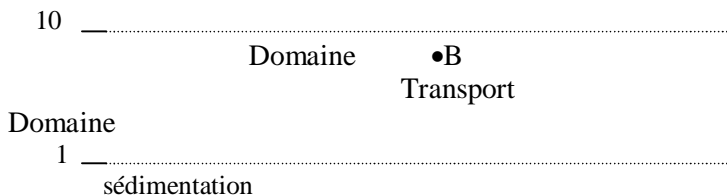
b) – La vitesse du courant

Elle permet de constater que lorsque la vitesse du courant diminue, les particules se déposent dans un ordre régulier : gros blocs, graviers, sables, limons.

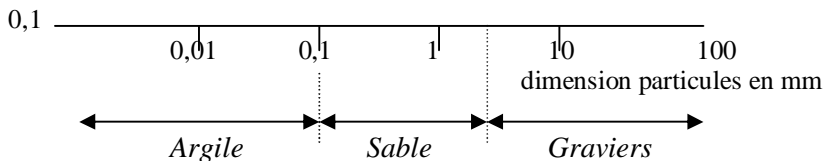
c) – Etude du diagramme : 'Erosion-transport-sédimentation'
(d'après Hjulotröm)

Vitesse du courant en cm.S^{-1}





•C



Comportement des particules sédimentaires en fonction de la vitesse du courant et de leur granulométrie

Analyse du diagramme : prenons les particules de 0,1 mm

-En A, l'eau qui circule à une vitesse de 100cm.S-1 sépare les particules, les transporte et les entraîne vers le bas-fond : il y a érosion.

-En B, l'eau peut transporter ces mêmes particules si on les jette dans le courant, mais ne peut les arracher du fond : il y a exclusivement transport.

-En C, l'eau ne peut pas transporter ces particules même si on les jette dans le courant : il y a sédimentation.

d) – Les agents de transport

Les agents de transport des matériaux solides sont : l'eau de ruissellement (cours d'eau), les vents, la gravité et les glaciers.

2° - transport et précipitation des ions en solution

a) – Transport des ions en solution

Les principaux ions transportés sont : Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- (hydrogencarbonate).

Les ions en solution sont transportés quelque soit la vitesse du courant. Dans une eau stagnante, ces éléments dissous ne se déposent que s'ils deviennent insolubles.

b)– précipitation des ions en solution

La précipitation est phénomène qui s'opère quand un corps insoluble se forme dans un liquide et tombe au fond du récipient. Elle est due à la variation de la t° , du PH et de la diminution de la teneur en CO_2 dissout.

Exemple: La précipitation du carbonate de calcium dans les eaux chargées d'hydrogénocarbonate de calcium est déclenchée par une diminution de la teneur en CO₂ dissout.



Le départ du CO₂ peut être dû à plusieurs phénomènes : élévation de la t°, variation des concentrations salines liées à une évaporation, lorsque les organismes photosynthétiques prélèvent le CO₂ ou lorsque la teneur de l'atmosphère en CO₂ s'appauvrit.

Ce phénomène permet d'expliquer pourquoi c'est dans les mers chaudes actuelles qu'on voit se déposer une grande quantité de calcaire.

III – LA SEDIMENTATION

La sédimentation est l'ensemble des phénomènes au cours desquels les matériaux transportés se déposent dans un bassin.

L'ensemble des phénomènes qui assurent la formation des roches sédimentaires à partir des sédiments issus de l'altération est appelé *diagenèse*. La diagenèse comprend 4 étapes :

- La compaction : les sédiments qui s'accumulent dans un basfond subissent après plusieurs années une pression due au poids des nouveaux sédiments. Ceci crée une perte d'eau et une réorganisation des particules.
- La cimentation : les substances minérales dissoutes qui circulent dans les sédiments forment un ciment qui soude les sédiments
- La recristallisation : Les sédiments qui s'enfouissent dans les profondeurs subissent l'action du gradient géothermique. La t° élevée va dissoudre certains minéraux et ces derniers vont nourrir d'autres qui redeviendront plus gros.
- La métasomatose qui est une substitution d'un minéral par un autre sans changement de volume.

1° - L'origine des roches sédimentaires

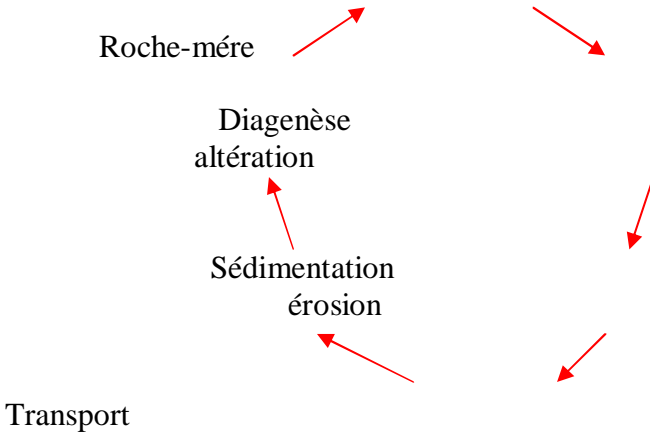
- Origine détritique : les sédiments détritiques résultent de la destruction des roches préexistantes. Exple : sable, grés, argile.
- Origine chimique : proviennent de la précipitation des substances en solution. Exple : gypse, sel gemme, sel de cuisine, calcites (calcaires cristallisés), les travertins (calcaires contenant des empreintes de feuilles), les évaporites (association de chlorure, sulfates et carbonates)

- Origine organique ou biologique ou biochimique : résultent de la transformation chimique d'organes morts ou non. *Exple* : pétrole, houille.

2° - Classification des roches sédimentaires:

Type activité géologique subie par la roche-mère	Produits de l'activité	Famille des roches sédimentaires	Exemples
Erosion	Débris et détritits	Roches sédimentaires détritiques	Sable, grés, argile
Altération	Solutions	Roches sédimentaires chimiques	Calcaires, gypse, sel gemme, dolomites
		Roches sédimentaires organiques	Pétrole, charbon, gaz naturel
	Mariaux d'altération	Roches sédimentaires résiduelles	Latérites, bauxites, shales, argiles résiduelles

3° - Cycle de formation :



Cycle sédimentaire

III - NOTION DE PALEONTOLOGIE

La paléontologie est l'étude des fossiles. Les *fossiles* sont les restes des êtres vivants du passé ou les traces de leurs activités, conservés dans les sédiments.

Un fossile vivant est un être archaïque représentant un groupe d'êtres vivants tendant à disparaître. *Exple* : le Nautilite.

Le processus par lequel ces restes ou ces traces d'activités sont conservés est appelé fossilisation.

Les conditions de fossilisation sont :

- Présence des agents de conservation : sédiments, glaces, cendres : pour un enfouissement possible

- Echapper aux agents de destruction : agents atmosphériques (vents, pluies, humidité), agents de dissolution (substances chimiques), agents biologiques (bactéries, animaux mangeurs de cadavres).

Dans certains cas, un cadavre d'un animal enfoui dans un sédiment disparaît en laissant sur place la forme de l'animal : on parle de *moulage*. Le moule peut être externe ou interne.

IV - RECONSTITUTION DES MILIEUX SEDIMENTAIRES ANCIENS

1° - Par la sédimentologie

Les roches sédimentaires conservant toujours les indices qui renseignent sur l'origine de la roche, ses conditions de formation, de transport, de dépôt et les altérations qu'elle a subies. Cela permet pour une région de reconstituer son histoire. *Eple* : les éléments de grande taille (roches polies) suggèrent un transport court et un dépôt rapide par un courant violent continental. Les éléments organiques prédominants (boues, argile rouge) suggèrent un milieu marin.

2° - Par la paléontologie

On distingue 2 types de fossiles :

- Les fossiles stratigraphiques : permettent la datation des roches sédimentaires.

- Les fossiles de faciès : renseignent sur le mode et les conditions de formation des roches sédimentaires.

Tableau de comparaison des fossiles de faciès et stratigraphiques :

Types de fossiles	Fossiles stratigraphiques	Fossiles de faciès
Facteurs de comparaison		
Aire de répartition	Vaste	Restreinte
Durée de vie	Courte	Longue
Evolution	Rapide	Lente

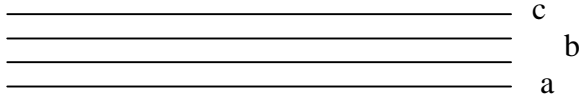
V - NOTION DE STRATIGRAPHIE

La stratigraphie est l'étude de la disposition des couches sédimentaires qu'on appelle strates.

1° - La chronologie relative

Elle se base sur les 3 principes stratigraphiques ci-après :

- Le principe de superposition des couches : une couche est plus récente que celle qu'elle recouvre mais plus ancienne que celle qui la recouvre.



a est plus ancienne que b et c.

- Le principe de continuité : une couche de terrain continu et de composition homogène est de même âge sur toute son étendu.



- Le principe d'identité paléontologique : les couches de terrain qui présentent les mêmes fossiles stratigraphiques sont contemporains.



2°- La chronologie absolue

La chronologie absolue permet de donner des dates chiffrées, précises. Elle utilise plusieurs méthodes :

- La méthode de la radioactivité : le carbone 14 fixé par les êtres vivants se désintègre après leur mort. Le temps pendant lequel 50% de C_{14} se désintègre est appelé période ou demi-vie et est égal à 5600 ans. Il suffit de doser la radioactivité de C_{14} contenu dans les bois ou coquilles fossiles pour connaître l'âge absolu de la roche

L'Uranium 238 (U_{238}) se désintègre en plomb 206 et en hélium ; sa période est de 4560.10^6 années.

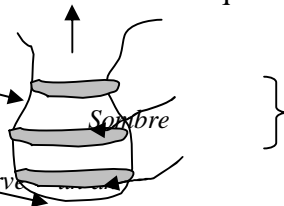
- La méthode des varves : Le mot varve désigne le mot suédois varv qui signifie répétition périodique. Les varves sont des couches sédimentaires déposées dans les vases à la suite de la fonte des glaciers. Les couches déposées en hiver sont sombres et en été elles sont claires. Les dépôts clairs et sombres alternent et chaque rythme est appelé une varve et représente un an.

Dépôt clair en hiver

Dépôt sombre en été

Clair

une varve



- La méthode des anneaux du tronc d'un arbre : chaque année représente une année, les anneaux minces caractérisent une sécheresse et les anneaux épais un climat favorable.

3° – Les relations entre les couches de terrain

Dans une série sédimentaire, lorsque les couches se succèdent sans interruption, on dit que cette série est continue. Mais lorsqu'une seule ou plusieurs couches manquent, il y a lacune et la série est dite discontinue.

La concordance est la disposition parallèle (couches tabulaires) des couches de terrain dans une série sédimentaire. La discordance est le fait pour les couches de terrain de reposer sur des couches qui ne leur sont pas parallèles.

La transgression est l'avancée de la mer vers les continents et la régression est le retrait de la mer.

Un cycle sédimentaire est la période comprise entre une transgression et une régression. Lorsqu'il y a succession de plusieurs cycles sédimentaires dans un bassin, on parle de série sédimentaire.

VI – NOTION DE PALEO GEOGRAPHIE

La paléogéographie est la reconstitution de la position et des caractéristiques des continents au cours des temps géologiques. Elle s'intéresse aussi à la répartition des flores et des faunes fossiles, ainsi qu'à l'extension des surfaces marines.

VII – NOTION DE PALEO ECOLOGIE

La paléoécologie est la reconstitution des environnements passés et des relations existant entre les différentes espèces et leur milieu. Elle fait appel entre autre aux fossiles de faciès. *Exple* : la présence des pollens fossiles indique qu'il existait des spermaphytes dans le milieu.

CONCLUSION

Les roches sont toujours soumises aux processus chimique et physique d'altération ; les matériaux issus de cette transformation sont transportés notamment par l'eau dans les zones de dépôt, lieux au niveau desquels ces matériaux se constituent en roches sédimentaires.

Partie II – LA GEODYNAMIQUE INTERNE

CHAP.3 STRUCTURE INTERNE ET SOURCE DE CHALEUR

DE LA TERRE

- OPO** :
- Nommer les 3 types d'ondes sismiques et leurs propriétés respectives
 - Nommer et décrire les différentes enveloppes internes du globe
 - Décrire les propriétés physiques et chimiques des enveloppes du globe
 - Expliquer l'origine de l'énergie interne de la terre et sa dissipation

INTRODUCTION

Les connaissances sur la structure interne du globe reposent sur un ensemble de données : manifestations volcaniques et sismiques qui sont en effet des manifestations des forces internes du globe.

I – ELEMENTS DE SISMOLOGIE : Propagation des ondes sismiques

Lors d'un séisme, l'énergie accumulée dans les roches est libérée et se dissipe sous forme d'ondes sismiques qui se propagent à partir du foyer du séisme encore appelé hypocentre. Le point de la surface situé à la verticale qui a tremblé avec le plus de force est appelé épïcêtre.

On distingue 3 principaux types d'ondes :

- Les ondes P appelées ondes premières ou primaires : elles sont les plus rapides et les premières à être ressenties lors d'un séisme ; ce sont des ondes longitudinales de compression et décompression (dilatation). Elles se propagent dans les milieux solides, fluides et même dans l'air. Les particules se déplacent parallèlement à la direction de propagation de l'onde. Les ondes P sont responsables des bruits sourds qu'on entend au début d'un séisme. Elles vont en profondeur, d'où leur nom d'

- Les ondes S ou ondes secondes : le déplacement des particules est perpendiculaire à la direction de propagation. Ce sont donc des ondes transversales de cisaillement. Elles ne se propagent que dans les milieux solides. Elles sont plus destructrices que les ondes P.

- Elles sont les plus lentes, les plus amples, les plus destructrices qui ne se propagent que dans les couches superficielles de la terre. Ce sont les ondes de surface qui causent des dégâts aux constructions et qui sont à l'origine des mouvements complexes du sol.

a) – La vitesse des ondes sismiques

La vitesse des ondes varie selon le milieu traversé. Elle dépend des propriétés du milieu : densité et résistance au cisaillement. Un brusque changement traduit un changement des propriétés du milieu. Ce changement peut être physique (densité) ou chimique (composition).

b) - Comportement des ondes en cas de changement de milieu

Lorsqu'une onde sismique passe d'un milieu à un autre de nature différente, sa vitesse de propagation sera modifiée et conséquemment sa trajectoire sera déviée.

On appelle discontinuité, l'interface ou la surface de contact entre 2 milieux de nature ou de vitesses de conduction différente.

Le comportement des ondes P et S (ondes dites élastiques) à l'intérieur du globe suit les lois de l'optique géométrique : lorsque les propriétés du milieu changent, elles sont réfléchies et réfractées.

Comportement des ondes P et S lors d'un changement du milieu

Les lois de Descartes étudiées en optiques s'appliquent pour calculer les modifications de trajectoire du rai sismique.

V_1 = vitesse de propagation des ondes dans le milieu 1

V_2 = vitesse de propagation des ondes dans le milieu 2.

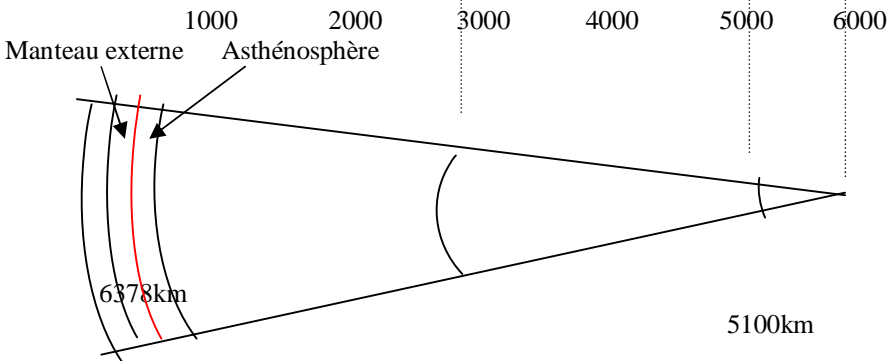
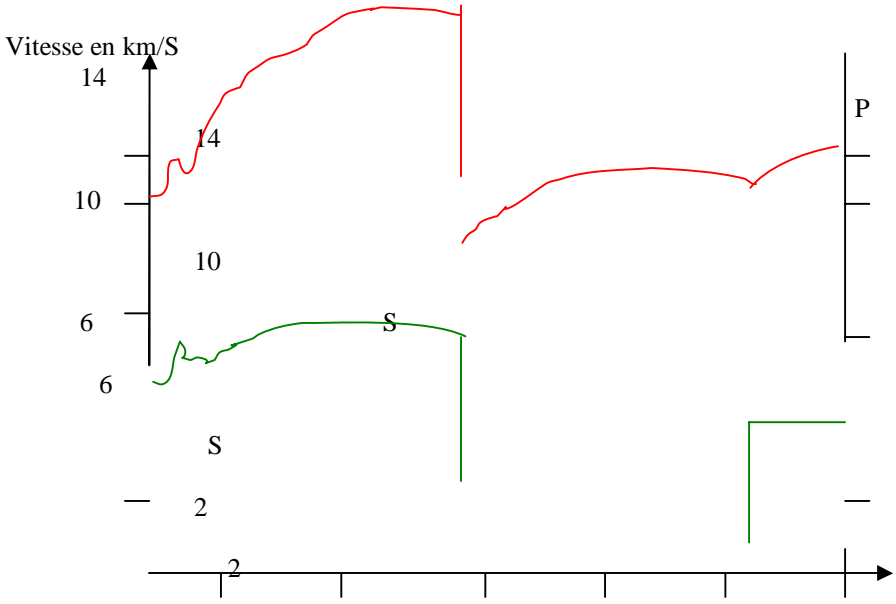
$V_1 > V_2$; $i = i'$;

$i > r$

$$\boxed{V_1 \sin r = V_2 \sin i}$$

II – STRUCTURE INTERNE DU GLOBE

1° - Discontinuités et structure de la terre



Ecorce
Gutenberg

Lithosphère

Moho

D. de Lehmann

Discontinuité de

Variation des ondes P et S en fonction de la profondeur et de la structure de la terre

4 discontinuités sont à identifier dans le globe terrestre :

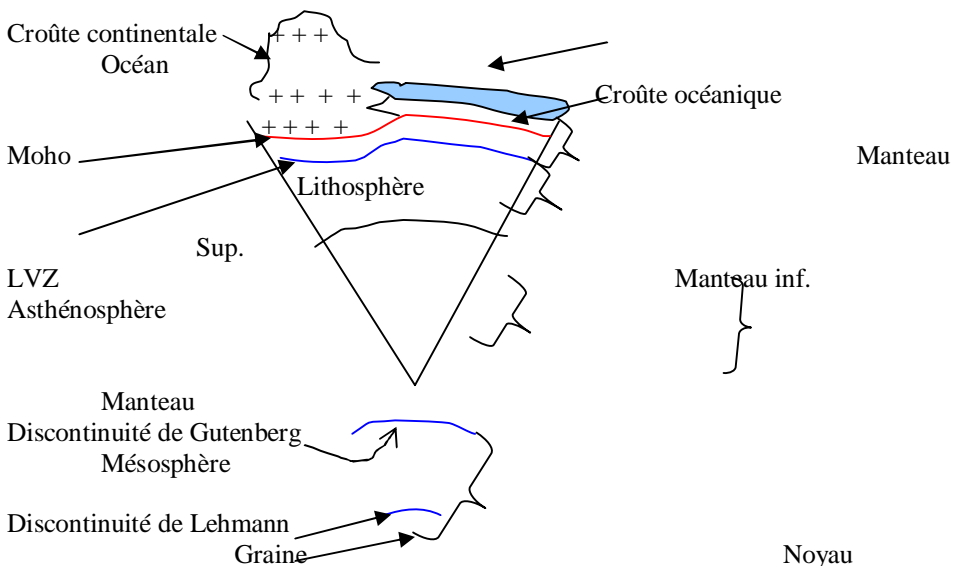
- La discontinuité de Mohorovicic ou Moho : situé entre 7 et 60 km, elle marque la limite entre la croûte terrestre et la manteau. Elle correspond à une variation de la composition chimique des matériaux et non à un changement d'état de la matière qui reste solide.

- La L.V.Z (Low velocity zone), entre 100 et 200 km de profondeur : Elle marque la limite inférieure de la lithosphère rigide et l'asthénosphère

- La discontinuité de Gutenberg aux environs de 2900 km : c'est la limite entre le manteau inférieur solide et le noyau externe liquide.

- La discontinuité de Lehmann située à environ 5100 km : observée entre le noyau supérieur et le noyau inférieur solide ou graine.

2° - Les enveloppes internes du globe et leurs propriétés physico-chimiques



Coupe schématique du globe terrestre

Le globe terrestre est formé de 3 couches concentriques :

- La lithosphère : très rigide, correspond à l'écorce et à la partie superficielle du manteau. Elle est découpée en plaques qui n'ont pas la même composition, ni la même rigidité :

◆ La croûte océanique : située entre 0 et 7 km., est constituée de roches basaltiques surmontant les gabbros et les péridotites.

◆ La croûte continentale : située entre 0 et 30 km., les roches continentales qui affleurent à la surface du sol sont très variées ; néanmoins les plus fréquentes sont les granites.

La composition chimique est le silice et l'alumine (sial)

- L'asthénosphère : visqueuse, supporte la lithosphère et descend jusqu'à 700 km environs de profondeur. La lithosphère et l'asthénosphère forment le manteau supérieur.

La composition chimique est le silice et le magnésium (sima)

- La barysphère (noyau externe et graine) : liquide en périphérie et solide en profondeur.

La composition chimique est le nickel et le fer (nife)

III - ORIGINE DE L'ÉNERGIE INTERNE DU GLOBE TERRESTRE ET SA DISSIPATION

1° - Origine de l'énergie interne

L'observation des manifestations volcaniques et hydrothermales (source eaux chaudes), le gradient géothermique (augmentation de la t° avec la profondeur) observé dans les forages sont les preuves de l'existence de l'énergie à l'intérieur du globe terrestre.

a) - L'énergie emmagasinée lors de la formation de la terre.

Une partie de l'énergie interne du globe trouve son origine dans le phénomène d'accrétion responsable de la formation de la terre. En effet, la terre s'est formée par accrétion (croissance d'un objet géologique par apport successif de matière) des gaz, poussières et objets variés (météorites, astéroïdes, ...); Au cours de cette accrétion, les impacts d'objets venant percuter le globe en formation ont dégagé une chaleur considérable : il s'agit de la chaleur initiale ou chaleur fossile. Les couches superficielles ont assez rapidement évacué cette chaleur initiale et se sont refroidies pour former une croûte. Les couches internes poursuivent encore lentement cette évacuation.

La terre se refroidit donc progressivement en dissipant cette énergie sous forme de chaleur.

b) - La radioactivité

Elle représente la principale source d'énergie interne de la terre. Il s'agit de la chaleur libérée par désintégration des isotopes radioactifs. Ces

Isotopes étaient présents dans les matériaux qui ont formé la terre par accréation : uranium (^{238}U), le thorium (^{231}Th), le potassium (^{40}K). Le noyau atomique instable des isotopes radioactifs se fragmente spontanément et, ce mécanisme complexe s'accompagne d'une libération de rayonnement et de chaleur.

Chaque isotope a sa propre cadence de désintégration appelée période radioactive ou une demi-vie. C'est le temps nécessaire pour qu'une moitié des atomes présents à un moment donné se soient désintégrés. Exemple : 4,5 milliards d'années pour ^{238}U . Cela signifie que depuis la formation de la terre, la moitié seulement de ^{238}U présent au départ s'est désintégré.

2° - La dissipation de l'énergie interne de la terre

a) - Dissipation par conduction

Dans les matériaux de la lithosphère, la chaleur se propage par diffusion à travers les roches : Des roches profondes plus chaudes vers les roches superficielles plus froides. C'est le flux géothermique qui exprime la quantité de chaleur évacuée par unité de surface et par unité de temps. Il est faible au niveau des masses continentales, plus élevée au niveau du plancher océanique et important au niveau des dorsales.

b) - La dissipation par convection

Une convection est un transfert de chaleur d'une zone chaude vers une zone froide grâce à un déplacement de matériaux fluides.

Au niveau des points chauds et des dorsales, les éruptions des laves permettent l'évacuation de la chaleur.

Un point chaud est une région très localisée de manteau profond caractérisée par un flux thermique élevé. Au niveau des points chauds se manifestent des volcanismes alcalins intraplaques dont les laves basaltiques sont très pauvres en silice. Les points chauds ne se déplacent pas mais, ce sont les plaques qui se déplacent au dessus des points chauds.

CONCLUSION

La désintégration d'isotopes radioactifs par leur désintégration constitue la principale source d'énergie interne de la terre. Cette énergie est évacuée à la surface par conduction et par les mouvements de convection qui représentent le moteur de la tectonique des plaques.

CHAP.4 –

LES MOUVEMENTS DES PLAQUES LITHOSPHERIQUES

OPO : - Citer les preuves de la dérive des continents

- Définir plaque lithosphérique et citer les types de plaques
- Expliquer le phénomène d'accrétion
- Expliquer les notions de convection et de points chauds
- Expliquer les phénomènes de subduction, d'obduction et de collision

INTRODUCTION

Les mouvements lithosphériques sont d'une grande importance dans la compréhension de la dynamique du globe terrestre.

I – LA DERIVE DES CONTINENTS

1° - Hypothèse de la dérive des continents

En 1910, le Météorologiste et Physicien allemand Alfred WEGENER émet la théorie de la dérive des continents, c'est-à-dire de la mobilité horizontale des continents. La communauté scientifique rejette cette théorie faute d'explication concernant le moteur responsable de tel déplacement. A partir des années 1960, les sciences de la terre connaissent une véritable révolution qui aboutit à l'édification de la théorie dite de la tectonique des plaques.

2° - La théorie de la dérive des continents

A l'origine, les continents formaient un seul bloc ou super continent appelé la Pangée qui comprenait au Nord Laurasia et au sud la Gondwana, séparé par l'océan primitif, la Téthys. Il y a 200 millions d'années environs, à la suite du mécanisme de distension, la Pangée se serait fragmenté et les continents se sont progressivement éloignés les uns des autres. Cette dérive se poursuit encore de nos jours Des constats récents prouvent que l'Amérique du sud et l'Afrique s'écartent l'un de l'autre de 2 cm par an.

3° - Les arguments en faveur de la théorie de la dérive des continents

- Les arguments géographiques ou morphologiques : il existe une configuration réciproque des côtes Est-sud américaine et Ouest Africaine

d'une part et, entre les côtes Est africaine et occidentale d'Inde d'autre part.

- Les arguments paléontologiques : il y a ressemblance entre les fossiles trouvés dans des régions distants aujourd'hui de plusieurs millions de km **Exple** : Le Mésosaure (reptile fossile) dont les restes ont été retrouvés au Brésil et en Afrique méridionale.

- Les arguments pétrographiques ou géologiques : la continuité des formations et des structures géologiques de part et d'autre de l'Atlantique confirme leur position au sein de la Pangée : c'est le cas des blocs rocheux (cratons) dont la moitié se trouve en Amérique du sud au Brésil et une autre sur la côte africaine au Ghana.

- Les arguments paléomagnétiques : Les roches éruptives à oxyde de fer présentent des particules magnétisées qui s'orientent parallèlement au champ magnétique terrestre lors de leur cristallisation à partir du magma. Cette mémorisation par les roches de la direction du champ magnétique terrestre permet aux Géologues de reconstituer les positions antérieures des pôles magnétiques. Ainsi, on a noté que de Précambrien au Trias, les positions du pôle magnétique se confondent comme pour un même continent et des migrations d'un pôle concordent pour une même période géologique : on peut dire que ces continents étaient réunis jusqu'au Trias.

II- LA PLAQUE LITHOSPHERIQUE

1° - Définition

Une plaque lithosphérique est un fragment de la lithosphérique en mouvement, constituée par la croûte à laquelle s'adjoint la partie supérieure du manteau supérieure.

2° - Les types et exemples de plaques

La lithosphère est découpée en une douzaine de plaques dont 7 grandes (la plaque Africaine, Pacifique, Antarctique, Eurasienne ou Eurasiatique, Australienne, Nord-Américaine, Sud-Américaine) et les autres petites (la plaque Arabique, Nazca, Antillaise, Cocos, la plaque des Caraïbes).

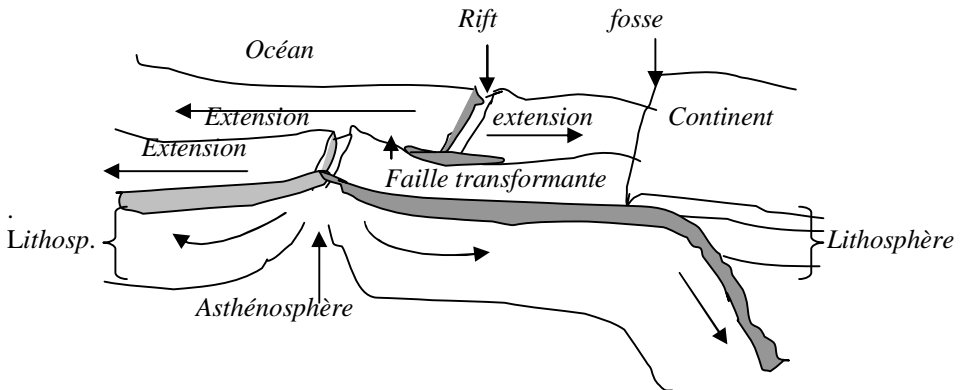
La configuration des plaques n'a pas de rapport avec la répartition des océans et des continents. On rencontre des plaques entièrement océaniques (Plaque Pacifique, Nazca), des plaques mixtes (plaque Africaine, Nord-Américaine, Sud-Américaine, Eurasienne, Australienne) et d'autres continentales.

III – LES MOUVEMENTS DES PLAQUES

1° - Les limites des plaques

Les frontières (limites) des plaques sont de 3 types :

- Les limites divergentes : zones d'écartement des plaques
- Les limites convergentes : zones d'affrontement
- les limites transformantes : zone de coulissage



Les 3 types de contact entre les plaques

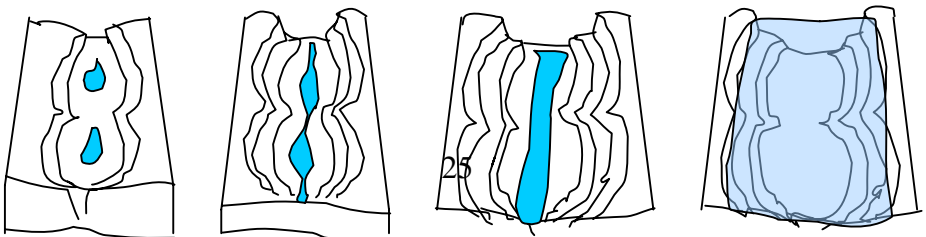
2° - Le plancher océanique

a) - La formation d'un rift

Un rift est une dépression ou fossé d'effondrement bordé par un réseau de failles normales dont l'activité par de nombreux séismes et volcanismes.

Un rift se forme en plusieurs étapes dans une zone de l'écorce terrestre soumise à des forces de distension intenses :

- La croûte continentale étirée s'amincit et finit par se rompre, donnant lieu à un fossé : stade fossé d'effondrement
- De la croûte océanique s'intercale entre les marges continentales, constituant l'ébauche d'un futur océan comme dans la région des Afars en Ethiopie : stade dépression lacustre
- Une invasion marine submerge ensuite le rift et un bassin océan étroit s'installe : c'est le stade mer étroite.
- Plus tard, la mer étroite s'élargit en un véritable océan du type océan Atlantique : stade océan en expansion.



Stade fossé
D'effondrement

stade dépression
lacustre

stade mer étroite

stade océan en expansion

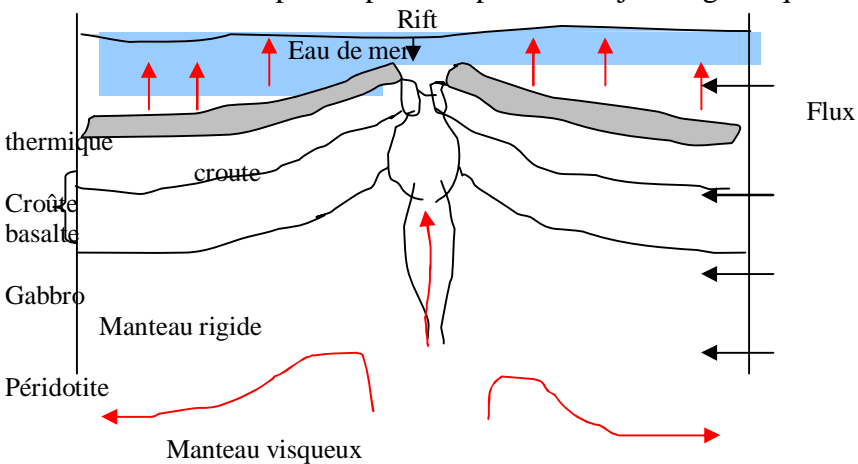
b) – La formation de la croûte océanique

Les matériaux du manteau surchauffés par la radioactivité deviennent fluides et se déplacent en profondeur : ce sont les mouvements de convection.

Ces mouvements de convection provoquent la montée des matériaux profonds chauds sous la lithosphère à l'aplomb du rift ; ce qui déclenche la fusion des matériaux du manteau. Le magma ainsi formé alimente un volcanisme intense et les laves se cristallisent et se refroidissent en surface pour former une lithosphère nouvelle ou croûte basaltique qui constitue le plancher océanique.

L'étude de cette croûte révèle la succession du haut en bas des roches suivantes :

- Les basaltes, roches de structure microlitique qui se figent au contact de l'eau de mer pour former des laves en coussin appelées pillow-lavas et les filons.
- Les gabbros, roches de structure grenue de composition basaltique
- Les péridotites, roches ultrabasiques qui représente les matériaux réfractaires restés en place après l'expulsion du jus magmatique.



Création et divergence de la lithosphère au niveau des dorsales océaniques

IV – L'EXPANSION DU PLANCHER OCEANIQUE ET LES PHENOMENES ASSOCIES

La lithosphère formée au niveau des dorsales s'en éloigne de part et d'autre à la manière d'un double tapis roulant : c'est l'expansion des fonds océaniques. Les mouvements asthénosphériques étant continus, la création de la lithosphère est continue. Ainsi, de nouveaux basaltes remontent continuellement sur le rift : on dit qu'il y a accrétion. Ils repoussent latéralement les précédentes qui reculent et tendent à s'accumuler ; ce qui favorise l'augmentation de l'épaisseur de l'ancienne lithosphère océanique.

La vitesse de cette expansion est de 1 à 2 cm par an dans l'océan Atlantique (dorsale lente) et de 6 à 18 cm par an dans l'océan Pacifique (dorsale rapide). Lorsque la vitesse d'expansion est rapide, le rift est peu profond et présente plusieurs endroits des sources thermales.

On estime qu'il se forme en un an 2,5 km² de nouvelle croûte avec une épaisseur de 5km.

Les marqueurs de l'expansion océaniques sont :

- L'âge et l'épaisseur des sédiments qui augmentent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de part et d'autre de l'axe de la dorsale
- L'alignement des volcans des points chauds

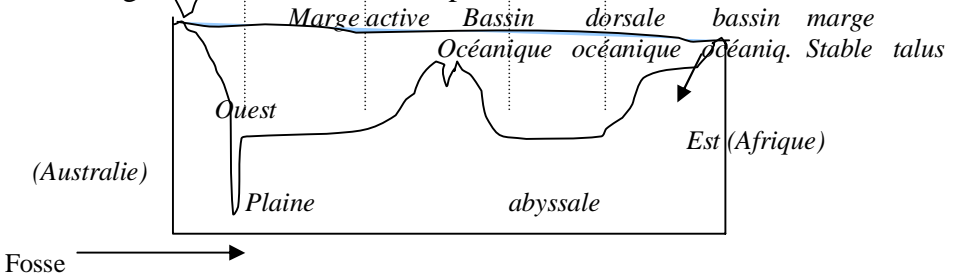


Schéma de la topographie des fonds des océans

Une dorsale océanique est une chaîne de montagne à double pente qui est en continuité d'un continent à un autre sur près de 80.000 km.

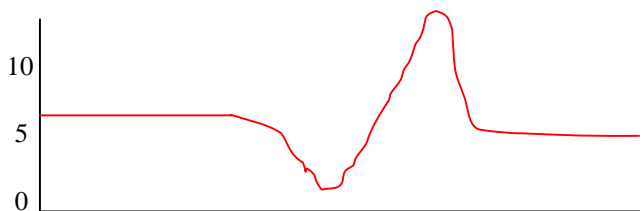
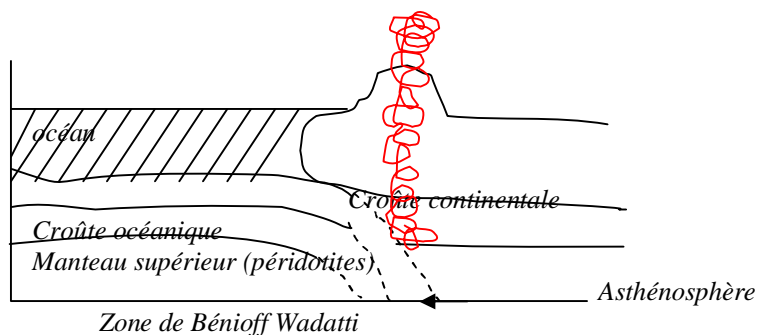
Sur la jeune croûte formée, les eaux s'échauffent considérablement et sont à l'origine des modifications chimiques importantes des roches : feldspaths transformés en argile et métamorphose des sédiments qui recouvrent le plancher.

1° - La subduction

a) – Caractéristique du phénomène

Il y a création permanente de la lithosphère au niveau des dorsales océaniques suite au mécanisme d'accrétion. Il en résulte un élargissement permanent du plancher océanique ; cependant le volume de la terre reste constant. La création de la nouvelle lithosphère trouve nécessairement une compensation dans la destruction permanente d'une quantité équivalente de la lithosphère en d'autres endroits du globe appelés zone de subduction.

La subduction est le plongement ou l'enfoncement d'un plancher océanique dense sous un autre plancher océanique ou continental moins dense.



Subduction et anomalie géothermique

a) – Les marqueurs de la subduction

La subduction se manifeste par :

- La présence d'une fosse océanique étroite et de grande profondeur.
- Une sismicité importante
- Un magmatisme avec un volcanisme explosif
- Un flux thermique inégalement répartis (anomalies thermiques)
- Une chaîne de montagne en arrière de la fosse

b) – Les conséquences de la subduction

- Les séismes : la plaque plongeante, poussée depuis la dorsale est entraînée vers le bas sous la plaque chevauchante suivant un plan oblique appelé plan de Bénihoff Wadatti. Elle n'entre en fusion qu'à partir de 700 km de profondeur. Elle sera donc soumise à des contraintes ou forces compressives qui entraînent des frictions à l'origine des séismes.

- Le magmatisme : le réchauffement progressif de la plaque plongeante libère de l'eau qui hydrate le manteau de la plaque chevauchante, provoquant la fusion partielle des péridotites vers 1100°C et la production d'un magma basaltique à l'origine d'un volcanisme andésitique ou calco-alkalin.

Des roches de composition différentes peuvent se former à partir d'un même magma (basaltes, andésites, rhyolites et granodiorites). LA cristallisation fractionnée suivie de la sédimentation des cristaux au sein de la chambre magmatique entraînant cette évolution est appelée différenciation magmatique

- Le prisme d'accrétion : il est constitué par des sédiments de la plaque plongeante qui sont raclés par la plaque sus-jacente lors de l'affrontement des deux plaques.

- Le métamorphisme ou transformation minéralogique : réchauffement de la plaque plongeante libère l'eau qui percole dans le manteau de la plaque chevauchante, entraînant un métamorphisme hydrothermal. On note également le métamorphisme d'enfouissement au niveau du prisme d'accrétion et le métamorphisme de contact lors de la montée du magma qui alimente le volcanisme andésitique.

La plaque plongeante est affectée par un métamorphisme de type haute pression basse pression qui transforme les basaltes et gabbros en schistes verts, schistes bleus, amphibolites, puis en éclogites.

La racine de la croûte chevauchante subit un métamorphisme HT/BP se traduisant par la formation de gneiss et des micaschistes.

- L'anomalie négative à l'aplomb de la fosse océanique s'interprète comme l'enfoncement de la plaque lithosphérique froide et l'anomalie positive reflète l'accumulation du magma à la base de la croûte chevauchante.

2° - L'obduction et la formation des ophiolites

Il y a obduction lorsqu'une partie de la croûte océanique pincée entre deux plaques continentales arrive à chevaucher une croûte continentale. L'obduction représente la suite d'une subduction océanique.



On observe alors à l’affleurement la formation des ophiolites (ensemble de roches constituées de basaltes, gabbros et péridotites plus ou moins transformées) qui renferme du haut vers le bas : les basaltes, les gabbros et les péridotites.

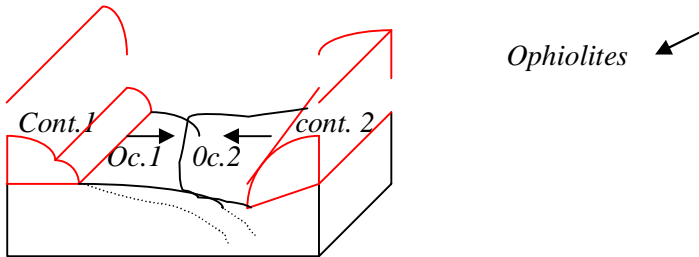
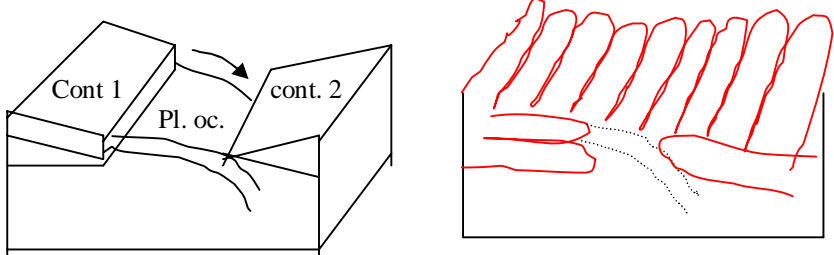


Schéma de l’obduction

L’obduction est à l’origine des chaînes de montagne au niveau des continents où il y a eu chevauchement et, les ophiolites sont les témoins des océans aujourd’hui disparus.

3° - La collision et ses conséquences



Le phénomène de collision

La collision est l’affrontement de deux plaques continentales après la disparition de la croûte océanique.

a) - L’orogénèse liée à la collision

Quand il y a convergence entre deux plaques continentales, le continent le plus faible se plisse, entraînant l’apparition de chaînes de montagne (cas de l’Himalaya et les Alpes) et de grands systèmes de failles.

Une collision est caractérisée par la présence :

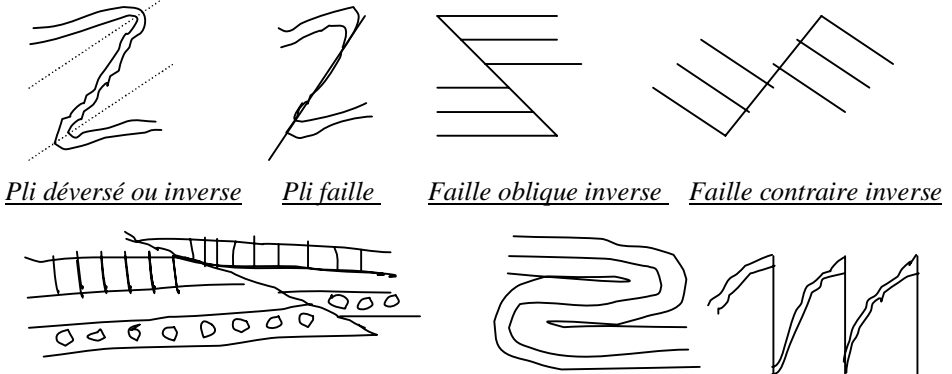
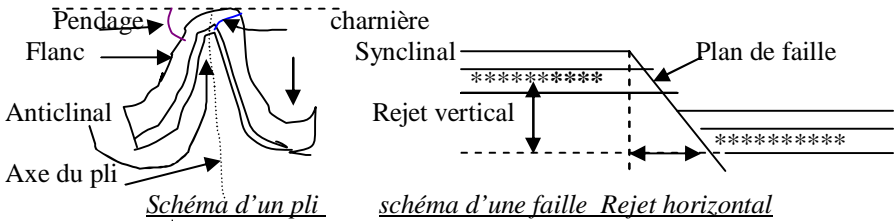
- Des ophiolites incorporées dans les chaînes de montagne
- Des structures faillées et plissées, témoignant de contraintes en compression.

b) - Les déformations associées à la collision

- Les déformations caractéristiques : plis, failles inverses, chevauchements et nappes de charriage. Un chevauchement est un mouvement tectonique conduisant un ensemble de roches à en recouvrir un autre. Lorsque le déplacement des roches le long de la surface de chevauchement atteint plusieurs dizaines de km, on parle de charriage.

L'érosion peut décaper la nappe de charriage et ne laisser de lambeaux de matériel déplacé appelés klippen.

- Les écailles tectoniques : les blocs découpés par les failles forment des lames chevauchantes appelées écailles tectoniques et dont le déplacement le long des plans de chevauchement est toujours faible.



La superposition des écailles tectoniques et des nappes de charriage engendre un épaissement crustal c'est à dire de la croûte continentale à l'origine des reliefs.

Les différentes déformations acquises par les terrains dépendent : de la plasticité ou de la rigidité des roches, de la direction et de l'importance des poussées. La rigidité prédispose aux failles et la plasticité au plissement. Une poussée lente et progressive entraîne le

charriage alors que si elle est brusque, elle peut entraîner des plis ou des failles, ou encore une association des deux.

Dès leur formation, ces reliefs subissent l'érosion, ce qui provoque la remontée du moho : on parle de réajustement isostatique.

c) – **Métamorphisme associé à la collision**

Les roches enfouies dans les profondeurs sont soumises à des t° et des P° élevées. La t° de lithosphère augmente avec la profondeur et, la P° quant à elle résulte d'une part de l'enfouissement et d'autre part des contraintes tectoniques compressives. Les roches subissent alors des transformations à l'état solide : c'est le métamorphisme.

La caractéristique principale des roches métamorphiques est la foliation ou aspect feuilleté ; il s'agit de l'alternance des bandes sombres et claires. La foliation est due à l'élévation de la t° . C'est la disposition parallèle de certains minéraux et une telle structure donne à ces roches une aptitude au clivage qu'on appelle schistosité. La schistosité est due à l'augmentation de la P° et, est d'autant plus marquée que la roche que les micas sont abondants.

A partir des silicates d'alumine, les Géologues déterminent 3 climats métamorphiques :

- Domaine de haute pression-basse température (HP-BT) avec comme minéraux repères, le glaucophane, le disthène.

- Domaine de MP-MT avec comme minéraux repères, la hornblende, l'actinote.

- Domaine de BP-HT : la sillimanite, la cordiérite

Sur un diagramme pression-température, trois droites qui concourent à un point triple déterminent les trois grands types de climats métamorphiques.

Interprétation : la roche passe par un contexte de haute pression avec formation du disthène (enfouissement) puis par un contexte de haute température, entraînant la transformation du disthène en sillimanite, probablement due à un réchauffement de la croûte par un magma sous corticale. L'érosion permet ensuite à la roche d'affleurer.

Les réactions de métamorphismes sont des équilibres chimiques réversibles. Elles peuvent se déplacer dans un sens comme dans l'autre selon que la température ou la pression augmentent ou diminuent.

Le sens prograde indique l'augmentation des paramètres température ou pression, et le sens rétrograde indique la diminution des paramètres température ou pression.

Exemple : quelques séquences métamorphiques :

- Argiles → schistes → micaschistes → paragneiss
- Calcaire → calshistes → marbre → cipholin
- Granite → prologine → orthogneiss
- Basalte → amphibole → piroxénite

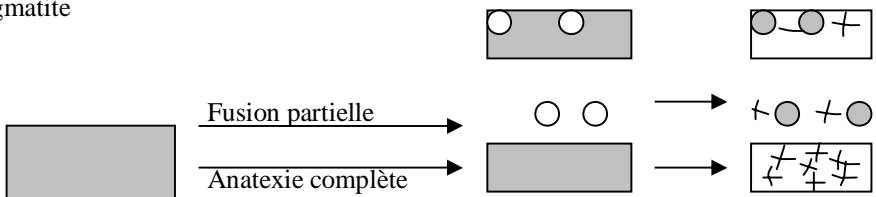
Le préfixe ortho et para est utilisé pour indiquer l'origine magmatique (orthogneiss) ou sédimentaire (paragneiss).

d) – Plutonisme associé à la collision

L'épaisseur crustale importante des chaînes de montagne conduit à une augmentation anormale de la température et de la pression à la base de la croûte continentale. Ceci conduit à une fusion partielle en profondeur : c'est le phénomène d'anatexie partielle et on obtient après refroidissement une roche mélangée appelée migmatite.

La fusion totale produit un magma qui, en se refroidissant donne le granite d'anatexie.

Migmatite



Granite d'anatexie

Quelques définitions :

Métamorphisme : ensemble des modifications intervenant dans la composition minéralogique et dans la structure d'une roche soumise à des

conditions de t° et de P° différentes de celles où s'est formée la roche-mère.

Schistosité : propriété que possède une roche de se briser suivant les plans de clivage.

Foliation : propriété que possède une roche métamorphique d'être constituée de feuillets

Litage : propriété que possède une roche métamorphique de présenter une alternance de feuillets clairs (quartzo feldspaths) et sombres (mica).

Les roches métamorphiques sont de structure cristallophyllienne.

CONCLUSION

L'univers au départ était constitué d'une masse de matière comprimée et très dense qui par la suite a subi une énorme explosion appelée big-bang qui a marqué le début de son expansion qui continue de nos jours.

Partie III – METABOLISME ENERGETIQUE

CHAP.5 –

QUELQUES VOIES DE REGENERATION D'ENERGIE PAR LES ORGANISMES

OPO : - Démontrer l'importance de la digestion et de la circulation dans le processus de la respiration

- Mettre en évidence la respiration cellulaire
- Relever les étapes et expliquer le mécanisme de la dégradation du glucose par les voies de la respiration cellulaire
- Citer quelques exemples de fermentation dans la vie courante
- Expliquer que le rendement énergétique de la respiration est supérieur à celui des fermentations

INTRODUCTION

Le fonctionnement de l'organisme est lié à des dépenses permanentes d'énergie qui doit être alors régénérée. L'énergie chimique des aliments organiques constitue la seule source d'énergie utilisée par les animaux.

I - RAPPELS SUR LE ROLE DES ALIMENTS, DE LA DIGESTION, DE L'ABSORPTION INTESTINALE ET DE LA CIRCULATION

1° - Rappels sur la digestion

La digestion comprend deux étapes importantes :

-La digestion mécanique ou transformation mécanique : elle est assurée par les dents et les muscles masticateurs de la paroi stomacale.

- La digestion chimique ou transformation chimique qui se situent à plusieurs niveaux du tube digestif :

*Au niveau de la bouche : l'amylase salivaire transforme l'amidon cuit en maltose

*Au niveau de l'estomac : le suc gastrique contient le HCl et 2 enzymes : la présure qui coagule les protéines et la pepsine (une protéase) qui transforme les protéines coagule en polypeptides.

*Au niveau de l'intestin grêle : le suc pancréatique contient quatre enzymes (amylase pancréatique, la maltase pancréatique, la lipase pancréatique, et la trypsine), le suc intestinal contient plusieurs enzymes (l'érepsine, la saccharase, la lipase intestinal, la lactase), la bile qui ne contient aucune enzyme mais qui rend le milieu intestinal basique favorable à l'action à l'action des enzymes pancréatique (la trypsine et la lipase).

Les enzymes sont des catalyseurs biologiques ou biocatalyseurs dont les propriétés sont :

- Elles agissent à faible dose
- Elles sont spécifiques c'est à dire catalyse chacune une seule réaction bien déterminée
- Elles agissent à la t° du corps
- Elles thermolabiles c'est à dire se détruisent à la chaleur
- Elles neutralisées à basse t°
- Elles agissent à de pH bien déterminé : milieu neutre dans la bouche, acide dans l'estomac et basique dans l'intestin grêle

2° - L'absorption intestinale

La comparaison de la composition chimique des aliments à l'entrée de la bouche avec celle du chyle intestinal montre que les aliments ont été transformés en molécules plus simples ou nutriments : l'amidon en glucose, les lipides en acides gras et alcool, les protides en acides aminés. Certains aliments tels que l'eau, les sels minéraux ne subissent aucune transformation au cours de la digestion.

Les nutriments passent du tube digestif dans le milieu intérieur grâce aux villosités qui contiennent des capillaires sanguins et lymphatiques où passent les produits absorbés :

- Par la voie sanguine passe : l'eau, sels minéraux, vitamines glucose et acides aminés

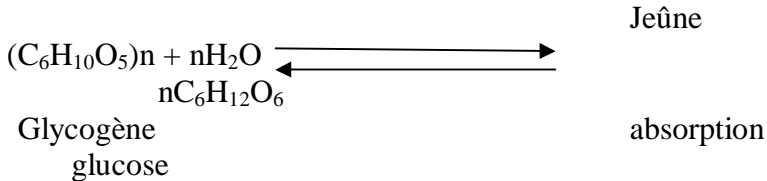
- Par la voie lymphatique : acides gras et alcool

Schémas d'une villosité intestinale, des voies de l'absorption intestinale

3° - Utilisation des nutriments

a) - les glucides

En traversant le foie, galactose et fructose sont transformés en glucose. Le glucose est normalement présent dans le sang au taux de 1 g/l : c'est la glycémie. Au moment de l'absorption, le foie retient l'excès de glucose en le transformant en glycogène. Pendant le jeûne, la glycémie baisse et le foie rétablit l'équilibre en libérant le glucose : c'est la fonction glycogénique du foie découverte par Claude Bernard.



Le glycogène se forme également dans les muscles. Si la quantité de glucose apportée au sang est excessive, l'excédent est transformé en graisse et accumulé dans les tissus adipeux.

Le glucose constitue la principale source d'énergie de tous les organismes.

b) - Les lipides

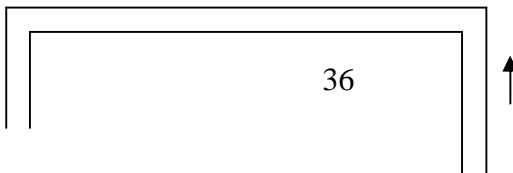
Les lipides sont retenus dans les tissus adipeux pour former des réserves de glycérides avant d'être utilisés pour la production d'énergie. Les phospholipides et le cholestérol sont retenus par les cellules où ils s'associent aux protéines pour former la matière vivante nouvelle.

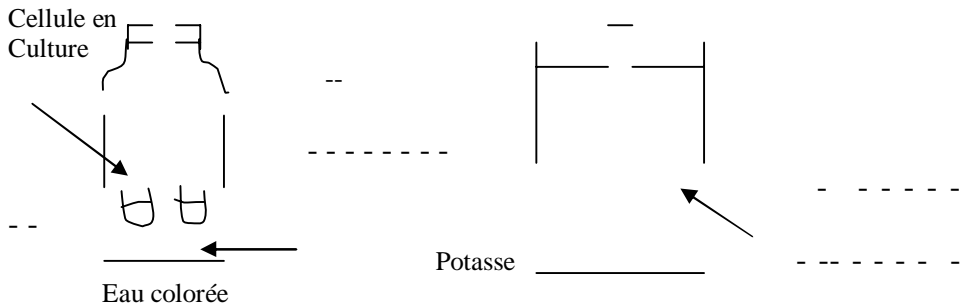
c) - Les protides

Les acides aminés ne sont pas mis en réserve mais, sont utilisés aussitôt pour la synthèse de nouvelles protéines : hormones protidiques, enzymes, protéines plasmiques.

II - LA RESPIRATION CELLULAIRE

1) - Mise en évidence : expérience de Paul Bert.





Dispositif expérimental

a) – Interprétation

Deux heures plus tard, l'eau de chaux se trouble du à la présence du CO_2 et l'eau colorée monte dans le tube du à une baisse de pression dans le bocal explicable par l'absorption de l' O_2 par les cellules.

b) – Conclusion

Les cellules absorbent le O_2 et rejettent le CO_2 : elles respirent.

2° - Les étapes de la dégradation d'un métabolite

La respiration cellulaire est un ensemble de réactions d'oxydation rendues possibles par les enzymes.

On appelle métabolite, les nutriments résultant de la digestion des aliments et qui entrent dans les réactions du métabolisme.

a) – Dans le cytoplasme : la glycolyse

C'est une suite de réactions qui dégradent la molécule de glucose à 6 atomes de carbone (C_6) en 2 molécules d'acide pyruvique à 3 atomes de carbone (C_3).

Elle se déroule en anaérobie mais, la présence de l' O_2 ne gêne pas le déroulement des réactions. Elle est rendue possible grâce aux enzymes situées dans le cytoplasme. Le bilan de la glycolyse est :

- Formation de deux molécules d'ATP
- Formation de 2 molécules de transporteur d' H_2 réduit (NADH. H^+)
- Formation de deux molécules de CO_2 , 1^{er} déchet de la respiration cellulaire
- Formation de deux molécules d'acide pyruvique ($\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$)

b) – Dans la matrice mitochondriale: les oxydations respiratoires

On appelle ainsi l'ensemble des réactions biochimiques qui se déroulent dans les mitochondries à partir de l'acide pyruvique et en présence de l' O_2 .

Dans la matrice des mitochondries, des groupements carboxyles sont arrachés (décarboxylation) ainsi que des atomes d'H₂ (déshydrogénation). L'ensemble correspond à une décarboxylation oxydative et il y a formation de l'acétyl-coenzyme A (CH₃-CO-A) qui est un composé à 2 atomes de carbone.

L'acétyl-coenzyme A se combine à l'acide oxalo-acétique (4 atomes de carbone) contenu dans la matrice mitochondriale pour donner l'acide citrique à 6 atomes de carbone. L'acide citrique va subir 2 décarboxylations couplées à 2 déshydrogénations, et 2 autres déshydrogénations pour régénérer l'acide oxalo-acétique qui pourra s'associer à une nouvelle molécule d'acétyl-coenzyme A.

L'ensemble de ces phénomènes constitue le cycle de Krebs ou cycle de l'acide citrique. Le bilan du cycle de Krebs est le suivant :

- Libération d'une molécule d'ATP
- Formation de 2 molécules de CO₂
- Libération de 3 molécules de NADH₂ et d'une molécule de FADH₂ qui sont ensuite oxydés au cours de la phosphorylation oxydative de l'ADP en ATP à l'origine d'une production importante mais indirecte d'ATP.

Une molécule d'acide pyruvique permet de faire un tour du cycle de Krebs. Donc pour une molécule de glucose, il faudra 2 tours du cycle de Krebs.

Le cycle de Krebs est une succession de réactions biochimiques qui comprennent la décarboxylation et déshydrogénation, catalysées respectivement par les enzymes appelées décarboxylases et déshydrogénases.

Au cours de ces réactions, l'O₂ intervient tardivement. En effet, l'H₂ transporté par le transporteur se fixe à l'O₂ inspiré pour former l'H₂O 2^e déchet de la respiration cellulaire qui sort de la mitochondrie.

3° - Le rendement énergétique de la respiration cellulaire

La production énergétique d'ATP est très importante par le métabolisme aérobie du glucose.

Le bilan énergétique de la respiration cellulaire se traduit par la production de 36 à 38 moles (molécules) d'ATP



Au cours de la respiration, une molécule de glucose subit la glycolyse dans le cytoplasme et 2 molécules d'ATP sont synthétisées. Dans la mitochondrie, chaque acide pyruvique est à l'origine de 18

molécules d'ATP. En somme, au cours de la respiration une molécule de glucose produit $2+18+18=38$ molécules d'ATP.

Sachant que l'oxydation complète d'une mole de glucose libère 2840 KJ et qu'une molécule d'ATP correspond à 42 KJ, le rendement énergétique de la respiration est :

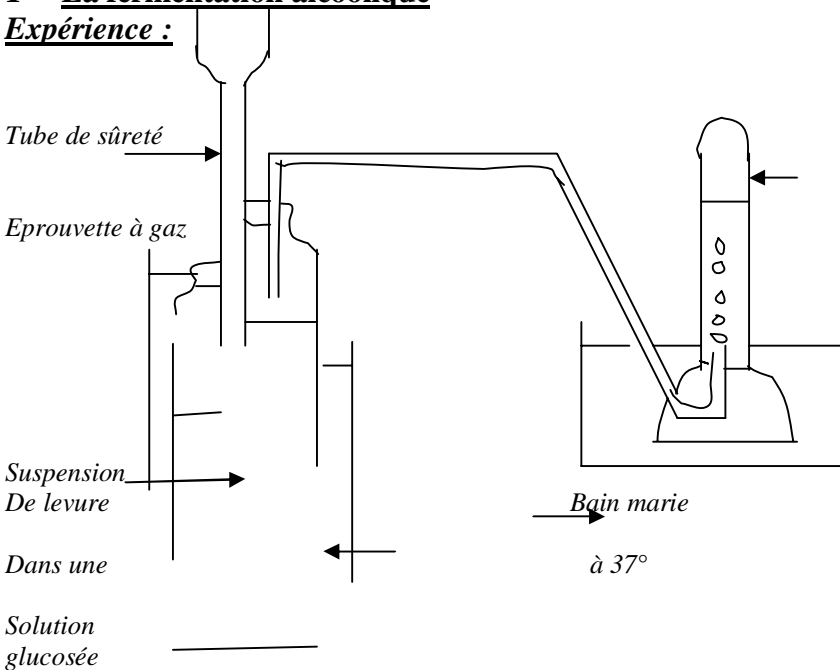
$$R = \frac{\text{quantité d'énergie récupérée sous forme d'ATP}}{\text{Quantité d'énergie libérée par une mole de glucose}} = \frac{38 \times 42}{2860} \times 100 = 55,8\%$$

La différence entre les 2 valeurs représente l'énergie dissipée sous forme de chaleur.

III – QUELQUES EXEMPLES DE FERMENTATIONS

1° - La fermentation alcoolique

Expérience :

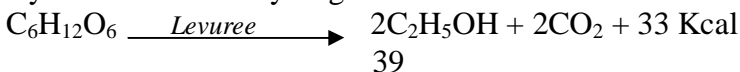


Montage de mise en évidence de la fermentation alcoolique

Au bout de 2 à 3 heures, le liquide du flacon présente une odeur d'alcool : l'éthanol.

Le gaz qui se dégage dans la cuve trouble l'eau de chaux. Si la suspension des levures a été portée à ébullition avant l'expérience, il ne se passe rien.

La fermentation alcoolique comprend 2 principales réactions : une décarboxylation et une déshydrogénation.



Ici, le déchet est à la fois organique (éthanol) et minéral (CO₂). La fermentation alcoolique est utilisée dans la fabrication des boissons locales et industrielles.

2° - La fermentation lactique

Les bactéries lactiques (lactobacille et streptocoque) transforment le lactose du lait en acide lactique.

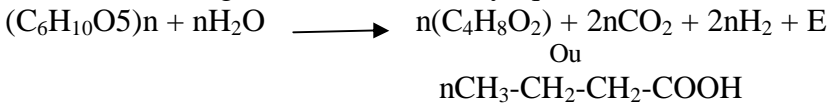


La fermentation lactique peut avoir lieu dans les muscles lorsque ceux-ci ne disposent pas assez d'O₂ pour l'évacuation de l'H₂ produit par la respiration. L'accumulation de l'acide lactique dans les muscles se traduit par les crampes.

La fermentation lactique est utilisée industriellement pour la fabrication du yaourt.

3° - La fermentation butyrique

A l'abri de l'air, les bactéries appelées bacillus amylobacters transforment les glucides en acide butyrique.



Cette fermentation est utilisée dans la décomposition de la matière organique. *Exemple* : La fabrication des bâtons de manioc. Dans les sous-bois, elle participe à la décomposition des feuilles et des branches tombées.

4° - La fermentation acétique

Abandonnée à l'air toute boisson alcoolisée donne du vinaigre. L'éthanol est transformé en acide éthanoïque ou acide acétique par les bactéries dites acétobacters ou mycoderma acéti.



Cette fermentation est aérobie. Elle est utilisée industriellement pour la fabrication du vinaigre.

5° - Le rendement énergétique de la fermentation

Pour les fermentations seules 2 molécules d'ATP sont produites au cours de la glycolyse. Le rendement est donc : $R = \frac{2 \times 42}{100} = 2,9\%$

Le rendement de la fermentation est très faible par rapport à celui de la respiration.

IV – COMPARAISON RESPIRATION / FERMENTATION

<i>Indications</i>	<i>Respiration</i>	<i>Fermentation</i>
Rendement énergétique	important	Faible
Dégradation	complète	Incomplète
Condition	aérobie	Anaérobie à l'exception de la fermentation acétique
Produits finaux	Substances minérales	Résidus organiques+ minéraux
Localisation	Cytosol+ mitochondrie	Cytosol

CONCLUSION

La respiration et les fermentations sont des mécanismes biologiques qui permettent aux cellules de synthétiser des molécules d'ATP (à partir de l'énergie chimique potentielle des substrats organiques), source d'énergie directement utilisable par les êtres vivants pour couvrir leurs dépenses énergétiques,. Cette conversion de l'énergie des métabolites en ATP se fait avec production de chaleur, forme d'énergie non utilisable par les cellules.

CHAP. 6

DEPENSES ENERGETIQUES DES ORGANISMES

OPO : - Expliquer que la dépense énergétique d'un organisme est permanente
 -Expliquer que la dépense énergétique varie en fonction de plusieurs facteurs
 -Evaluer la dépense énergétique d'un organisme

INTRODUCTION

L'énergie fournie par la respiration ou les fermentations est utilisée par l'organisme pour maintenir sa structure et le fonctionnement de ses fonctions (croissance, synthèses, mouvements et déplacements...).

Chez l'homme, les dépenses énergétiques sont permanentes mais variables.

I – PERMANENCE DE LA DEPENSE ENERGETIQUE ET SA VARIATION EN FONCTION DES DIFFERENTS FACTEURS ESTERNES ET INTERNES

1° - La permanence de la dépense énergétique

On peut limiter chez un individu la dépense énergétique. Il suffit pour cela qu'il soit :

- Au repos et allongé pour réduire au maximum le travail musculaire
- A jeun depuis 12 h pour éliminer les dépenses liées à la digestion
- A la t° de neutralité thermique (18-20°C) pour supprimer les dépenses liées à la thermorégulation.

Même dans ces conditions, sa dépense énergétique n'est pas nulle. En effet, nos tissus ont une durée de vie très courte : les cellules interstitielles vivent 3 à 5 jours, les cellules de la peau se renouvellent tous les 20 à 30 jours, celles de la moelle osseuse tous les 30 jours, une hématie vit 120 jours ; les différentes glandes du tube digestif produisent 3 à 5 l de sucs contenant des enzymes qui doivent être constamment synthétisés.

La dépense énergétique de l'organisme est donc permanente, soit lors des pertes de matériaux, soit lors des synthèses.

Cette dépense incompressible liée à l'activité de base des organes assurant les grandes fonctions (respiration, circulation, excrétion, tonus musculaire...) est appelée *métabolisme de base* ou *métabolisme basal*.

2° - Variation de la dépense énergétique

La dépense énergétique d'un mammifère varie en fonction des facteurs internes et externes

a) – Influence des facteurs internes

La dépense énergétique varie selon l'activité physiologique : croissance et renouvellement cellulaire, activité musculaire, travail digestif, ... Ces phénomènes évoluent avec l'âge et le sexe :

- L'âge : la croissance chez les jeunes est une prédominance des synthèses, donc de dépenses importantes

- Le sexe : les femmes dépensent moins d'énergie que les hommes car elles ont en général une masse plus faible mais davantage de graisses qui retiennent la chaleur.

b) – Influence des facteurs externes

Ce sont les facteurs liés au milieu de vie :

- La t° ambiante : Chez les mammifères et les oiseaux, la variation de la dépense énergétique en fonction de la t° est liée au maintien d'une t° interne constante, c'est à dire à la thermorégulation. Plus l'animal est petit, plus sa dépense énergétique est élevée : c'est « la loi des tailles ». Les pertes de chaleur par unité de masse augmentent proportionnellement à la surface corporelle ; or la surface corporelle est d'autant plus élevée que l'animal est plus petit.

- L'activité physique : plus l'effort est importante, plus la dépense énergétique est élevée.

II – EVALUATION DES DEPENSES ENERGETIQUE

Deux méthodes sont utilisées pour évaluer l'énergie dépensée par un être vivant :

- La calorimétrie directe ou calorimétrie physique
- La calorimétrie indirecte ou calorimétrie respiratoire

La calorimétrie est la mesure des quantités de chaleur dégagée par un individu.

1° - La calorimétrie directe

Le sujet est placé dans une chambre calorimétrique ou enceinte calorifugée c'est à dire thermiquement isolée. On fait circuler de l'eau dans les parois de la chambre : la différence entre la température de l'eau à la sortie et sa température à l'entrée donne la chaleur dégagée par le sujet (chaleur sensible). On recueille l'eau dégagée par le sujet (sueur, eau évaporée au niveau des poumons) car, pour évaporer l'eau le sujet dépense 2,48 kJ/g : c'est la chaleur de vaporisation de l'eau.

On mesure en même temps les quantités de CO_2 rejetés et d' O_2 absorbées.

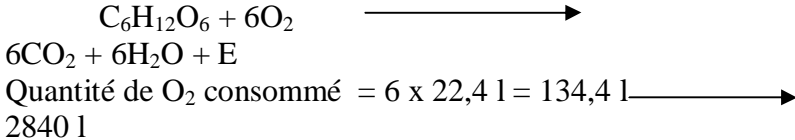
2° - La calorimétrie respiratoire ou calorimétrie indirecte

C'est une méthode utilisée pour évaluer la dépense énergétique des organismes à partir de la consommation d' O_2 . L' O_2 absorbé est utilisé par les cellules pour produire de l'énergie par oxydation des nutriments.

On peut à l'aide de divers appareils mesurer le volume de l'O₂ absorbé par un animal pendant une période donnée : respiromètre de Benedict, dispositif d'expérimentation assisté par un ordinateur EXAO.

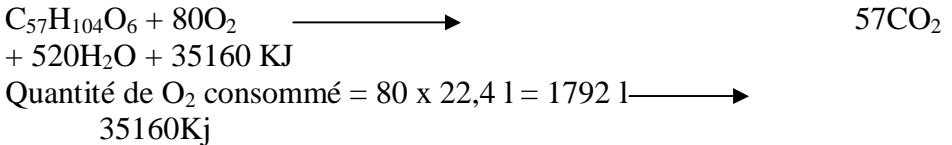
Cette méthode s'appuie sur le quotient thermique ou coefficient thermique du dioxygène (Qth) qui est la quantité d'énergie libérée par litre d'O₂ utilisé pour l'oxydation d'un substrat donné. Ainsi :

- L'oxydation d'une molécule de glucose libère 2840 KJ selon la réaction suivante :



$$E_1 = 2840 : 134,4 = 2,13 \text{ KJ/l}$$

- Pour la trioléine qui est un lipide :



$$E_2 = 35160 : 1792 = 19,62 \text{ KJ/l}$$

Le coefficient thermique de dioxygène varie en fonction de la nature du nutriment utilisé.

On admet habituellement que le coefficient thermique d'une ration équilibrée est de 20 KJ/l

NB : 1 Kcal = 4185 joules = 4,185 KJ.

3° - Les paramètres respiratoires

a) - L'intensité respiratoire

C'est le volume d'O₂ absorbé ou de CO₂ rejeté par unité de masse et par unité de temps. Elle varie en fonction de l'activité musculaire, de la t°, du sexe, de la taille,...

$$\text{IR} = \frac{\text{VO}_2 \text{ ou VCO}_2}{m \times t \text{ en KJ/h/Kg}}$$

M = masse en Kg et t = temps en h

b) - Le quotient respiratoire

C'est le rapport u volume du CO₂ rejeté par le volume d'O₂ absorbé. Il varie en fonction du nutriment consommé.

$$\frac{\text{VCO}_2}{\text{VO}_2}$$

$$QR = VO_2$$

NB : Dépense énergétique = IR x CT (coefficient thermique)

4° - Le bilan énergétique

Etablir un bilan énergétique consiste à établir les gains et les pertes énergétiques de l'organisme :

- Energie dépensée = énergie reçue : bilan équilibré
- Energie dépensée > énergie reçue : le sujet a perdu du poids
- Energie dépensée < énergie reçue : le sujet a gagné du poids.

L'énergie reçue correspond à la valeur énergétique du repas consommé et dont la formule est :

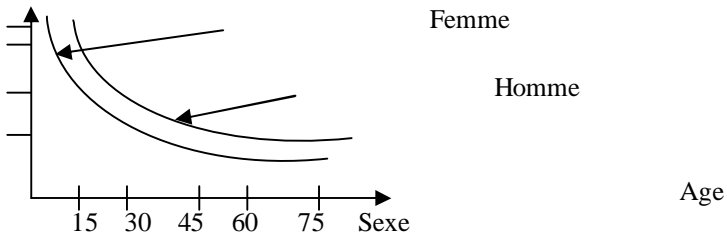
$$4G + 9L + 4P \text{ en Kcal ou } 17G + 38L + 17P \text{ en KJ.}$$

III - EVALUATION DU METABOLISME BASAL

Le métabolisme de base est la dépense énergétique la plus faible d'un sujet au repos et à jeun depuis au moins 6h.

Il varie suivant le sexe et l'âge ; le jeûne le diminue, le froid, la fièvre et la grossesse l'élève. Il mesure la dépense énergétique liée à la thermorégulation et à l'activité minimum des appareils qui assurent les grandes fonctions de l'organisme (cœur, glandes, poumons,...).

Métabolisme



Variation du métabolisme basal en fonction de l'âge et du sexe

Le métabolisme de base a pour formule :

$$MB = \frac{VO_2 \times Q_{th}}{m} \times t$$

m = masse du sujet
t = durée de l'expérience

Il est d'environ 6700 KJ /24 h pour un adulte de 70 Kg.

CONCLUSION

Chaque organisme, qu'il soit en activité ou non exerce une dépense énergétique qui varie selon l'activité, le sexe, l'âge et l'état de santé de l'individu.

CHAP. 7 -

FLUX D'ÉNERGIE ET CYCLE DU CARBONE DANS LES ECOSYSTEMES

- OPO** : - Définir écosystème, chaîne alimentaire, niveau trophique
- Expliquer la dissipation progressive de l'énergie le long des chaînes alimentaires
- Citer les principaux réservoirs du carbone
- Représenter le cycle de carbone

INTRODUCTION

Dans un milieu donné, les êtres vivants sont sur le plan trophique interdépendant. Le flux d'énergie qui traverse les écosystèmes entretient le recyclage des différents éléments chimiques.

I - RAPPAELS : sur la notion d'écosystème, de la chaîne alimentaire et des niveaux trophiques

1° - L'écosystème : un système thermodissipatif.

L'écosystème est un système d'équilibre dynamique formé par l'ensemble des êtres vivants (biocénose) et le milieu physique dans lequel ils vivent (biotope). L'écosystème se maintient par l'intermédiaire d'un flux d'énergie et de matière entre les différentes composantes en interaction permanente.

La source d'énergie pour l'ensemble des écosystèmes est représentée par le soleil. La lumière solaire captée permet la production de l'énergie chimique au cours de la photosynthèse ; c'est ce qu'on appelle la production primaire.

Dans tout écosystème le bilan énergétique est équilibré car l'énergie fixée initialement par les autotrophes est égale à l'énergie perdue lors de la respiration plus l'énergie exportée ; il y a donc toujours conservation d'énergie dans un écosystème car l'énergie qui est perdue sous forme de chaleur est toujours compensée par l'apport du soleil : on dit que l'écosystème est un système thermodissipatif

Malgré leurs diversités, les écosystèmes présentent un plan commun d'organisation.

2° - Notion de chaîne alimentaire

Une chaîne alimentaire ou trophique est un processus de régulation dans lequel les êtres vivants mangent ceux qui les précèdent avant d'être mangés par ceux qui les suivent. L'ensemble de plusieurs chaînes alimentaires forme un réseau trophique.

3° - Les niveaux trophiques

Le niveau trophique indique la place qu'occupe une espèce dans une chaîne alimentaire. On distingue 3 niveaux trophiques : les producteurs primaires, les consommateurs et les décomposeurs.

On appelle maillon, le niveau de position d'un être vivant dans une chaîne alimentaire. Les êtres vivants autotrophes qui sont les producteurs primaires constituent le 1^{er} maillon de la chaîne alimentaire. La production primaire brute désigne l'ensemble de la matière organique produite par la photosynthèse. La production primaire nette correspond à la production primaire brute diminuée de la matière organique utilisée pour la respiration du producteur.

La productivité secondaire correspond à la production de la matière organique par l'ensemble des consommateurs appelés encore producteurs secondaires.

Les décomposeurs sont toujours les derniers maillons de la chaîne alimentaire. Ils transforment les substances organiques en substances minérales : ce sont des minéralisateurs.

II – DISSIPATION DE L'ÉNERGIE DES ECOSYSTEMES : ses cause et ses conséquences.

Dans un écosystème en équilibre dynamique, on constate une diminution progressive de la biomasse des producteurs aux consommateurs situés au bout de la chaîne. Quelque soit l'écosystème, la productivité primaire est toujours plus élevée et décroît systématiquement au fil des autres niveaux trophiques.

A l'intérieur d'un réseau trophique chaque niveau trophique produit sa matière à partir de celle prélevée dans le niveau précédent. Le transfert de matière organique au sein d'un écosystème correspond donc à un déplacement d'énergie.

Dans les écosystèmes, on admet actuellement que :

- Les producteurs sont capables de capter l'énergie solaire avec une efficacité de 0,1%
- Les herbivores captent à leur tour 10% de l'énergie accumulée dans les plantes

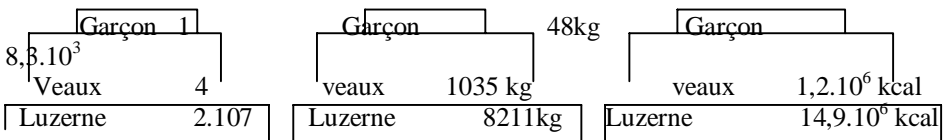
- Les carnivores de 1^{er} ordre 10% d'énergie stockée dans les herbivores et ainsi de suite pour les consommateurs des ordres suivants.

La pyramide d'énergie est la représentation graphique montrant le transfert d'énergie d'un niveau trophique à un autres. Les caractéristiques des pyramides écologiques :

- Pyramide des biomasses : représente la masse en matière sèche des êtres vivants occupant chaque niveau trophique à un miment donné
- Pyramide de productivité : traduisent la masse produite à chaque niveau par unité de surface ou de volume et par unité de temps
- Pyramides des énergies : pour l'établir, on calcule la quantité d'énergie absorbée et celle dépensée de par les individus de chaque niveau

Exemple : On suppose un champ de luzerne d'un ha utilisé pour nourrir des veaux destinés à alimenter un garçon de 12 ans dont cette viande théoriquement serait la seule source de nourriture. Le bilan des nombres, masse et énergie peuvent être établis :

<i>Indications</i>	<i>Nombre</i>	<i>Masse en kg</i>	<i>Energie en Kcal</i>
Carnivores (enfant)	1	48	8300
Herbivores (veaux)	4	1035	1,2 millions
Producteurs (luzernes)	20 millions	8211-	14,9 mill.ions
Energie solaire reçue dans le champ	-	-	6,3 milliards



Pyramide des nombres

Pyramide des masses

Pyramide des énergies

III – LE CYCLE DE CARBONE

Le carbone est l'élément caractéristique de la matière vivante. On le trouve sous forme minéral et organique.

1° - Les formes de carbone dans la nature

- Le carbone minéral : CO₂ , CO de l'atmosphère, CO₃²⁻ (ion carbonate) dissous dans l'eau et HCO³⁻ (ion hydrogénocarbonate) dissous dans les océans et les eaux douces, CaCO₃ dans les roches carbonates.

Il y a donc transformation incessante du carbone minéral au carbone organique et vis versa.

CONCLUSION

Le flux d'énergie qui traverse les écosystèmes entretient le recyclage des différents éléments chimiques, en particulier le carbone.

CHAP.8 -

EDUCATION ENVIRONNEMENTALE

OPO : - Définir effet de serre

- Montrer l'importance de l'effet de serre dans le maintien de la vie sur terre
- Etablir la relation entre le flux d'énergie et le cycle du carbone
- Démontrer l'importance de la couche d'ozone dans le maintien de la vie

INTRODUCTION

L'éducation environnementale est la connaissance des pratiques de nous entoure.

I – L'EFFET DE SERRE

C'est le phénomène par lequel les couches les plus basses de l'atmosphère forment une barrière à la réémission dans l'espace du rayonnement ayant atteint la terre.

Avec la vapeur d'eau, le méthane et les CFC (chlorofluorocarbone) produit par l'industrie, le CO₂ joue un rôle majeur dans la détermination du climat de la terre. Agissant comme les vitres d'une serre, ces gaz sont transparents à la lumière solaire, mais piègent la chaleur en absorbant efficacement le rayonnement infrarouge que réémet la surface de la terre.

II – IMPORTANCE DE L'EFFET DE SERRE DANS L'APPARITION ET LE MAINTIEN DE LA VIE SUR TERRE.

L'énergie piégée par les gaz à effet de serre et renvoyée sur la planète terre est estimée à 1500 KJ/m². Cet apport supplémentaire d'énergie au niveau de la terre entraîne une augmentation de la t°.

Ainsi, la t° moyenne qui règne à la surface de la terre est de 15°C environ ; or sans cet effet de serre, la t° de la surface serait de -18°C, ce qui rendrait la vie impossible. L'effet de serre ne permet donc pas à la terre de se refroidir complètement.

Grâce à l'effet de serre, la terre présente une t° compatible avec la vie pour que les conditions nécessaires à l'éclosion et au maintien de la vie soient assurées : présence et persistance d'eau liquide.

Le CO₂ est le composant de l'atmosphère le plus important pour le maintien de la vie : quand la planète se refroidit, l'évaporation au niveau des océans diminue, donc les pluies diminuent (sécheresse). Le CO₂ dans l'atmosphère s'accumule, augmentant l'effet de serre. Quand l'atmosphère se réchauffe, l'évaporation s'accroît et le CO₂ atmosphérique se dissout dans l'eau de pluies (pluies acides) et les carbonates se forment, réduisant l'effet de serre.

III – MODIFICATION DE RESERVOIR ATMOSPHERIQUE DU CO₂

Avant l'intervention de l'homme, les flux de carbone entre biosphère et atmosphère d'une part, océan et atmosphère d'autre part, étaient équilibrés.

Les activités humaines (feux de brousse, utilisation des appareils ménagers à CFC, calcination des roches calcaires pour obtenir le ciment et la chaux, les combustions industrielles) perturbent considérablement le cycle biochimique du carbone. Elles sont responsables de l'augmentation de la concentration du CO₂ atmosphériques dont les conséquences sont multiples : augmentation de la t° de surface de la terre, augmentation globale des précipitations, et de l'évaporation avec pour conséquences érosion et inondation.

IV – INFLUENCE DU FLUX D'ENERGIE SUR LE CYCLE DE CARBONE

Au sein d'un écosystème en équilibre, le flux d'énergie entretient les cycles de la matière et en particulier celui du carbone. Toute la biomasse perdue à chaque niveau trophique est recyclée sous forme de CO₂. En revanche, la chaleur libérée par les réactions d'oxydations de cette biomasse (respiration et fermentations) est perdue pour l'écosystème car elle n'est pas récupérable. Le recyclage du carbone nécessite donc une entrée permanente d'énergie dans l'écosystème : c'est l'énergie solaire absorbée par les producteurs primaires photosynthétiques.

L'énergie solaire est donc le moteur du cycle du carbone.

IV – ROLE DE LA COUCHE D'OZONE

La couche d'ozone agit comme véritable parasol à l'égard du rayonnement ultraviolet responsable des cancers de la peau, de

perturbations du système immunitaire, de réduction de la croissance végétale, des modifications d'ADN (mutations).

CONCLUSION

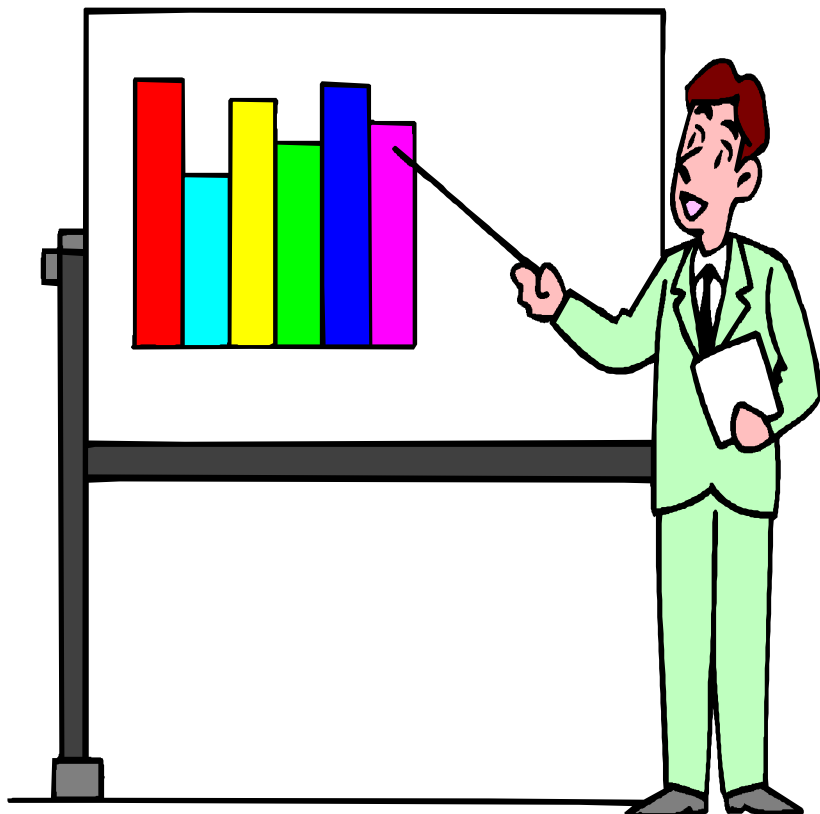
Les variations du taux de CO₂, principal gaz à effet de serre, sont à l'origine des modifications climatiques observées de nos jours dans les écosystèmes.

CEG DE BONGOR

CLASSE : 1 A4

DEPARTEMENT : S.V.T

COURS



M. SOUAVOURBE PALOUMA

Professeur de S. V. T

PROGRAMME ANNUEL DE LA 1^{ère} A₄

**PARTIE I : QUELQUES PROBLEMES RELATIFS A LA
CELLULE A LA REPRODUCTION, A L'HEREDITE ET
A L'EVOLUTION HUMAINE :**

Chap.1 : La cellule et la division cellule (4h)

Chap.2 : La reproduction humaine (13h)

Chap.3 : Hérité et génétique humaine (26h)

Chap.4 : Evolution humaine (6h)

**PARTIE II : QUELQUES PROBLEMES
D'ALIMENTATION, DE NUTRITION ET DE SANTE
CHEZ L'HOMME**

Chap. 5 : Principaux constituants de la matière
vivante(6h)

Chap.6 : Alimentation (8h)

Chap.7 : La respiration cellulaire (2h)

Chap.8 : Le sang et le milieu intérieur (5h)

Chap.9 : Immunologie (7h)

**PARIE III : QUELQUES PROBLEMES DE RELATION
AVEC L'ENVIRONNEENT**

Chap.10 : Relations sociales mécaniques physiologiques
(7h)



Chap. 1 - LA CELLULE ET LA DIVISION CELLULAIRE

OPO : - Identifier et nommer les différentes parties de la cellule

- Identifier les différents organites et donner leur rôle

- Citer les principales différences entre une ϕ animale et ϕ végétale

- Décrire les différentes étapes de la division cellulaire

- Dégager l'importance de la mitose

INTRODUCTION

La ϕ est à la base de tout organisme. Certaines ϕ dites procaryotes ne possèdent pas de noyau proprement dit (ex les bactéries et algues bleues). D'autres à noyau bien délimité sont appelées eucaryotes.

I - RAPPELS

1° - La cellule en microscopie optique

Le microscope ordinaire ou photonique utilise la lumière naturelle et permet d'observer des détails de l'ordre de micron ($1\mu = 1/1000\ 000$ mm). Pour améliorer les performances de l'appareil, on observe l'objet après fixation et coloration :

- Le colorant vital : la ϕ reste vivante pendant un certain temps. Ex : le rouge neutre qui colore la vacuole en rouge.

- Le colorant toxique : tue la ϕ mais rend les images plus lisibles. Ex : le vert de méthyle qui colore le noyau en vert.

La fixation consiste à tuer une ϕ en gardant toutes ses parties intactes.

Toute ϕ observée au microscope optique présente 2 parties fondamentales : le cytoplasme et le noyau. Elle est limitée à l'extérieur par une membrane cytoplasmique. Une ϕ végétale possède en plus une membrane externe inerte appelée membrane squelettique ou membrane cellulosique.

Le cytoplasme se compose d'une substance appelée cytoplasme fondamentale ou hyaloplasme ou cytosol dans laquelle sont disséminées organites.

Le protoplasme regroupe les parties vivantes ϕ (noyau, membrane cytoplasmique, l'appareil de golgi,...) et le paroplasme les parties inertes (vacuole, la membrane squelettique et les réserves).

2° - La cellule en microscopie électronique

Le microscope permet de distinguer des détails de l'ordre d'Angström ($1\text{\AA} = 1/10.000\mu$)

2.1 - La membrane cellulosique

Elle est constituée de cellulose et de glucides complexes ou composés pectiques. Elles assure un rôle de soutien et de protection de la ϕ .

2.2 - La membrane plasmique

Elle est constituée de 2 feuilletts sombres chacun de nature protéique encadrant un feuillet clair de nature lipidique. Elle assure le marquage du « soi » et est le siège des échanges entre le milieu extracellulaire et le milieu intracellulaire.

2.3 – Le cytoplasme

C'est la région située entre le noyau et la membrane cytoplasmique. Il est formé par le hyaloplasme ou cytosol et les organites cellulaires.

2.4 – les organites cellulaires

a) - Les mitochondries

Structure d'une mitochondrie

Ce sont des corpuscules en forme de grains ou de bâtonnets. La membrane interne émet des crêtes perpendiculairement à la grande dimension de l'organite.

Les mitochondries sont le siège des oxydations cellulaires, donc de la respiration.

b) – Le dictyosome ou appareil de Golgi

Schéma d'un dictyosome

Il se présente sous forme de corpuscules isolés (corps de Golgi) ou sous forme d'un réseau continu (dictyosome). Il participe à:

- L'élaboration de l'acrosome des spermatozoïdes
- il conditionne et exporte les protéines fabriquées au niveau du réticulum endoplasmique

c) – Le réticulum endoplasmique

Schéma d'un REG

On distingue :

- Le réticulum endoplasmique granulaire (REG) ou ergastoplasme dont la surface est tapissée de ribosomes : lieu de synthèse protéines
- Le réticulum endoplasmique lisse (REL) qui est le lieu de synthèse des composés lipidiques (cholestérol, phospholipides).

d) – Le centrosome

Emplacement du centrosome

C'est un organe qui caractérise les ϕ animales et les ϕ des végétaux inférieurs (ex : le champignon), avec en son centre deux centrioles. Il participe à la formation des cils, des flagelles, et donne les asters lors de la division cellulaire.

e) – Les chloroplastes

Schéma d'un chloroplaste

Les chloroplastes caractérisent les ϕ végétales. La structure montre des lamelles plastidiales disposées parallèlement au grand axe de l'organe.

Les chloroplastes sont le siège de la photosynthèse.

f) – Les vacuoles

Ce sont des cavités où s'accumulent des substances en solution : elles sont développées chez les ϕ végétales et petites chez les ϕ animales.

Elles jouent aussi un rôle dans la digestion (vacuoles digestives ou phagosomes) et l'excrétion (vacuoles pulsatiles)

g) – Les lysosomes

Ce sont des vésicules contenant des enzymes assurant la digestion des particules introduites dans la ϕ et les organites qui arrivent à la fin de leur existence.

h) – Les enclaves inertes

Ce sont des granulations qui n'ont pas de membranes tels que les gouttelettes d'huile, les grains de sécrétion, le glycogène.

3° – Le noyau

Le noyau

Le noyau est constitué d'une membrane nucléaire et du nucléoplasme composé de la chromatine (ADN + chromosomes) et du nucléole.

Schéma d'une cellule animale et d'une cellule

végétale

II – LA MITOSE

Les ϕ d'un organisme vivant se multiplient soit par division directe ou amitose, soit par division indirecte ou mitose.

La mitose est une division par laquelle une ϕ donne naissance à 2 ϕ filles identiques entre elles et identiques à la ϕ mère. Elle dure une à trois heures et comporte deux temps :

- la division du noyau ou caryocinèse
- la division du cytoplasme ou cytotérière ou plasmodiérière.

Le déroulement de la mitose comprend 4 phases : prophase, métaphase, anaphase, télophase.

L'intervalle de temps entre 2 mitoses successives est appelé interphase.

1° - L'interphase

Au cours de cette phase, la ϕ réalise la synthèse des organites et de l'ADN. Elle renferme alors deux fois d'organite et de chromosomes.

Ce matériel sera réparti en deux lots identiques dans les ϕ filles.

2° - La prophase

Chr à 1 bras

Chr à 2 bras

ϕ

végétale

ϕ animale

C'est la phase la plus longue (30 à 60 mn) caractérisée par :

- la condensation de la chromatine en chrs,
- le clivage des chrs en 2 chromatides,
- la disparition du nucléole et de la membrane nucléaire,

- l'apparition d'un fuseau de fibres : les fibres s'étendent entre les asters (centrosome fils) chez la ϕ animale et, entre les calottes polaires chez la ϕ végétale

3° - **La métaphase**

Métaphase mitotique

C'est la phase la plus brève (2 à 10 mn), caractérisée par :

- la fixation des chrs sur le fuseau achromatique à l'équateur de la ϕ , formant ainsi une plaque équatoriale.

- L'apparition des fibres chromosomiques ou tactrices qui naissent à partir du centromère des chrs.

4° - **L'anaphase**

Anaphase mitotique

Les centromères se divisent et les chromatides migrent vers un pôle de la ϕ : on parle d'ascension polaire.

5° - **La télophase**

Télophase chez la ϕ végétale

Télophase chez la ϕ animale

- les chrs rassemblés à chaque pôle de la ϕ se tassent et redeviennent indistincts

- le fuseau achromatique disparaît

- le nucléole et la membrane nucléaire se reforment à partir de leurs débris qui avaient refoulés à la périphérie de la ϕ .

La caryocinèse est ainsi terminée et la cytodierèse se fait par étranglement équatorial du cytoplasme chez la ϕ animale et par formation d'une nouvelle membrane squelettique au niveau du phragmoplaste chez la ϕ végétale.

6° - **Importance de la mitose**

- les mitoses embryonnaires conduisent à l'édification d'un organisme pluricellulaire

-chez les jeunes, elles sont destinées essentiellement à la croissance

- Elles assurent la cicatrisation des plaies par le remplacement des ϕ lésées.

Conclusion

Par la mitose, chaque ϕ fille reçoit exactement le même nombre de chrs que la ϕ mère : on parle de transmission, conforme du matériel génétique de la ϕ mère aux ϕ filles.

CHAP. 2 – HUMAINE

LA REPRODUCTION

OPO : - *Identifier les différentes étapes de la gamétogenèse*

- *relever les différentes parties des gamètes*
- *Expliquer les étapes du cycle ovarien, utérin et hormonal*
- *Identifier et nommer les différentes étapes de la fécondation*
- *Relever l'importance des hormones au cours de la gestion*
- *Décrire les étapes de l'accouchement*
- *Expliquer la notion de contrôle des naissances.*

INTRODUCTION

Dans le monde vivant, on note la reproduction sexuée et la reproduction asexuée. Chez l'homme, la reproduction est sexuée et fait intervenir les gamètes males et femelles.

I – LES ORGANES GENITAUX

Ils sont bâtis sur le même plan :

- Les gonades : testicules, ovaires
- Les voies génitales qui conduisent les gamètes : spermeducte (canaux déférents), oviducte (les trompes)
- Les organes d'accouplement : pénis, vagin
- Les glandes annexes : Les vésicules séminales et la prostate (chez l'homme), les deux glandes de Bartholin situées dans l'épaisseur des grandes lèvres et les glandes cervicales qui secrètent la glaire cervicale.

Schéma des appareils génitaux male et femelle

II – LA FORMATION DES GAMETES : la gamétogenèse

La gamétogenèse se déroule dans les gonades males (testicules) et dans les gonades femelles (ovaires)

1° - La spermatogenèse

Elle débute dès la puberté et comprend 4 phases :

- la multiplication par mitose des ϕ souches appelées spermatogonies

- l'accroissement : chaque spermatogonie issue de la division augmente de volume et devient un spermatocyte de 1^{er} ordre ou spermatocyte I.

- la maturation : assurée par la méiose. Chaque spermatocyte I (2n) va subir une division réductionnelle pour 2 spermatocytes II haploïdes. Chacun d'eux subira une division équationnelle pour donner 2 spermatides.

- la différenciation ou spermatogenèse : chaque spermatide va devenir progressivement un spz.

- Le centriole distal élabore un flagelle
- Les vésicules golgiennes forme l'acrosome

Schéma d'une jeune spermatide

structure d'un

spz

2° - L'ovogenèse

Elle présente également 4 phases :

- la multiplication par mitose des ϕ souches appelées ovogonies. Cette phase est terminée avant la naissance

- l'accroissement : chaque ovogonie augment de volume et on obtient un ovocyte de 1^{er} ordre ou ovocyte I (2n)

- la maturation : Chaque ovocyte I (2n) subit une division réductionnelle pour donner 2 ϕ d'inégale dimension. La plus grosse est ovocyte II (n) et la plus petite est le globule polaire I (n). L'ovocyte II subit la division équationnelle pour donner 2 ϕ dont la plus grosse est appelé l'ovotide et la plus petite le globule polaire II qui, comme le premier va dégénérer.

- la différenciation : l'ovotide ne subit pas de différenciation mais, se charge simplement de réserves nutritives pour donner un ovule.

Schéma d'un ovocyte II

3° - Comparaison spermatogenèse – ovogenèse

Désignation	Multiplication	Accroissement	Maturation (méiose)		Différenciation
			Division I	Division II	
Spermatogenèse					
Ovogenèse					

III – LES GONADES

1° - les gonades mâles : les testicules

Les testicules sont formés dans l'abdomen et descendent par la suite se loger dans le scrotum ou bourse. En cas d'anomalie, ils ne descendent pas et on parle de cryptorchidie. *Schéma de la structure d'un testicule*

Un testicule est formé de :

- 200 à 300 lobules contenant chacun 3 à 4 tubes séminifères dans lesquels se déroule la spermatogenèse
- ϕ de sertoli qui ont un rôle nourricier, coordonnent la spermatogenèse et libèrent les spz dans la lumière du tube séminifère
- ϕ interstitielles ou ϕ de Leydig qui sécrètent la testostérone responsable du développement de l'instinct sexuel, des caractères sexuels secondaires mâles et du fonctionnement de l'appareil génital mâle.

Le testicule est donc une glande mixte qui possède une double fonction :

- une fonction exocrine : production des spz
- une fonction endocrine : sécrétion de la testostérone



Spermatocytes
↓

II (2n)

Spermatides
↓

(2n)

Schéma d'une portion
Spermatozoïdes
du tube séminifère

2° - Les gonades femelles : les ovaires

Coupe _____ de

l'ovaire


Schéma d'un ovocyte II

Les ovaires sont formés dans l'abdomen et y restent. L'ovaire est également une glande mixte possédant une double fonction :

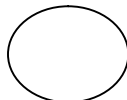
- une fonction endocrine : production d'hormones
- une fonction exocrine : production d'ovules

Les amas cellulaires observés à la périphérie d'une coupe d'ovaire sont des follicules de forme variable. Suivant leur stade d'évolution, on distingue :

- les follicules primordiaux composés d'une grosse ϕ centrale, l'ovocyte I entouré de quelques ϕ .

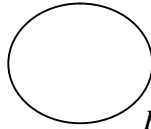
 Follicule primordial

- Les follicules primaires avec un ovocyte plus gros et des ϕ folliculaires plus nombreuses, l'ensemble étant entouré d'une membrane basale



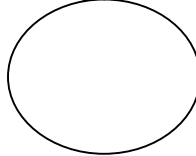
Follicule primaire

- les follicules secondaires ou follicules pleins caractérisés par des ϕ folliculaires disposées en couches, formant la granulosa et une différenciation des thèques.



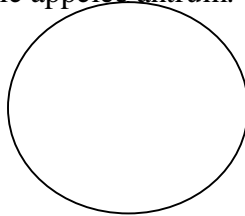
Follicule secondaire

- les follicules tertiaires ou follicules cavitaires caractérisés par l'apparition de petites cavités dans la granulosa.



Follicule tertiaire

- Le follicule mur ou follicule de De Graaf : les petites cavités forment une seule cavité centrale appelée antrum.



Follicule de De Graaf

Dés leur formation, la plus grande partie des follicules dégénèrent à des stades variables de leur développement : on parle d'atrésie folliculaire. Leur stock constitue au stade embryonnaire 6 millions environ mais, il ne restera plus que 400 mille à la puberté. Seulement 400 environ achèveront leur développement jusqu'au stade de follicule de De Graaf.

La folliculogénèse est le processus de maturation des follicules. L'ovocyte reçoit les aliments nutritifs par l'intermédiaire des ϕ folliculaires.

Après la ponte ovulaire, le reste du follicule se transforme en corps jaune qui disparaît s'il n'y a pas fécondation. Il s'agit dans ce cas d'un corps jaune périodique ou progestatif. Si y a fécondation, le corps jaune se maintient pendant toute la durée de la grossesse et, il s'agit dans ce cas d'un corps jaune gestatif ou de grossesse.

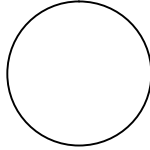
3° - La méiose

La méiose est un ensemble de 2 divisions successives qui, à partir d'une cellule diploïde on obtient 4 cellules haploïdes. Ce sont les spermatocytes I et ovocytes I qui subissent la méiose.

a) - La division réductionnelle

Elle présente les 4 phases d'une mitose normale mais ; avec certaines particularités :

- **la prophase I :**

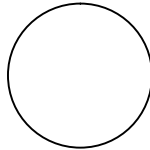


Prophase I

Caractéristiques:

- Appariement des chrs homologues
- Dédoublage des chrs et leurs bras s'entrecroisent au niveau des chiasmata. L'ensemble des 4 chromatides forme une tétrade.

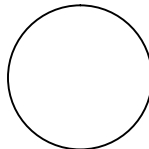
- **Métaphase I :**



Métaphase I

Caractéristiques : formation de la plaque équatoriale par les chrs homologues qui se placent par leurs centromères sur le fuseau achromatique.

- **Anaphase I :**

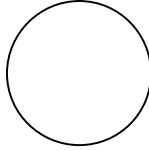


Anaphase

réductionnelle

Caractéristiques : les 2 chrs homologues se séparent et chacun migre vers un pôle de la ϕ . On a 2 lots de n chrs entiers et clivés à chaque pôle.

- **Télophase I** :



Télophase I

Caractéristique :

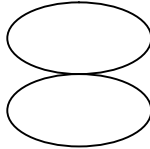
- disparition du fuseau achromatique
- chaque lot de chrs s'entoure d'une membrane nucléaire et la cytotodiérèse donne 2 spermatocytes II.

b) – **La division équationnelle**

L'interphase entre la 1^{ère} et la 2^{ème} division est très réduite car il n'y a pas plus de dédoublement de l'ADN puisque les chrs sont déjà dédoublés.

La division équationnelle est comparable à une mitose simple :

- **Prophase II** :

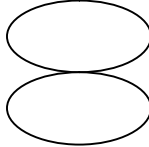


Prophase équationnelle

Caractéristique :

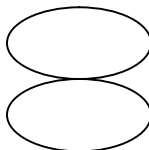
- disparition de la membrane nucléaire
- formation du fuseau achromatique

- **Métaphase II** :



Métaphase II

- **Anaphase II** :



Anaphase

équationnelle

Caractéristiques : les chromatides de chaque chr se séparent et chacun migre vers un pôle de la ϕ .

- Télophase II :



Télophase équationnelle

La méiose réduit le nombre de chrs et affecte seulement les ϕ sexuelles.

4° - Comparaison spz – ovule

Gamètes	Production	Emission	Mobilité	Réserves nutritives	Durée de vie
Spz	Continue	Millions par éjaculation	Mobile grâce au flagelle	Nulles	1 j environ
Ovule	périodique	Environ 1 par mois	immobile	importantes	3 jrs environs

IV – LES CYCLES SEXUELS

1° - Le cycle ovarien

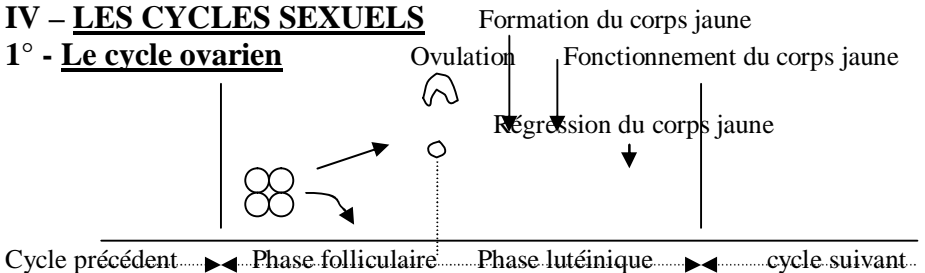


Schéma du cycle ovarien

Le cycle ovarien comporte 3 phases :

- La phase folliculaire de durée variable (11 à 19 jours ou plus, avec une moyenne à 14 jours) caractérisée par un accroissement de plusieurs follicules dont un seul atteindra le stade de follicule mûr.

- la phase ovulatoire ou ponte ovulaire : se produit automatiquement et on parle d'ovulation spontanée.

- la phase lutéinique ou post-ovulatoire ou phase lutéale qui dure exactement 14 jours. Le reste du follicule rompu se referme et les \emptyset de la granulosa se chargent d'une substance jaune appelée lutéine.

2° - Le cycle utérin

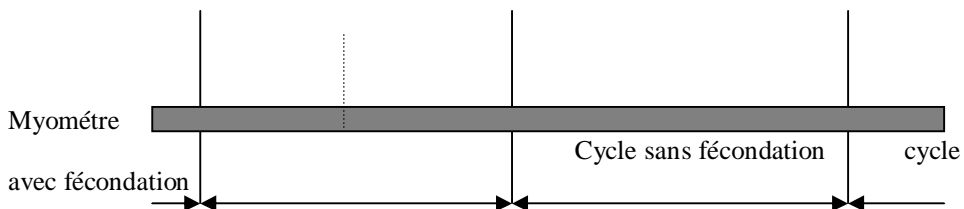


Schéma du cycle utérin

L'utérus est constitué d'une muqueuse interne appelée endomètre, d'un muscle lisse appelé Myomètre et d'une couche externe ou périmètre.

Sous l'action des hormones ovariennes, il y a évolution cyclique de la muqueuse utérine :

- Pendant la phase folliculaire, l'endomètre se reconstitue et s'épaissit

- A l'ovulation, l'endomètre atteint son épaisseur maximale (5 cm)

- A la phase lutéinique, l'endomètre présente un aspect et on parle de dentelle utérine. Les contractions utérines cessent : on parle de silence utérin. Il se produit à la fin de la phase lutéinique une régression de l'endomètre accompagnée de l'hémorragie par rupture de vaisseaux sanguins : les règles ou menstruations.

En dehors des périodes ovulatoires, la glaire cervicale sécrétée au niveau du col de l'utérus est épaisse et bouche l'accès de la cavité utérine. Elle devient fluide pendant la période ovulatoire pour faciliter le passage des spz.

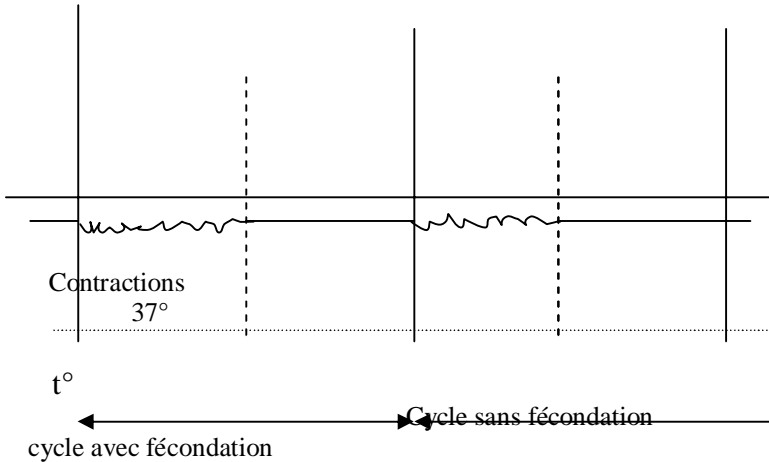
3° - Le cycle hormonal

a) - Cycle des hormones ovariennes

On distingue 2 catégories d'hormones ovariennes :

- les oestrogènes secrétées par les ϕ de la granulosa et en abondance par la thèque interne : l'oestriol, l'oestrone et l'oestradiol la plus importante. L'oestradiol préside à l'apparition des caractères sexuels secondaires, l'instinct sexuel et à la stimulation de l'ovogenèse.

- la progestérone secrétée par le corps jaune : elle prépare l'utérus à la gestation en inhibant les contractions utérines (imposer le silence utérin) pour favoriser la nidation, agit sur la glande lactéale (préparation des seins à la lactation) et élève la t° corporelle au dessus de 37°C .



Cycle des hormones ovariennes

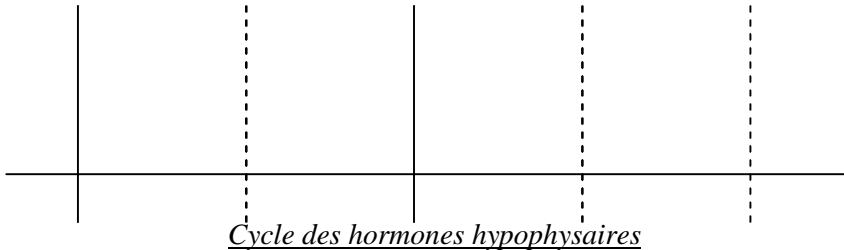
b) – les hormones hypophysaires

Le lobe antérieur de l'hypophyse, glande située à la base de l'encéphale, sécrète des hormones appelées gonadostimulines ou gonadotrophines qui stimulent le fonctionnement des gonades et qui sont nommées d'après l'initiale de leur nom anglo-saxon :

- la FSH (follicule stimulating hormone) ou hormone folliculo-stimulante : stimule la spermatogenèse chez l'homme. Chez la femme, elle provoque la croissance du follicule ovarien et active la sécrétion d'hormones folliculaires

- la LH (luteinizing hormone) ou hormone lutéinisante : stimule les fonctionnement des ϕ interstitielles chez l'homme. Chez la femme, elle provoque l'ovulation et la formation du corps jaune.

- la LTH (luteotrophic hormone) ou hormone lutéotrophique : voisine de la LH, elle déclenche et entretient la sécrétion de la progestérone
- la prolactine : déclenche la sécrétion lactée.



b) – Hormone hypothalamique

L'hypothalamus sécrète la Rh (releasing hormone) ou hormone de libération ou gonadolibérine (GnRh) qui stimule la libération des hormones hypophysaires.

4° - Notion de rétrocontrôle

Le complexe hypothalamo – hypophysaire détecte à tout à tout moment les variations des taux sanguins d'hormones ovariennes. Une hausse des taux d'hormones ovariennes est suivi par une diminution des taux sanguins des gonadostimulines et à l'inverse une chute des taux d'hormones ovariennes est suivi par une augmentation des taux des gonadostimulines : on parle de rétrocontrôle négatif ou réaction négative.

Remarque : la testostérone exerce aussi un rétrocontrôle négatif sur le complexe hypothalamo-hypophysaire.

Schéma fonctionnel de la régulation de la testostérone

Schéma fonctionnel de la régulation des hormones ovariennes

V – LA FECONDATION

Les étapes de la fécondation

La fécondation ou fusion entre un gamète male et un gamète femelle s'effectue en 3 étapes :

- le rapprochement des gamètes suivi de la traversée de la corona radiata et de la zone pellucide qui est constituée de protéines : la liaison de la tête du spz à ces protéines déclenche la libération des enzymes de l'acrosome qui perforent la membrane de l'ovule

- la pénétration d'un spz et activation de l'ovocyte : les granules corticaux se déversent pour former la membrane de fécondation qui double la membrane plasmique et qui assure la protection contre la polyspermie. La seconde division de méiose s'achève et le 2^{ème} globule polaire est expulsé.

- la caryogamie ou amphimixie : les noyaux haploïdes males et femelles fusionnent pour former une cellule œuf ou zygote. Cette fusion est suivie immédiatement de la 1^{ère} division mitotique.

La méiose réduit de moitié le nombre de chrz des gamètes et la fécondation rétablit la diploïdie : la méiose et fécondation sont deux phénomènes compensateurs.

VI – LA GESTATION

1° - Les étapes du développement embryonnaire

Schéma des étapes du développement embryonnaire

30 heures après la fécondation, l'œuf entre en division mitotique et migre au 6^e jour dans l'utérus. Certaines ϕ appelées trophoblastes s'enfoncent dans la muqueuse utérine et participent à la formation du placenta: c'est la nidation.

L'organogenèse s'achève ne 2 mois et l'embryon devient fœtus au 3^e mois. Le placenta assure l'alimentation, la respiration et l'excrétion de l'embryon qui est alors inclus dans une cavité de liquide appelée poche des eaux ou amnios qui le protège des chocs. L'embryon est relié au placenta par le cordon ombilical.

Le placenta sécrète également des hormones :

- les oestrogènes et la progestérone pour maintenir l'utérus dans un état favorable à la gestation
- la HCG (human chorionic gonadotrophine) qui maintient le corps jaune et stimule la sécrétion d'hormones
- la HPL (hormone placentaire ladogène) qui provoque le développement des glandes mammaires.

Le placenta est un filtre sélectif qui laisse passer certaines substances (eau, sels minéraux, nutriments, anticorps, O₂ ,) et arrête d'autres (CO₂, urée, acide urique,).

2° - La parturition ou accouchement

A la fin de la grossesse, la glande surrénale du fœtus sécrète une hormone appelée cortisol qui stimule la chute de la production de progestérone, ce qui provoque une reprise des contractions utérines. Ces contractions déclenchent par voie réflexe la sécrétion par l'hypothalamus de l'ocytocine qui amplifie ces contractions : on dit que la femme entre en travail ; ce qui aboutit à l'expulsion du fœtus ou parturition.

L'accouchement comporte 3 étapes :

- la dilatation de col de l'utérus
- l'expulsion du fœtus ou parturition
- l'expulsion du placenta ou délivrance

VII- LA MAITRISE DE LA REPRODUCTION

Le planning familial consiste à décider du nombre d'enfant, choisir le moment de leur naissance en fonction des moyens. Les méthodes utilisées sont : la contraception et la contragestion.

1° - Les méthodes contraceptives

Elles ont pour principe d'empêcher la fécondation.

a) - méthodes en vue de supprimer la fécondité de façon temporaire

- Le coït interrompu : consiste à interrompre l'acte sexuel avant l'éjaculation

- Le condom ou préservatif : moyen de lutte contre les IST

- Le diaphragme : disque en caoutchouc à placer au fond du vagin avant un rapport sexuel pour empêcher les spz d'évoluer vers l'ovule

- Les crèmes spermicides : préparations vendues en pharmacie destinées à détruire les spz.

- La pilule du lendemain : permet à la femme qui a déjà eu des rapports sexuels d'éliminer une éventuelle grossesse avant la nidation.

- La pilule contraceptive : empêche la femme d'être féconde parce en bloquant la production de l'ovocyte II

b) - Les méthodes qui suppriment la fécondité de façon définitive

- La vasectomie chez l'homme: c'est la section des conduits qui amènent les spz des testicules au pénis

- La ligature des trompes chez la femme : le chirurgien coupe et ferme le conduit qui transporte l'ovule jusqu'à l'utérus.

2° - Les méthodes contraceptives

Elles ont pour principe d'empêcher la gestation:

- Le stérilet ou dispositif intra-utérin (DIU) : empêche la nidation à 97% de réussite. Il ne peut pas être placé chez une femme n'ayant pas encore eu d'enfant, en raison de la plus grande mobilité de son utérus.

- La RU 486 : pilule abortive qui ne peut être utilisé qu'en milieu hospitalier en vue de provoquer un avortement.

CONCLUSION

La reproduction humaine découle de méiose et de fécondation qui sont deux phénomènes compensateurs.

CHAP. 3 -

HEREDITE ET GENETIQUE HUMAINE

OPO : - *Enoncer et expliquer les lois de Mendel*

- *Identifier les cas n'obéissant pas à la ségrégation indépendante*
- *Définir les termes caryotype et formule chromosomique*
- *Expliquer les entraves au développement de la génétique humaine*
- *Définir syndrome, aberration chromosomique*
- *Identifier et expliquer certains cas d'anomalies génétiques*

INTRODUCTION

Les ϕ renferment dans leur noyau $2n$ chrs groupés par paires. Chaque gène se trouve ainsi en double exemplaire, constituant le couple d'allèles.

I -NATURE DE L'INFORMATION GENETIQUE : LA MOLECULE D'ADN

L'ADN ou acide désoxyribonucléique est associé aux protéines pour former les chromosomes.

1° - Composition chimique

L'ADN, localisé dans le noyau est formé de :

- Un sucre : le désoxyribose ($C_5H_{10}O_4$)
- Acide phosphorique (H_3PO_4)
- 4 bases azotées : adénine (A), guanine (G), thymine (T), la cytosine

(C).

La combinaison base + H_3PO_4 + $C_5H_{10}O_4$ forme un nucléotide. La séquence base + sucre forme un nucléoside.

b) – Structure de la molécule d'ADN

Une molécule d'ADN est un ensemble de 2 longues chaînes en double hélice : on dit que l'ADN a une structure bicatenaire.

A ne peut se lier qu'à T et G ne peut se lier qu'à C par des liaisons d'hydrogène.

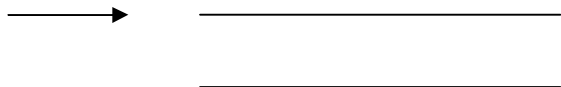
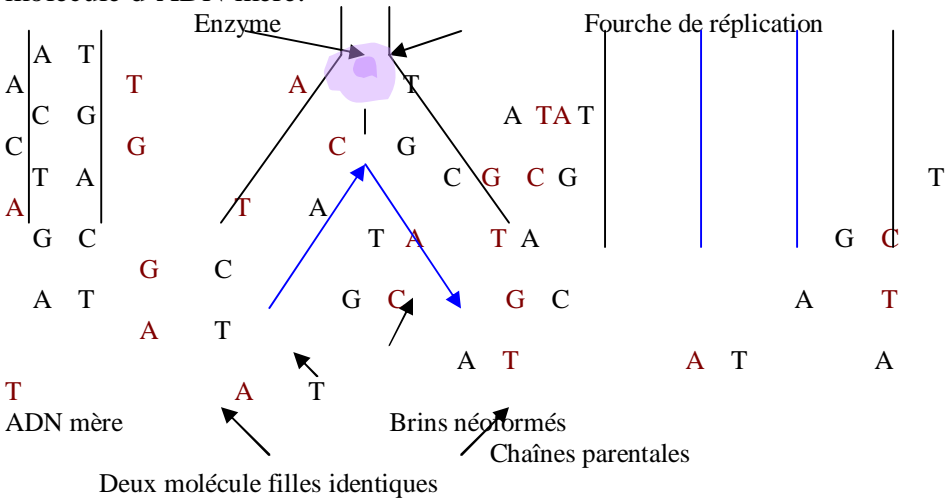


Schéma d'une portion d'ADN

Une séquence des nucléotides d'ADN correspond à une information génétique. La molécule d'ADN peut s'autoreproduire grâce à un processus appelé duplication ou réplication. A la fin de la réplication, on obtient 2 molécules filles identiques entre elles et identiques à la molécule d'ADN mère.



Mécanisme de réplication de l'ADN

II – LOIS STATISTIQUES DE LA TRANSMISSION DES CARACTERES HARADITAIRES OU LOIS DE MENDEL

Le moine Autrichien John Gregor Mendel fut le 1^{er} expérimentateur à expliquer le mécanisme de la transmission des caractères héréditaires.

Quelques définitions :

Génétique : science qui étudie le matériel héréditaire (ADN, gènes)

Hérédité : étude de la transmission des caractères héréditaires.

Gène : fragment d'ADN contenant l'information génétique.

Locus : emplacement précis d'un gène sur un chr.

Allèle : l'une des différentes versions possibles d'un même gène.

Hybride : individu issu des parents différents par un ou plusieurs caractères

Phénotype : ensemble des caractères observables d'un individu.

Génotype : ensemble des gènes d'un individu

Homozygote : individu formé d'allèles identiques pour un caractère donné

Hétérozygote : individu formé d'allèles différents pour un caractère donné

Population : ensemble d'individus vivant dans un même milieu et se reproduisant entre eux.

Lignée pure ou race pure : groupe d'individus issus d'un individu homozygote par autofécondation.

1° - Le monohybridisme

Le monohybridisme est le croisement d'individus de race pure qui diffèrent par un seul caractère.

a) – Cas de dominance

➤ *1^{ère} loi de Mendel : loi de l'uniformité de la 1^{ère} génération F1.*

Lorsqu'on croise 2 individus de race, tous les individus de 1^{ère} génération F1 sont identiques entre eux. Ils sont appelés hybrides : le caractère dominant se note en lettre majuscule et l'autre caractère dominé est dit récessif et se note en lettre minuscule.

➤ *2^{ème} loi de Mendel : loi de la disjonction des caractères ou loi de la pureté des gamètes.*

Au cours de la formation des gamètes des hybrides, il y a ségrégation ou disjonction des caractères, de sorte que chaque couple gamète ne reçoit qu'un seul allèle : on dit que les gamètes sont purs.

➤ *3^{ème} loi de Mendel : loi du polymorphisme de la génération F2.*

A la F2, les individus ont plusieurs phénotypes avec les proportions suivantes : $\frac{3}{4}$ phénotypes dominant et $\frac{1}{4}$ phénotype récessif

A ces 2 classes phénotypiques correspondent 3 classes génotypiques :

- $\frac{1}{4}$ d'homozygote du gène dominant
- $\frac{1}{2}$ d'hétérozygote
- $\frac{1}{4}$ d'homozygote du gène récessif

<u>b</u>	G//b [G]	b//b [b]	1/2 ou 50% G//b	1/4 ou 25% souris blanches
			1/4 ou 25% b//b	

b) - Cas de codominance ou interdominance

Dans le cas où parmi les 2 allèles aucun ne domine l'autre, le phénotype des hybrides F1 ne ressemble à aucun des 2 parents. En F2, au lieu d'avoir 2 phénotypes dans les proportions 3/4 et 1/4, comme le prévoyait Mendel, on obtient 3 classes phénotypiques correspondant au 3 classes génotypiques : 1/4 homozygotes ;

1/2
hétérozygotes ;
1/4
homozygotes

Exercice :

On croise une plante à fleurs jaunes avec une plante de même espèce à fleurs blanches. En F1, on obtient une de plant s toutes à fleurs rouges.

- 1) Comment peut-on interpréter ces résultats ?
- 2) Donner les résultats statistiques de la F2.

Solution :

1) - L'uniformité des hybrides en F1 montre que les parents sont de race pure
- Les fleurs des plantes ne sont ni blanches ni jaunes : on peut conclure que les caractères jaune et blanc sont codominants

2) Génotype des parents :

Fleurs jaunes : J//J

Fleurs blanches : B//B

Cherchons le génotype de la F1 :

Parents : J//J

X

B//B

Gamètes : J

B

F1

J//B

100%

fleurs

rouges

Résultats statistiques de la F2 :

Parents : J//B

X

J//B

Gamètes : J, B

J, B

F2 : échiquier de croisement

	♂	<u>J</u>	<u>B</u>					
♀		<u>J</u>	<u>B</u>					
<u>J</u>		J//J[J]	J//B[JB]	<table border="1"> <tr> <th>Résultats génotypiques</th> <th>Résultats phénotypiques</th> </tr> <tr> <td>25% J//J</td> <td>75% fleurs jaunes</td> </tr> </table>	Résultats génotypiques	Résultats phénotypiques	25% J//J	75% fleurs jaunes
Résultats génotypiques	Résultats phénotypiques							
25% J//J	75% fleurs jaunes							
<u>B</u>		J//B[JB]	B//B[B]	<table border="1"> <tr> <th>Résultats génotypiques</th> <th>Résultats phénotypiques</th> </tr> <tr> <td>50% J//B</td> <td>50% fleurs rouges</td> </tr> </table>	Résultats génotypiques	Résultats phénotypiques	50% J//B	50% fleurs rouges
Résultats génotypiques	Résultats phénotypiques							
50% J//B	50% fleurs rouges							

c) – Notion de test-cross et de backcross

Le test-cross ou croisement test est un croisement entre un individu de phénotype dominant dont on veut connaître le génotype et un individu récessif (testeur). Deux possibilités peuvent se présenter :

- la génération issue du test-cross est homozygote, alors l'individu de génotype inconnu est homozygote pour le gène dominant
- la génération comporte 2 classes phénotypiques, alors l'individu de génotype inconnu est hétérozygote.

Le backcross est le croisement entre un individu hybride dont on connaît le génotype avec un parent homozygote récessif.

2° - Le dihybridisme

Le dihybridisme est le croisement d'individus de race pure qui diffèrent par 2 caractères.

a) – Les 2 caractères sont portés par 2 paires des chrs différentes

Dans ce cas, on dit que les gènes sont indépendants et on note :

a b | | ou (a a' b b')

En F2, on obtient 16 classes génotypiques correspondant à 4 classes phénotypiques.

Exercice :

On croise des pois à graines jaunes et lisses avec des pois à graines vertes et ridées. En F1 on obtient des pois à graines toutes jaunes et lisses.

- 1) *Que peut-on conclure*
- 2) *Donnez les résultats statistiques de la F2*

Solution :

1) – *les parents sont de race pure*

- la caractère jaune domine sur le vert et le lisse sur le ridé

2) *Génotype des parents :*

Graines jaunes lisses : JJ _____

*Graines vertes ridées : vv
LL*

rr

Génotypes de la F1 :

Parents : JJ X

vv

LL

rr

Gamètes : Jj

v/r

F1 :

JL

v r

Résultats de la F2 :

Parents : JL _____

X

JL

v r

v r

Gamètes : échiquier de gamètes :

couleur aspect	J	v
<u>L</u>	<u>J, L</u>	<u>v, L</u>
<u>r</u>	<u>J, r</u>	<u>v, r</u>

F2 : échiquier de croisement :

♂ ♀	<u>J, L</u>	<u>J, r</u>	<u>v, L</u>	<u>v, r</u>
<u>J, L</u>	<u>JL</u> [JL] JL	<u>J L</u> [JL] J r	<u>J L</u> [JL] v L	<u>J L</u> [JL] v r
<u>J, r</u>	<u>J L</u> [JL] <u>J r</u>	<u>J r</u> [Jr] J r	<u>J L</u> [JL] v r	<u>J r</u> [Jr] v r
<u>v, L</u>	<u>J L</u> [JL] v L	<u>J L</u> [JL] v r	<u>v L</u> [vL] v L	<u>v L</u> [vL] v r
<u>v, r</u>	<u>J L</u> [JL] v r	<u>J r</u> [Jr] v r	<u>v L</u> [vL] v r	<u>v r</u> [vr] v r

Résultats génotypiques :

JL 1/16 J r 1/16 v L 1/16 v r
 1/16 J L 2/16
JL J r v L
 v r J r
J L 2/16 J L 4/16 v L
 2/16 J r 2/16
v L v r
 v r v r

Résultats phénotypiques :

- 9/16 [JL] : graines jaunes lisses - 3/16 [vL] graines vertes lisses
 - 3/16 [Jr] graines jaunes ridées - 1/16 [vr] graines vertes ridées.

b) – les gènes sont portés par la même paire de chrs.

On dit que les gènes sont liés et on parle de linkage. On note :

ab/a'b' ou a | | b

a' b'

Exercice :

On croise une lignée pure de drosophiles, l'une à corps gris et ailes longues ; l'autre à corps noir et ailes vestigiales.

Tous les individus de la F1 sont à corps gris et ailes longues. A la F2, on obtient 75% de drosophiles grises à ailes longues et 25% de drosophiles noires à corps vestigiales.

Interprétation

Ce résultat est celui d'un monohybridisme, pourtant nous sommes dans un cas de dihybridisme.

Pour expliquer ce résultat, on admet que les 2 gènes sont portés par la même paire de chrs et transmis en bloc : on parle de linkage.

Parents : GL X

nv

GL

nv

Gamètes : GL

nv

F1

GL

100% [GL]

nv

Le génotype de la F2 :

Parents : GL X GL

nv

nv

Gamètes : GL ; nv

GL ; nv

F2 : échiquier de croisement

♀ \ ♂	<u>GL</u>	<u>nv</u>	Résultats génotypiques	Résultats phénotypiques
<u>GL</u>	GL//GL [GL]	GL//nv [GL]	25% GL//GL	[GL] 75% drosophiles grises à ailes longues
<u>nv</u>	GL//nv [GL]	Nv//nv [nv]	50% GL//nv	[nv] 25% drosophiles noires à ailes vestigiales
			25% nv//nv	

3° - Brassage intrachromosomique : phénomène de crossing-over

Exercice :

On croise une drosophile grise à ailes longues avec une drosophile noire à ailes vestigiales, toutes de souches pures.

On obtient en F1 100% de drosophiles grises à ailes longues.

En croisant une femelle de F1 avec un parent male double récessif, on obtient en F2 41,5% de drosophiles grises à ailes longues ; 41,5% de

drosophiles noires à ailes vestigiales ; 8,5% de drosophiles grises à ailes vestigiales et 8,5% de drosophiles noires à ailes longues.

- 1) Indiquez les caractères dominants
- 2) Expliquez et indiquez de quel type de brassage s'agit-il.
- 3) Calculez le taux de recombinaison

Solution :

- 1) Le caractère gris domine sur le noir et le long sur le vestigial.
- 2) Les résultats obtenus ne ressemblent ni à celui d'une disjonction des caractères, ni à celui d'une liaison de caractères.

L'apparition des phénotypes nouveaux 'gris vestigial' et 'noir long' s'explique que par le phénomène de crossing-over ou enjambement qui s'est produit chez la femelle hybride lors de l'ovogénèse.

Le crossing-over se définit comme un échange de fragments de chromatides entre 2 chrs homologues. Il ne se produit pas chez le male des drosophiles.

Parents : \underline{nv} X $\begin{matrix} G \\ n \end{matrix} \begin{matrix} v \\ v \end{matrix}$

Gamètes : échiquier des gamètes

couleur aspect	G	n
L	<u>GL</u>	<u>nL</u>
v	<u>Gv</u>	<u>nv</u>

De l'hybride ↓

Echiquier de croisement :

♂	<u>GL</u>	<u>nL</u>	<u>Gv</u>	<u>nv</u>
♀	<u>GL</u> <i>nv</i>	<u>nL</u> <i>nv</i>	<u>Gv</u> <i>nv</i>	<u>nv</u> <i>nv</i>
phénotype	41,5%	8,5%	8,5%	41,5%

3) Taux de recombinaison :

Par convention, l'unité de distance entre les 2 locus des gènes sur le chr est le centimorgan (CM=

$$D = \frac{\text{Nombre de recombinaison}}{\text{Nombre total de la descendance}} \times 100$$

Nombre total de la descendance

$$x \ 100 = \frac{17}{41,5 + 8,5 + 8,5 + 41,5} \times 100 = 17 \text{ CM}$$

III – NOTION DE CARYOTYPE ET FORMULE CHROMOSOMIQUE

Le caryotype est un arrangement caractéristique des chrs d'une espèce classés par paire et par ordre décroissant.

Le caryotype montre que chaque espèce possède 2 types de chrs :

- les autosomes : identiques chez l'homme comme chez la femme.
- les chrs sexuels ou gonosomes ou hétérochromosomes : XX chez la femme et XY chez l'homme.

La formule chromosomique est le nombre d'autosomes et de gonosomes par sexe d'une espèce. Elle est notée $2n$.

Exemple :

- Homme : $2n = 44$ autosomes + XY
- Femme : $2n = 44$ autosomes + XX
- Spz : $n = 22$ autosomes + X ou $n = 22$ autosomes + Y
- Ovule : $n = 22$ autosomes + X
- Drosophiles male : $2n =$ autosomes + XY
- Drosophiles femelle : $2n = 6$ autosomes + XX

1° - Chromosomes et détermination du sexe

Dans l'espèce humaine, c'est le mâle qui détermine le sexe de l'individu qui va naître. Quand le spz X rencontre l'ovule, on obtient une femelle (XX) et quand le spz Y rencontre l'ovule un mâle (XY).

C'est le contraire chez l'oiseau ou le papillon où les gonosomes mâles sont XX et XY chez la femelle.

2° - Notion d'identité biologique et d'identité spécifique

L'identité biologique de l'espèce est constituée par les caractères communs à tous les individus de l'espèce.

L'identité spécifique d'un individu est constituée par ses propres caractères individuels morphologiques et moléculaires. Chaque individu est unique, exception faite des vrais jumeaux.



IV – LA GENETIQUE HUMAINE

Les méthodes expérimentales ne saurait être utilisée en génétique humaine pour plusieurs raisons : l'impossibilité de diriger les mariages, la


fécondité (nombre d'enfants par famille) est très restreinte, la durée de vie de l'expérimentateur est très courte pour suivre 2 ou 3 générations.


1° - L'étude de l'arbre généalogique

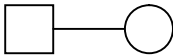

La construction de l'arbre généalogique suit des règles conventionnelles assez précises :

 Hommes sains 

hommes malades

 Femmes saines

femmes malades 

  ou

Mariage



Jumeaux

2° - Hérédité autosomale

a) - La drépanocytose

C'est une maladie caractérisée par la présence dans le sang des globules rouges en forme de faucille ou de croissant. L'hémoglobine de ces hématies (drépanocytes) est appelée hémoglobine S, différent de l'hémoglobine normal A.

Un individu de génotype S//S est drépanocytaire, un individu de génotype A//S est porteur et l'individu A//A est normal.

b) - L'albinisme

L'albinisme est dû à un trouble de la mélanine, pigment responsable de la coloration des cheveux et de la peau. On distingue deux formes d'albinisme :

- l'albinisme oculaire : caractérisé par l'absence partielle ou totale de pigmentation mélanique des yeux.

- l'albinisme oculo-cutané : la dépigmentation touche aussi bien la peau que le tissu oculaire.

Différents enzymes de la synthèse de la mélanine peuvent être défectueuses : la tyrosinase qui intervient dans les premières étapes de la synthèse du pigment à partir d'un acide aminé appelé la tyrosine.

C'est une maladie génétique récessive. On distingue la forme tyrosinase négative et la forme tyrosinase positive. Elle est gouvernée par deux gènes :

- Gène 1, gouverné par deux allèles :
 Allèle dominant : il y a synthèse de la tyrosine : T
 Allèle récessif : pas de synthèse de la tyrosine : t
- Gène 2, gouverné par deux allèles :
 Allèle dominant : il y a conversion de la tyrosine en mélanine : M
 Allèle récessif : pas de conversion de la tyrosine en mélanine : m

Un individu de génotype : $\underline{t} \underline{M}$ ou $\underline{T} \underline{m}$
 ou $\underline{T} \underline{m}$

M t m t
 ou $\underline{t} \underline{m}$ est albinos T m
t m

Un individu de génotype $\underline{T} \underline{M}$ est normal

t m

c) – Le groupe sanguin : le système (A,B,O)

Les gènes A et B portés par la paire de chrs n°9 gouvernent la synthèse d'une glycoprotéine enchâssée dans la membrane de hématies ; respectivement la glycoprotéines A et la glycoprotéine B. Le gène O ne gouverne la synthèse d'aucune glycoprotéine. A et B sont codominants entre eux et dominants sur O. IL existe 6 génotypes possibles :

- A//A ou O//A : groupe A A//B : groupe AB
- B//B ou O//B : groupe B O//O : groupe O

d)- Le facteur rhésus

Le facteur rhésus porté par la pair de chr n° 1 est déterminé par 2 allèles : l'allèle Rh⁺ est dominant l'allèle Rh⁻ récessif

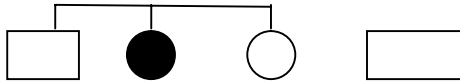
Les sujets de génotype Rh⁺//Rh⁺ ou Rh⁺//Rh⁻ sont de groupe Rh⁺ et ceux de génotype Rh⁻//Rh⁻ sont de génotype Rh⁻

Lorsqu'on introduit du sang Rh⁺ chez un individu Rh⁻, l'organisme de celui-ci réagit en formant des anticorps anti-rhésus qui détruisent les hématies du donneur Rh⁺.

Exercice 1

La drépanocytose est une maladie héréditaire caractérisée par la présence dans le sang de globules en forme de faucille. On dispose de l'arbre généalogique suivant :





○ Hommes sains

Femmes saines

II



Femmes

drépanocytaires

1

2

3

4

III



1

1° - Donnez le génotype d'un individu sain

2° - Donnez les génotypes des individus II (3) et II (4)

3° - Sachant que le génotype de l'individu n°1 est AA

a)-Donnez le génotype de l'individu I (2)

b)-Y a t- il un enfant illégitime dans la génération II ? Si oui lequel ? Justifiez votre réponse.

3° - Hérédité gonosomale

Il s'agit des cas d'hérédité où les gènes sont portés par les chrs sexuels.

Exemple :

Morgan croise une drosophile femelle aux yeux blancs avec une drosophile male aux yeux rouges. En F1, il obtient 50 % de drosophiles males aux yeux blancs et 50 % de drosophiles femelles aux yeux rouges.

Interprétation :

Le résultat en F1 est hétérogène alors que les parents sont de race pure. Ce résultat constitue une exception à la 1^{ère} loi de Mendel.

On admet que l'allèle du gène couleur des yeux est lié aux chrs sexuels

X,

Parents : $X_R Y$ X

$X_b X_b$

Gamètes : X_R, Y

X_b, X_b

F1 : échiquier de croisement

	♂	X_R	Y
♀	X_b	$X_R X_b$	$X_b Y$
	X_b	$X_R X_b$	$X_b Y$

50% de drosophiles femelles aux yeux rouges

50% de drosophiles males aux yeux blancs

a) – L'hémophilie

C'est une maladie caractérisée par une coagulation très lente du sang. L'allèle responsable de l'hémophilie est noté h et est récessif par rapport à son allèle normal N. Il est porté par le chromosome X. La maladie est transmise par les femmes mais n'atteint que les hommes parce que c'est un gène létal qui tue prématurément la fille homozygote. Les femmes qui transmettent ce facteur sont dites vectrices.

b) – Le daltonisme

C'est une anomalie de la vision qui se manifeste par une confusion des couleurs rouge et vert. Le gène noté d est récessif par rapport à son allèle normal noté N. Il existe des femmes daltoniennes et celles qui sont porteuses sont dites vectrices.

c) – La myopathie de Duchenne

Elle est caractérisée par des douleurs et une régression musculaire progressive. Le sujet marche en dandinant et tombe fréquemment. Le gène récessif noté m est porté par le chromosome X. Le gène de la maladie létal pour les femmes homozygotes.

Exercice

Bouba est daltonien. Il épouse FIFI Amer, une femme normale. Ils ont 4 enfants : deux garçons normaux, une fille et un garçon daltonien. La femme a un frère, normal, une sœur daltonienne et une sœur normale. Cette sœur ayant épousé un homme daltonien a deux fils daltoniens et une sœur normale.

1° - Reconstituez l'arbre généalogique de cette famille.

2° - Sachant que le caractère daltonien est récessif et lié aux chromosomes sexuels, est-il porté par le chromosome sexuel X ou Y ? Justifiez votre réponse.

3° - En vous fondant sur un raisonnement rigoureux, déterminez les génotypes possibles des parents de Mme Bouba.

3° - Les méthodes utilisées en génétique humaine

On distingue : - l'étude de l'arbre généalogique

- le diagnostic prénatal et analyse des caryotypes

- le diagnostic prénatal et analyse de l'ADN

a) – Diagnostic prénatal et analyse des caryotypes

Les ϕ du fœtus sont prélevées dans le liquide amniotique et en établissant le caryotype, on peut détecter d'éventuelles anomalies chromosomiques.

b) - Diagnostic prénatal et analyse de l'ADN

Les ϕ des enveloppes de l'embryon sont prélevées et l'analyse biologique révèle par exemple que la drépanocytose est portée par le chr 11, les allèles de l'hémophilie et du daltonisme par les chrs sexuels.

V - ANOMALIES CHROMOSOMIQUES ET LEURS CONSEQUENCES

Une aberration chromosomique est une modification du nombre ou de la structure des chrs.

a) - Les monosomies :

Une monosomie est l'absence d'un des deux chrs homologues chez un individu. *Exemple* : le syndrome de Turner

Le syndrome de Turner (XO) : filles de petites taille, stériles et ont des caractères sexuels secondaires peu développés.

Un syndrome est un ensemble de signes ou symptômes qui définissent une maladie ou anomalie.

b) - Les trisomies :

C'est la présence d'un chr surnuméraire dans une paire de chrs. Elle cause 2 types de syndromes :

- *Le syndrome de Down ou mongolisme (Trisomie 21)* : Le mongolien est un être qui possède 3 chrs au lieu de 2 à la 21^{ème} paire. Il a une face évoquant le peuple mongol : taille courte, aspect trapu, mains courtes à paume présentant un unique pli transversal, âge mental ne dépassent pas 6-7 ans.

- *Le syndrome de Klinefelter (XXY)* : il est dû à la présence d'un chr surnuméraire à la 23^{ème} paire de chrs sexuels masculin. Le sujet présente des caractères sexuels primaires et secondaires peu développés. Ils sont stériles.

- *Les individus à gonosomes XXX* : stériles et présentent une débilité mentale. Les femmes sont affectées.

VI - LES ANOMALIES GENIQUES

Une anomalie génique est une anomalie due à la modification de la structure d'un gène.

Exemples : l'albinisme, la drépanocytose.

CONCLUSION

L'étude de la génétique humaine permet de prévenir les risques d'apparition de certaines maladies héréditaires par des examens prénuptiaux : c'est la médecine préventive

Elle permet également de prédire les risques d'apparition d'une maladie héréditaire par l'analyse biochimique de l'ADN : c'est la médecine prédictive.

CHAP.4 –

L'EVOLUTION HUMAINE

OPO : - *Etablir les critères en faveur de l'évolution*
- *Etablir les étapes de l'homonisation*

INTRODUCTION

De nombreuses espèces se ressemblent au point d'être confondues. Cette ressemblance de forme est une preuve d'une origine commune.

I – LES PREUVES D'UNE ORIGINE COMMUNE

1° - La ressemblance anatomique

- Les vertébrés apparemment très différents entre eux ont un squelette bâti sur le même plan, constitué de 3 segments articulés entre eux. L'identité d'organisation fonde la notion d'homologie.

- le système nerveux de tous les vertébrés a la même organisation, seule varie d'une classe à l'autre la complexité des structures.

2° - Ressemblance au niveau cellulaire

- les cellules de tous les animaux ont une organisation de base de base identique : membrane plasmique, cytoplasme, noyau.

- des caryotypes voisins : Exemple l'homme $2n = 46$; chimpanzé $2n = 48$

3° - Ressemblances moléculaires

- Les protéines de tous les êtres vivants sont faites d'assemblage d'acides aminés

- l'hémoglobine de tous les vertébrés a la même molécule d'hème, seule la globine varie d'un groupe à un autre.

4° - Ressemblances des formes larvaires

- Tous les vertébrés présentent des caractères communs
- les mollusques et les vers annelés ont la même forme larvaire

D'une manière générale, les invertébrés se ressemblent davantage par leur forme larvaire que par leur forme adulte.

Toutes ces ressemblances conduiraient à une origine commune.

II – EVOLUTION HUMAINE

L'homme fait partie des primates qui comprend 4 groupes ; les Lémuriens, les Cynomorphes, les Anthropomorphes (chimpanzés) et les Hominidés.

L'hominisation est l'ensemble des transformations anatomiques et culturelles par lesquelles les hommes ont acquis des caractères qui les distinguent des autres primates.

1° - les preuves de l'évolution humaine

- Acquisition de la bipédie de plus en plus parfaite
- Acquisition d'un volume crânien de plus en plus volumineux
- Acquisition d'un langage articulé
- Acquisition d'activités industrielles, culturelles et métaphysiques

de plus en plus perfectionnées : il passe de l'état de chasseur à celui d'agriculteur, de la pierre taillée à l'usage des métaux.

2° - Les étapes de l'homonisation

L'évolution de l'homme s'est faite en 5 étapes :

a) – les australopithèques

Volume crânien 400 à 500 cm³, taille 1,20 m, ils utilisaient les outils naturels comme les gourdins. Ils présentent de nombreux caractères humains et des singes anthropomorphes.

Ce sont les plus anciens des hominidés qui se seraient séparés des singes anthropoïdes à la faveur d'un changement climatique lié à l'ouverture du rift de l'Afrique de l'Est. Ce phénomène géologique aurait isolé 2 populations : à l'Ouest dans une forêt humide, l'évolution aurait conduit au chimpanzé et au gorille ; à l'Est dans une savane sèche, elle aurait conduit à l'homme.

Les restes d'Australopithèques ont été découverts en Ethiopie, Tanzanie et Afrique du Sud.

La population d'australopithèques s'est transformée en une population appelée Homo habilis

b) – Homo habilis

Volume crânien 700 cm^3 , taille 1,30 m, l'Homo habilis avait une denture avec des molaires plus volumineuses. Leurs restes sont associés aux outils de pierre (galets aménagés)

c) – Homo erectus (homme droit)

Volume crânien 800 à 1200 cm^3 , taille 1,60 m, il maîtrise la technique du feu, construit des campements, invente de nouvelles techniques de taille de la pierre (bifaces). Capable de marcher sur de longues distances, il envahit l'ancien monde jusqu'en Extrême Orient.

d) – Les Néandertaliens et les hommes modernes

Volume crânien 1400 à 1600 cm^3 , taille 1,6 à 1,8 m, deux nouveaux types humains succèdent à Homo erectus :

- L'homme de Neandertal (Homo Néandertalensis)
- L'homme moderne (Homo sapiens)

Ces deux espèces auraient cohabité au Moyen Orient.

L'espèce Néandertalensis pratique les rites funéraires, s'abrite dans les roches, et commence à se spécialiser. Il est le premier à enterrer ses morts.

L'espèce Homo sapiens (homme sage) fait l'élevage, la domestication (chien, bœuf, mouton), la culture des céréales, le développement du langage et de l'écriture et bâtit des villages bâtis en huttes.

L'homme de Cro-Magnon est le premier homme moderne et notre ancêtre direct.

CONCLUSION

L'homme ne prolonge pas le rameau simien, l'anatomie le montre et la paléontologie le confirme.

Les travaux de génétique moléculaire prouvent que l'origine de l'homme moderne est africaine.

CHAP. -
VIVANTE

**LES PRINCIPAUX CONSTITUANTS
DE LA MATIERE**

OPO : Identifier les principaux constituants de la matière vivante

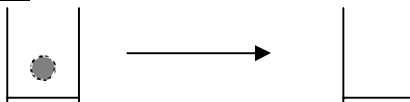
INTRODUCTION

La matière vivante est composée d'un mélange de constituants minéraux et organiques.

I – LES CONSTITUANTS MINERAUX

1° - L'eau

a) - Expérience



Mise en évidence de l'eau

b) – Conclusion :

la m.v contient de l'eau.

L'eau est le constituant le plus abondant de la m.v : 75% dans le corps humain, 80 à 90% dans les fruits charnus.

L'eau est un agent régulateur thermique, de transport des gaz respiratoires des aliments et des déchets.

2° - Les sels minéraux

a) – Expérience : mise en évidence des principaux sels minéraux

Mise en évidence des ions chlorures (Cl⁻)

→
Mise en évidence des ions calcium (Ca²⁺)

→
Mise en évidence des ions sulfates (SO₄²⁻)

b) - Conclusion

Les sels des êtres vivants peuvent se trouver à l'état solide, phosphate et carbonate du squelette, ou à l'état liquide dans l'eau des ϕ et des liquides du corps (plasma et lymph).

Les sels minéraux ont un rôle plastique et fonctionnel. Leur carence dans l'organisme provoque des troubles graves :

- Le fer entre dans la formation de l'hémoglobine. Sa carence ne fer entraîne l'anémie
- L'iode entre dans la composition de certaines enzymes. Sa carence entraîne le goitre.

II – LES CONSTITUANTS ORGANIQUES

Ce sont les glucides, lipides et protides.

1° - Les glucides

Ils ont constitués de C₆H₁₂O₆ : ce sont des corps ternaires. On distingue les oses, les diholosides et les polyholosides.

a) – les oses

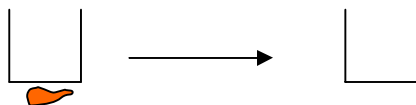
Les oses ou monosaccharides sont des sucres simples. On distingue :

- les oses à 6 atomes de carbone appelées hexoses : glucose, galactose et le fructose, de formule générale C₆H₁₂O₆

- les oses à 5 atomes de carbone appelées pentose : ribose, désoxyribose, de formule générale $C_5H_{10}O_5$

Exemple : le glucose

De saveur sucrée, le glucose est soluble dans l'eau. On en trouve en solution dans le sang et les fruits sucrés. Dans l'eau, on obtient une solution qui diffuse à travers la membrane de cellophane : on parle de solution vraie.



□

Mise en

évidence du glucose

En présence de la liqueur de Fehling à chaud, le glucose prend une coloration rouge brique : le glucose est un sucre réducteur. Il se fermente en présence de la levure de bière.

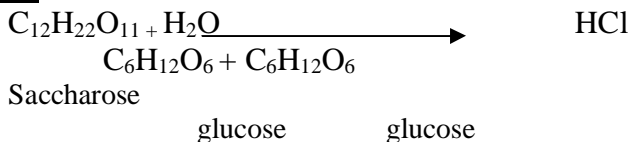
Comme le glucose, le galactose et le fructose sont des sucres réducteurs.

En faisant évaporer toute l'eau d'une solution de glucose, on obtient des cristaux : le glucose est un cristalloïde.

b) – Les diholosides

De saveur sucrée, ils libèrent par hydrolyse deux molécules d'oses, de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$. Ils sont solubles dans l'eau et forment avec elles une solution vraie.

Exemple : le saccharose



Le HCl à chaud a hydrolysé le saccharose en glucose et fructose. Le saccharose n'est pas un sucre réducteur. Les autres diholosides sont :

- le maltose : son hydrolyse donne 2 molécules de glucose
- la lactose : sucre réducteur, son hydrolyse donne le glucose + galactose.

c) – Les polyholosides

Leur hydrolyse libèrent plusieurs molécules de glucose, de formule générale $(C_6H_{10}O_5)_n$.

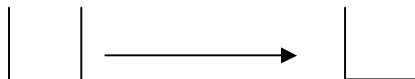
Exemple : l'amidon

Amidon + eau froide \longrightarrow
lait d'amidon

Amidon + eau chaude \longrightarrow

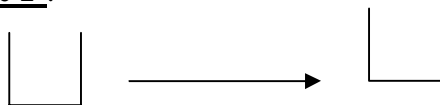
empois d'amidon, qui est une solution homogène, un peu visqueux
utilisée dans les ménages pour le linge.

➤ **Expérience 1 :**



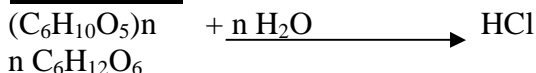
Conclusion : l'amidon n'est pas un sucre réducteur

➤ **Expérience 2 :**



Conclusion : l'eau iodée est le réactif caractéristique

➤ **Expérience 3 :**



L'hydrolyse de l'amidon se fait par étapes et les produits intermédiaires sont appelés dextrans. Elle peut être acide ou enzymatique.

Si on fait évaporer l'eau de l'empois d'amidon, on obtient au fond du récipient une masse de colle : l'amidon est une colloïde donnant une solution colloïdale ou fausse solution qui ne diffuse pas à travers une membrane de cellophane.

Les autres polyholosides sont :

- la glycogène forme de réserve glucidique chez les animaux
- la cellulose : dans la membrane cellulosique des ϕ végétales

d) - **Rôle des glucides**

Ils ont un rôle essentiellement énergétique.

2° - **Les lipides**

Les lipides sont des corps gras constitués de beurre, graisse et huile. Ce sont des corps ternaires constitués de C, H, O.

a) - **Propriétés physiques**

Les lipides sont insolubles dans l'eau mais, solubles dans le benzène, éther.

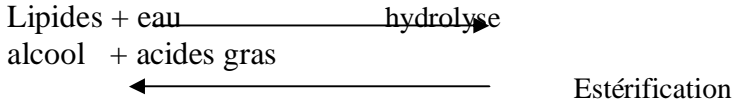
Ils donnent sur du papier une tache translucide, appelée tache de graisse qui ne disparaît pas à la chaleur.

Ils forment avec l'eau une émulsion instable qu'on peut stabiliser en y ajoutant une base ou une solution de savon.

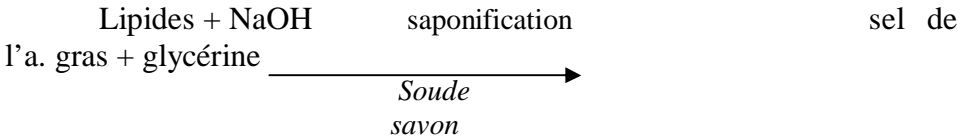
A la t° ordinaire, l'huile est liquide, les graisses sont solides et le beurre est pâteux.

b) – Propriétés chimiques

La formule chimique des lipides est R – COO – R'. Les lipides sont hydrolysables et cette hydrolyse est réversible :



Si on remplace l'eau par une base, on obtient l'alcool et le sel de l'acide gras correspondant qui est un savon ; d'où le nom de saponification donné à la réaction :



c) – Rôle des lipides

- ils entrent dans la composition des membranes cellulaires
- Rôle énergétique
- source d'eau : 1 kg de graisse forme après oxydation 1,1 kg d'eau ; c'est pourquoi certains animaux peuvent rester longtemps sans boire.

3° - Les protides

Ils sont constitués de C, H, O, N : ce sont des corps quaternaires. Ils constituent le groupe des constituants le plus abondant de la m.v. Leur hydrolyse des acides aminés.

Exemple : ovalbumine du blanc d'oeuf

a) – Propriétés physiques

Lorsqu'on chauffe une solution d'ovalbumine ou lorsqu'on y ajoute quelques gouttes d'acide fort, il se produit une coagulation.

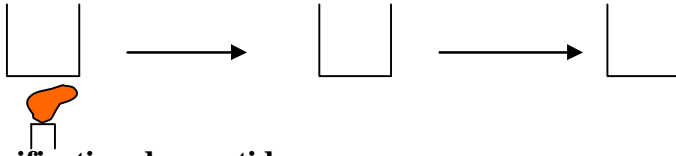
A l'état frais, l'ovalbumine donne avec l'eau une solution colloïdale.

b) – Les propriétés chimiques

➤ Réaction de biuret

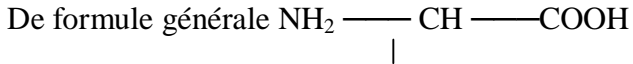


➤ **Réaction xanthoprotéique**



c) – **Classification des protides**

- Les acides aminés : ne coagulent pas à la chaleur et ne donnent pas de réaction de biuret, ni xanthoprotéique.



R

- les polypeptides : formés par un assemblage d'acide aminés. Elles coagulent à la chaleur et donnent les réactions de biuret et xanthoprotéique.

- Les protéines : leur hydrolyse donne des polypeptides, puis a.a. On distingue les holoprotéines constituées uniquement d'a.a ('ovalbumine, fibrinogène) et les hétéroprotéines ou protéines conjuguées qui sont constituées d'a.a et d'autres groupements non protéiques appelés groupements prosthétiques (l'hémoglobine qui contient le fer, la caséine du lait contient le H₃PO₄).

CONCLUSION

La matière vivante est composée d'un mélange de constituants.



OPO: - Distinguer les étapes de la digestion en précisant les différentes enzymes

- Indiquer le devenir des nutriments

- Dégager l'importance d'une alimentation équilibrée et la notion de vitamine

INTRODUCTION

Les aliments que nous consommons subissent une série de transformations situées à plusieurs niveaux du tube digestif.

I - DE L'ALIMENT AUX NUTRIMENTS : la digestion

L'appareil digestif comprend le tube digestif et les glandes digestives.

Schéma de l'appareil digestif

1° - Les transformations digestives

La digestives est l'ensemble des transformations mécaniques et chimiques par lesquelles les aliments sont transformés en nutriments dans le tube digestif.

a) - Les transformations mécaniques

Elles ont lieu dans la bouche où les aliments sont broyés par les dents et au niveau de l'estomac par les muscles masticateurs de la paroi stomacale.

b) - les transformations chimiques

i) - Mise en évidence de l'action des différents sucs digestifs

➤ **Expérience 1**



A t° : 0°C



C t° : 60°C



B t° : 37°C

15 mn après :



Coloration bleue



Coloration bleue

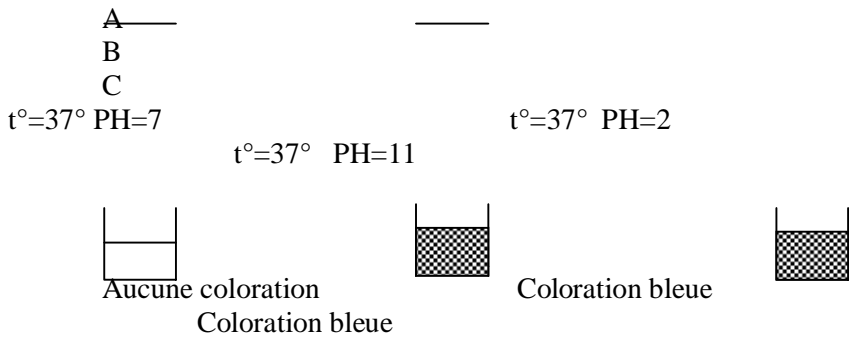


aucune coloration

Il n'y a eu transformations que dans le tube B.

➤ **Expérience 2 :**



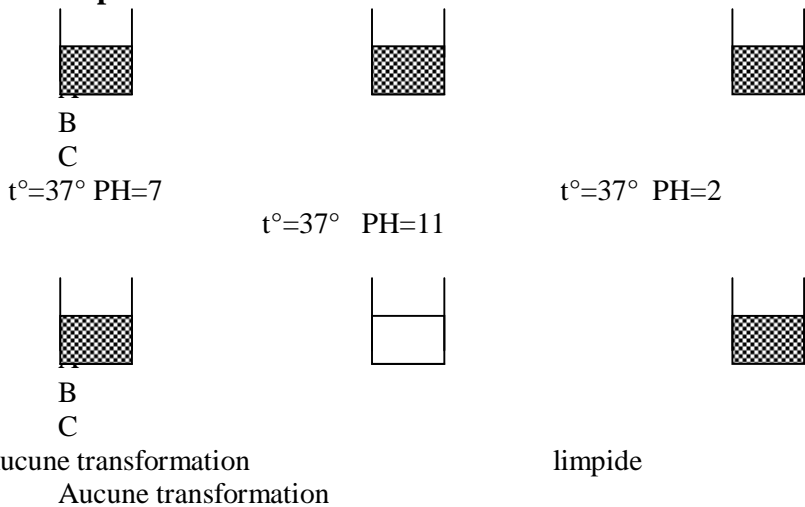


Conclusion :

La salive contient une enzyme appelée amylase salivaire ou ptyaline qui transforme l'amidon cuit à 37°C et à un PH neutre, en maltose.

L'amylase salivaire est inactivée à basse t° ou en milieu acide, détruite à haute t° et agit très faiblement en milieu basique.

➤ **Expérience 3 :**



Conclusion :

la pepsine est inactivée en milieu neutre ou basique et n'agit qu'en milieu acide. Elle est détruite à haute t°.

➤ **Expérience 4 :**



A —
 B
 C
 t°=37° PH=7

t°=37° PH=11

t°=37° PH=2



B
 C

Aucune transformation
 limpide

Aucune transformation

Conclusion :

La trypsine est inactivée en milieu acide et neutre, et n'agit qu'en milieu basique. Elle est également détruite à haute t°.

ii) - **La notion d'enzyme**

Les transformations subies par les aliments au cours de la digestion sont dues à des substances appelées enzymes ou diastases.

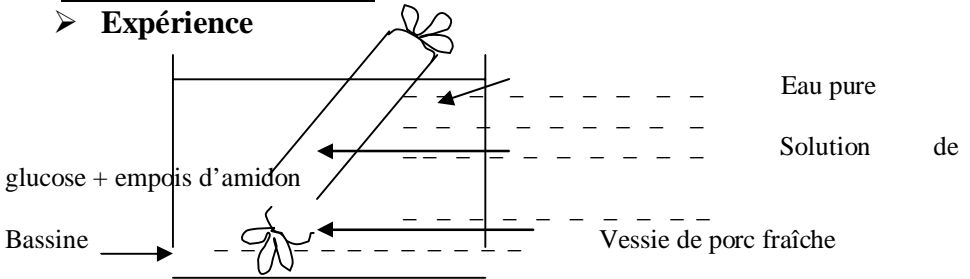
3° - **Action des différents sucs et les étapes de la digestion**

Niveau du tube digestif	Suc digestif	Enzyme	Molécule à transformer.	Molécule obtenue
Bouche (Bol Alimentaire)	Suc salivaire	Amylase salivaire	Amidon cuit	Maltose
Estomac (Chyme)	Suc gastrique (pepsine+présure+HCl)	Pepsine (protéase)	Protéines (P)	Peptides
Intestin grêle ou duodénum (Chyle)	Suc pancréatique	Amylase	A. cuit ou cru	Maltose
		Trypsine (protéase)	P. restantes	Peptides et a.a
		lipase	Lipides	A. gras
	Suc intestinal	Maltase	Maltose	Glucose (G)
Saccharase		Saccharose	Gl+ fructose	
Erepsine		Peptides	A. aminés	
Lipase		Lipides	A.gras + glycérol	

Au niveau de l'intestin grêle se déverse également la bile qui ne contient pas d'enzyme mais qui favorise l'émulsion des lipides et rend le milieu intestinal alcalin, favorable à l'action du suc pancréatique.

4° - L'absorption intestinale

➤ **Expérience**



Expérience de dialyse

Au bout de quelques minutes, le test à la liqueur de Fehling à chaud montre que l'eau de la bassine contient du glucose ; le test à l'eau iodée est négatif : l'amidon est retenue par le dialyseur (vessie de porc).

La dialyse est le passage des molécules de petites tailles à travers une membrane. C'est ce qui se passe avec les nutriments au niveau de la paroi intestinale. **Schéma d'une villosité intestinale**

L'absorption intestinale est le passage des nutriments à travers la paroi intestinale. Chaque villosité intestinale contient des capillaires sanguins et lymphatiques où passent les nutriments absorbés :

- Par la voie sanguine : eau, sels minéraux, glucose, a. aminés, vitamines hydrosolubles.
- Par la voie lymphatique : a. gras, glycérol, vitamines liposolubles.

On appelle glucides à absorption rapide, les glucides qui n'ont besoin d'aucune transformation pour être absorbés par l'organisme .Exemple : glucose, fructose, galactose.

5° - L'assimilation

Les nutriments absorbés à travers la paroi intestinale sont distribués à tout l'organisme : c'est l'assimilation. On distingue :

- les aliments énergétiques : les sucres, les acides gras et glycérol
- Les aliments bâtisseurs : acides aminés, l'eau et les sels minéraux
- Les aliments fonctionnels : vitamines, l'eau et les sels minéraux

L'excès de glucose est mis en réserve dans le foie et les muscles sous forme de glycogène. L'excès des lipides est mis en réserve dans les tissus adipeux sous forme de graisse.

II – ALIMENTATION EQUILIBREE

1° - Observations

- La carence en protéines dans l'alimentation cause kwashiorkor
- la carence en iode expose l'enfant au goitre
- Une carence en vitamine D et en sels minéraux cause le rachitisme
- l'excès de sucre dans l'alimentation cause le diabète et l'obésité
- Une alimentation essentiellement carnée cause la goutte.

2° - Conclusion

Ces observations montrent que :

- les aliments ne jouent le même rôle dans l'organisme
- Une carence ou un excès en aliments nuit à la santé

Il est donc nécessaire qu'une alimentation soit équilibrée en quantité et en qualité.

III – NOTION DE VITAMINE

Les vitamines sont des substances organiques agissant à faible dose et indispensable à la bonne santé.

On distingue :

- Les vitamines hydrosolubles : C, B1, B2, B12, PP
- Les vitamines liposolubles : A, D, E, K

CONCLUSION

Une alimentation équilibrée est constituée de l'eau, sels minéraux, vitamines, glucides, protéines et des lipides dans des proportions convenables.

**CHAP. 7 -
CELLULAIRE**

LA RESPIRATION

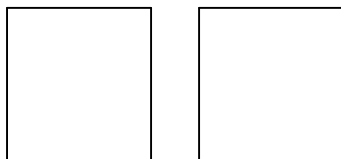
OPO : - *Montrer que les ϕ absorbent l' O_2 et rejette le CO_2*
- *Expliquer que la respiration cellulaire et le terme ultime de la simplification moléculaire par les enzymes*

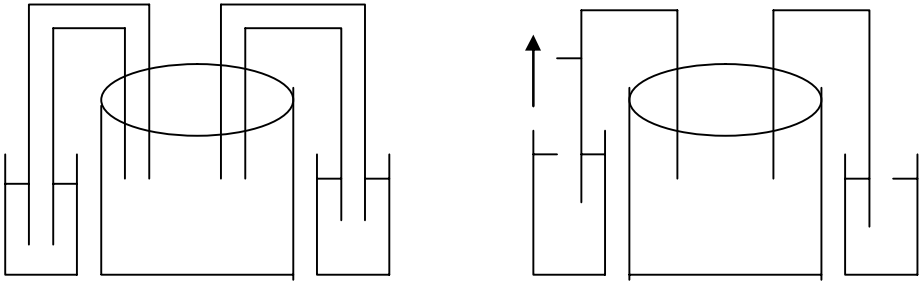
INTRODUCTION

Après la digestion, les nutriments passent dans le sang et de là dans les ϕ où a lieu leur utilisation finale. Cette utilisation demande de l' O_2 et dégage du CO_2 : c'est la respiration.

I – MISE EN EVIDENCE DE LA RESPIRATION CELLULAIRE

1° - Expérience





Mise en évidence de la respiration

cellulaire

FTV : fragment de tissu vivant

FTT : fragment de tissu tué (par ébullition)

2° - Observations et interprétation

24 h après, on constate :

Dans le tube A : le tissu vivant rejeté de la vapeur d'eau et l'eau de chaux se trouble : le tissu a rejeté du CO₂ qui trouble l'eau de chaux. La montée de l'eau colorée signifie que le tissu vivant a absorbé l'air du tube, y créant un vide et l'eau colorée monte pour combler ce vide

Dans le tube B, le tissu tué ne peut ni rejeter de CO₂, ni absorber l'air ; c'est pourquoi l'eau de chaux n'est pas troublé et l'eau coloré ne monte pas dans le tube.

3° - Conclusion

Le fragment de tissu est constitué de cellules vivantes qui absorbent l'O₂, rejettent le CO₂ et la vapeur d'eau : elles respirent.

C'est le même mécanisme qui se déroule dans notre organisme.

II - OXYDATION DES NUTRIMENTS : libération d'énergie et des déchets

1° - Étapes de la dégradation d'un métabolite

La respiration cellulaire est un ensemble de réaction d'oxydations rendues possibles par les enzymes.

Les métabolites sont des nutriments résultant de la digestion et qui entrent dans les réactions du métabolisme.

Le but de l'oxygène engagé dans les voies respiratoires est d'oxyder les nutriments métabolites afin de produire l'énergie sous forme d'ATP nécessaire au fonctionnement de l'organisme suivant la formule ci-après :

CHAP. 8 -

LE SANG ET LE MILIEU INTERIEUR

OPO : - Définir le milieu intérieur

- énumérer les différents constituants du sang et préciser leur rôle

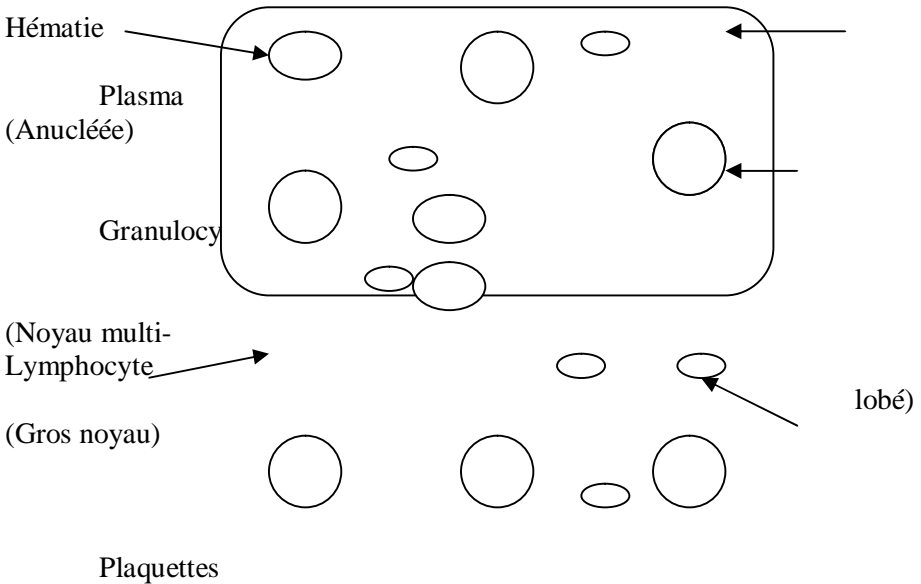
- Indiquez les paramètres de la constance du milieu intérieur

- Expliquez que l'urine contient des substances nocives

INTRODUCTION

On désigne par milieu intérieur, l'ensemble des liquides, le sang et la lymphe dans lesquels baignent les différentes cellules du corps.

I – LES CONSTITUANTS DU SANG ET LEUR ROLE



Monocyte →

sanguines
(Noyau arqué)

(sans noyau)

Schéma de l'observation d'un frottis sanguin

Un frottis sanguin est une goutte de sang étalé sur une lame en vue des observations microscopiques.

L'observation d'un frottis sanguin montre que le sang est formé des éléments figurés et du plasma.

1° - Les éléments figurés du sang

- Les globules rouges ou hématies (5 millions/mm³ env.) : leur rôle est de transporter les gaz respiratoires, O₂ sous forme d'oxyhémoglobine et le CO₂ sous forme de carboxyhémoglobine.

- Globules blancs ou leucocytes : (9000/mm³ env.) :

→ Les monocytes : très mobiles, assurent la phagocytose

→ Les lymphocytes : assurent la défense de l'organisme

- Les plaquettes sanguines : interviennent dans la coagulation du sang

2° - Le plasma



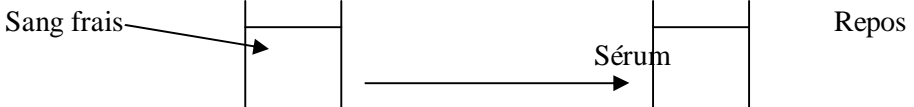
Leucocytes

Hématies

Schéma de la sédimentation du sang

La plasma est la substance fondamentale du sang.

3° - Le sérum



Caillot

Schéma de la coagulation du sang

Le sérum est du sang dépourvu d'une protéine appelée fibrinogène..

4° - La lymphe

La lymphe apparaît comme du sang dépourvu d'hématies. Elle provient du sang : une partie du plasma du sang passe au travers des parois capillaires et se répand entre les ϕ qu'il imprègne : c'est la lymphe non endigué appelé liquide interstitiel. Il pénètre dans les canaux lymphatiques plus gros que les vaisseaux sanguins : c'est alors la lymphe, très riche en lymphocytes.

Les plasmas de la lymphe et du sang transportent :

- les nutriments issus de la digestion
- les anticorps
- les déchets : CO₂, urée, acide urique, ...

Quelques soient les conditions de vie, les activités de l'individu, le milieu intérieur a toujours une composition constante : c'est l'homéostasie.

II - PARAMETRES DE LA CONSTANCE DU MILIEU INTERIEUR

L'homéostasie est l'ensemble des réactions qui maintiennent stables les caractéristiques du milieu intérieur.

1° - La glycémie

C'est le taux de glucose dans le sang. La constance glycémique est de 1g/. Si ce taux baisse, il y a hypoglycémie ; s'il augmente, il y a hyperglycémie et par la suite glucosurie qui est un signe de diabète.

Cette constance est maintenue grâce à la fonction glycogénique du foie qui met en réserve l'excès du glucose sous forme de glycogène ou au contraire en libère en cas de besoin (la glycogénolyse).

2° - La pression osmotique

Elle est déterminée par la concentration en sels minéraux du milieu intérieur dont la valeur normale est 7,62 atmosphères.

Si cette teneur est la même à l'intérieur des globules, l'intérieur des globules et le milieu intérieur sont dits isotoniques.

Lorsque la concentration du milieu intérieur est supérieur à cette valeur, les hématies perdent de l'eau : c'est la plasmolyse.

Mais par contre la teneur en sels minéraux du milieu intérieur est inférieur à la normale, l'intérieur des hématies devient hypertonique et le milieu intérieur hypotonique : les hématies absorbent de l'eau et finissent par éclater : c'est l'hémolyse qui est l'éclatement des hématies placées dans une solution hypotonique.

Le passage d'eau entre deux milieux à travers une membrane se fait du milieu le moins concentré (milieu hypotonique) au milieu le plus concentré (milieu hypertonique) : c'est l'osmose.

3° - La pression artérielle

La pression artérielle normale est de l'ordre de 12/7 (12 = moyenne et 7 = minimum). Au-delà de cette valeur, on parle d'hypertension et deçà d'hypotension.

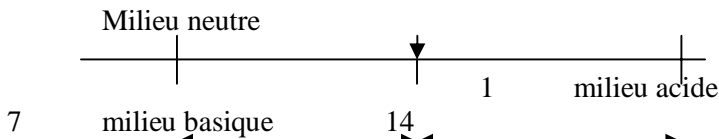
4° - La volémie

C'est le volume sanguin total. Elle varie avec un apport ou une perte d'eau et les hémorragies.

5° - Le PH

Il doit être constant et voisin de la neutralité. En deçà, il y a acidose et au delà il y a alcalose.

Il existe dans le milieu intérieur des substances dites tampons qui s'opposent à la variations du PH.



L'acidose provoque de troubles de conscience tandis que l'alcalose provoque des crampes, confusion et perte de conscience.

III - NECESSITE DE LA CONSTANCE DU MILIEU INTERIEUR

Le tableau ci-dessous présente les résultats du taux de glucose dans le plasma et dans l'urine chez 5 élèves.

Elèves	Plasma en g/l	Urine en g/l
A	1	0
B	1,6	0
C	1,9	2
D	1	0
E	0,69	0

La glycémie normale étant de 1g/l, au-delà de 1,7, l'excès de glucose est éliminé dans l'urine.

Les élèves A, B, D n'ont pas de glucose dans l'urine. L'élève C souffre de polyurie (élimination importante d'urine), soif intense, amaigrissement

L'élève C souffre de diabète sucré ou hyperglycémie et l'élève E souffre d'hypoglycémie.

Le maintien de la constance du milieu intérieur est donc nécessaire pour l'équilibre de l'organisme et la santé de l'individu.

IV – ROLE DE L'ELIMINATION URINAIRE

Tableau de comparaison qualitative et quantitative plasma sanguin -urine :

Constituants essentiels	Plasma (g/l)	Urine (g/l)
Protéines	80	0
Lipides	5	0
Glucose	1	0
Eau	910	950
Sels minéraux	6	10
Urée	0,3	20
Créatine	0,007	1
Acide urique	0,002	0,5
Ammoniaque	0	0,5
Pigments et acides organiques	0	1

A partir de ce tableau, nous pouvons classer les constituants de l'urine en 4 groupes :

- le glucose, les lipides et les protides qui sont présents dans la plasma mais absents dans l'urine : le rein joue le *rôle de barrière*.

- l'eau et les sels minéraux sont des substances utiles dont le rein n'élimine que l'excès ; ce sont des substances à seuil : le rein joue un *rôle de filtre à seuil*.

- l'urée, la créatine et l'acide urique sont des déchets présents dans l'urine et absents dans le plasma : le rein joue un rôle épurateur.

- l'ammoniaque, les pigments et les acides organiques sont présents dans l'urine et absents dans la plasma : le rein joue un rôle sécréteur.

Les reins éliminent les déchets du métabolisme et maintiennent constant la composition du milieu intérieur : ils jouent un rôle régulateur.

CONCLUSION

Le milieu intérieur est l'objet de perturbations permanentes : le PH tend à s'élever après un repas à cause de la sécrétion du HCl dans l'estomac, un repas riche en glucides tend à augmenter la teneur du glucose dans le plasma ; or dans tous les cas les caractéristiques du milieu intérieur restent constantes.



OPO : - Définir ce qui est propre à l'organisme et ce qui lui est étranger

-Identifier les déterminants de « soi »

-Identifier les ϕ responsables et leurs modes d'action

- Distinguer les deux modes de médiation, cellulaire et

humorale

-Montrer que le système immunitaire peut se dérégler

-Décrire le mode d'action d'un virus.

INTRODUCTION

L'immunologie est la science qui étudie l'ensemble des systèmes de défense de l'organisme. Les ϕ et les substances (anticorps) qui ont la charge de défendre l'organisme doivent pouvoir faire la différence entre ce qui lui est étranger, le non - soi et ce qui lui est propre, le soi.

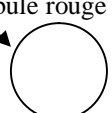
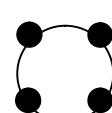


I – LE SOI ET LE NON – SOI

1° - Définition

La soi est tout ce qui est propre à l'organisme et qui ne déclenche pas de réaction immunitaire. Le non - soi est tout ce qui est étranger à l'organisme et qui doit être éliminé par une réaction immunitaire.

2° - Mise en évidence

a) – Le groupe sanguin

Groupe O	Groupe A	Groupe B	Groupe AB
Globule rouge  Pas d'antigène	 Antigène A	 Antigène B	Antigène A  Antigène B
Anticorps anti-a et anticorps anti-B	Anticorps anti-B	Anticorps anti-A	Pas d'anticorps

La transfusion sanguine d'un donneur à un receveur présente deux cas possibles :

- le sang du donneur est refusé : il y a incompatibilité.

L'organisme du receveur a reconnu le non – soi et manifeste des réactions de défense

- Le sang du donneur est accepté : il y a compatibilité : l'organisme a reconnu le soi

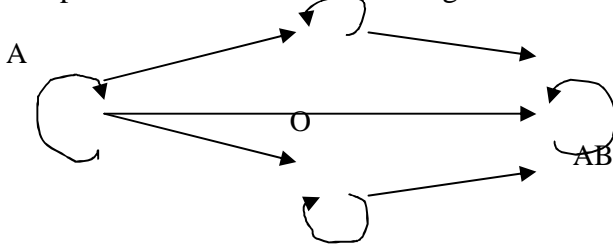
L'incompatibilité est due à l'agglutination des hématies du donneur par le plasma du receveur. Ceci explique l'existence des marqueurs du soi qui sont des molécules protéiques enchâssées dans la

membrane cytoplasmique des hématies appelées antigènes ou agglutinogènes.

Il existe deux types d'antigènes : les antigènes A ou agglutinogènes A et les antigènes B ou agglutinogènes B.

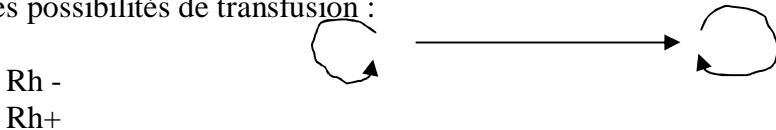
Dans le plasma se trouvent des anticorps naturels, anti-A et anti-B encore appelés agglutinines.

Les possibilités de transfusion sanguine sont :



B

Certaines hématies possèdent des antigènes rhésus à leur surface et sont dites Rh⁺ ; celles qui n'en possèdent pas sont dites de rhésus négatif Rh⁻. Les possibilités de transfusion :



Rh -

Rh +

b) – Cas de greffe.

Un greffe est un transfert d'un tissu ou d'un fragment d'organe d'un donneur à un receveur. Lorsque la greffe concerne un organe entier, on parle de transplantation. On distingue :

- l'autogreffe : le même individu est à la fois donneur et receveur.

Il y a réussite

- Isogreffe : le donneur et le receveur sont de vrais jumeaux. Le greffon est toujours accepté.

- allogreffe ou homogreffe : le donneur et le receveur sont de la même espèce.

- hétérogreffe ou xénogreffe : le donneur et le receveur sont d'espèces différentes.

Dans ce deux derniers cas, il y a toujours rejet du greffon. Ce rejet est dû à l'existence d'un antigène appelé CMH (Complexe Majeur d'Histocompatibilité) ou HLA (Human Leucocyte Antigen), protéines enchâssées dans la membrane plasmique de toutes les ϕ nucléées.

3° - Les structures responsables du soi

Les ϕ possèdent à leur surface des molécules protéiques responsables du soi. On distingue :

- les marqueurs mineurs d'histocompatibilité é : système ABO du groupe sanguin et le facteur rhésus à la surface des hématies
- les marqueurs majeurs d'histocompatibilité : protéines du CMH

II – LE SYSTEME DE DEFENSE

1° - Défense non spécifique

a) – la défense externe

La défense externe de l'organisme est assurée par un grand nombre de barrières naturelles :

- Barrières anatomiques : peau, muqueuses
- Barrières chimiques : sueur (ph = 3,5), acide gastrique, larme
- Barrières écologiques : flore intestinale

b) – La défense interne

A l'intérieur de l'organisme, la défense non spécifique est assurée par la phagocytose qui est une action propre aux granulocytes et monocytes qui migrent dans les tissus et deviennent d'énormes ϕ phagocytaires appelées macrophages.

Exemple : la réaction inflammatoire

A la faveur d'une blessure, les barrières naturelles sont franchies et l'installation des microbes déclenchent une réaction inflammatoire qui présente 4 symptômes :

- la rougeur et la chaleur : dues à la dilatation des capillaires suivie de la diapédèse et de la phagocytose.
- le gonflement dû à une fuite du plasma vers les tissus
- la douleur dû à l'excitation des terminaisons nerveuses par les toxines des microbes.

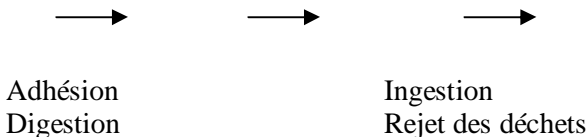


Schéma de la phagocytose

Si les microbes ne sont pas vaincus par la phagocytose, c'est au tour de la défense spécifique d'intervenir.

2° - La défense spécifique

Il comporte 2 types de réponse :

a) – La réponse à médiation humorale

Les lymphocytes B reconnaissent directement le non – soi. Ayant reconnu l'antigène, ils se multiplient et se différencient en plasmocytes sécréteurs d'anticorps circulants dans le sang ou immunoglobulines.

Schéma d'un anticorps

b) – La réponse à médiation cellulaire

Les lymphocytes T ne reconnaissent l'antigène que lorsqu'il est incorporé aux ϕ phagocytaires (macrophages) appelées alors dans ce cas cellules présentatrices d'antigènes. Les LT se multiplient et se divisent en 2 populations :

- les LT 4 qui se différencient aussi en LT 4 mémoires et LT 4 sécréteurs d'interleukine qui stimule les LT8 et les LB.

- Les LT 8 ou lymphocytes cytotoxiques sécréteurs de la perforine qui lyse (tue) les ϕ cibles.

c) – Origine de ϕ immunitaires

Toutes les ϕ immunitaires naissent dans la moelle rouge des os. On distingue :

- les organes lymphoïdes primaires ou centraux qui sont les lieux de maturation des ϕ : le thymus pour les LT (T pour thymus) et la moelle rouge des os pour les LB (B pour born marrow).

- les organes lymphoïdes secondaires ou périphériques qui sont les lieux d'accumulation des lymphocytes : les ganglions, la rate.

III – DYSFONCTIONNEMENT DU SYSTEME IMMUNITAIRES

1° - Les allergies

Une allergie est une réaction exagérée vis à vis des antigènes qui n'ont le plus souvent aucune toxicité propre. Exemple :

- la poussière : toux, rhume

- Médicaments : démangeaisons, oedèmes

-Produits chimiques : larmolement, boutons

Le 1^{er} contact avec l'allergène provoque la sécrétion d'anticorps qui se fixent sur les mastocytes (ϕ conjonctives des muqueuses dont le cytoplasme contient des granules remplies d'une substance appelée histamine) : c'est la phase de sensibilisation.

Au cours du 2^{ème} contact avec le même allergène, celui-ci se fixe sur les anticorps portés par les mastocytes, entraînant la libération de

l'histamine par dégranulation ; ce qui provoque la fuite du plasma : c'est l'apparition des troubles allergiques.

2° - Les maladies auto-immunes

Ce sont des maladies dues à la destruction des ϕ d'un individu par son propre système immunitaire. Exemple : le diabète juvénile dû à la destruction des ϕ de Langerhans sécrétrices d'insuline.

L'auto immunité participe à la destruction des ϕ usées ; ainsi la fréquence des maladies auto immunes augmente avec l'âge.

III – LA DEFICIENCE ACQUISE : le Sida

Le VIH infecte les LT4 sécréteurs d'interleukine. C'est un rétrovirus dont le matériel génétique est constitué d'ARN et d'une enzyme appelée transcriptase inverse capable de synthétiser l'ADN proviral pouvant s'intégrer à l'ADN de la ϕ hôte.

Le système immunitaire lutte contre le VIH par la formation d'anticorps anti -VIH qui apparaissent tardivement. Une personne qui présente ces anticorps est dite séropositive.

Le virus se reproduit dans les ϕ infectées qu'il finit par détruire : l'individu présente alors un déficit immunitaire et devient sensible à toute sortes de maladies dites maladies opportunistes (maladies qui se développent quand un individu présente une immunodéficience).

La contamination peut se faire par 3 voies :

- voie sexuelle
- voie sanguine
- Voie placentaires

Les enfants atteints de syndrome de Di George naissent sans thymus ou avec un thymus rudimentaires par suite de malformations : il y a donc défaut de maturation des LT.

Le déficit de l'immunité humorale sa caractérise par un défaut de LB, donc par un défaut de production d'anticorps.

IV – AIDES AU SYSTEME IMMUNITAIRE

1° - La vaccination

On distingue :

- les vaccins à microorganismes atténués qui provoquent une immunité de longue durée : rougeole, tuberculose, poliomyélite
- les vaccins à micro-organismes tués qui provoque,t une immunité de courte durée, nécessitant de rappels : typhoïde, coqueluche

- les vaccins à base de toxines microbiennes atténuées ou anatoxines qui provoquent la fabrication d'anticorps : tétanos

2° - La sérothérapie

Elle peut être utilisée de façon curative ou préventive. Les sérums apportent à l'organisme des anticorps protecteurs préfabriqués et immédiatement utilisables. Leur action varie suivant les antigènes :

- neutralisent des toxines des germes
- favorisent la phagocytose
- détruisent certaines bactéries

3° - L'antibiothérapie

Les antibiotiques ont 2 modes d'action :

- une action bactériostatique qui s'oppose à la multiplication des germes, permettant ainsi à la phagocytose et aux anticorps de jouer leur rôle
- une action bactériolytique ou bactéricide qui détruit les germes

CONCLUSION

La réaction immunitaire maintient l'intégrité de l'organisme.

CHAP. 10 – MECANISMES

RELATIONS SOCIALES

ET

PHYSIOLOGIQUES

OPO : - *Décrire une relation d'agressivité, de dominance et émotionnelle chez l'homme*

- *Rappeler les propriétés des tissus nerveux*
- *Expliquer le rôle du système nerveux dans la communication et le comportement de l'homme*
- *Expliquer le rôle des hormones dans la communication et le comportement de l'homme.*

INTRODUCTION

Les relations entre individus d'une même espèce dans un milieu se manifestent de plusieurs manières et nécessitent l'intervention des mécanismes nerveux et hormonaux.

I – LES RELATIONS INTERINDIVIDUELLES

Les relations sociales sont l'ensemble des comportements d'un individu adopte dans son milieu vis-à-vis des autres individus de la même espèce.

Les relations interindividuelles se manifestent déversément :

- les relations d'agressivité : par un individu violent et agressif
- les relations de dominance : chez un homme qui s'estime incomparable aux femmes, ou les aînés qui sous-estime leurs cadets.
- les relations émotionnelles : lors d'un événement heureux ou triste
- Toutes ces relations se manifestent grâce à l'intervention des mécanismes nerveux et hormonaux qui assurent la transmission de l'information dans l'organisme.

II – MECANISMES PHYSIOLOGIQUES

On distingue 2 types de système nerveux :

- le système nerveux central ou cérébro-spinal

- le système nerveux neurovégétatif ou autonome

1° - Le rôle du système nerveux central

a) – Organisation externe du système nerveux central

Le système nerveux central de l'homme comprend :

- L'axe cérébro-spinal comprenant :

* L'encéphale : constitué du cerveau, du cervelet et du bulbe rachidien.

* La moelle épinière : cordon blanc logé dans la colonne vertébrale.

- Les nerfs :

* Les nerfs crâniens : l'encéphale possède 12 paires de nerfs crâniens qui se rendent vers les organes de sens

* Les nerfs rachidiens : 31 paires de nerfs partent de la moelle épinière

Une coupe au niveau de cerveau et du bulbe rachidien montre : Une substance grise externe et une substance blanche interne.

Une coupe transversale au niveau de la moelle épinière et du bulbe rachidien montre : Une substance grise interne et une substance blanche externe.

b) - La morphologie interne des centres nerveux

Un filament de substance grise montre au microscope de grandes cellules étoilées ou péricaryon.

Un filament de substance blanche montre au microscope de longs filaments très fins : ce sont des fibres nerveuses qui sont le prolongement des cellules de la substance grise.

La cellule complète, renfermant la partie fibreuse et la partie étoilée est appelée neurone.

c) - Les différents types de neurones

d) – **Notion de synapse**

Une synapse est une jonction entre un neurone et un muscle (plaque motrice), ou une glande ou encore entre deux neurones.

2° - Le système nerveux neuro - végétatif

C'est le système nerveux qui commande le fonctionnement des muscles blancs ou viscères et des glandes. Il est dit autonome car il ne fonctionne pas sous l'influence de notre volonté. Il est composé :

- Le système parasympathique qui joue un rôle ralentisseur

- Le système orthosympathique qui est le système d'activation

III - LES PROPRIETES DU TISSU NERVEUX

Expérience :

Mettons à nu le nerf sciatique d'une grenouille. Un pincement en un point quelconque provoque la contraction du muscle, c'est-à-dire que ce pincement a *excité* le nerf. Cette excitation a donc été *conduite* jusqu'au muscle.

Conclusion : L'excitabilité et la conductibilité sont les 2 propriétés des nerfs.

On appelle influx nerveux, la perturbation ou onde qui prend naissance au point excité et chemine dans le nerf.

1° - **La conductibilité**

C'est la propriété qu'a le nerf de transmettre et de propager l'influx nerveux. La conduction du message nerveux dépend :

- du diamètre de la fibre : + le diamètre est grand, + la vitesse de propagation est grande

- du type de la fibre : pour une fibre à myéline ou myélinisée, la conduction est rapide car les charges électriques se déplacent par saut d'un nœuds de Ranvier à un autre ; la conduction dite saltatoire. La conduction est plus lente pour une fibre amyélinisée³.

- de la t° : la vitesse de propagation augmente avec la t° .

2° - L'excitabilité

L'excitabilité est la propriété qu'a le nerf de réagir à l'action de certains facteurs externes appelés excitants ou stimulants.

On distingue les excitants mécaniques (pincement, frottement), thermiques (chaleur, froid), chimiques (alcool, acide) et électriques.

Expérience :

Dispositif expérimental

On observe une contraction du muscle à l'ouverture et fermeture du circuit.



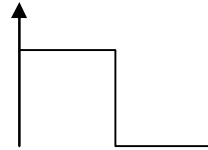
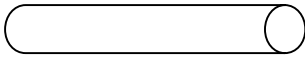
Courbe d'excitabilité

Pour une excitation efficace, il faut un courant de voltage minimal appelé rhéobase. L'excitant doit être appliqué pendant un temps minimal appelé temps utile. La chronaxie est le temps d'application d'un courant double de la rhéobase.

Intensité supraliminaire : intensité supérieur à la rhéobase

Intensité infraliminaire : intensité inférieur à la rhéobase

a) - Le potentiel de repos (PR)



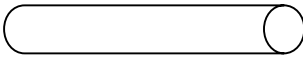
Fibre nerveuse

Courbe du Potentiel de repos

Si on place une électrode à la surface du nerf et une autre à l'intérieur, ces 2 électrodes étant reliées par un galvanomètre, on constate une différence de potentiel de -70 millivolts (mv) appelé potentiel de repos.

Le potentiel de repos est la différence de potentiel qui existe entre l'extérieur et l'intérieur de la membrane nerveuse.

b) - Le potentiel d'action (PA)



Fibre nerveuse

Courbe du potentiel d'action

En portant une excitation efficace, on observe une variation du potentiel qui passe de -70 mv à +40 mv : c'est le potentiel d'action

Le potentiel d'action est une perturbation brutale de l'état électrique d'une membrane.

L'artéfact de stimulation est le petit signal électrique causée par le choc de stimulation.

i) - Cas d'une fibre isolée

Schéma du potentiel d'action d'une fibre isolée soumise à des excitations croissantes

Lorsque l'excitation est portée sur une fibre isolée, au-delà de la rhéobase, le PA présente toujours la même amplitude : on dit que la fibre obéit à la loi du tout ou du rien.

ii) – Cas d'un nerf

Schéma du potentiel d'action d'un nerf soumis à des excitations croissantes

Si l'excitation est portée sur un nerf, au-delà de la rhéobase, l'amplitude du PA augmente jusqu'à une valeur limite où elle reste constante quelle que soit l'intensité de l'excitation ; toutes les fibres qui composent le nerf sont alors excitées. Le nerf n'obéit pas à la loi du tout ou du rien.

iii) – Transmission de l'influx au niveau d'une synapse

Lorsque l'influx nerveux arrive de l'arborisation terminale, il doit franchir la synapse grâce à une étape chimique assurée par un neurotransmetteur qui est une substance chimique appelée acétylcholine. Ceci nécessite un intervalle de temps appelé délai synaptique.

IV – ROLE DU SYSTEME NERVEUX DANS LA COMMUNICATION ET LE COMPORTEMENT DE L'HOMME

L'exécution de certains mouvements peut être réfléchi d'avance : ce sont des mouvements volontaires. D'autres réactions comportementales répondant à un stimulus extérieur sont automatiques : ce sont des actes réflexes.

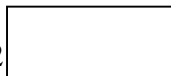
1° - Rôle du système nerveux

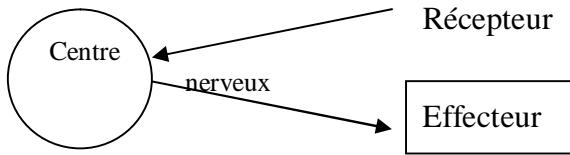
Expérience :

Suspendons une grenouille spinale ou décérébrée (dont l'encéphale a été détruit) à une potence. Pinçons le pied ou mettons dessus une goutte d'acide dilué : la patte se retire.

Après destruction de la moelle épinière, la grenouille ne réagit plus aux excitations : la moelle épinière est un centre nerveux des actes réflexes.

Les éléments qui interviennent dans un acte réflexe sont : le récepteur, le nerf sensitif, le centre nerveux (moelle épinière), le nerf moteur et le récepteur.





L'arc réflexe est le chemin suivi par l'influx nerveux du point excité jusqu'à l'effecteur.

Schéma de l'arc réflexe

On distingue 2 types de réflexes :

- Les réflexes innés ou absolus : ne nécessitent aucun apprentissage
- Les réflexes conditionnels ou acquis : s'acquièrent à la suite d'un apprentissage

a) – importance des réflexes

- Rendre rapide la réaction de l'organisme
- Protéger l'organisme contre les agressions extérieures
- Permettre d'éviter un surcroît de travail au cerveau

b) – Classification des réflexes

Suivant la nature du centre nerveux, on distingue :

- Les réflexes médullaires : qui ont pour centre nerveux la moelle épinière : ils permettent de se soustraire aux dangers
- Les réflexes bulbaires qui ont pour centre nerveux le bulbe rachidien : ils permettent la nutrition. *Exemple* : la salivation
- Les réflexes cérébelleux qui ont pour centre nerveux le cervelet : ils permettent l'équilibration

2° - Rôle du système hormonale

Si on place un animal homéotherme (à t° constante) dans une chambre froide, il déclenche aussitôt un comportement de lutte contre le

froid qui se traduit par des frissons et le hérisssement des poils. Les récepteurs sensibles aux basses t° sont localisés dans la peau.

Si on détruit l'hypothalamus qui est une glande hormonale, toutes les réponses aux variations de t° sont supprimées

La résistance au froid est donc assurée par 2 systèmes :

- le système nerveux qui utilise la communication nerveuse
- le système hormonal qui utilise la communication hormonale

CONCLUSION

Les relations entre un individu et son environnement utilisent les mécanismes d'origine nerveuse et hormonale qui assurent la transmission de l'information dans l'organisme.

CEG DE BONGOR

CLASSE : 1^o D

DEPARTEMENT : S.V.T

COURS

SOUQVOURBE PALOUMA

Professeur des Sciences Biologiques

PROGRAMME ANNUEL

Partie I : Energie solaire et géodynamique externe (20 h)

Chap 1 : le rayonnement solaire et ses influences à la surface de la terre
(7h)

Chap 2 : Le phénomène d'altération des roches et ses conséquences (13h)

**Partie II : Mouvement de la lithosphère et énergie d'origine interne
(30 h)**

Chap 3 : La structure et l'énergie interne de la terre (8h)

Chap 4 : Les mouvements de la lithosphère (22h)

Partie III : Identité biologique et information génétique (32 h)

Chap 5 : L'identité biologique des organismes (12h)

Chap 6 : Le renouvellement moléculaires et le code génétique (14h30)

Chap 7 : Les agents de la catalyse : les enzymes (5h30)

Partie IV : Quelques aspects du métabolisme énergétique et cycle de la matière

Chap 8 : L'énergie biologique (19h)

Chap 9 : Les quelques aspects du métabolisme chez l'homme (9h)

Chap 10 : La conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique (6h)

Chap 11 : Le flux d'énergie et le cycle du carbone et de l'azote dans les écosystèmes (10h)

METHOLOGIE

I – STRUCTURE DE L'EPREUVE DE SVT

L'épreuve de SVT comprend essentiellement 3 grandes parties

1 – La restitution organisée des connaissances

Elle consiste à reproduire de façon ordonnée les éléments étudiés dans le cours. Elle peut avoir 2 ou 3 parties :

a) – Questionnaires à choix multiples ou QCM

Il est question dans cette partie de choisir la réponse ou les réponses justes parmi les éléments proposés ou alors d'associer les termes ou expressions de 2 colonnes ou de 2 listes ou encore de dire si les propositions sont vraies ou fausses

b) – Définitions

La définition est l'énonciation de ce qui est un être ou une chose ; elle doit être claire et précise.

c) – Questionnaire à réponses ouvertes

Dans cette partie, on vous demande soit d'exprimer une idée importante présentée en cours, soit à donner une réponse lourde ou encore à expliquer un mécanisme.

2 – Explication des mécanismes de fonctionnement et la saisie de l'information

a) – Explication des mécanismes de fonctionnement

Expliquer consiste à faire comprendre ou faire connaître en détail par un développement précis un phénomène ou un mécanisme donné.

b) – La saisie de l'information

Saisir, mettre à profit des informations données ou alors ressortir les informations contenues dans un document.

3 – Exploitation des documents

Exploiter signifie mettre en valeur en vue d'un profit donné.

Remarque :

Analyser signifie discerner les différentes parties d'un tout et expliquer les rapports qu'elles entretiennent les premières avec les autres.

Interpréter signifie rendre compréhensible, traduire, donner un sens à un élément défini.

Comparer signifie ressortir les différents et les ressemblances.

II – PRESENTATION DU DEVOIR

Le devoir doit être présenté de manière acceptable. Il doit être sans faute d'orthographe ou de grammaire ; ce qui le correcteur à l'abri de la nervosité. Les réponses doivent suivre les structures de l'épreuve afin que le correcteur n'oublie pas de corriger certaines questions. Le devoir doit être aéré, les réponses ne doivent pas être serrées et la numérotation ne doit pas se confondre au texte. Les schémas doivent être faits au crayon et bien lisibles. Les traits de rappels doivent être du même côté et les titres doivent être soulignés.

III – COMMENT TRAVAILLER PENDANT LES DEVOIRS ET LES EXAMENS.

- Avoir son matériel personnel : ceci évite les pertes de temps et la tricherie

- Bien lire son épreuve avant de commencer à répondre aux questions,

- prendre des notes pendant la première lecture qui permettront de choisir le sujet adéquat.

- Après avoir répondu aux questions, relire les questions et les réponses pour s'assurer que l'on a fait ce qui était demandé.

Les devoirs sont personnels et non communs. Chaque élève a l'obligation de cacher son devoir.

IV – COMMENT ASSISTER AU COURS ET PRENDRE NOTE

Les cours sont essentiellement participatifs. Pendant le cours, il faut savoir quel est l'objectif du chapitre ou de la partie. Il faut participer en répondant aux questions et en réalisant les activités, suivre attentivement les explications et prendre les notes si nécessaire, prendre les notes de la leçon en essayant de l'écrire en ses propres termes, demander gentiment à l'enseignant ce qu'on n'a pas compris, poser des questions et éviter de perturber les camarades.

V – COMMENT ETUDIER LES SVT

Etudier tous les jours, lire les objectifs du cours ou de la partie pour savoir ce qui est important, lire la leçon accompagnée des planches et des schémas, noter les incompréhensions, essayer de reconstituer son cours et faire les fiches pour chaque leçon.

Partie I : Energie solaire et géodynamique externe

Objectif : Etablir la relation entre l'énergie solaire et la géodynamique externe

CHAP 1 –



RAYONNEMENT SOLAIRE ET LES INFLUENCES A LA SURFACE DE LA TERRE

Objectif : - déterminer l'origine du rayonnement que reçoit le soleil

- déterminer le devenir de ce rayonnement

- Définir la notion d'albédo

- expliquer les conséquences de ce rayonnement sur les enveloppes de la terre

INTRODUCTION

Parmi les 8 planètes du système solaire, seule la terre présente des conditions de vie favorables aux êtres vivants. Le soleil émet de la lumière ou rayonnement vers toutes les planètes.

Quelles sont les caractéristiques et les conséquences de cette énergie sur les enveloppes de la planète Terre.

I – ORIGINE DE L'ENERGIE RECUE

La terre est un astre sans lumière propre. L'énergie reçue par la terre provient essentiellement du soleil.

1- Le soleil

Le soleil est une étoile caractérisée par son rayon de 696.000 km, son âge de $4.600.10^6$ années et sa puissance rayonnée de $3,9.10^{26}$ W.

Il comprend plusieurs couches parties principales :

- Le cœur ou noyau : siège des réactions thermonucléaires
- La photosphère : siège des émissions des rayonnements visibles, ultraviolets et infrarouges
- La chromosphère : siège d'émission des radiations courtes et très longues
- La couronne : amplificateur.

Le soleil émet un rayonnement vers la terre un rayonnement de deux types :

- le rayonnement électromagnétique dont les longueurs d'ondes sont comprises entre 10^{-7} nanomètres et 2.10^{10} nanomètres.
- le rayonnement visible de longueurs d'ondes comprises entre 0,4 et 0,3 nanomètres.

2 – Origine de l'énergie solaire

Quelle est donc la source à l'origine de l'énergie solaire ? Plusieurs théories ont été avancées ; pour cela, il fallait passer par le calcul de la durée de vie du soleil :

a) – Première hypothèse : l'énergie solaire proviendrait de la combustion d'hydrogène



En supposant que la masse du soleil ne varie pas et que dès l'origine, le soleil n'est formé que d'hydrogène (H_2) et d'oxygène, l'hydrogène représentant les $\frac{2}{3}$ de la masse totale, le temps de vie du soleil est donné par la formule :

$$T = E/L$$

$$E = m.Q \text{ où } m \text{ est la masse du combustible}$$

$$M = \frac{2}{18} \text{ de } M \text{ où } M = \text{masse du soleil} = 2 \times$$

$$10^{30} \text{ kg}$$

combustible de 1kg d'H₂ = 14,31 x 10⁷J/kg
 Q = quantité d'énergie libérée par le
 L = luminosité solaire ou puissance solaire =
 4 x 10²⁶ Watts

Calcul du temps de vie du soleil :

$$t = \frac{2/18 \times 2 \times 10^{30} \times 14,31 \times 10^7}{4 \times 10^{26} \times 3600 \times 365 \times 24} = 2600 \text{ ans}$$

D'après cette hypothèse, la durée de vie du soleil serait de 2600 ans, ce qui n'est pas conforme à la réalité, car le soleil est déjà âgé de 4,6 milliards d'années.

b) – Deuxième hypothèse : l'énergie solaire proviendrait des réactions de fusion thermonucléaire d'atomes d'hydrogène

La masse du soleil est de : 2 x 10³⁰ kg

Sachant que 7x10⁻³ de la masse de la matière solaire est convertie en énergie, et que l'on admet que le soleil s'éteindra quand le 1/10 de sa masse actuelle aura subi une réaction de fusion nucléaire, la masse de matière combustible est de :

$$M = \text{perte de masse} = 7/1000 \times 1/10 \text{ masse de soleil} = 7/1000 \times 1/10 \times 2 \times 10^{30}$$

$$m = 14 \times 10^{26} \text{ kg}$$

L'énergie libérée par la réaction thermonucléaire s'accompagne d'une disparition de matière qui est convertie en énergie suivant la réaction d'Einstein :

$$E = m \times C^2 \quad C = \text{vitesse de la lumière} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$E = 14,10^{26} \times (3.108)^2 = 126 \times 10^{42} \text{ Joules}$$

Or le temps qui nous sépare de l'extinction du soleil dans l'hypothèse d'un rayonnement à luminosité constante est :

$$t = E/L = \frac{mC^2}{L} = \frac{1,26 \times 10^{44}}{4 \times 1026} = 32,3 \times 10^{16} \text{ secondes}$$

Conversion en années :

$$32,3 \text{ secondes} = \frac{32,3 \times 10^{16}}{60 \times 60 \times 24 \times 365} = \frac{32,3}{31,53} \times 10^{10} = 1,025 \times 10^{10} \text{ années}$$

t = 10,25 milliard d'années

Le soleil s'éteindrait donc au bout de 10 milliards d'années, ce qui correspond à la valeur adoptée par la plupart des spécialistes.

Ces réactions sont les réactions de fusion des noyaux d'hydrogène pour donner l'hélium suivant la réaction :



L'énergie libérée au cours de la transformation par la fusion du noyau d'hydrogène en hélium peut être calculé en utilisant la formule suivante :

Au cours de la formation du soleil, l'étoile était constituée de 70% d'hydrogène. Actuellement, il ne reste plus que 35%, ce qui signifie qu'il y a eu une perte d'environ 35% d'hydrogène. On observe une augmentation de la quantité d'hélium ; donc les réactions à l'origine de l'énergie sont les réactions thermonucléaires.

Une fois émis, le rayonnement va subir des modifications tant au niveau de l'atmosphère qu'au niveau du sol :

II – DEVENIR DU RAYONNEMENT SOLAIRE A LA SURFACE DE LA TERRE

Le soleil émet un rayonnement qui arrive à la surface de la terre et la réchauffe. La constante solaire ou le flux solaire désigne la quantité d'énergie reçue par une surface de m^2 perpendiculairement au rayon solaire. Sa valeur varie entre 1360 et 1400 W / m^2 .

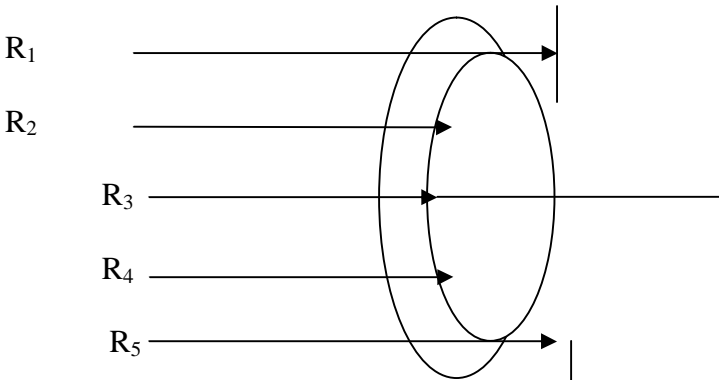
Parmi les radiations solaires émises par le soleil, seule une partie atteint le sol :

- les radiations ultraviolettes sont en grande partie absorbées en haute atmosphère par l'ozone (O_3)
- les particules en suspension dans l'atmosphère absorbent l'énergie lumineuse, s'échauffent et réémettent un rayonnement infrarouge qui contribue à réchauffer l'atmosphère, l'eau et le sol
- certaines particules minérales et les nuages peuvent modifier la direction de propagation de la lumière
- dans la basse atmosphère, la vapeur d'eau est le principal facteur d'absorption du rayonnement solaire. Elle peut absorber jusqu'à 6 fois plus d'énergie que les autres gaz.

En somme, seule environ 50 % d'énergie arrive au niveau du sol. Les autres sont arrêtés par l'atmosphère.

La planète terre se comporte comme un corps noir qui réémet l'énergie absorbée sous forme de rayonnement infrarouges. La t° moyenne de la terre est de $15^\circ C$ correspondant à une émission d'environ $400 W/m^2$ dans les infrarouges. Or le bilan global du globe montre qu'en dehors de l'atmosphère, l'émission de l'énergie thermique en direction de l'atmosphère est de $240 W/m^2$; ce qui correspond à l'émission des corps noirs de t° moyenne de $- 18^\circ C$. La différence entre les 2 valeurs (400 et 240) est la conséquence de l'effet de serre.

1 – La répartition de l'énergie solaire à la surface du globe



L'énergie solaire est inégalement répartie :

- L'inclinaison des rayons solaires : les rayons solaires sont inclinés par rapport à la surface du sol en un point du globe fonction de la latitude et selon les heures de la journée

- L'épaisseur de l'atmosphère traversée : La masse atmosphérique traversée augmente quand l'angle d'incidence des rayons solaires diminue.

- La surface de contact au sol : La quantité d'énergie solaire reçue au sol par unité de surface est de moins en moins importante lorsqu'on va des régions équatoriales vers les régions polaires :

A l'équateur : les rayons solaires traversent une faible couche atmosphérique et sont perpendiculaires au sol, d'où l'existence d'une faible surface de contact au niveau du sol et par conséquent il y a une grande concentration d'énergie.

Aux pôles, les rayons solaires qui traversent une couche atmosphérique importante sont rasants, d'où l'existence d'une grande surface de contact au sol et par conséquent une faible concentration d'énergie solaire.

Par ailleurs, l'atmosphère absorbe d'autant plus la chaleur qu'elle est épaisse ; raison pour laquelle il fait plus froid au niveau des pôles qu'à l'équateur.

a) – La notion d'albédo

La surface du sol et les nuages ont un rôle réflecteur.

L'albédo est le rapport entre la quantité d'énergie lumineuse réfléchie par une surface et la quantité d'énergie reçue ou énergie incidente.

L'albédo permet de connaître la valeur de l'énergie absorbée par un corps. Ainsi, concernant la terre, l'énergie incidente est de 342W/m^2 ;

l'énergie réfléchi est de 77W/m^2 (énergie réfléchi par l'atmosphère) + 25W/m^2 (énergie réfléchi par le sol).

L'albédo de la terre est donc égal : $\frac{77+25}{100} = 0,29 \approx 0,3$

342

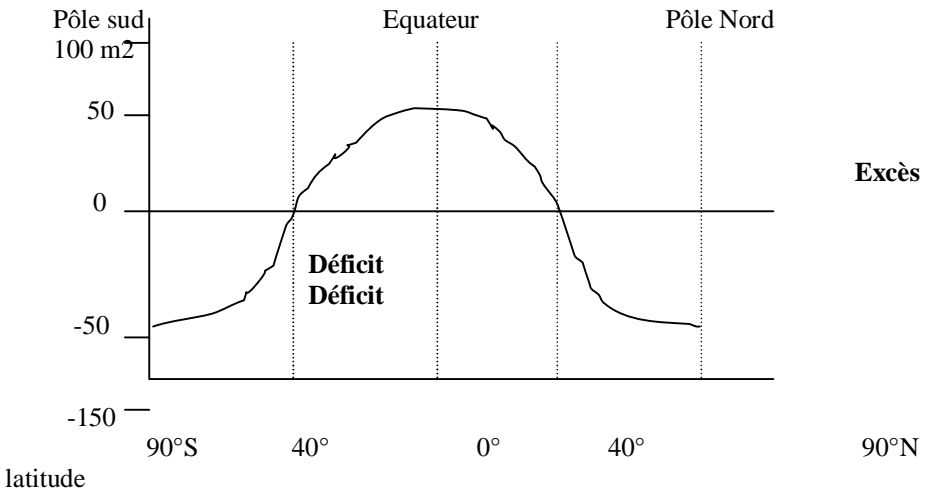
30% de l'énergie reçue par la terre est réfléchi et 70% absorbée.

La valeur de l'albédo varie suivant la surface réfléchissante. Cette valeur oscille entre 0 et 1

L'énergie réfléchi est émise dans l'atmosphère puis absorbée par des gaz dits à effets de serre. L'absorption de ces gaz réchauffe l'atmosphère qui renvoie une partie de cette chaleur vers la terre.

b) – Le bilan radioactif

Le bilan radioactif est la différence entre l'énergie absorbée et l'énergie qu'elle réémet sous forme de rayonnement infrarouge par une surface.



Bilan radiatif moyen en fonction de la latitude

Le bilan radiatif global de la terre est nul mais il existe des déséquilibres locaux : Il est excédentaire au niveau de l'équateur et déficitaire au niveau des pôles. Les régions excédentaires vont subir un transfert de l'énergie ; ce qui tend à rétablir l'équilibre.

Le cycle de l'eau permet de réaliser l'équilibre entre déficit et excédent du bilan radiatif. Par évaporation, l'eau des océans prend l'énergie à la surface de la terre et libère cette énergie dans l'atmosphère sous forme de nuage et de pluies.

L'énergie reçue par la terre est donc inégalement répartie à la surface du globe. Cette inégale répartition est à l'origine des grands mouvements atmosphériques et océaniques dont les trajets sont régulièrement modifiés par la rotation de la terre.

III – LES MOUVEMENTS ATMOSPHERIQUES ET OCEANIQUES

A – Les mouvements atmosphériques

Les mouvements atmosphériques sont caractérisés par l'existence des moteurs : les gradients de température et la force de Coriolis (force déviante produit par l'accélération due à la rotation de la terre).

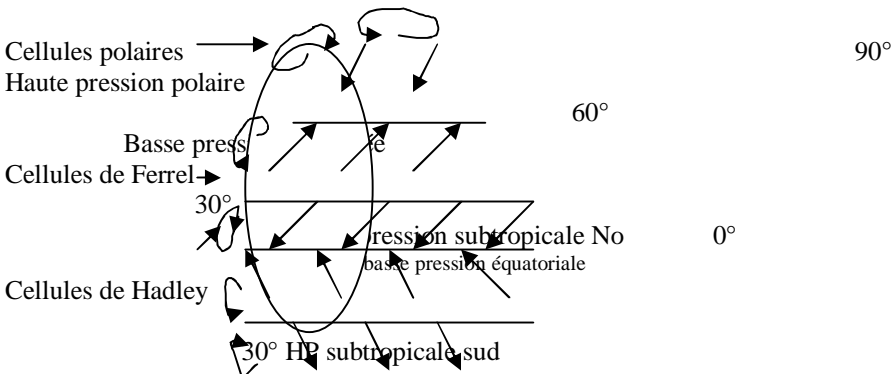
Les masses d'air sont animées par les mouvements verticaux engendrés par les différences de densité créées par la température et par les mouvements horizontaux engendrés par les différences de pression.

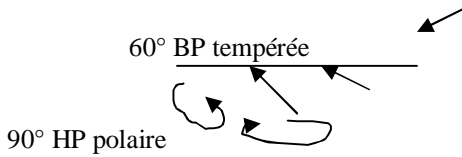
Au niveau de l'équateur, les masses d'air échauffées montent deviennent moins denses et s'élèvent. Cet air se refroidit au sommet de la troposphère, devient dense et redescendent au niveau des tropiques.

Le retour à la latitude initiale est assuré par les vents de surface. La circulation s'effectue alors dans les cellules de convection de la zone équatoriale qu'on appelle cellule de Hadley.

Dans les régions polaires (latitudes élevées), l'air trop froid est plus lourd (dense) ; ce qui crée au sol une zone de haute pression polaire. Cet air va glisser au sol vers les latitudes tempérées (60°) où se trouve une zone de basse pression et monter en direction des pôles, créant des cellules dites cellules polaires.

Les masses d'air se déplacent des zones de haute pression appelées anticyclones ou zones de descente d'air froid (tropiques et pôles) vers les zones d'ascendance d'air ou zones de basse pression appelées dépressions ou cyclones.





Les circulations troposphériques

La pression atmosphérique est le poids de l'air au-dessus d'un lieu. Les points de même pression atmosphérique sont appelés les points isobares. Elle s'exprime en Pascal et se mesure avec un baromètre.

Aux latitudes plus élevées, elles redescendent, provoquant ainsi les zones de haute pression ou anticyclones.

Ces mouvements vont à l'échelle locale. Le vent circule de façon quasi parallèle au point d'égale pression ou isobares et sa vitesse est d'autant plus grande que ces points sont rapprochés.

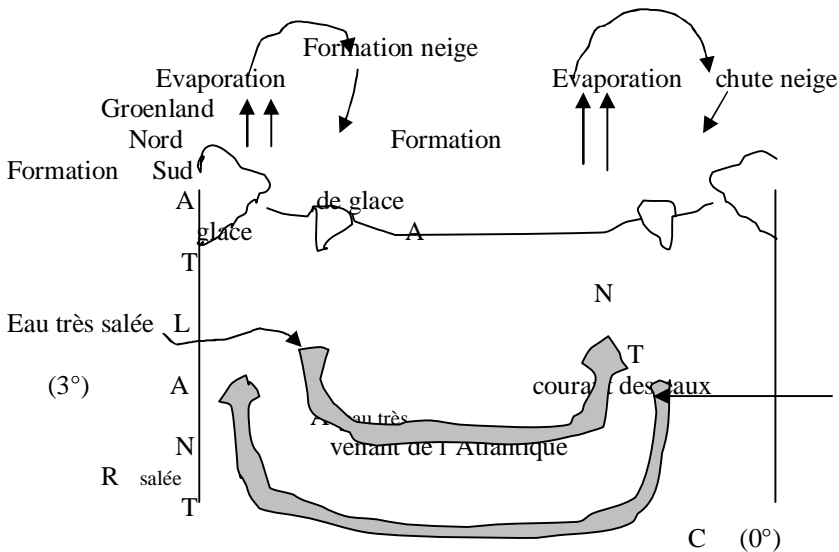
B – LES MOUVEMENTS OCEANIQUES

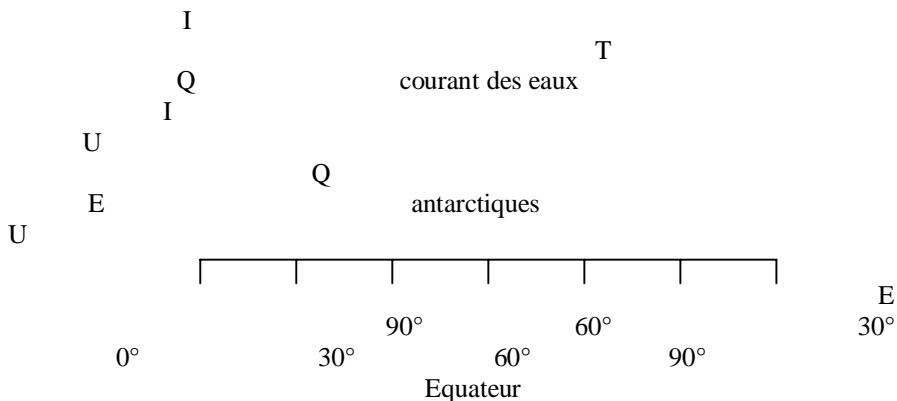
Ils ont de deux types :

- les courants superficiels
- les courants profonds

Le moteur des mouvements océaniques superficiels est le vent .

Les différences de densité des eaux de mer liées à la t° et à la salinité entraînent des mouvements océaniques profonds :





La circulation thermohaline

Une thermocline = profondeur au-dessous de laquelle la t°

Pour ce qui est de la différence de densité :

- A une même t° , l'eau salée est plus dense que l'eau douce
- La densité de l'eau de mer augmente lorsque la t° diminue
- Le gel de l'eau de mer provoque l'expulsion du sel entraînant une augmentation de la salinité et de la densité de l'eau à proximité

T° et salinité sont 2 paramètres qui gouvernent la distribution des eaux océaniques appelée circulation thermohaline :

L'eau superficielle chaude et de faible salinité remonte dans l'Atlantique Nord s'évapore, gèle partiellement, se sursale, plonge au niveau de l'Islande et du Groenland, puis se répand vers l'Atlantique sud en une circulation profonde, froide et salée. Elle diffuse ensuite dans l'Océan indien et dans l'Océan Pacifique où un réchauffement et une baisse de salinité due aux pluies et aux eaux de fleuves induit son retour en surface au niveau de l'Antarctique ; Elle gèle, se sursale et plonge à nouveau vers l'Atlantique Nord.

A une profondeur de 100 à 200 m, la température des eaux océaniques chute brusquement, séparant ainsi les eaux de surface plus légères (affectées surtout par les vents) des eaux profondes plus denses.

CONCLUSION

L'inégale répartition de l'énergie solaire à la surface de la terre est à l'origine des mouvements atmosphériques et océaniques.

CHAP II -



LE PHENOMENE D'ALTERATION DES ROCHES ET SES CONSEQUENCES

Objectifs : - Expliquer le mécanisme responsable de la dégradation des continents

- Déterminer les principaux agents de transport des sédiments
- Expliquer le phénomène de formation des roches sédimentaires
- Décrire les séries sédimentaires et définir la notion de stratigraphie
- Définir le terme paléontologie
- Présenter à l'aide d'un schéma le cycle sédimentaire
- Expliquer et définir les notions de paléogéographie et de paléoécologie
- Reconstruire l'histoire géologique à partir des éléments identifiés dans les roches sédimentaires.

INTRODUCTION

Dès qu'elles se trouvent en contact de l'hydrosphère et de l'atmosphère, les roches subissent des transformations et les produits issus de l'érosion participent à la formation des sédiments.

I – LA DEGRADATION DES ROCHES

La dégradation est l'ensemble des mécanismes physiques et chimiques qui transforme une roche mère en de petites particules et en libérant des ions.

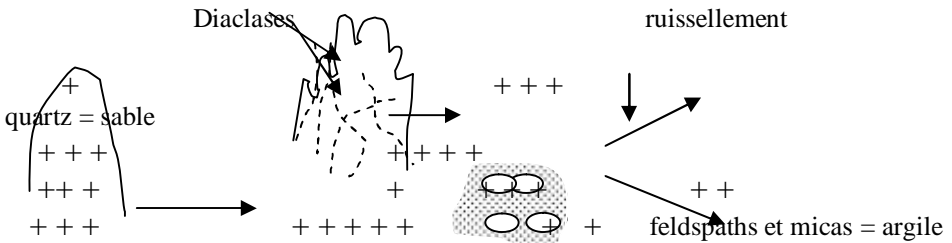
Plusieurs facteurs peuvent provoquer l'altération d'une roche :

- La variation de la t°
- Les eaux de ruissellement et d'infiltration
- Les eaux de pluies acidifiées par le CO_2 de l'air
- Les racines des arbres
- Le mycélium des lichens
- Le vent chargé de particules

1° - L'altération physique ou mécanique

C'est l'ensemble des mécanismes qui conduisent au morcellement et à la dissociation des phases qui constituent une roche sans en modifier la composition chimique.

Exemple : altération du granite



grés

Mécanisme de la décomposition de la roche-mère

On observe sur un massif granitique des fissures ou diaclases qui sont des zones d'attaque des eaux de pluie et d'infiltration.

Il se désagrège et les minéraux qui le constituent (quartz, mica, feldspaths) se séparent : les micas et les feldspaths se décomposent les premiers pour donner l'argile, le quartz très dur résiste et donnera le sable.

Les agents de l'altération mécanique sont :

- l'eau de pluie qui provoque le ravinement
- les écarts thermiques : variation des t° diurnes et nocturnes dilatent les roches
- l'alternance de gel et dégel fragmente les roches : on parle de cryoclastie

- les agents biologiques (les racines de végétaux élargissent les fissures des roches et produisent des substances acides).

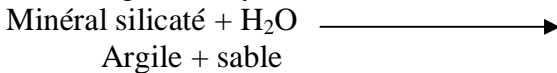
L'arénisation est la formation de sable grossier constitué des grains de quartz non usés et d'autres éléments.

2 – L'altération chimique

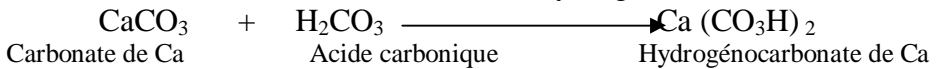
Elle résulte de l'interaction entre une solution d'attaque et les phases de la roche-mère. Le résultat est la mise en solution ou la précipitation des ions. Elle est provoquée par :

➤ L'eau chargée de CO₂ :

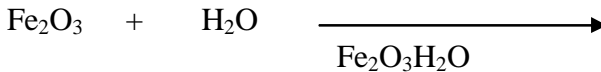
- hydrolyse les minéraux silicatés (micas, feldspaths) qu'elle transforme en argile et oxydes.



- Transforme les roches carbonatées en hydrogénocarbonates.



- hydrate les roches ferrugineuses



Hématite rouge

Goethite brune

- Les lichens et les bactéries : décomposent directement les roches.
- La végétation : les racines des végétaux sécrètent des substances qui peuvent hydrolyser les minéraux
- La température : l'augmentation de la t° permet une augmentation de la vitesse des réactions chimiques

II – LE DEVENIR DES PRODUITS D'ALTERATION

Les particules appelées sédiments issus de l'altération des roches sont érodées, transportées et déposées dans un bassin sédimentaire.

1 - L'érosion

L'érosion est le processus qui est responsable du déplacement des matériaux résultant de l'altération des roches. C'est un processus essentiellement physique, d'arrachement des matériaux à la roche-mère.

Il correspond à la mobilisation des produits d'altération préparant ainsi leur déplacement pour être déposées dans un milieu. Il succède à l'altération.

Les produits sont entrainés sous forme dissoute ou solides. La vigueur de l'érosion dépend de la vitesse de l'agent de transport, du diamètre des particules et de leur degré de cohésion.

On distingue :

- L'érosion éolienne : l'agent de transport est le vent. Elle peut se faire par déflation (enlèvement des fractions les plus fines) ou par corrosion (coulissage des particules)
- L'érosion fluviatile et le ruissellement : œuvre de l'eau liquide
- L'érosion glaciaire : provoquée par l'action du gel et de dégel
- L'érosion marine

2 – Transport

La granulométrie et la vitesse du courant d'eau contrôlent le transport et le dépôt des particules solides.

Mode de transport	Grain	Arêtes
Glaciaire ou fluviatile court	Non usés	Tranchants
Plongé dans l'eau	Emoussés et luisants	Usés
Transport dans l'air	Ronds mâts	Pas d'arêtes

L'aspect morphologique des grains de sable dépend du mode de transport (vent, eau ou glaciers). Plus le transport est long, plus les grains de quartz se frottent les uns contre les autres et leur arête devient arrondi.

a) – *La granulométrie*

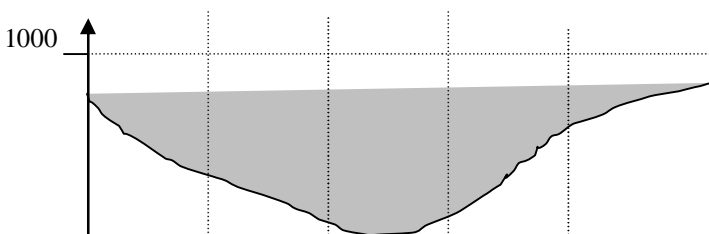
C'est la répartition selon leur taille des éléments d'une roche. Elle permet de fournir des renseignements sur le mode de transport des matériaux, la durée et les conditions de transport de ces matériaux. : Dans une rivière, un courant de 100 cm/s par exemple, emporte les cailloux de la taille du poing, seuls les gros blocs peuvent rester sur place.

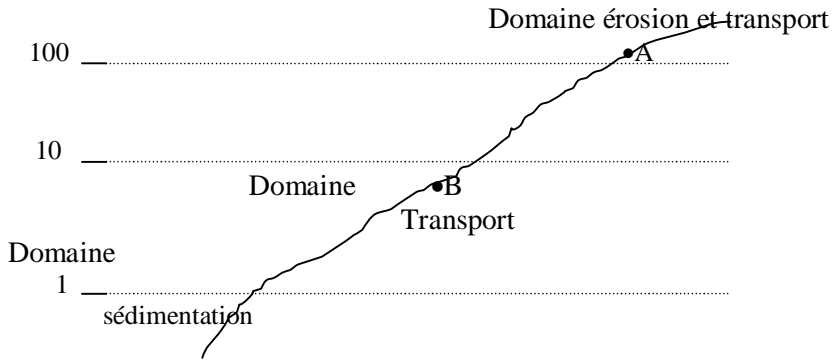
b) – *La vitesse du courant*

Elle permet de constater que lorsque la vitesse du courant diminue, les particules se déposent dans un ordre régulier : gros blocs, graviers, sables, limons.

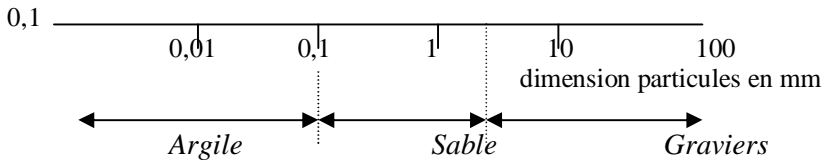
c) – *Etude du diagramme : 'Erosion-transport-sédimentation' (d'après Hjulotröm)*

Vitesse du courant en $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$





•C



Comportement des particules sédimentaires en fonction de la vitesse du courant et de leur granulométrie

Analyse du diagramme : prenons les particules de 0,1 mm

-En A, l'eau qui circule à une vitesse de 100cm.S-1 sépare les particules, les transporte et les entraîne vers le bas-fond : il y a érosion.

-En B, l'eau peut transporter ces mêmes particules si on les jette dans le courant, mais ne peut les arracher du fond : il y a exclusivement transport.

-En C, l'eau ne peut pas transporter ces particules même si on les jette dans le courant : il y a sédimentation.

d) – Les agents de transport

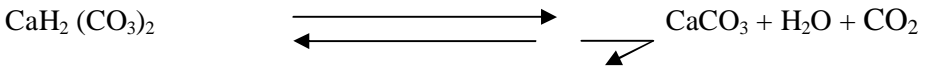
Les agents de transport des matériaux solides sont : l'eau de ruissellement (cours d'eau), les vents, la gravité et les glaciers.

Les principaux ions transportés sont : Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- (hydrogencarbonate).

Les ions en solution sont transportés quelque soit la vitesse du courant. Dans une eau stagnante, ces éléments dissous ne se déposent que s'ils deviennent insolubles.

La précipitation est phénomène qui s'opère quand un corps insoluble se forme dans un liquide et tombe au fond du récipient. Elle est due à la variation de la t° , du PH et de la diminution de la teneur en CO_2 dissout.

Exemple: La précipitation du carbonate de calcium dans les eaux chargées d'hydrogencarbonate de calcium est déclenchée par une diminution de la teneur en CO₂ dissout.



Un appauvrissement en CO₂ dû à la photosynthèse des phytoplanctons favorisent la précipitation du calcaire. Un enrichissement du milieu en CO₂ dû à la respiration des animaux aquatiques favorise la dissolution du calcaire.

Dans les grottes, on rencontre les stalactites et les stalagmites qui sont des calcaires cristallisés.

Le départ du CO₂ peut être aussi dû à l'élévation de la température et la variation des concentrations salines.

Ce phénomène permet d'expliquer pourquoi c'est dans les mers chaudes actuelles qu'on voit se déposer une grande quantité de calcaire.

3 – Le dépôt

Tous les matériaux issus des roches et de l'érosion des continents, même les plus fins sont transportés surtout par l'eau de ruissellement et terminent leur course par le dépôt dans les lieux de sédimentation. Le transport s'accompagne d'un tri : les particules sédimentant dans l'ordre de leur granulométrie.

Suivant les lieux de dépôt, on distingue :

- la sédimentation continentale
- la sédimentation marine

La sédimentation est l'ensemble des phénomènes au cours desquels les matériaux transportés se déposent dans un bassin.

a) – *la sédimentation continentale*

Dans les continents, on distingue :

➤ *La sédimentation glaciaire*

Les matériaux transportés par les glaciers se sédimentent lorsque la glace fond : ces matériaux forment des moraines (sédiments laissés par des glaciers lors de la fonte totale) caractérisées par du granoclassement.

➤ *La sédimentation dunaire*

Les dunes sont des dépôts du sable dans le désert. Le vent dépose sa charge lorsque la vitesse diminue (*Læss* = dépôt de poussière).

➤ ***La sédimentation lacustre***

Elle est caractérisée par la sédimentation détritique, biochimique et chimique dans les lacs.

➤ ***La sédimentation fluviale***

On distingue les dépôts des torrents et les dépôts des rivières.

Le dépôt torrentiel est représenté généralement par des matériaux grossiers.

Dans le dépôt des rivières, lorsque la vitesse du courant diminue, les sables fins peuvent se déposer, l'argile peut flocculer et les corps en solution (ions) peuvent précipiter.

Le dépôt fluvial dépend de la pente, de la charge transportée et de la stabilité des rives.

La sédimentation continentale présente plusieurs caractéristiques. Elle peut être :

- Détritique : sédimentation caractérisée par des dépôts des sédiments issus de l'érosion du continent et présentant des écoulements gravitaires. Exemple : bassin de la Bénoué

- volcanogène : sédimentation caractérisée par un dépôt de laves. Exemple : bassin de la Mbéré.

- Biogène : caractérisée par la présence de la flore et de la faune tels que squelettes des vertébrés, des pollens et des spores des végétaux. Exemple : Bassin de Babouri

- Authigène : caractérisée par une évaporation de l'eau supérieure à l'apport fluvial ; il y a saturation et précipitation des sels insolubles ou évaporites. Exemple : le chlorure de sodium, le gypse, carbonate, etc

b – La sédimentation marine

On distingue :

b.1 - La sédimentation des marges stables

La marge stable est la bordure continentale qui n'est pas une limite des plaques. La sédimentation se réalise au niveau de la zone littorale du plateau continentale et de la plaine abyssale.

➤ ***La zone littorale***

La sédimentation se produit dans les estuaires et les embouchures sous l'influence des courants marins. L'accumulation des sédiments est ordonnée : une sédimentation grossière sur laquelle se dépose une sédimentation fine ; on parle de ***sédimentation par séquence***. Il y a classement de la cote (sédiments grossiers) vers le large (sédimentation fine) : on parle de ***granoclassment***

longitudinal et de la base (sédiments grossiers) vers le sommet (sédiments fins) : on parle **granoclassement vertical**.

➤ **Le plateau continental**

C'est une partie submergée du continent avec fluctuation du niveau de la mer à cause de la transgression et de la régression. Les sédiments détritiques se déposent en séquences. L'épaisseur importante des sédiments, entraînant l'enfoncement des substratums : c'est le phénomène de subsidence (Affaissement superficiel d'un bassin permettent l'accumulation des sédiments sur une grande épaisseur).

L'avancée progressive du front des sédiments vers les larges constitue la **progradation**.

L'érosion peut provoquer le recul du front sédimentaire : c'est l'**agradation**.

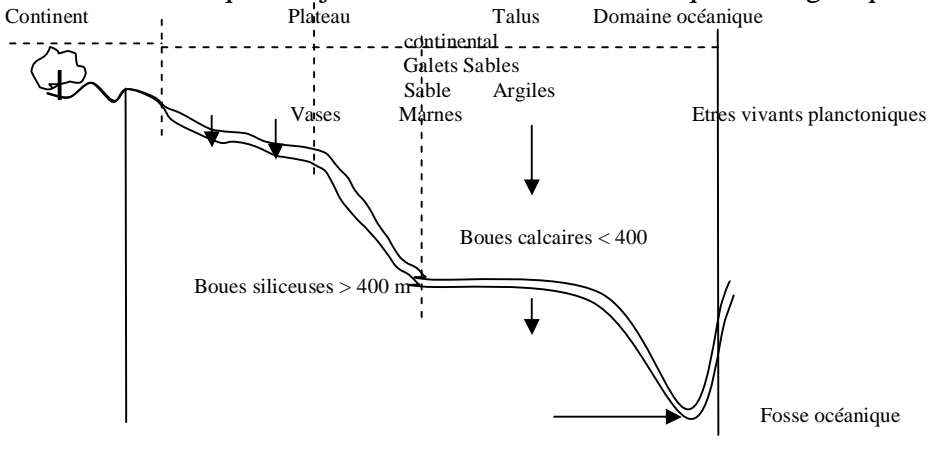
➤ **Le talus continental**

C'est une pente plus forte que le plateau. A ce niveau, il y a écoulement gravitaire des sédiments détritiques du plateau continental vers la plaine abyssale : cet écoulement qui constitue le courant de turbidité.

Les sédiments déposés dans la plaine abyssale constituent les turbidites ; l'empilement des turbidites constituent les **flysch**.

➤ **La plaine abyssale**

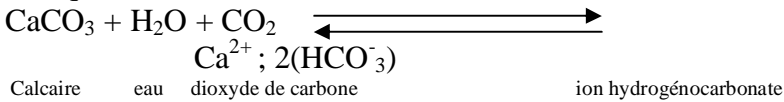
Elle est formée des turbidités et des boues argileuses. Les sédiments détritiques s'ajoutent aux sédiments chimiques et organiques.



Sédimentation marine

En présence du dioxyde de carbone (CO₂), les calcaires se dissolvent et il se forme l'ion hydrogénocarbonate soluble.

Equation de la dissolution des calcaires :



Le dioxyde de carbone est dissout en grande quantité dans une eau calme et froide, conditions que remplissent les fonds océaniques.

Plus on descend en profondeur dans un océan, plus la dissolution des tests calcaires augmente.

Le niveau de compensation des carbonates (NCC) représente une ligne (limite) imaginaire en dessous de laquelle on ne rencontre plus les calcaires. Le NCC est généralement situé à – 400 m de profondeur environ. Les tests calcaires se déposent en dessus du NCC, tandis que les tests siliceux se déposent en dessous du NCC.

b.2 - La sédimentation des marges actives

Les marges actives sont les limites des plaques. Elles sont formées des zones de subduction. Dans la fosse, les sédiments pélagiques et les turbidités se déposent. Les mouvements de la plaque plongeante déterminent un enfilement d'écailles sédimentaires appelées prisme d'accrétion sédimentaire.

N.B : La dorsale océanique est considérée comme une zone de sédimentation. Il y a enrichissement en éléments dissouts. La croûte en se refroidissant au contact de l'eau entraîne une précipitation des sulfures, du cuivre, zinc, plomb.

4 – La diagenèse

L'ensemble des phénomènes qui assurent la formation des roches sédimentaires à partir des sédiments issus de l'altération est appelé ***diagenèse***.

La diagenèse est un ensemble des processus physique (compaction, recristallisation, cimentation) et chimique (dissolution, le remplacement, le concrétionnement) qui affectent un dépôt sédimentaire et les transforme progressivement en roches sédimentaires solides. On distingue :

- la diagenèse précoce
- la diagenèse tardive

a) – Diagenèse précoce

Elle est caractérisée par la dégradation des sédiments par les microorganismes pour libérer l'eau, le NH₂, ... L'acidification du milieu entraîne la dissolution des tests : c'est la diagenèse biochimique. Les carbonates et les silices sont dissouts. Cette évolution précoce est liée à l'altération, à l'interface eau/sédiments : on parle d'halmyrolyse.

b) – La diagenèse tardive

Elle comprend 6 étapes :

- La compaction : les sédiments qui s'accumulent dans un bas-fond subissent après plusieurs années une pression due au poids des nouveaux sédiments. Ceci crée une diminution de la porosité et de la perméabilité.
- la déshydratation : les sédiments perdent l'eau
- la dissolution : la porosité secondaire apparaît aboutissant à des réservoirs d'hydrocarbure.
- La recristallisation : certains minéraux sont remplacés par des minéraux plus stables.
- La cimentation : la silice et la calcite précipitent pour boucher les vides entre les grains : c'est la phase de la néoformation ou d'authigenèse.
- le concrétionnement : les éléments se concentrent autour du noyau pour donner des concrétions.

III – LES ROCHES SEDIMENTAIRES

Selon leur origine, on peut classer les roches sédimentaires en trois grands groupes :

1 – Roches sédimentaires détritiques ou terrigènes

Les sédiments détritiques résultent de l'altération et de l'érosion des roches préexistantes. Elles ont classées en trois groupes :

- les roches siliceuses : sable, grés, galets, conglomérats
- Roches argileuses : argile plastique, kaolin, marne, ardoise
- Roches calcaires : calcaires lithographiques

2 – Roches sédimentaires d'origine chimique

Elles proviennent de la précipitation des ions transportés sous forme dissouts. Ces ions passent à l'état solide et tombent au fond après saturation et évaporation.

Exemple : gypse, sel gemme, sel de cuisine, calcites (calcaires cristallisés), les travertins (calcaires contenant des empruntes de feuilles), les évaporites (association de chlorure, sulfates et carbonates)

3 – Roches sédimentaires d'origine organique ou biologique ou biochimique :

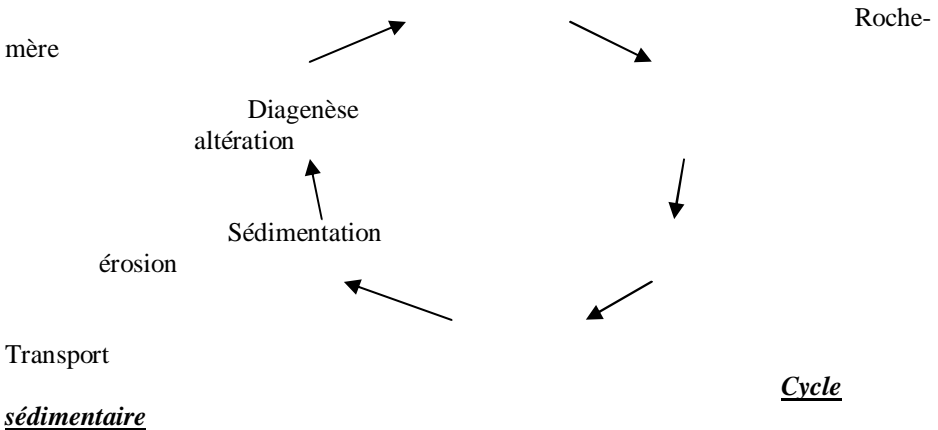
Elles sont formées des sédiments provenant de l'accumulation et de la décomposition des animaux et végétaux à l'abri de l'air par les bactéries.

Exemple : pétrole (coquille des animaux), houille (végétaux), la tourbe, le charbon, la craie, la boue siliceuse

4 - Classification des roches sédimentaires:

Origine	Famille	Éléments essentiels	Exemples
Détritique	Roches siliceuses	Silice (SiO ₃)	Sable, grès, silice, diatomites, conglomérats
	Roches argileuses	Silicate d'alumine hydraté	Argile, latérite, bauxite
	Calcaires détritiques	Calcaire	Calcaires détritiques, coraux
Chimique	Calcaires chimiques	CaCO ₃ (calcite)	Calcaire détritique
	Roches salines	NaCl	Gypse, sel gemme, argiles
Organique	Roches carbonées	Carbone	Pétrole, charbon, gaz naturel, houille, tourbe

5 – Cycle de formation :



IV - NOTION DE STRATIGRAPHIE : les séries sédimentaires et le cycle sédimentaire

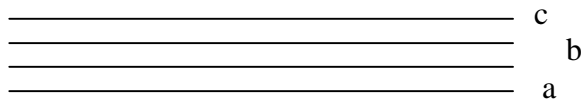
1 – La stratigraphie

La stratigraphie est l'étude de la disposition des couches sédimentaires qu'on appelle strates afin de déterminer l'époque et les conditions de leur dépôt.

a) – La chronologie relative

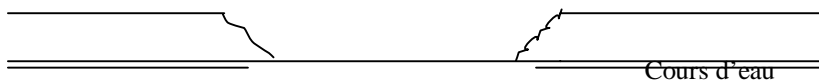
Elle se base sur les 3 principes stratigraphiques ci-après :

-Le principe de superposition des couches : une couche est plus récente que celle qu'elle recouvre mais plus ancienne que celle qui la recouvre.

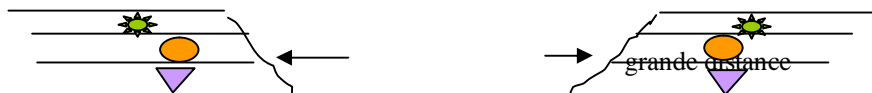


a est plus ancienne que b et c.

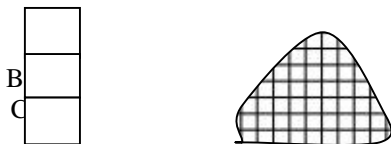
- Le principe de continuité : une couche de terrain continu et de composition homogène est de même âge sur tout son étendu.



- Le principe d'identité paléontologique : les couches de terrain qui présentent les mêmes fossiles stratigraphiques sont contemporains.



- Principe d recoupement : ce principe stipule que toute structure qui en recoupe un autre est postérieure (plus récent) à cette dernière.



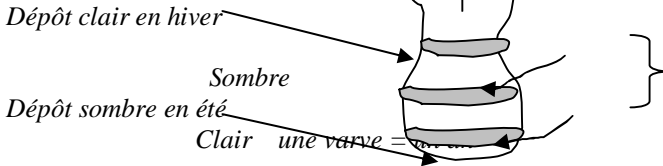
b) – La chronologie absolue

La chronologie absolue permet de donner des dates chiffrées, précises. Elle utilise plusieurs méthodes :

- La méthode de la radioactivité : le carbone 14 fixé par les êtres vivants se désintègre après leur mort. Le temps pendant lequel 50% de C_{14} se désintègre est appelé période ou demi-vie et est égal à 5600 ans. Il suffit de doser la radioactivité de C_{14} contenu dans les bois ou coquilles fossiles pour connaître l'âge absolu de la roche

L'Uranium 238 (U_{238}) se désintègre en plomb 206 et en hélium ; sa période est de 4560.10^6 années.

- La méthode des varves : Le mot varve désigne le mot suédois varv qui signifie répétition périodique. Les varves sont des couches sédimentaires déposées dans les vases à la suite de la fonte des glaciers. Les couches déposées en hiver sont sombres et en été elles sont claires. Les dépôts clairs et sombres alternent et chaque rythme est appelé une varve et représente un an.



- La méthode des anneaux du tronc d'un arbre : chaque année représente une année, les anneaux minces caractérisent une sécheresse et les anneaux épais un climat favorable.

2 – Les séries

On appelle série sédimentaire, l'ensemble des strates transformées en roches sédimentaires. Elle se matérialise par une suite de strates superposées en un même lieu.

La nature de roches sédimentaires formées sur une marge continentale dépend des mouvements de transgression et de régression qui modifie la profondeur de l'eau. On distingue :

- La série compréhensive : c'est une série terrigène à sédimentation rapide
- la série condensée : c'est un ensemble de strates issues de la sédimentation lente. Elle est rencontrée en milieu pélagique.
- la série continue : c'est une série dans laquelle les couches transgressives et les couches transgressées se succèdent sans interruption. Mais lorsqu'une seule ou plusieurs couches manquent, il y a lacune stratigraphique et la série est dite discontinue.

La concordance est la disposition parallèle (couches tabulaires) des couches de terrain dans une série sédimentaire. La discordance est le fait pour les couches de terrain de reposer sur des couches qui ne leur sont pas parallèles (les couches transgressives et les couches transgressées présentent la même inclinaison).

La transgression est l'avancée lente de la mer vers les continents et la régression est le retrait de la mer.

La régression est le retrait de la mer du continent. Elle s'accompagne :

- d'un déplacement de tous les sédiments initialement transportés, seuls ceux qui sont grossiers restent.

- d'un cortège de lagunes qui s'évaporent abandonnant un dépôt d'argiles bariolées, de gypse et de sel.

3 - le cycle sédimentaire

Un cycle sédimentaire est l'ensemble des phénomènes sédimentaires se déroulant entre le début d'une transgression et la fin de la régression suivante.

Lorsqu'un bassin sédimentaire voit s'y succéder plusieurs cycles sédimentaires de manière répétitive, on parle d'une série sédimentaire.

On entend par flysch, l'épais ensemble de sédiments accumulés dans une fosse marine et présentant des alternances de grès et de schistes et parfois de calcaires

Les molasses constituent les grès argileux marins alternent avec les couches lacustres.

On appelle cycle orogénique, l'ensemble des phénomènes géologiques accomplis entre la succession de deux édifices successifs.

V - NOTION DE PALEONTOLOGIE

La paléontologie est l'étude des fossiles. Les *fossiles* sont les restes des êtres vivants du passé ou les traces de leurs activités, conservés dans les sédiments.

1 - Les fossiles

La nature des fossiles est très variée. Ils peuvent être :

- des restes d'organismes
- les peintures, sculptures, outils divers, ...
- Des traces d'activité biologiques : empreintes des pas, ...

Un fossile vivant est un être archaïque représentant un groupe d'êtres vivants tendant à disparaître. *Exemple* : le Nautilite.

Le processus par lequel ces restes ou ces traces d'activités sont conservés est appelé fossilisation.

Les conditions de fossilisation sont :

- Présence des agents de conservation : sédiments, glaces, cendres : pour un enfouissement possible
- Echapper aux agents de destruction : agents atmosphériques (vents, pluies, humidité), agents de dissolution (substances chimiques), agents biologiques (bactéries, animaux mangeurs de cadavres).

Dans certains cas, un cadavre d'un animal enfoui dans un sédiment disparaît en laissant sur place la forme de l'animal : on parle de **moulage**. Le moule peut être externe ou interne.

Parmi les groupes de fossiles, les céphalopodes forment un groupe de fossiles diversifié. On distingue :

- les Ammonoïdes (Ammonites)
- les Nautiloïdes (Nautilus)
- le Belemnoïdes (Bélemnites)

2 – **Importance des fossiles**

a) - ***Importance biologique***

Certains fossiles permettent de comprendre l'évolution du mode vivant : c'est le cas de l'Archéoptéryx (vertébré du Jurassique) qui permet de comprendre la relation de parenté entre les reptiles et les oiseaux. Il possède à la fois des caractères reptiles (queue, dents, tête triangulaire) et des caractères aviens (bec, plumes, ailes). Il est intermédiaire entre les reptiles et les oiseaux.

Les hognâtes sont des poissons qui ont évolués pour donner les Batraciens.

b) - ***Importance géologique***

➤ ***Les fossiles stratigraphiques***

Ils permettent de dater les roches. Ce sont des indicateurs chronologiques. Ils caractérisés par une grande répartition géographique, une courte durée de vie et une évolution rapide. On les appelle aussi les bons fossiles ou fossiles caractéristiques. Ce sont :

- les trilobites, les fusulines qui caractérisent l'ère primaire
- les rosélites, les ammonites, les bélemnites qui caractérisent l'ère secondaire
- les gastéropodes, les nummulites qui caractérisent l'ère tertiaire
- les rongeurs caractérisent l'ère quaternaire

Trilobites

Nummulites

Ammonites

Fusulines

➤ ***Les fossiles de faciès***

Ce sont des fossiles liés à un milieu particulier permettant de définir l'ère de sédimentation. Ils sont caractérisés par une répartition par une répartition étroite, une longue durée de vie et donc une évolution lente . Ce sont les mauvais fossiles. Exemple : les limnées, huitres, pecten, planorbe hydrobie.

➤ **Tableau de comparaison des fossiles de faciès et stratigraphiques :**

Types de fossiles Facteurs de comparaison	Fossiles stratigraphiques	Fossiles de faciès
Aire de répartition	Vaste	Restreinte
Durée de vie	Courte	Longue
Evolution	Rapide	Lente

VI - RECONSTITUTION DES MILIEUX SEDIMENTAIRES ANCIENS

1° – Par la sédimentologie

La sédimentologie est l'étude des roches sédimentaires et des conditions dans lesquelles elles se sont formées. Reconstituer les milieux sédimentaires consiste à retracer l'histoire de la sédimentation dans ces milieux : on parle de principe d'actualisme (ou uniformitarisme) selon lequel les roches sédimentaires conservant toujours les indices qui renseignent sur l'origine de la roche, ses conditions de formation, de transport, de dépôt et les altérations qu'elle a subit. Cela permet pour une région de reconstituer son histoire (où le présent est la clé du passé).

Exemple :

- les éléments de grande taille (roches polies) suggèrent un transport court et un dépôt rapide par un courant violent continental
- Les éléments organiques prédominants (boues, argile rouge) suggèrent un milieu marin.
- la stratification des matériaux détritiques : la sédimentation s'est réalisée dans l'eau
- l'épaisseur considérable des sédiments peut être témoin du phénomène de subsidence.

La subsidence est l'affaissement superficiel d'un bassin qui permet l'accumulation des sédiments sur une grande épaisseur

- la couche verte prouve la présence de fer Fe^{2+} qui caractérise l'absence du O_2 dans le milieu

- les strates rouges prouvent la présence du fer Fe^{3+} qui caractérise un milieu riche en O_2
- les éléments fins et homogènes suggèrent un transport long par une eau calme suivi d'un dépôt côtier.

2° – **Par la paléontologie**

En appliquant le principe d'actualisme, nous avons :

- les fossiles des animaux continentaux caractérisent un milieu continental
 - les fossiles des animaux marins caractérisent un milieu marin
 - les coraux caractérisent un milieu marin chaud et aéré
- Les fossiles des mammoths, rennes bœufs musques caractérisent un milieu froid
- La présence des petits gastéropodes à coquille mince dans les calcaires ou marnes indique une origine lacustre ou marécageuse

VII – NOTION DE PALEOGEOGRAPHIE

La paléogéographie est la reconstitution de la position et des caractéristiques des continents au cours des temps géologiques. Elle s'intéresse aussi à la répartition des flores et des faunes fossiles, ainsi qu'à l'extension des surfaces marines. Ainsi, pour faire la paléogéographie, on s'intéresse aux fossiles de faciès qui renseignent sur les conditions de vie telles que : le climat, la salinité, la profondeur de l'eau, les êtres vivants qui y vivent.

En tenant compte du principe de l'actualisme, la paléogéographie nous renseigne sur le mode de vie de certains animaux marins ou continentaux. Les coraux forment actuellement des récifs dans les milieux très stricts : mer chaude, eau claire bien oxygénée, moyennement salée et peu profonde.

VIII – NOTION DE PALEOECOLOGIE

La paléoécologie est l'étude de l'ensemble des êtres vivants anciens et des interactions entre eux et leur milieu. Elle fait appel entre autre aux fossiles de faciès.

L'ensemble des fossiles récoltés au même niveau constitue un biofaciès. Un fossile peut être dégagé par érosion et redéposé dans un sédiment plus récent. Les fossiles d'un même niveau ne forment pas toujours une biocénose. Exemple :

- la présence des pollens fossiles indique qu'il existait des spermaphytes dans le milieu.

- Les informations données par les fossiles et leurs associations, la richesse ou la pauvreté d'un milieu en fossiles peuvent aider à reconstituer l'écologie des milieux anciens.

CONCLUSION

L'altération des roches et la décomposition des organismes vivants sont à l'origine des différents sédiments qui transportés dans les zones de dépôt, lieux au niveau desquels ils se constituent en roches sédimentaires.

Partie : MOUVEMENT DE LA LITHOSPHERE ET ENERGIE D'ORIGINE INTERNE

Objectif : Identifier les mouvements de la lithosphère, leurs conséquences et leur rapport avec l'énergie interne et externe de la terre.

CHAP.4 –



LA STRUCTURE ET L'ENERGIE INTERNE DE LA TERRE

OPO : - *Enoncer les propriétés liées à la propagation des ondes sismiques*
- *Décrire les caractéristiques physiques et chimiques des enveloppes internes du globe terrestre*

INTRODUCTION

Les forages les plus profonds dépassent difficilement 13 km de profondeur. Il est donc impossible de réaliser une exploration des zones profondes de la terre car le rayon terrestre moyen est d'environ 6400 km. Les connaissances sur la structure interne du globe terrestre reposent donc sur un ensemble de données : les manifestations volcaniques et sismiques qui sont en effet des manifestations des forces internes du globe.

OPO : -Nommer les 3 types d'ondes sismiques et leurs propriétés respectives
- Nommer et décrire les différentes enveloppes internes du globe
- Décrire les propriétés physiques et chimiques des enveloppes du globe
- Expliquer l'origine de l'énergie interne de la terre et sa dissipation

INTRODUCTION

Les connaissances sur la structure interne du globe reposent sur un ensemble de données : manifestations volcaniques et sismiques qui sont en effet des manifestations des forces internes du globe.

I – ELEMENTS DE SISMOLOGIE : Propagation des ondes sismiques

Lors d'un séisme, l'énergie accumulée dans les roches est libérée et se dissipe sous forme d'ondes sismiques qui se propagent à partir du foyer du séisme encore appelé hypocentre. Le point de la surface situé à la verticale qui a tremblé avec le plus de force est appelé épiceutre.

On distingue 3 principaux types d'ondes :

- Les ondes P appelées ondes premières ou primaires : elles sont les plus rapides et les premières à être ressenties lors d'un séisme ; ce sont des ondes longitudinales de compression et décompression (dilatation). Elles se propagent dans les milieux solides, fluides et même dans l'air. Les particules se déplacent parallèlement à la direction de propagation de l'onde. Les ondes P sont responsables des bruits sourds qu'on entend au début d'un séisme. Elles vont en profondeur, d'où leur nom d'

- Les ondes S ou ondes secondes : le déplacement des particules est perpendiculaire à la direction de propagation. Ce sont donc des ondes transversales de cisaillement. Elles ne se propagent que dans les milieux solides. Elles sont plus destructrices que les ondes P.

- Elles sont les plus lentes, les plus amples, les plus destructrices qui ne se propagent que dans les couches superficielles de la terre. Ce sont les ondes de surface qui causent des dégâts aux constructions et qui sont à l'origine des mouvements complexes du sol.

a) – La vitesse des ondes sismiques

La vitesse des ondes varie selon le milieu traversé. Elle dépend des propriétés du milieu : densité et résistance au cisaillement. Un brusque changement traduit un changement des propriétés du milieu. Ce changement peut être physique (densité) ou chimique (composition).

b) - Comportement des ondes en cas de changement de milieu

Lorsqu'une onde sismique passe d'un milieu à un autre de nature différente, sa vitesse de propagation sera modifiée et conséquemment sa trajectoire sera déviée.

On appelle discontinuité, l'interface ou la surface de contact entre 2 milieux de nature ou de vitesses de conduction différente.

Le comportement des ondes P et S (ondes dites élastiques) à l'intérieur du globe suit les lois de l'optique géométrique : lorsque les propriétés du milieu changent, elles sont réfléchies et réfractées.

Comportement des ondes P et S lors d'un changement du milieu

Les lois de Descartes étudiées en optiques s'appliquent pour calculer les modifications de trajectoire du rai sismique.

V_1 = vitesse de propagation des ondes dans le milieu 1

V_2 = vitesse de propagation des ondes dans le milieu 2.

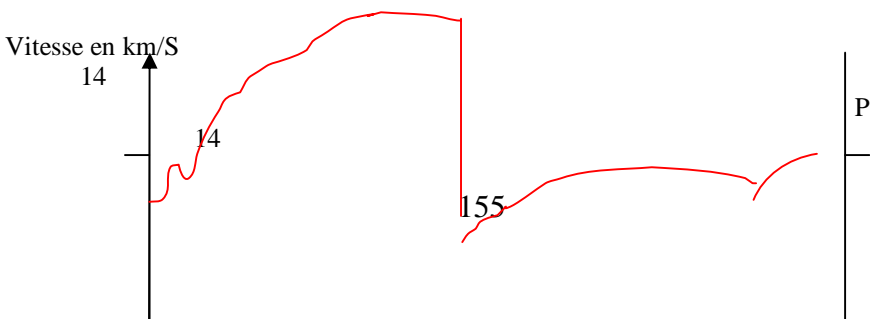
$V_1 > V_2$; $i = i'$;

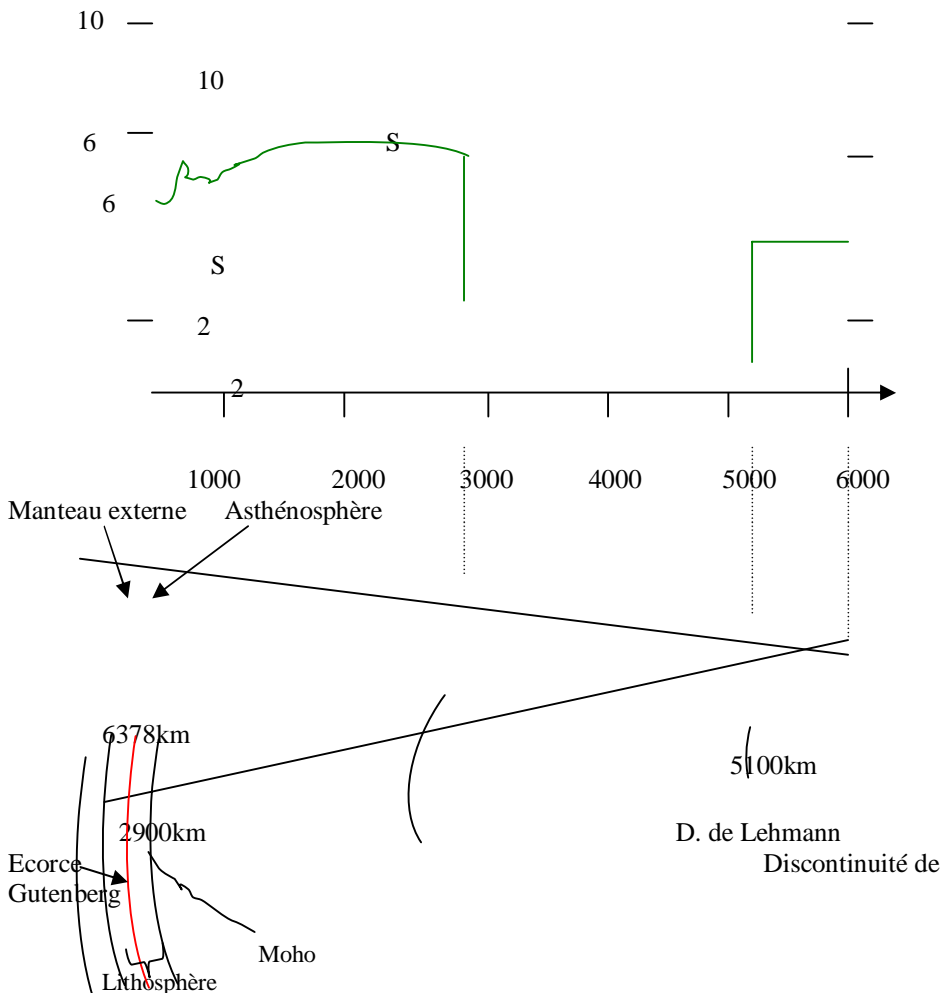
$i > r$

$$\boxed{V_1} \sin r = V_2 \sin i$$

II – STRUCTURE INTERNE DU GLOBE

1° - Discontinuités et structure de la terre





Variation des ondes P et S en fonction de la profondeur et de la structure de la terre

4 discontinuités sont à identifier dans le globe terrestre :

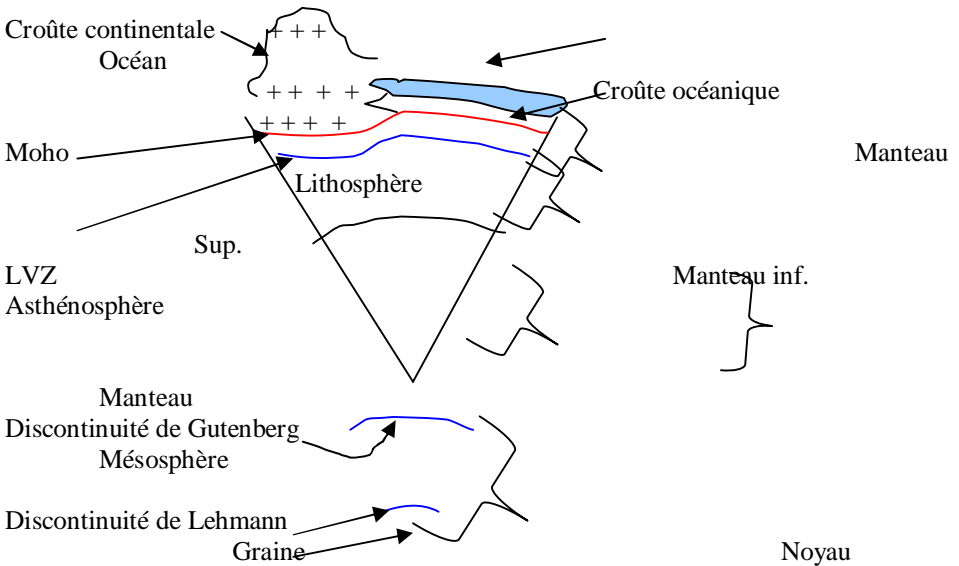
- La discontinuité de Mohorovicic ou Moho : situé entre 7 et 60 km, elle marque la limite entre la croûte terrestre et la manteau. Elle correspond à une variation de la composition chimique des matériaux et non à un changement d'état de la matière qui reste solide.

- La L.V.Z (Low velocity zone), entre 100 et 200 km de profondeur : Elle marque la limite inférieure de la lithosphère rigide et l'asthénosphère

- La discontinuité de Gutenberg aux environs de 2900 km : c'est la limite entre le manteau inférieur solide et le noyau externe liquide.

- La discontinuité de Lehmann située à environ 5100 km : observée entre le noyau supérieur et le noyau inférieur solide ou graine.

2° - Les enveloppes internes du globe et leurs propriétés physico-chimiques



Coupe schématique du globe terrestre

Le globe terrestre est formé de 3 couches concentriques :

- La lithosphère : très rigide, correspond à l'écorce et à la partie superficielle du manteau. Elle est découpée en plaques qui n'ont pas la même composition, ni la même rigidité :

◆ La croûte océanique : située entre 0 et 7 km., est constituée de roches basaltiques surmontant les gabbros et les péridotites.

◆ La croûte continentale : située entre 0 et 30 km, les roches continentales qui affleurent à la surface du sol sont très variées ; néanmoins les plus fréquentes sont les granites.

La composition chimique est le silice et l'alumine (sial)

- L'asthénosphère : visqueuse, supporte la lithosphère et descend jusqu'à 700 km environs de profondeur. La lithosphère et l'asthénosphère forment le manteau supérieur.

La composition chimique est le silice et le magnésium (sima)

- La barysphère (noyau externe et graine) : liquide en périphérie et solide en profondeur.

La composition chimique est le nickel et le fer (nife)

III - ORIGINE DE L'ÉNERGIE INTERNE DU GLOBE TERRESTRE ET SA DISSIPATION

1° - Origine de l'énergie interne

L'observation des manifestations volcaniques et hydrothermales (source eaux chaudes), le gradient géothermique (augmentation de la t° avec la profondeur) observé dans les forages sont les preuves de l'existence de l'énergie à l'intérieur du globe terrestre.

a) - L'énergie emmagasinée lors de la formation de la terre.

Une partie de l'énergie interne du globe trouve son origine dans le phénomène d'accrétion responsable de la formation de la terre. En effet, la terre s'est formée par accrétion (croissance d'un objet géologique par apport successif de matière) des gaz, poussières et objets variés (météorites, astéroïdes, ...); Au cours de cette accrétion, les impacts d'objets venant percuter le globe en formation ont dégagé une chaleur considérable : il s'agit de la chaleur initiale ou chaleur fossile. Les couches superficielles ont assez rapidement évacué cette chaleur initiale et se sont refroidies pour former une croûte. Les couches internes poursuivent encore lentement cette évacuation.

La terre se refroidit donc progressivement en dissipant cette énergie sous forme de chaleur.

b) - La radioactivité

Elle représente la principale source d'énergie interne de la terre. Il s'agit de la chaleur libérée par désintégration des isotopes radioactifs. Ces isotopes étaient présents dans les matériaux qui ont formé la terre par accrétion : uranium (^{238}U), le thorium (^{231}Th), le potassium (^{40}K). Le noyau atomique instable des isotopes radioactifs se fragmente spontanément et, ce mécanisme complexe s'accompagne d'une libération de rayonnement et de chaleur.

Chaque isotope a sa propre cadence de désintégration appelée période radioactive ou une demi-vie. C'est le temps nécessaire pour qu'une moitié des atomes présents à un moment donné se soient désintégrés. Exemple : 4,5 milliards d'années pour ^{238}U . Cela signifie que depuis la formation de la terre, la moitié seulement de ^{238}U présent au départ s'est désintégré.

2° - La dissipation de l'énergie interne de la terre

a) - Dissipation par conduction

Dans les matériaux de la lithosphère, la chaleur se propage par diffusion à travers les roches : Des roches profondes plus chaudes vers les roches superficielles plus froides. C'est le flux géothermique qui exprime la quantité de chaleur évacuée par unité de surface et par unité de temps. Il est faible au niveau des masses continentales, plus élevée au niveau du plancher océanique et important au niveau des dorsales.

b) – La dissipation par convection

Une convection est un transfert de chaleur d'une zone chaude vers une zone froide grâce à un déplacement de matériaux fluides.

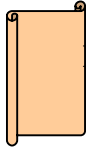
Au niveau des points chauds et des dorsales, les éruptions des laves permettent l'évacuation de la chaleur.

Un point chaud est une région très localisée de manteau profond caractérisée par un flux thermique élevé. Au niveau des points chauds se manifestent des volcanismes alcalins intraplaques dont les laves basaltiques sont très pauvres en silice. Les points chauds ne se déplacent pas mais, ce sont les plaques qui se déplacent au dessus des points chauds.

CONCLUSION

La désintégration d'isotopes radioactifs par leur désintégration constitue la principale source d'énergie interne de la terre. Cette énergie est évacuée à la surface par conduction et par les mouvements de convection qui représentent le moteur de la tectonique des plaques.

CHAP.4 –



LES MOUVEMENTS DE LA LITHOSPHERE

- OPO** : - *Expliquer la formation de la croûte océanique*
- *Expliquer la subduction et les phénomènes associés*
- *Expliquer l'obduction*
- *Expliquer la collision et ses conséquences*
- *Expliquer le climat du métamorphisme*
- *Reconstituer l'histoire d'une roche métamorphique*

INTRODUCTION

L'idée que la lithosphère est découpée en plaques mobiles les unes par rapport aux autres a été admise en Science de la Terre il y a moins d'un siècle (1968). Cette théorie baptisée tectonique des plaques offre une explication au déplacement des continents, à la localisation de l'activité sismique et volcanique.

I – LA DERIVE DES CONTINENTS

1° - Hypothèse de la dérive des continents

En 1910, le Météorologiste et Physicien allemand Alfred WEGENER émet la théorie de la dérive des continents, c'est-à-dire de la mobilité horizontale des continents. La communauté scientifique rejette cette théorie faute d'explication concernant le moteur responsable de tel déplacement. A partir des années 1960, les sciences de la terre connaissent une véritable révolution qui aboutit à l'édification de la théorie dite de la tectonique des plaques.

2° - La théorie de la dérive des continents

A l'origine, les continents formaient un seul bloc ou super continent appelé la Pangée qui comprenait au Nord Laurasia et au sud la Gondwana, séparé par l'océan primitif, la Téthys. Il y a 200 millions d'années environs, à la suite du mécanisme de distension, la Pangée se serait fragmenté et les continents se sont progressivement éloignés les uns des autres. Cette dérive se poursuit encore de nos jours. Des constats récents prouvent que l'Amérique du sud et l'Afrique s'écartent l'un de l'autre de 2 cm par an.

3° - Les arguments en faveur de la théorie de la dérive des continents

a) - Les arguments géographiques ou morphologiques :

Il existe une configuration réciproque des côtes Est-sud américaine et Ouest Africaine d'une part et, entre les côtes Est africaine et occidentale d'Inde d'autre part. Ces complémentarités prouvent que les continents étaient soudés

b) - Les arguments paléontologiques :

Il y a ressemblance entre les fossiles trouvés dans des régions distants aujourd'hui de plusieurs millions de km *Exple* : Le Mésosaure (reptile fossile), le Glossopteris (fougère) dont les restes ont été retrouvés au Brésil et en Afrique méridionale.

c) - Les arguments pétrographiques ou géologiques :

La continuité des formations et des structures géologiques de part et d'autre de l'Atlantique confirme leur position au sein de la Pangée : c'est le cas des blocs rocheux (cratons) dont la moitié se trouve en Amérique du sud au Brésil et une autre sur la côte africaine au Ghana.

d) - Les arguments paléomagnétiques :

Les roches éruptives à oxyde de fer (F_2O_3) présentent des particules magnétisées qui s'orientent parallèlement au champ magnétique terrestre lors de leur cristallisation à partir du magma. Cette mémorisation par les roches de la direction du champ magnétique terrestre permet aux Géologues de reconstituer les positions antérieures des pôles magnétiques. Ainsi, on a noté que de Précambrien au Trias, les positions du pôle magnétique se confondent comme pour un même continent et des migrations d'un pôle concordent pour une même période géologique : on peut dire que ces continents étaient réunis jusqu'au Trias.

II- LA PLAQUE LITHOSPHERIQUE

1° - Définition

Une plaque lithosphérique est un fragment de la lithosphérique en mouvement, constituée par la croûte à laquelle s'adjoint la partie supérieure du manteau supérieure.

2° - Les types et exemples de plaques

La lithosphère est découpée en une douzaine de plaques dont 7 grandes (la plaque Africaine, Pacifique, Antarctique, Eurasienne ou Eurasiatique, Australienne, Nord-Américaine, Sud-Américaine) et les autres petites (la plaque Arabique, Nazca, Antillaise, Cocos, la plaque des Caraïbes).

La configuration des plaques n'a pas de rapport avec la répartition des océans et des continents. On rencontre des plaques entièrement

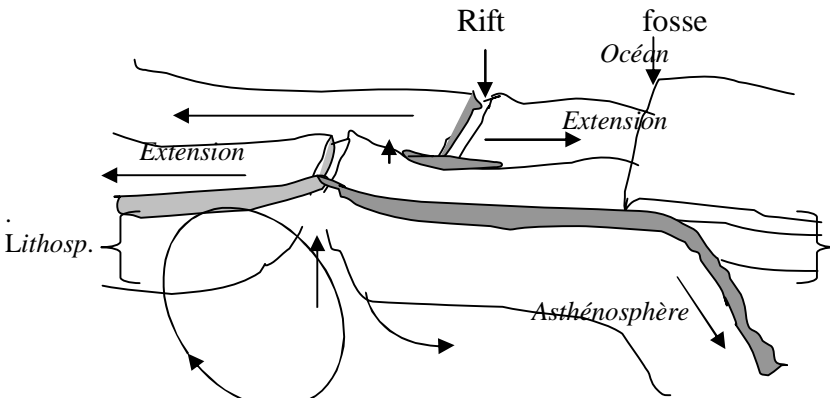
océaniques (Plaque Pacifique, Nazca), des plaques mixtes (plaque Africaine, Nord-Américaine, Sud-Américaine, Eurasienne, Australienne) et d'autres continentales.

III – LES MOUVEMENTS DES PLAQUES

1° - Les limites des plaques

Les frontières (limites) des plaques sont de 3 types :

- Les limites divergentes : zones d'écartement des plaques
- Les limites convergentes : zones d'affrontement
- les limites transformantes : zone de coulissage



Les 3 types de contact entre les plaques

2° - Le plancher océanique

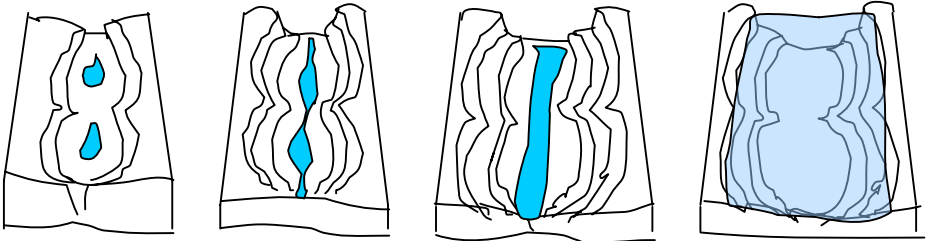
La topographie des fonds océaniques est rendue possible grâce aux tectoniques de forages ou de la cartographie.

a) – La formation d'un rift

Un rift est une dépression ou fossé d'effondrement bordé par un réseau de failles normales rencontré dans l'axe d'une dorsale. On distingue le rift continental qui représente le fossé d'effondrement et le rift océanique qui est la vallée de la dorsale délimitée par des failles normales

Un rift se forme en plusieurs étapes dans une zone de l'écorce terrestre soumises à des forces de distension intenses :

- La croûte continentale étirée s'amincit et finit par se rompre, donnant lieu à un fossé : stade fossé d'effondrement. Un rift continental est caractérisé par une activité volcanique et une activité sismique intense.
- De la croûte océanique s'intercale entre les marges continentales, constituant l'ébauche d'un futur océan comme dans la région des Afars en Ethiopie : stade dépression lacustre
- Une invasion marine submerge ensuite le rift et un bassin océan étroit s'installe : c'est le stade mer étroite.
- Plus tard, la mer étroite s'élargit en un véritable océan du type océan Atlantique : stade océan en expansion.



Stade fossé
D'effondrement

stade dépression

b) – La formation de la croûte océanique

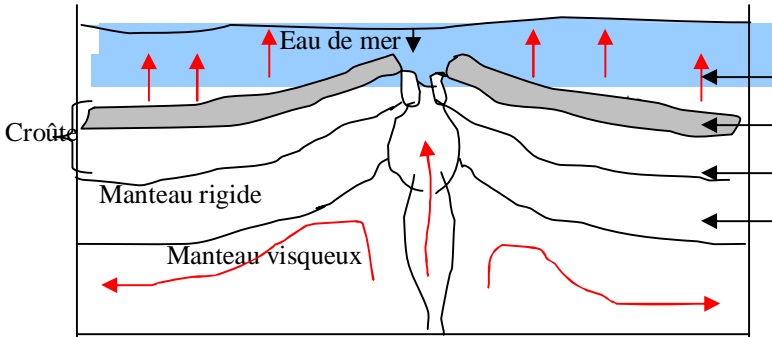
Les matériaux du manteau surchauffés par la radioactivité deviennent fluides et se déplacent en profondeur : ce sont les mouvements de convection.

Ces mouvements de convection provoquent la montée des matériaux profonds chauds sous la lithosphère à l'aplomb du rift ; ce qui déclenche la fusion des matériaux du manteau. Le magma ainsi formé alimente un volcanisme intense et les laves se cristallisent et se refroidissent en surface pour former une lithosphère nouvelle ou croûte basaltique qui constitue le plancher océanique.

L'étude de cette croûte révèle la succession du haut en bas des roches suivantes :

- Les basaltes, roches de structure microlitique qui se figent au contact de l'eau de mer pour former des laves en coussin appelées pillow-lavas et les filons.
- Les gabbros, roches de structure grenue de composition basaltique

- Les péridotites, roches ultrabasiques qui représente les matériaux réfractaires restés en place après l'expulsion du jus magmatique.



Création et divergence de la lithosphère au niveau des dorsales océaniques

IV – L'EXPANSION DU PLANCHER OCEANIQUE ET LES PHENOMENES ASSOCIES

La lithosphère formée au niveau des dorsales s'en éloigne de part et d'autre à la manière d'un double tapis roulant : c'est l'expansion des fonds océaniques. Les mouvements asthénosphériques étant continus, la création de la lithosphère est continue. Ainsi, de nouveaux basaltes remontent continuellement sur le rift : on dit qu'il y a accrétion. Ils repoussent latéralement les précédentes qui reculent et tendent à s'accumuler ; ce qui favorise l'augmentation de l'épaisseur de l'ancienne lithosphère océanique.

La vitesse de cette expansion est de 1 à 2 cm par an dans l'océan Atlantique (dorsale lente) et de 6 à 18 cm par an dans l'océan Pacifique (dorsale rapide). Lorsque la vitesse d'expansion est rapide, le rift est peu profond et présente plusieurs endroits des sources thermales.

On estime qu'il se forme en un an 2,5 km² de nouvelle croûte avec une épaisseur de 5km.

Les marqueurs de l'expansion océaniques sont :

- L'âge et l'épaisseur des sédiments qui augmentent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de part et d'autre de l'axe de la dorsale
- L'alignement des volcans des points chauds

Une dorsale océanique est une chaîne de montagne à double pente qui est en continuité d'un continent à un autre sur près de 80.000 km.

Sur la jeune croûte formée, les eaux s'échauffent considérablement et sont à l'origine des modifications chimiques

importantes des roches : feldspaths transformés en argile et métamorphose des sédiments qui recouvrent le plancher.

1° - **La subduction**

a) – **Caractéristique du phénomène**

Il y a création permanente de la lithosphère au niveau des dorsales océaniques suite au mécanisme d'accrétion. Il en résulte un élargissement permanent du plancher océanique ; cependant le volume de la terre reste constant. La création de la nouvelle lithosphère à l'axe de la dorsale (zone constructive) trouve nécessairement une compensation dans la destruction permanente d'une quantité équivalente de la lithosphère en d'autres endroits du globe appelés zone de subduction qui sont des zones destructrices.

La subduction est le plongement ou l'enfoncement d'un plancher océanique dense sous un autre plancher océanique ou continental moins dense.

a) – **Les marqueurs de la subduction**

La subduction se manifeste par :

- La présence d'une fosse océanique étroite et de grande profondeur.
- Une sismicité importante
- Un magmatisme avec un volcanisme explosif
- Un flux thermique inégalement répartis (anomalies thermiques)
- Une chaîne de montagne en arrière de la fosse

b) – **Les conséquences de la subduction**

- Les séismes : la plaque plongeante, poussée depuis la dorsale est entraînée vers le bas sous la plaque chevauchante suivant un plan oblique appelé plan de Bénioff Wadatti. Elle n'entre en fusion qu'à partir de 700 km de profondeur. Elle sera donc soumise à des contraintes ou forces compressives qui entraînent des frictions à l'origine des séismes.

- Le magmatisme : le réchauffement progressif de la plaque plongeante libère de l'eau qui hydrate le manteau de la plaque chevauchante, provoquant la fusion partielle des péridotites vers 1100°C et la production d'un magma basaltique à l'origine d'un volcanisme andésitique ou calco-alkalin.

Des roches de composition différentes peuvent se former à partir d'un même magma (basaltes, andésites, rhyolites et granodiorites). La cristallisation fractionnée suivie de la sédimentation des cristaux au sein de la chambre magmatique entraînant cette évolution est appelée différenciation magmatique

- Le prisme d'accrétion : il est constitué par des sédiments de la plaque plongeante qui sont raclés par la plaque sus-jacente lors de l'affrontement des deux plaques.

- Le métamorphisme ou transformation minéralogique : réchauffement de la plaque plongeante libère l'eau qui percole dans le manteau de la plaque chevauchante, entraînant un métamorphisme hydrothermal. On note également le métamorphisme d'enfouissement au niveau du prisme d'accrétion et le métamorphisme de contact lors de la montée du magma qui alimente le volcanisme andésitique.

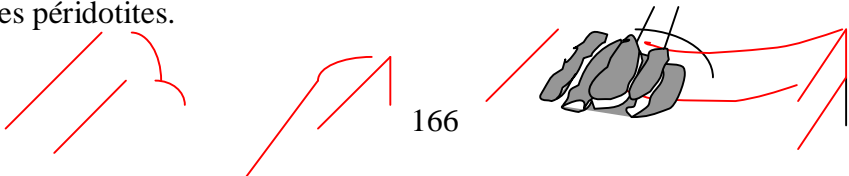
La plaque plongeante est affectée par un métamorphisme de type haute pression basse pression qui transforme les basaltes et gabbros en schistes verts, schistes bleus, amphibolites, puis en éclogites.

La racine de la croûte chevauchante subit un métamorphisme HT/BP se traduisant par la formation de gneiss et des micaschistes.

- L'anomalie négative à l'aplomb de la fosse océanique s'interprète comme l'enfoncement de la plaque lithosphérique froide et l'anomalie positive reflète l'accumulation du magma à la base de la croûte chevauchante.

2° - L'obduction et la formation des ophiolites

Il y a obduction lorsqu'une partie de la croûte océanique pincée entre deux plaques continentales arrive à chevaucher une croûte continentale. L'obduction représente la suite d'une subduction océanique. On observe alors à l'affleurement la formation des ophiolites (ensemble de roches constituées de basaltes, gabbros et péridotites plus ou moins transformées) qui renferme du haut vers le bas : les basaltes, les gabbros et les péridotites.



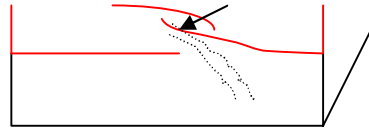
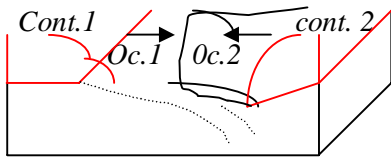
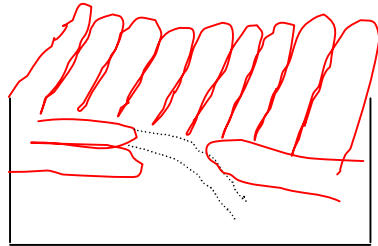
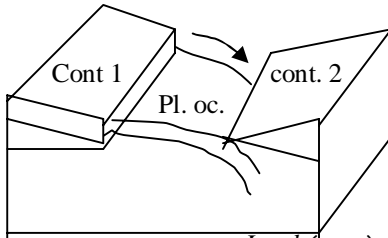


Schéma de l'obduction

L'obduction est à l'origine des chaînes de montagne au niveau des continents où il y a eu chevauchement et, les ophiolites sont les témoins des océans aujourd'hui disparus.

3° - La collision et ses conséquences



Le phénomène de collision

La collision est l'affrontement de deux plaques continentales après la disparition de la croûte océanique.

a) - L'orogénèse liée à la collision

Quand il y a convergence entre deux plaques continentales, le continent le plus faible se plisse, entraînant l'apparition de chaînes de montagne (cas de l'Himalaya et les Alpes) et de grands systèmes de failles.

Une collision est caractérisée par la présence :

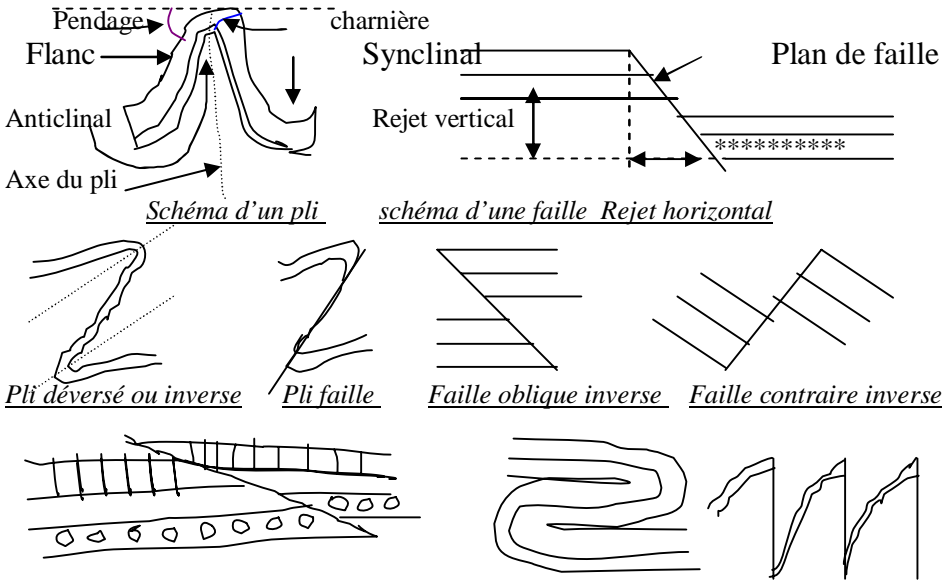
- Des ophiolites incorporées dans les chaînes de montagne
- Des structures faillées et plissées, témoignant de contraintes en compression.

b) - Les déformations associées à la collision

- Les déformations caractéristiques : plis, failles inverses, chevauchements et nappes de charriage. Un chevauchement est un mouvement tectonique conduisant un ensemble de roches à en recouvrir un autre. Lorsque le déplacement des roches le long de la surface de chevauchement atteint plusieurs dizaines de km, on parle de charriage.

L'érosion peut décaper la nappe de charriage et ne laisser de lambeaux de matériel déplacé appelés klippes.

- Les écaillés tectoniques : les blocs découpés par les failles forment des lames chevauchantes appelées écaillés tectoniques et dont le déplacement le long des plans de chevauchement est toujours faible.



Chevauchement Nappe de charriage Ecaillés tectoniques

La superposition des écaillés tectoniques et des nappes de charriage engendre un épaississement crustal c'est à dire de la croûte continentale à l'origine des reliefs.

Les différentes déformations acquises par les terrains dépendent : de la plasticité ou de la rigidité des roches, de la direction et de l'importance des poussées. La rigidité prédispose aux failles et la plasticité au plissement. Une poussée lente et progressive entraîne le charriage alors que si elle est brusque, elle peut entraîner des plis ou des failles, ou encore une association des deux.

Dés leur formation, ces reliefs subissent l'érosion, ce qui provoque la remontée du moho : on parle de réajustement isostatique.

4° – Métamorphisme associé à l'orogénèse

Le métamorphisme est l'ensemble des transformations à l'état solide intervenant dans la structure et la composition minérale d'une roche soumise à des conditions de température et de pression différente de celles où elle s'est formée.

La caractéristique principale des roches métamorphiques est la foliation ou aspect feuilleté ; il s'agit de la propriété que possède une roche d'être constituée de feuillets : on parle d'une structure cristallophyllienne. Une telle structure donne à ces roches une aptitude au clivage qu'on appelle schistosité (propriété que possède une roche de se débiter en feuillets). La schistosité est due à l'augmentation de la P° et, elle est d'autant plus marquée que les micas sont abondants.

Le litage est la propriété que possèdent certaines roches métamorphiques de présenter une alternance de lits clairs quartzo feldspathiques et de lits sombres ferromagnésiens.

a) - Le métamorphisme de contact ou d'auréole

Le magma très chaud vient s'installer au milieu des roches sédimentaires dites encaissantes. La chaleur du magma amène ces roches dites encaissantes à se transformer à l'état solide et on obtient une auréole des roches métamorphiques. Au fur et mesure qu'on s'éloigne du pluton, granitique, on rencontre :

- Des cornéennes
- Des schistes noduleux
- Des schistes tachetés ou cordiérites

b. Le métamorphisme général

Il affecte de puissantes séries sédimentaires, d'où le nom de métamorphisme régional qu'on lui attribue. Ce métamorphisme est dit dynamo thermique et a comme facteurs la température, la pression et les contraintes tectoniques. Ses principales roches pour des degrés de métamorphisme de plus en plus croissant sont : schistes, micaschistes, gneiss.

La t° de lithosphère augmente avec la profondeur et, la P° quant à elle résulte d'une part de l'enfouissement et d'autre part des contraintes tectoniques compressives. Les roches subissent alors des transformations à l'état solide ou métamorphisme.

d) – Le métamorphisme hydrothermal

Le métamorphisme hydrothermal est lié à la circulation des fluides à haute température, en relation avec les massifs plutoniques ou les volcans.

d) – Le métamorphisme d'impact

Le métamorphisme d'impact ou de choc est un métamorphisme occasionné par la chute de grains de météorite ou par des explosions nucléaires souterraines. Il est caractérisé par de nouvelles formes de silice appelées coésites.

e) - Le dynamo métamorphisme

Le dynamo métamorphisme est un métamorphisme qui se produit au niveau d'intenses déformations tectoniques. Les roches ainsi broyées sont qualifiées de mylonites qui présentent une texture foliée.

e) – La zonéographie métamorphique

Les degrés sont définis par l'apparition ou la disparition des minéraux repères. Les minéraux repères sont des minéraux qui ne se forment que dans des conditions de température et de pression bien déterminées. On désigne par isograde du métamorphisme l'ensemble des points ayant le même degré du métamorphisme. Ainsi e,n fonction de l'intensité du métamorphisme, on distingue :

- Epizone : zone de faible intensité
- Mésozoaire : zone de moyenne intensité
- Catazone : zone de forte intensité
- Utrazone : zone de très forte intensité

f) – Evolution des facteurs du métamorphisme

Au cours du métamorphisme, l'évolution de la pression et de la température détermine les phases du métamorphisme et conditionne la substitution des associations minérales :

	Phases du métamorphisme	Substitution des associations minérales
Augmentation de la t° et de la pression	Métamorphisme direct, progressif ou prograde	L'association minérale de haute t° et p° se substitue à l'association minéralogique de basse t° et p°

		avec dégagement de l'eau et CO ₂
Diminution de la t° et de la pression	Métamorphisme inverse ou rétrograde ou rétromorphose	Substitution de l'association minéralogique de basse t° et p° à l'association de haute t° et p° avec absorption d'eau et de CO ₂

O appelle faciès de morphisme les domaines particuliers de température et de pression pour lesquelles certaines associations minéralogiques sont stables et caractéristiques.

Sur la carte géologique, les minéraux repères permettent de définir les isogradés de métamorphisme c'est-à-dire, l'ensemble des points géographiques correspondant à l'apparition (isograde +) ou à la disparition (isograde-) d'un minéral repère.

g) – Les climats métamorphiques

A partir des silicates d'alumine, les Géologues déterminent trois climats métamorphiques :

- Haute pression – basse température : HP - BT
- Moyenne pression – moyenne température : MP – MT
- Basse pression – haute température : BP – HT

	Successions minéralogiques
HP - BT	Glaucophane-lawsonite-amphibole bleutée
MP – MT	Disthène-sillimanite
BP – HT	Andalousite-cordiérite

Sur un diagramme pression – température, trois droites qui concourent en un point triple déterminent les trois grands types de climats métamorphiques :

Interprétation : la roche passe par un contexte de haute pression avec formation du disthène (enfouissement) puis par un contexte de haute température, entraînant la transformation du disthène en sillimanite, probablement due à un réchauffement de la croûte par un magma sous corticale. L'érosion permet ensuite à la roche d'affleurer.

Les réactions de métamorphismes sont des équilibres chimiques réversibles. Elles peuvent se déplacer dans un sens comme dans l'autre selon que la température ou la pression augmentent ou diminuent.

Le sens prograde indique l'augmentation des paramètres température ou pression, et le sens rétrograde indique la diminution des paramètres température ou pression.

Exemple : quelques séquences métamorphiques :

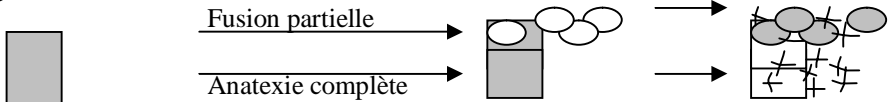
- Séquence arénacée :
 - Grès → quartzite → gneiss et leptynites
- Séquence argileuse ou pélitique
- Argiles → schistes → micaschistes → paragneiss et leptynites
- Séquence calco-pélitique
- Marne → micaschistes → amphibolites → pyroxénites
- Séquence carbonatée
- Calcaire et dolomie → calshistes → marbre → cipholin
- Séquence granitique
- Granite → protogine → orthogneiss et leptinites
- Séquence basique :
 - Diorite, gabbro → schistes → prasinites → amphibolites → pyroxénites
 - Basalte → amphibole → piroxénite

Le préfixe ortho et para est utilisé pour indiquer l'origine magmatique (orthogneiss) ou sédimentaire (paragneiss).

5° – Plutonisme associé à la collision

L'épaisseur crustale importante des chaînes de montagne conduit à une augmentation anormale de la température et de la pression à la base de la croûte continentale. Ceci conduit à une fusion partielle en profondeur : c'est le phénomène d'anatexie partielle et on obtient après refroidissement une roche mélangée appelée migmatite.

La fusion totale produit un magma qui, en se refroidissant donne le granite d'anatexie.



CONCLUSION

Les mouvements des plaques lithosphériques sont à l'origine de la dérive des continents, la formation des chaînes de montagne l'expansion et la fermeture des fonds océaniques

Partie IV : Quelques aspects du métabolisme énergétique et cycle de la matière

CHAP. 6 – **ENERGETIQUE BIOLOGIQUE**

OPO : - Expliquer que la dépense énergétique d'un organisme est permanente

- Expliquer que la dépense énergétique varie en fonction de plusieurs facteurs

6 Déterminer le métabolisme de base d'un individu

- Définir le métabolisme basal

- Définir le quotient respiratoire

- Définir le terme intensité respiratoire

- Relever que l'ATP est l'unique source d'énergie directement utilisable par les cellules

- Expliquer que l'énergie des métabolites est transférée partiellement à des molécules d'ATP et le reste converti en chaleur

INTRODUCTION

L'énergie libérée après oxydation des nutriments est utilisée par l'organisme pour divers besoins : croissance, renouvellement des cellules usées ou mortes, synthèses, mouvements et déplacements, maintien de la température chez les homéothermes.

I – LES NUTRIMENTS : SOURCE D'ENERGIE

Un nutriment est une molécule organique ou minérale qui n'a pas besoin d'être transformé pour être absorbée par une cellule.

On appelle métabolites, les nutriments résultant de la digestion des aliments et qui entrent dans les réactions du métabolisme.

Les principaux métabolites énergétiques utilisés par les cellules sont : le glucose, les acides gras et les acides aminés. Ils n'ont pas la même valeur énergétique :

- l'oxydation d'un gramme de glucose libère 17 KJ ou 4 Kcal

- l'oxydation d'un gramme d'acides gras libère 38 KJH ou 9 Kcal

- l'oxydation d'un gramme d'acide aminé libère 17 KJ ou 4 Kcal

II – PERMANENCE DE LA DEPENSE ENERGETIQUE ET SA VARIATION EN FONCTION DES DIFFERENTS FACTEURS ESTERNES ET INTERNES

1° - La permanence de la dépense énergétique

On peut limiter chez un individu la dépense énergétique. Il suffit pour cela qu'il soit :

- Au repos et allongé pour réduire au maximum le travail musculaire
- A jeun depuis 12 h pour éliminer les dépenses liées à la digestion
- A la t° de neutralité thermique (18-20°C) pour supprimer les dépenses liées à la thermorégulation.

Même dans ces conditions, sa dépense énergétique n'est pas nulle. En effet, nos tissus ont une durée de vie très courte : les cellules interstitielles vivent 3 à 5 jours, les cellules de la peau se renouvellent tous les 20 à 30 jours, celles de la moelle osseuse tous les 30 jours, une hématie vit 120 jours ; les différentes glandes du tube digestif produisent 3 à 5 l de sucs contenant des enzymes qui doivent être constamment synthétisés.

La dépense énergétique de l'organisme est donc permanente, soit lors des pertes de matériaux, soit lors des synthèses.

Cette dépense incompressible liée à l'activité de base des organes assurant les grandes fonctions (respiration, circulation, excrétion, tonus musculaire...) est appelée *métabolisme de base* ou *métabolisme basal*.

2° - Variation de la dépense énergétique

La dépense énergétique d'un mammifère varie en fonction des facteurs internes et externes

a) – Influence des facteurs internes

La dépense énergétique varie selon l'activité physiologique : croissance et renouvellement cellulaire, activité musculaire, travail digestif, ... Ces phénomènes évoluent avec l'âge et le sexe :

- L'âge : la croissance chez les jeunes est une prédominance des synthèses, donc de dépenses importantes
- Le sexe : les femmes dépensent moins d'énergie que les hommes car ont en général davantage de graisses qui retiennent la chaleur. Chez l'adulte ayant une activité modérée, la dépense énergétique est évaluée à 100 KJ par jour chez l'homme et 2500 KJ chez la femme.

b) – Influence des facteurs externes

Ce sont les facteurs liés au milieu de vie :

- La t° ambiante : Chez les mammifères et les oiseaux, animaux homéothermes (animaux à température constante), contrairement aux animaux poïkilothermes, la variation de la dépense énergétique en fonction de la t° est liée au maintien d'une t° interne constante, c'est à dire à la thermorégulation. Lorsque la température baisse, la dépense énergétiques de ces animaux augmente.

Il est à noter que plus l'animal est petit, plus sa dépense énergétique est élevée : c'est « la loi des tailles ». Les pertes de chaleur par unité de masse augmentent proportionnellement à la surface corporelle ; or la surface corporelle est d'autant plus élevée que l'animal est plus petit.

Exemple : Chez une souris de masse = 20 g, surface et de corporelle = 120 cm^2

Un rat de masse = 160 g et de surface corporelle = 480 cm^2

Souris : $120/20 = 6$

Rat : $480/160 = 3$

Nous constatons donc que le rapport diminue à mesure que la taille augmente. La surface corporelle étant le siège de pertes de chaleur, un petit animal devra compenser cette perte relativement importante d'énergie. La dépense est donc plus grande chez la souris que chez le rat.

-L'activité physique : plus l'effort est importante, plus la dépense énergétique est élevée.

III – LE METABOISME BASAL

1° - Définition

Le métabolisme de base est la dépense énergétique la plus faible d'un sujet au repos et à jeun depuis au moins 12 h.

Il mesure la dépense énergétique liée à la thermorégulation et à l'activité minimum des appareils qui assurent les grandes fonctions de l'organisme (cœur, glandes, poumons,...).

Pour mesurer le métabolisme de base d'un sujet, il faut :

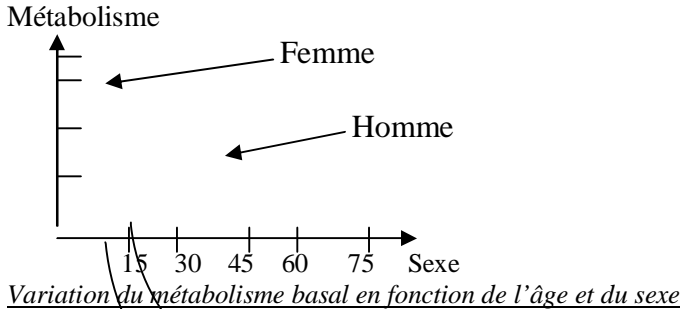
- qu'il soit au repos complet pour éliminer les dépenses liées à l'activité physique

- qu'il soit à jeun pendant plusieurs heures pour supprimer les dépenses liées à la digestion.

- qu'il soit placé à la température dite de neutralité thermique (18 à 20°C). A cette température, le sujet dépense moins d'énergie pour maintenir constante la température du corps.

Il varie avec le sexe et l'âge. Le métabolisme basal des hommes est plus élevé que celui des femmes. Il est de l'ordre de 6700 KJ par jour chez l'homme et de 5250 KJ pour une femme, tous ayant un poids de 55 kg.

Certaines circonstances peuvent modifier sa valeur : le jeûne le diminue, le froid, la fièvre et la grossesse l'élève.



2° - Evaluation du métabolisme de base

Deux méthodes sont utilisées pour évaluer l'énergie dépensée par un être vivant :

- La calorimétrie directe ou calorimétrie physique
- La calorimétrie indirecte ou calorimétrie respiratoire

La calorimétrie est la mesure des quantités de chaleur dégagée par un individu.

1° - La calorimétrie directe

Le sujet est placé dans une chambre calorimétrique ou enceinte calorifugée c'est à dire thermiquement isolée. On fait circuler de l'eau dans les parois de la chambre : la différence entre la température de l'eau à la sortie et sa température à l'entrée donne la chaleur dégagée par le sujet (chaleur sensible).

On recueille l'eau dégagée par le sujet (sueur, eau évaporée au niveau des poumons) car, pour évaporer l'eau le sujet dépense 2,48 kJ/g : c'est la chaleur de vaporisation de l'eau.

On mesure en même temps les quantités de CO₂ rejetés et d'O₂ absorbées.

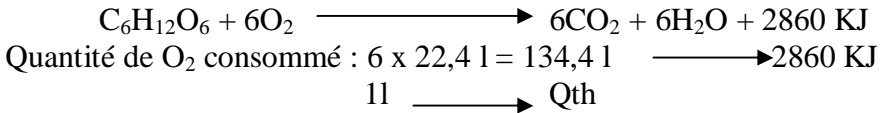
2° - La calorimétrie respiratoire ou calorimétrie indirecte

C'est une méthode utilisée pour évaluer la dépense énergétique des organismes à partir de la consommation d'O₂. L'O₂ absorbé est utilisé par les cellules pour produire de l'énergie par oxydation des nutriments.

On peut à l'aide de divers appareils mesurer le volume de l'O₂ absorbé par un animal pendant une période donnée : respiromètre de Benedict, dispositif d'expérimentation assisté par un ordinateur EXAO.

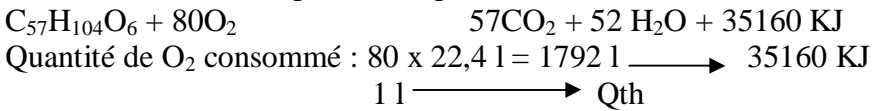
Cette méthode s'appuie sur le quotient thermique ou coefficient thermique du dioxygène (Qth) qui est la quantité d'énergie libérée par litre d'O₂ utilisé pour l'oxydation d'un substrat donné. Ainsi :

- L'oxydation d'une molécule de glucose libère 2860 KJ selon la réaction suivante :



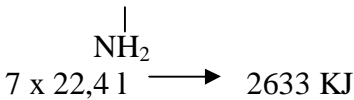
$$\text{Qth} = 2860 : 134,4 = 2,13 \text{ KJ/l}$$

- Pour la trioléine qui est un lipide :



$$\text{Qth} = 35160 : 1792 = 19, 62 \text{ KJ/l}$$

- Pour l'alamine qui est un aminoacide :



$$\text{Qth} = 2633 / 7 \times 22,4 = 16, 79 \text{ KJ/L}$$

Le coefficient thermique de dioxygène varie donc en fonction de la nature du nutriment utilisé.

$$\boxed{\text{Qth}} = \frac{\text{Quantité d'énergie libérée}}{\text{VO}_2}$$

On admet habituellement que le coefficient thermique d'une ration équilibrée est de 20 KJ/l

NB : 1 Kcal = 4185 joules = 4,185 KJ.

Le métabolisme de base a pour formule :

$$\boxed{} \swarrow \text{VO}_2 \times \text{Qth}$$

$$MB = \frac{M \times t}{\dots}$$

M = masse en Kg et t = temps en h

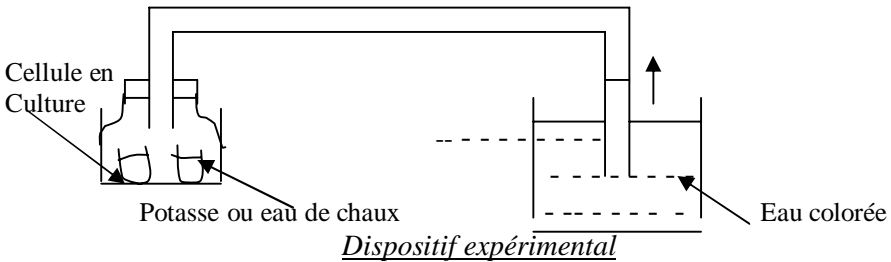
En multipliant le volume d'oxygène absorbé par un sujet par le coefficient thermique de l'oxygène, on obtient la quantité d'énergie dépensée par ce sujet :

Dépense énergétique = IR x Qth (coefficient thermique)

IV – DEPENSE DE L'ENERGIE PRODUITE PAR LA RESPIRATION ET LA FERMENTATION

A – La respiration cellulaire

1° - Mise en évidence : expérience de Paul Bert.



a) - Interprétation

Deux heures plus tard, l'eau de chaux se trouble du à la présence du CO₂ et l'eau colorée monte dans le tube du à une baisse de pression dans le bocal explicable par l'absorption de l'O₂ par les cellules.

b - Conclusion

Les cellules absorbent le O₂ et rejettent le CO₂ : elles respirent.

2° – Les paramètres respiratoires

La dépense d'énergie au cours de la respiration peut être mesurer en utilisant les échanges gazeux respiratoire ; ainsi on définit l'intensité respiratoire et le quotient respiratoire

a) - L'intensité respiratoire

C'est le volume d'O₂ absorbé ou de CO₂ rejeté par unité de masse et par unité de temps. Elle varie en fonction de l'activité musculaire, de la t°, du sexe, de la taille,...

$$IR = \frac{VO_2 \text{ ou } VCO_2}{m \times t} \quad \text{en KJ/h/Kg}$$

M = masse en Kg et t = temps en h

b) – Le quotient respiratoire

C'est le rapport du volume du CO₂ rejeté par le volume d'O₂ absorbé. Il varie en fonction du nutriment consommé.

$$QR = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}}$$

c) – Le bilan énergétique

Etablir un bilan énergétique consiste à établir les gains et les pertes énergétiques de l'organisme :

- Energie dépensée = énergie reçue : bilan équilibré
- Energie dépensée > énergie reçue : le sujet a perdu du poids
- Energie dépensée < énergie reçue : le sujet a gagné du poids.

L'énergie reçue correspond à la valeur énergétique du repas consommé et dont la formule est :

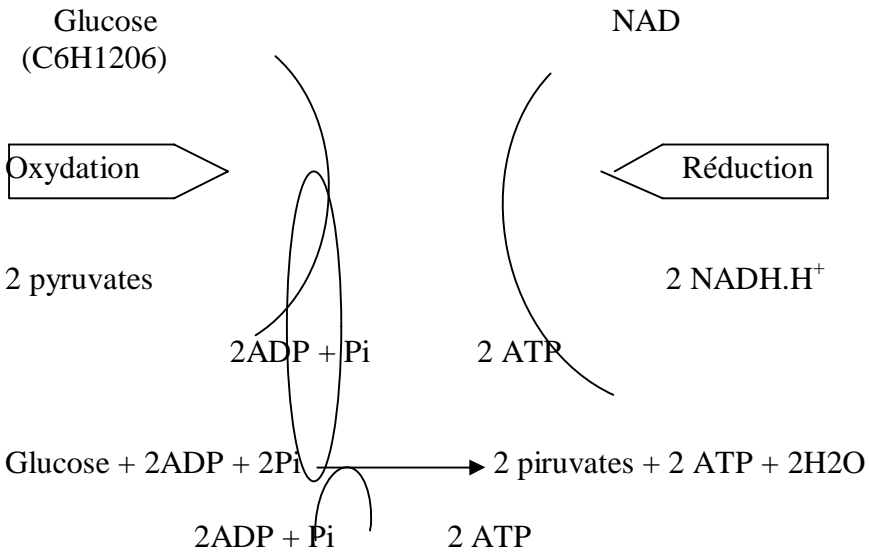
$$4G + 9L + 4P \text{ en Kcal ou } 17G + 38L + 17P \text{ en KJ.}$$

3° - Les étapes de la dégradation d'un métabolite

La respiration cellulaire est un ensemble de réactions d'oxydation rendues possibles par les enzymes.

a) – Dans le cytoplasme : la glycolyse

C'est une suite de réactions qui dégradent la molécule de glucose à 6 atomes de carbone (C₆) en 2 molécules d'acide pyruvique à 3 atomes de carbone (C₃).



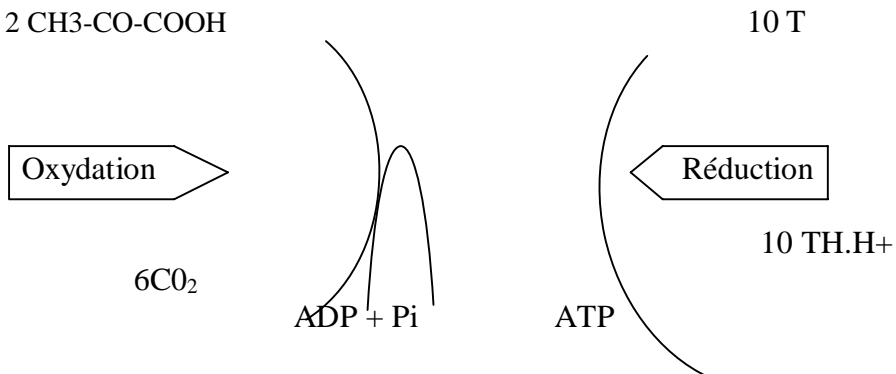
Elle se déroule en anaérobie mais, la présence de l'O₂ ne gêne pas le déroulement des réactions. Elle est rendue possible grâce aux enzymes situées dans le hyaloplasme. Le bilan de la glycolyse est :

- Formation de deux molécules d'ATP : l'ATP ou Adénosine triphosphate est un agent de liaison entre les enzymes du métabolisme. Il constitue la forme de stockage de l'énergie dans la cellule. Une molécule d'ATP fournit par hydrolyse une molécule d'ADP (Adénosine diphosphate), une molécule de phosphate inorganique (Pi) et 42 KJ.
- Formation de 2 molécules de transporteur (NAD ou Nicotinamide adénine dinucléotide) d'H₂ réduit (NADH. H⁺) dont l'oxydation fournit 3 moles d'ATP.
- Formation de deux molécules de CO₂, 1^{er} déchet de la respiration cellulaire
- Formation de deux molécules d'acide pyruvique (CH₃-CO-COOH)

b) - La décarboxylation oxydative

Dans la matrice des mitochondries, des groupements carboxyles sont arrachés (décarboxylation) ainsi que des atomes d'H₂ (déshydrogénation). L'ensemble correspond à une décarboxylation oxydative et il y a formation de l'acétyl-coenzyme A (CH₃-CO-A) qui est un composé à 2 atomes de carbone et 2 molécules de NADH₂.

c) - Le cycle de Krebs



Le cycle de Krebs est une succession de réactions biochimiques qui comprennent la décarboxylation et la déshydrogénation, catalysées respectivement par les enzymes appelées décarboxylases et déshydrogénases. Il se déroule dans la matrice mitochondriale.

L'acétyl-coenzyme A issu de la décarboxylation oxydative se combine à l'acide oxalo-acétique (4 atomes de carbone) contenu dans la matrice mitochondriale pour donner l'acide citrique à 6 atomes de carbone. L'acide citrique va subir 2 décarboxylations couplées à 2 déshydrogénations, et 2 autres déshydrogénations pour régénérer l'acide oxalo-acétique qui pourra s'associer à une nouvelle molécule d'acétyl-coenzyme A.

L'ensemble de ces phénomènes constitue le cycle de Krebs ou cycle de l'acide citrique. Le bilan du cycle de Krebs est le suivant :

- Libération d'une molécule d'ATP
- Formation de 2 molécules de CO₂
- Libération de 3 molécules de NADH₂ et d'une molécule de FADH₂ : ces transporteurs d'hydrogène sont des coenzymes, le NAD (Nicotinamide Adénosine dinucléotide) et le FAD (Favine adénosine dinucléotide) qui sont ensuite oxydés au cours de la phosphorylation oxydative de l'ADP en ATP à l'origine d'une production importante mais indirecte d'ATP.

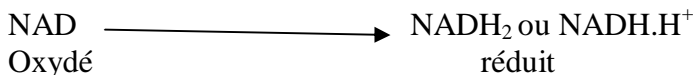
Une molécule d'acide pyruvique permet de faire un tour du cycle de Krebs. Donc pour une molécule de glucose, il faudra 2 tours du cycle de Krebs.

Au cours de ces réactions, l'O₂ intervient tardivement. En effet, l'H₂ transporté par le transporteur se fixe à l'O₂ inspiré pour former l'H₂O 2^e déchet de la respiration cellulaire qui doit sortir de la mitochondrie.

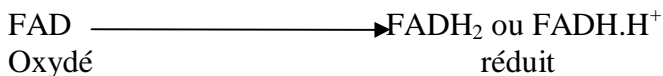
Cycle de Krebs et phosphorylation oxydative sont étroitement liés : les molécules réduits (NADH₂ et FADH₂) au cours du cycle sont ensuite oxydés au cours de la phosphorylation.

d) – Le rôle des transporteurs

Les atomes d'hydrogène sont transportés par des transporteurs (T), le NADH₂ ou le FADH₂ qui sont ensuite oxydés :



Il produit 3 moles d'ATP par oxydation



Il produit 2 moles d'ATP par oxydation

4° - Le rendement énergétique de la respiration cellulaire

La production énergétique d'ATP est très importante par le métabolisme aérobie du glucose.

Le bilan énergétique de la respiration cellulaire se traduit par la production de 38 moles (molécules) d'ATP



Au cours de la respiration, une molécule de glucose subit :

➤ **la glycolyse dans le cytoplasme :**

- 2 molécules d'ATP sont synthétisées
- la réduction des 2 molécules de NADH.H⁺ en NAD fournit 6 moles d'ATP

➤ **la décarboxylation oxydative dans la matrice mitochondriale :**

Elle fournit une molécule de NADH.H⁺ par pyruvate, 2 molécules pour une molécule de glucose soit 6 moles d'ATP

➤ **le cycle de Krebs :**

- libération d'une mole d'ATP
- libération de 3 molécules de NADH.H⁺ dont la réduction donne 9 moles d'ATP
- libération d'une molécule de FADH.H⁺ dont la réduction fournit 2 moles d'ATP

En somme, au cours de la respiration une molécule de glucose produit $8 + 2 (6+12) = 38$ molécules d'ATP.

Sachant que l'oxydation complète d'une mole de glucose libère 2860 KJ et qu'une molécule d'ATP correspond à 42 KJ, le rendement énergétique de la respiration est :

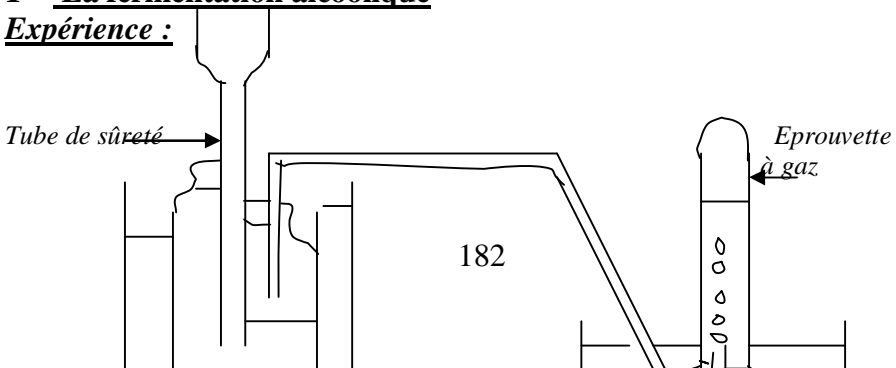
$$R = \frac{\text{quantité d'énergie récupérée sous forme d'ATP}}{\text{Quantité d'énergie libérée par une mole de glucose}} = \frac{38 \times 42}{2860} * 100 = 55,8\%$$

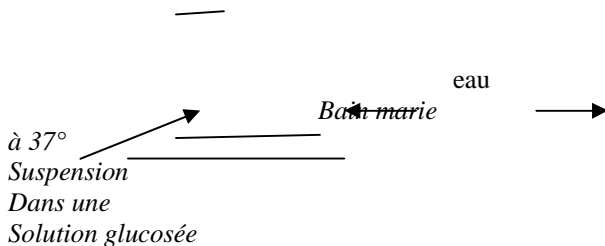
La différence entre les 2 valeurs représente l'énergie dissipée sous forme de chaleur.

B - La fermentation

1° - La fermentation alcoolique

Expérience :





Montage de mise en évidence de la fermentation alcoolique

Au bout de 2 à 3 heures, le liquide du flacon présente une odeur d'alcool : l'éthanol.

Le gaz qui se dégage dans la cuve trouble l'eau de chaux. Si la suspension des levures a été portée à ébullition avant l'expérience, il ne se passe rien.

La fermentation alcoolique comprend 2 principales réactions : une décarboxylation et une déshydrogénation.



Ici, le déchet est à la fois organique (éthanol) et minéral (CO₂). La fermentation alcoolique est utilisée dans la fabrication des boissons locales et industrielles.

2° - La fermentation lactique

Les bactéries lactiques (lactobacille et streptocoque) transforment le lactose du lait en acide lactique.

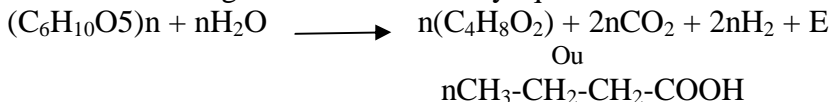


La fermentation lactique peut avoir lieu dans les muscles lorsque ceux-ci ne disposent pas assez d'O₂ pour l'évacuation de l'H₂ produit par la respiration. L'accumulation de l'acide lactique dans les muscles se traduit par les crampes.

La fermentation lactique est utilisée industriellement pour la fabrication du yaourt.

3° - La fermentation butyrique

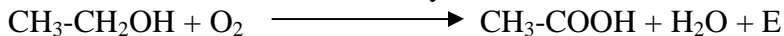
A l'abri de l'air, les bactéries appelées bacillus amylobacters transforment les glucides en acide butyrique.



Cette fermentation est utilisée dans la décomposition de la matière organique. *Exemple* : La fabrication des bâtons de manioc. Dans les sous-bois, elle participe à la décomposition des feuilles et des branches tombées.

4° - La fermentation acétique

Abandonnée à l'air toute boisson alcoolisée donne du vinaigre. L'éthanol est transformé en acide éthanoinique ou acide acétique par les bactéries dites acétobacters ou mycoderma acéti.



Cette fermentation est aérobie. Elle est utilisée industriellement pour la fabrication du vinaigre.

5° - Le rendement énergétique de la fermentation

Pour les fermentations seules 2 molécules d'ATP sont produites au cours de la glycolyse.

$$\text{Le rendement est donc : } R = \frac{2 \times 42}{2860} \times 100 = 2,9\%$$

C – Rendement énergétique de la respiration et de la fermentation au cours de la dégradation du glucose

Etapes du processus de dégradation	Respiration	Fermentation
Glycolyse	8 ATP	2 ATP
Décarboxylation oxydative	6 ATP	-
Cycle de Krebs	24 ATP	-
TOTAL	38 ATP	2 ATP

Le rendement de la fermentation est très faible par rapport à celui de la respiration.

V – COMPARAISON RESPIRATION / FERMENTATION

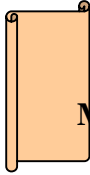
<i>Indications</i>	<i>Respiration</i>	<i>Fermentation</i>
Rendement énergétique	important	faible
Dégradation	complète	Incomplète
Condition	aérobie	Anaérobie à l'exception de la fermentation

		acétique
Produits finaux	Substances minérales	Résidus organiques+ minéraux
Localisation	Cytosol+ mitochondrie	Cytosol

CONCLUSION

La respiration et les fermentations sont des mécanismes biologiques qui permettent aux cellules de synthétiser des molécules d'ATP (à partir de l'énergie chimique potentielle des substrats organiques), source d'énergie directement utilisable par les êtres vivants pour couvrir leurs dépenses énergétiques,. Cette conversion de l'énergie des métabolites en ATP se fait avec production de chaleur, forme d'énergie non utilisable par les cellules.

CHAP 9 –



LES QUELQUES ASPECTS DU METABOLISME CHEZ L'HOMME

Objectifs : - Déterminer la nature et l'origine des métabolites utilisés par les cellules

- Expliquer le rôle du foie dans la régulation du glucose
- Expliquer les trois voies de régénération de l'ATP musculaire selon les circonstances
- Expliquer la conservation de l'énergie stockée dans l'ATP en énergie mécanique

INTRODUCTION

Les aliments sont pour tout organisme animal source de matière et d'énergie. L'homme utilise au cours de ses différentes activités les nutriments provenant de la digestion des aliments, soit pour la synthèse de nouvelles molécules, soit pour la production de l'énergie. Le métabolisme énergétique de l'homme comprend le métabolisme basal qui correspond à l'activité irréductible des différents organes, auquel s'ajoute la dépense énergétique musculaire consommatrice d'importante quantité d'énergie.

I – NATURE ET ORIGINE DES METABOLITES CELLULAIRES

Le métabolisme est l'ensemble des réactions enzymatiques qui se déroulent dans les cellules de l'organisme. On distingue :

- Le catabolisme qui est un ensemble de réactions de dégradation avec libération d'énergie
- L'anabolisme qui est un ensemble de réactions de synthèses de molécules complexes à partir de petites molécules exogènes et endogènes avec consommation d'énergie.

1° - La nature des métabolites

Les métabolites encore appelés nutriments sont des molécules élémentaires directement assimilables par l'organisme. Ce sont le glucose, les acides gras et les acides aminés. Ces métabolites ne sont pas consommés de la même façon par les organes :

- Les cellules nerveuses et les hématies n'utilisent que le glucose comme métabolites : elles sont dites glucodépendants
- les fibres musculaires utilisent le glucose et les acides gras
- le foie consomme notamment les acides gras, les acides aminés et modérément le glucose
- le cœur consomme les acides gras et modérément le glucose
- le rein consomme les acides gras et modérément le glucose et les acides aminés

2° - L'origine des métabolites

Les métabolites proviennent de la digestion des aliments tout au long du tube digestif. Ils sont absorbés au niveau de l'intestin grêle par la voie sanguine (glucose, acides aminés) et par voie lymphatique (acides gras et alcool), puis regagnent la grande circulation avant d'être distribués par le sang au niveau de toutes les cellules de l'organisme.

Les apports alimentaires étant irréguliers alors que les besoins énergétiques de l'organisme sont continus, les métabolites sont mis en réserve dans des organes qui les restituent au fur et mesure des besoins :

- les lipides sont stockés dans les tissus adipeux sous forme de triglycérides
- les protéines dans les muscles constituent une réserve énergétiques utilisée en cas de jeûne.
- le glucose sous forme de glycogène dans le foie et les muscles.

II – LA FONCTION REGULARISATRICE DU FOIE DANS LE METABOLISME DU GLUCOSE

1° - Définition

La régulation désigne un ensemble de mécanismes permettant de compenser ou de corriger la variation anormale d'un paramètre biologique par rapport à sa valeur normale.

Le glucose est la source préférentielle d'énergie des cellules de l'organisme. La teneur du glucose du sang est appelée glycémie et sa valeur normale varie entre 0,85 et 1,15 g/l. Le taux de glucose devrait varier suite à une alimentation riche en glucides, ou lors des jeûnes et d'un travail musculaire ; pourtant, cette valeur reste constante. Quels sont donc les mécanismes à l'origine du maintien constant de la glycémie ?

2° - Expériences

a) – Ablation du foie

L'ablation du foie ou l'hépatotomie provoque une chute progressive de la glycémie jusqu'à des valeurs provoquant des convulsions, le coma ou la mort. Une perfusion de glucose accorde à l'animal une survie de quelques heures. En absence du foie, quelque soit la perfusion de glucose de l'animal, l'animal meurt car incapable de maintenir constant sa glycémie normale.

b) – Expérience du foie lavé

En 188, Claude Bernard fait passer un courant d'eau par la veine porte hépatique et recueille le perfusât par la veine sus-hépatique d'un foie isolé. Il constata qu'au début de l'expérience que l'eau du perfusât était sucrée. En fin d'expérience, il nota que l'eau qui sortait ne renfermait plus aucune trace de glucose. Comme il n'y a plus de glucose dans le foie, il qualifia ce foie de 'foie lavé'.

Il abandonna ce foie dans un vase et, revenu 24 h après, il constata que le foie qu'il avait abandonné complètement vide de glucose se retrouve abondamment riche en glucose.

c) – Interprétation

L'hépatotomie entraînant une chute de la glycémie prouve que cet organe est responsable du maintien de la constance de la glycémie d'où son rôle de régulateur

L'expérience de Claude Bernard montre l'existence dans le foie de deux substances glucidiques dans le foie

- Le glucose soluble dans l'eau
- Une autre substance glucidique peu soluble dans l'eau et donc la transformation dans le foie lavé libère à nouveau du glucose : le glycogène.

d) – Conclusion

Le foie reçoit par la veine porte du sang provenant de l'intestin grêle et recueille ainsi les nutriments issus de l'absorption intestinale.

Lorsque la valeur de la glycémie dépasse la valeur moyenne, le foie stocke le glucose sous forme de glycogène : c'est la **glycogénogenèse**.

Lorsque la valeur de la glycémie est inférieure à la moyenne, le foie libère du glucose dans le sang : c'est la **glycogénolyse**.

En cas de jeun, les réserves glucidiques sont faibles pour faire face aux besoins ; le foie réalise alors la **néoglucogenèse**, c'est-à-dire la synthèse du glucose à partir des substances non glucidiques : acides gras

et glycérol issus des tissus adipeux par lipolyse, acides aminés issus des protéines musculaires, acide lactique issu des hématies ou des muscles.

Remarque :

Le glucose est stockée dans l'organisme dans le foie et le muscle sous forme de glycogène et dans les tissus adipeux sous forme de graisse. Cependant, le foie est le seul organe capable de libérer le glucose dans le sang car les cellules hépatiques sont les seuls à posséder l'enzyme appelée glucose phosphatase capable de libérer le glucose. Les réserves musculaires sont des réserves privées utilisées uniquement par les muscles lors de leurs activités.

III – LES TROIS VOIES DE REGENERATION D'ATP

1° - Mise en évidence des voies métaboliques

La mise en évidence des voies métaboliques des régénérations de l'ATP est faite par le dosage des constituants de la fibre musculaire chez un athlète. Au départ de la course, on constate :

- Le taux de phosphocréatine est élevé
- Le taux d'acide lactique est faible, presque nul
- Le taux d'ATP est normal, voisin de 3 mmol/l

A la fin de la course, on constate :

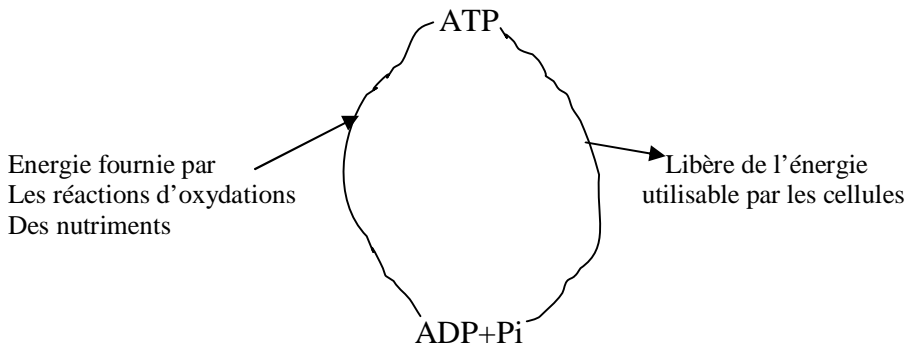
- un faible taux de phosphocréatine
- Un taux d'acide lactique élevé correspondant à celui de la phosphocréatine au départ
- Une valeur constante d'ATP correspondant à celle de départ.

D'après ces variations, on peut conclure que dans la fibre musculaire, au cours de son activité, la phosphocréatine produit de l'acide lactique pendant que le taux d'ATP reste constant malgré son utilisation pour la production d'énergie.

2° – L'ATP

L'Adénosine triphosphate est un nucléotide comportant 3 groupements phosphates. Il est répandu universellement chez tous êtres vivants. Il est hydrolysé par une enzyme appelée ATase pour donner une molécule d'ADP + Pi (phosphate inorganique).

Cette hydrolyse libère 31 KJ à 25°C par molécule d'ATP et 42 KJ à 37°C. La synthèse d'ATP est réalisée par une enzyme appelée ATP synthétase. Ces deux réactions sont dites couplées et un transfert d'énergie se fait donc d'une molécule à l'autre.



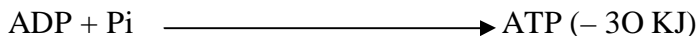
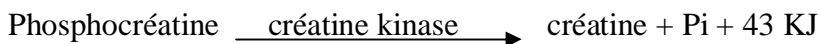
Les réserves d'ATP sont très faibles dans une cellule. L'ATP est consommé en permanence dans une cellule, d'où la nécessité de la restaurer à tout moment.

Pour restaurer les molécules d'ATP, la cellule utilise l'énergie potentielle des nutriments. Pour ce qui est de la cellule musculaire, il existe 3 voies de restauration.

3° - Les voies de régénération proprement dits

a) - Voie anaérobie alactique

C'est une voie qui permet la restauration immédiate de l'ATP sans utilisation de dioxygène et sans production de l'acide lactique lors des contractions très brèves de quelques secondes. Elle utilise la phosphocréatine qui est une molécule abondante dans la cellule musculaire. Elle est une protéine capable de libérer de l'énergie (43 KJ) directement utilisable par la cellule en présence d'une enzyme appelée créatine kinase. Cette réaction est couplée à la synthèse de l'ATP à partir de l'ADP.



a) - La voie anaérobie lactique

C'est une voie qui utilise le processus de fermentation lactique du glucose avec production d'ATP.

Lorsque les contractions durent un peu plus longtemps, la demande en ATP dépasse les possibilités de la voie précédente. La voie anaérobie lactique comporte les étapes suivantes :

- Hydrolyse du glycogène musculaire en glucose

- Glycolyse avec production de 2 ATP et 2 pyruvates
- Production en anaérobie de l'acide lactique à partir de l'acide pyruvique.

L'acide lactique est entraîné par le sang vers le foie qui l'utilise pour la néoglucogenèse ou pour des oxydations respiratoires

b) – Voie aérobie

Lorsque les contractions musculaires sont prolongées, le débit sanguin augmente, ainsi que l'alimentation des muscles en oxygène et les oxydations respiratoires s'engagent dans les mitochondries avec production de CO₂, H₂O et d'importante quantité d'ATP.

Les métabolites des muscles sont d'abord oxydés(acide pyruvique, acides gras), ensuite les métabolites sanguins (glucose, acides gras).

4° - La phase de récupération

Immédiatement après l'exercice, la consommation d'oxygène est plus élevée afin de permettre la restauration du stock de phosphocréatine grâce à l'énergie fournie par l'ATP issu des oxydations respiratoires du glucose. Le glycogène se reconstitue lentement.

IV – CONVERSION DE L'ENERGIE STOCKEE DANS L'ATP EN ENERGIE MECANIQUE

1° - La structure du muscle

Les muscles squelettiques sont constitués de fibres musculaires groupées en faisceaux enveloppées de tissus conjonctif. Chaque fibre musculaire est une cellule géante formée par :

- Une fine membrane
- Un cytoplasme appelé sarcoplasme renfermant plusieurs noyaux (c'est une cellule syncytiale ou syncytium) et mitochondries. Il est coloré par un pigment voisin de l'hémoglobine appelé myoglobine. Le sarcoplasme renferme en outre du glycogène et un réticulum endoplasmique lisse très développé qui accumule une grande quantité de calcium.

- Des myofibrilles parallèles groupées en faisceaux ; chaque fibrille est formée d'une alternance régulière de disques clairs constituées de filaments fins d'actine (protéine) ou bande I (isotropes) et de disques sombres coupés par une zone claire (ou zone H) constitués de filaments fins et épais de myosine intercalés ou bande A (anisotropes). L'unité

structurale et fonctionnelle, appelée sarcomère, est limitée par stries Z partageant le disque clair.

Structure d'un muscle

2° - La contraction musculaire

L'observation d'électrophotographie d'un muscle en contraction montre un raccourcissement des bandes claires, les bandes sombres conservant leur longueur. Cependant, ni les filaments fins d'actine, ni les filaments épais de myosine n'ont changé de longueur.

En effet, lors de la contraction musculaire, les filaments d'actine pénètrent profondément dans les faisceaux des filaments de myosine de telle sorte que les bandes isotropes ou claires deviennent plus étroites pendant que les bandes anisotropes ou bandes sombres gardent la même dimension de l'état de repos.

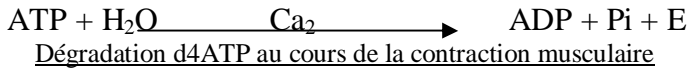
3° - Le mécanisme de la contraction musculaire

La contraction musculaire exige un apport énergétique important. Le calcium en se fixant sur un myofilament déclenche l'hydrolyse de l'ATP. L'énergie libérée par l'ATP provoque le glissement des myofilaments entre eux, aboutissant à la contraction.

Ce glissement est réalisé par :

- Fixation d'ATP sur la tête de myosine
- Fixation du complexe ATP-myosine sur une molécule d'actine grâce aux ions Ca^{2+}
- Hydrolyse d'ATP entrainement un pivotement de la tête de la molécule de myosine et ce pivotement est responsable du glissement de l'actine par rapport à la myosine
- La fixation d'une nouvelle molécule d'ATP provoque la séparation de la myosine de l'actine, et le redressement des têtes de myosine

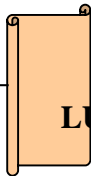
Il y a donc transformation de l'énergie chimique de l'ATP en énergie mécanique et en chaleur.



CONCLUSION

Le métabolisme chez l'homme se caractérise par l'utilisation d'énergie apportée par les nutriments. Cette énergie passe sous forme organique à la forme chimique puis mécanique et calorimétrique. Certains organes tels que les muscles possèdent des mécanismes de régénération d'énergie qui leur sont propres.

CHAP 10



LA CONVERSION DE L'ENERGIE LUMINEUSE EN ENERGIE CHIMIQUE

Objectifs : - *Montrer comment les végétaux captent l'énergie lumineuse*
- *Expliquer le mécanisme de la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique*

INTRODUCTION

La photosynthèse désigne le processus biologique par lequel la plupart et certaines bactéries transforment l'énergie lumineuse en énergie chimique. Les êtres vivants capables de fabriquer eux-mêmes leurs propres matières organiques à partir des éléments simples minéraux et de l'énergie lumineuse sont qualifiés d'autotrophes.

I – LE CAPTAGE DE L'ENERGIE LUMINEUSE

1° - La chlorophylle

Les plantes se nourrissent de l'eau, de CO₂ en présence de la lumière pour réaliser la synthèse de substances organiques : c'est la photosynthèse.

Ce processus a lieu dans les chloroplastes grâce à la chlorophylle. La chlorophylle est constituée de quatre pigments qui sont :

- La chlorophylle a
- La chlorophylle b
- La carotène
- La xanthophylle

Tous ces pigments participent à la photosynthèse :

- La chlorophylle a convertit l'énergie lumineuse en énergie chimique pendant la photosynthèse. Elle est considérée comme le pigment fondamental ou actif ou encore assimilateur de la photosynthèse
- Les autres pigments qualifiés de pigments accessoires ou surnuméraires jouent le rôle d'antennes collectrices de photons et transmettent l'énergie lumineuse absorbée à la chlorophylle a. Le rendement de transmission est de 95 % pour la chlorophylle b, 50 % pour les pigments caroténoïdes (carotène et xanthophylle).

Pour séparer ces pigments, on utilise la chromatographie ou la solubilité différentielle.

2° - Le spectre d'émission de la lumière blanche

La lumière blanche du soleil est une lumière polychromatique, c'est-à-dire formée de plusieurs radiations. En intercalant un prisme entre une source lumineuse et un écran, il apparaît 7 radiations monochromatiques représentant les 7 couleurs de l'arc en ciel allant du rouge au violet : c'est le spectre d'émission de la lumière blanche ou spectre continu. Les 7 radiations sont : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo et violet.

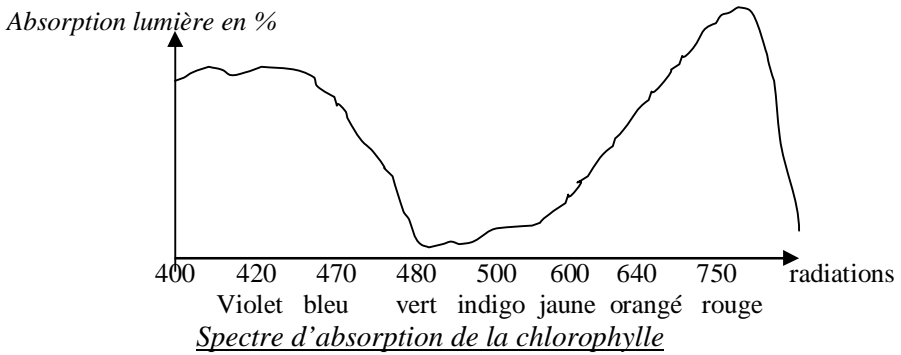
3° - Le spectre d'absorption de la chlorophylle

En plaçant entre le prisme et l'écran une solution de chlorophylle brute, on constate la disparition sur l'écran de certaines radiations qui font place à des bandes sombres. Nous en concluons que la chlorophylle absorbe certaines radiations lumineuses et le spectre ainsi obtenu est appelé spectre d'absorption de la chlorophylle brute.

La solution de la chlorophylle brute absorbe différemment les radiations lumineuses : certaines sont très absorbées (rouge, bleu),

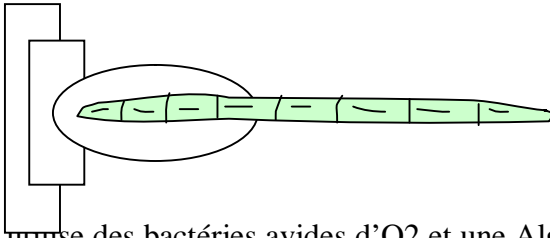
d'autres peu absorbées (violet, indigo, jaune, orangé), le vert n'est pas du tout absorbé parce que la plante est verte et est donc reflété.

On peut donc représenter l'intensité de l'absorption dans les différentes radiations :



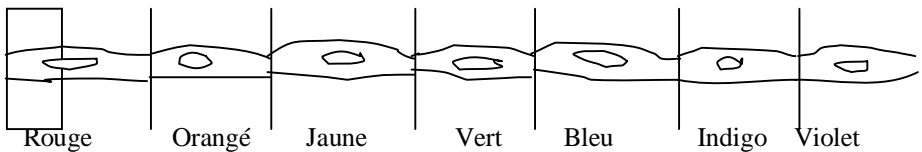
4° - Le spectre d'action des pigments chlorophylliens

a) - Expérience d'Engelmann



Il y a une tige des bactéries avides d'O₂ et une Algue filamenteuse verte. Dans une lame, il dispose d'une goutte de culture de ces bactéries et au milieu de la goutte, il place l'Algue et recouvre le tout d'une lamelle dont les bords sont bouchés.

Il éclaire ensuite l'Algue avec la lumière blanche ayant traversée un prisme de telle sorte que chaque région de l'Algue est éclairée par une radiation de la lumière blanche.

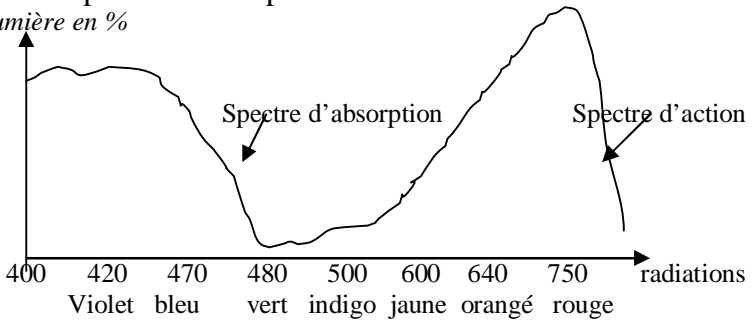


Observations

Engelmann constate que les bactéries sont très nombreuses autour de la portion de l'Algue éclairée par les radiations rouges, assez

nombreuses dans l'orangé, le jaune et absente au niveau du violet. Les bactéries étant attirées par l'O₂ dont l'intensité est maximale de la photosynthèse est maximale dans le rouge, grande dans l'orangé et nulle dans le vert : c'est le spectre d'action de la chlorophylle qui peut être superposable au spectre d'absorption.

Absorption lumière en %



Spectre d'action et d'absorption de la chlorophylle

Conclusion :

Les radiations les plus absorbées par la chlorophylle sont aussi les radiations les plus efficaces pour la photosynthèse.

Il y a donc coïncidence entre les radiations lumineuses captées (spectre d'absorption) et les radiations lumineuses efficaces pour la photosynthèse (le spectre d'action).

II – LES MECANISMES DE LA PHOTOSYNTHESE

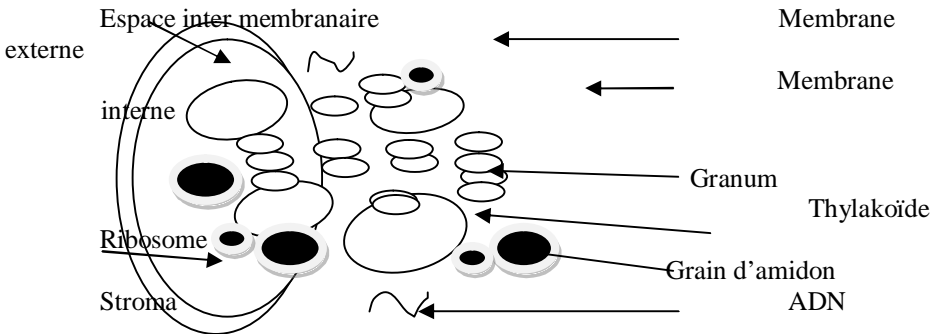
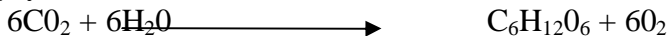


Schéma de l'ultrastructure d'un chloroplaste

La photosynthèse a lieu dans les chloroplastes riche en chlorophylle :



Elle se déroule en deux phases :

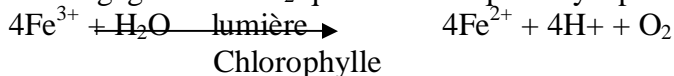
- La phase lumineuse ou phase claire dans

- La phase sombre ou obscure

1° - La phase claire

Expérience de Hill :

En 1937, Hill place des chloroplastes isolés en présence de la lumière et d'un accepteur d'électrons par exemple l'oxalate de potassium ferrique qui peut être réduit en oxalate de potassium ferreux. Il constate un dégagement de O₂ qui cesse dès qu'il n'y a plus d'éclairement.



Hill conclue que la phase claire est caractérisée par un ensemble de réactions ou de processus qui sont :

- Le captage de l'énergie par la chlorophylle
- L'oxydation de l'eau ou photolyse
- Le dégagement d'oxygène
- La réduction d'un accepteur d'électrons

La phase claire ou phase lumineuse ou phase photochimique se déroule dans les thylakoïdes. L'énergie transmise sous forme de photons constitue l'énergie nécessaire à la photosynthèse.

Les pigments contenus dans la membrane des thylakoïdes transmettent l'énergie des radiations lumineuses à la chlorophylle a, molécule excitable qui cède un électron à la chaîne de transporteurs:

- le captage des photons est à l'origine de la dissociation de l'eau :



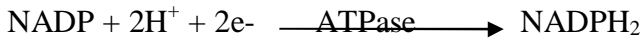
C'est la réaction de photolyse de l'eau avec dégagement d'oxygène et accumulation de protons dans la cavité des saccules, créant une différence de concentration ou gradient de protons qui se traduit par une différence de PH entre ces cavités et le stroma.

- la sortie des protons par l'intermédiaire des sphères pédonculées libère de l'énergie permettant la synthèse de l'ATP :

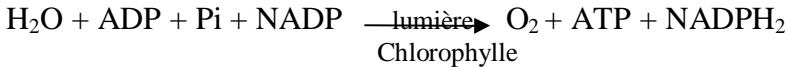


Cette synthèse d'ATP est appelée phosphorylation et comme elle a lieu à la lumière, elle est qualifiée de photophosphorylation (mécanisme de formation d'ATP par un chloroplaste en présence de la lumière).

- transport des électrons avec réintroduction (phénomène de translocation) de protons dans la cavités des saccules et réduction NADP (nicotinamide dinucléotide phosphate) pour donner le NADPH₂



La réaction globale de cette phase est :

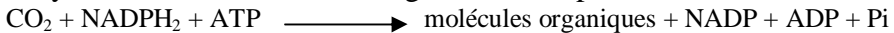


Ainsi, au terme de cette phase lumineuse, l'énergie des protons se trouve incorporée dans 2 molécules chimiques, ATP et NADPH₂.

Les réactions de la phase claire assurent donc la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique et une libération du dioxygène provenant de la dissociation de l'eau. Les molécules chimiques (ATP et NADPH₂) seront utilisées dans une autre phase dite sombre.

2° - La phase sombre ou phase obscure ou phase biochimique

Elle se déroule dans le stroma. Au cours de cette phase, l'ATP et le NADPH₂ formés durant la phase photochimiques sont utilisés au cours des réactions catalysées par des enzymes incorporant le CO₂ dans des molécules organiques. L'ensemble des réactions de cette phase constitue le cycle de Calvin. La réaction globale de la phase sombre est la suivante :

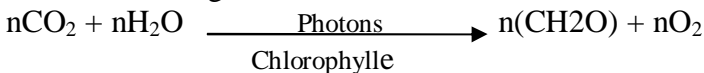


Cette phase ne nécessite pas la lumière. Cependant, chez la plupart des végétaux, elle se déroule le jour car elle dépend de la phase claire qui produit l'ATP et le NADPH₂.

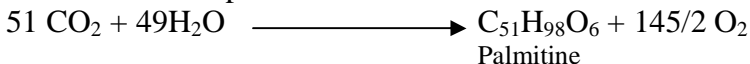
Au cours du cycle de Calvin, on note :

- La fixation du CO₂ grâce à une enzyme appelée rubisco (carboxylase) sur un glucide en C₅, le ribulose diphosphate (Ru-di-P) présent en abondance dans le stroma.
- Immédiatement, la molécule en C₆ formée se scinde en deux molécules en C₃ : l'APG (acide phosphoglycérique)
- L'APG est transformé en trioses phosphates grâce à l'ATP qui cède son énergie et le NADPH₂ son hydrogène.
- Une partie des trioses phosphates est utilisée pour régénérer le Ru-di-P initial, ce qui permet à l'incorporation de CO₂ de se poursuivre et l'autre partie sert de point de départ à la synthèse de multiples molécules :

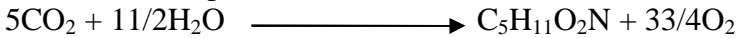
➤ Cas des glucides :



➤ Cas des lipides

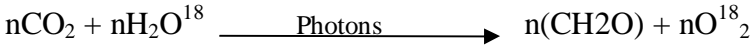


➤ Cas des protides :



3° - Origine du O₂ dégagé

En arrosant une plante avec du H₂O contenant du O₂ radioactif (O¹⁸), on constate que l'oxygène dégagé es le O¹⁸, ce qui prouve que l'oxygène dégagé provient de la molécule d'eau :



4° - Le couplage des phases de la photosynthèse

Les deux phases de la photosynthèse sont liées mais peuvent s'effectuer avec un décalage. Elles sont liées au niveau de la troisième étape du cycle de Calvin car l'énergie chimique (ATP, NADPH₂) formée au cours de la phase claire est utilisée pour la synthèse des trioses phosphates.

III – LES REACTIONS DE LA PHOTOSYNTHESE ET LE PROGRAMME GENETIQUE

1° - Notion d'intensité photosynthétique et de quotient photosynthétique

a) – L'intensité photosynthétique

L'intensité photosynthétique ou intensité d'assimilation est la quantité de CO₂ absorbé ou de O₂ rejeté par unité de masse et par unité de temps.

$$\boxed{\text{IP}} = \frac{\text{VCO}_2 \text{ ou } \text{VO}_2}{\text{M} \times \text{t}}$$

b) – Le quotient photosynthétique

C'est le rapport du volume d'oxygène rejeté sur le volume de CO₂ absorbé

$$\boxed{\text{QR}} = \frac{\text{VO}_2}{\text{VCO}_2}$$

NB : Pour sa respiration, une plante absorbe du dioxygène et rejette le CO₂ à la lumière comme à l'obscurité. Ainsi :

- le volume du CO₂ réellement absorbé par la photosynthèse est égal au volume du CO₂ manquant dans le milieu plus le volume du CO₂ rejeté par la respiration et repris par la fonction chlorophyllienne
- le volume d'O₂ rejeté par la photosynthèse est égal au volume d'O₂ excédant rejeté par la photosynthèse et repris par la respiration.

On appelle point de compensation, l'intensité d'éclairement pour laquelle la teneur en CO₂ du milieu reste constante : il y a équilibre entre l'absorption de CO₂ et le rejet de ce même gaz.

2° - Influence de la température sur l'intensité photosynthétique

Les études ont montré que l'intensité photosynthétique est nulle à 0°C, augmente avec la température et atteint une valeur maximale pour une température de 40°, puis décroît pour s'annuler vers 50°.

Cette variation correspond à la vitesse de réactions des enzymes ; ce qui laisse donc croire que la photosynthèse serait une succession de réactions enzymatiques.

3° - Les enzymes et le programme génétique

Les enzymes sont des molécules protéiques dont la synthèse a lieu dans le cytoplasme de la cellule grâce à un programme génétique bien défini et inscrit dans l'ADN nucléaire.

Toutes les réactions de la photosynthèse sont catalysées par des enzymes : on peut donc conclure que la photosynthèse dépend du programme génétique de l'ADN.

CONCLUSION

Les végétaux chlorophylliens sont de véritables usines où se déroule la conversion lumineuse dans les molécules organiques. Ces molécules servent à la nutrition des différents niveaux trophiques, assurant ainsi le flux d'énergie et de matières dans les écosystèmes.

Objectifs : - Déterminer pourquoi l'énergie initiale entrant dans l'écosystème est dissipée progressivement d'un maillon à l'autre de la chaîne alimentaire

- Etablir la relation entre le flux d'énergie et la cycle de la matière
- Expliquer les cycles biochimiques du carbone et de l'azote
- Définir l'effet de serre et son importance pour l'apparition et le maintien de la vie sur la terre
- Expliquer les modifications qualitatives du réservoir atmosphérique du carbone et de l'azote
- Mettre en évidence l'influence de l'énergie sur les cycles du carbone et de l'azote

INTRODUCTION

Dans chaque écosystème, les êtres vivants sont sur le plan trophique interdépendant. Le flux d'énergie qui traverse les écosystèmes entretient le recyclage des différents éléments chimiques permettant le passage de la matière organique à la matière minérale et vis versa.

I – ORGANISATION TROPHIQUE D'UN ECOSYSTEME

L'écosystème est un système d'équilibre dynamique formé par l'ensemble des êtres vivants (biocénose) et le milieu physique dans lequel ils vivent (biotope).

Dans un écosystème, on peut classer les êtres vivants en trois groupes : les producteurs primaires, les consommateurs et les décomposeurs.

1° - Les producteurs

Ce sont les végétaux chlorophylliens capables de produire de la matière organiques à partir des substances minérales (eau, sels minéraux, CO₂) et de l'énergie solaire.

2° - Les consommateurs

Ce ont les êtres hétérotrophes incapables de produire de la matière organique à partir des substances minérales.

3° - Les décomposeurs

Il s'agit des détritivores et des micro-organismes minéralisateurs (bactéries, champignons). Les détritivores fragmentent la litière favorisant ainsi l'action des minéralisateurs qui transforment la matière organique en matière minérale.

II – DISSIPATION DE L'ENERGIE DES ECOSYSTEMES

La source d'énergie pour l'ensemble des écosystèmes est représentée par le soleil. Dans tout écosystème le bilan énergétique est équilibré car l'énergie fixée initialement par les autotrophes est égale à l'énergie perdue sous forme de chaleur par le végétal plus l'énergie exportée : l'écosystème est un système thermodissipatif

1° - Notion de chaîne alimentaire

Une chaîne alimentaire ou trophique est un processus de régulation dans lequel les êtres vivants mangent ceux qui les précèdent avant d'être mangés par ceux qui les suivent. L'ensemble de plusieurs chaînes alimentaires forme un réseau trophique.

2° - Les niveaux trophiques

Le niveau trophique indique la place qu'occupe une espèce dans une chaîne alimentaire.

Dans un écosystème en équilibre dynamique, on constate une diminution progressive de la biomasse des producteurs aux consommateurs situés au bout de la chaîne. Quelque soit l'écosystème, la productivité primaire est toujours plus élevée et décroît systématiquement au fil des autres niveaux trophiques.

On appelle maillon, le niveau de position d'un être vivant dans une chaîne alimentaire. Les êtres vivants autotrophes qui sont les producteurs primaires constituent le 1^{er} maillon de la chaîne alimentaire.

La production primaire brute désigne l'ensemble de la matière organique produite par la photosynthèse. La production primaire nette correspond à la production primaire brute diminuée de la matière organique utilisée pour la respiration du producteur.

La productivité secondaire correspond à la production de la matière organique par l'ensemble des consommateurs appelés encore producteurs secondaires.

Les décomposeurs sont toujours les derniers maillons de la chaîne alimentaire. Ils transforment les substances organiques en substances minérales : ce sont des minéralisateurs.

3° - Notion de rendement écologique de production

A l'intérieur d'un réseau trophique chaque niveau trophique produit sa matière à partir de celle prélevée dans le niveau précédant. Le transfert de matière organique au sein d'un écosystème correspond donc à un déplacement d'énergie.

Le rendement écologique de croissance est le rapport entre l'énergie de production secondaire et l'énergie ingérée exprimée en pourcentage.

$$\text{REC} = \frac{\text{PS}}{\text{I}} \times 100$$

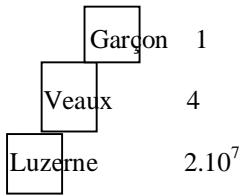
4° - Les pyramide écologique

La pyramide écologique est une représentation graphique montrant le transfert d'un paramètre écologique d'un niveau trophique à un autre. On distingue :

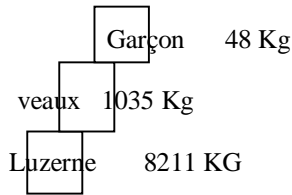
- La pyramide des biomasses : représente la masse en matière sèche des êtres vivants occupant chaque niveau trophique à un moment donné
- La pyramide de productivité : traduit la masse produite à chaque niveau par unité de surface ou de volume et par unité de temps
- La pyramides des énergies : pour l'établir, on calcule la quantité d'énergie absorbée et celle dépensée de par les individus de chaque niveau

Exemple : On suppose un champ de luzerne d'un ha utilisé pour nourrir des veaux destinés à alimenter un garçon de 12 ans dont cette viande théoriquement serait la seule source de nourriture. Le bilan des nombres, masse et énergie peuvent être établis :

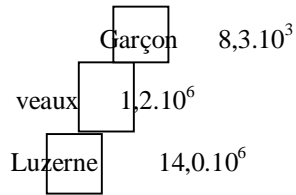
<i>Indications</i>	<i>Nombre</i>	<i>Masse en kg</i>	<i>Energie en Kcal</i>
Carnivores (enfant)	1	48	8300
Herbivores (veaux)	4	1035	1,2 millions
Producteurs (luzernes)	20 millions	8211-	14,9 millions
Energie solaire reçue dans le champ	-	-	6,3 milliards



Pyramide des nombres



Pyramide des masses



Pyramide des énergies

III – LE CYCLE BIOCHIMIQUE DU CARBONE ET DE L'AZOTE

Un cycle biochimique désigne l'origine et le devenir d'un élément chimique à l'échelle du globe terrestre.

A - CYCLE BIOCHIMIQUE DE CARBONE

Le carbone est l'élément caractéristique de la matière vivante. On le trouve sous forme minérale et organique.

1° - Les formes de carbone dans la nature

- Le carbone minéral : CO_2 , CO de l'atmosphère, CO_3^{2-} (ion carbonate) dissous dans l'eau et HCO^3 (ion hydrogénocarbonate) dissous dans les océans et les eaux douces, CaCO_3 dans les roches carbonates.

- Le carbone organique : dans les molécules organiques (glucides, lipides, protides) et dans les combustibles fossiles tels que le pétrole, la houille, le charbon.

2° - Les principaux réservoirs du carbone

L'élément carbone est contenu sur le globe dans 4 grands réservoirs : L'atmosphère (le CO_2 y est 50 fois plus abondant), l'hydrosphère (océans, eaux douces), la biosphère et la lithosphère. Des échanges de carbone se déroulent entre ces réservoirs :

a) – passage du carbone minéral au carbone organique

On distingue 3 voies :

- La photosynthèse : des plantes chlorophylliennes

- La chimiosynthèse que réalisent certaines bactéries grâce à l'énergie provenant des réactions chimiques

b) – Passage du carbone organique au carbone minéral

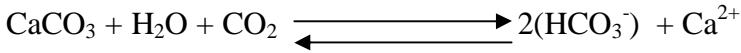
- la respiration : entre l'atmosphère et le monde vivant

- les fermentations : entre l'atmosphère et le monde vivant

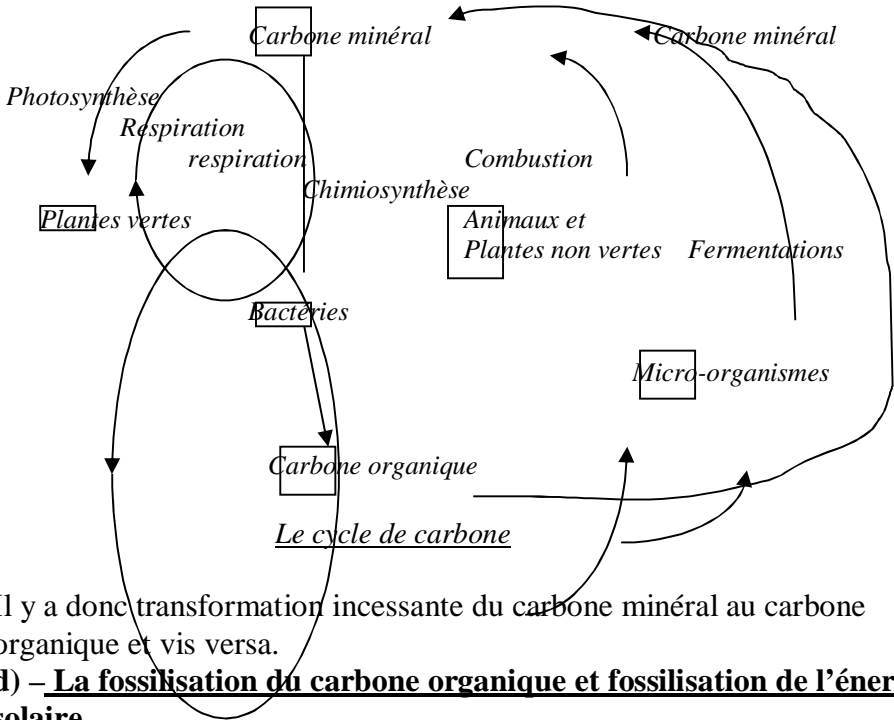
- les combustions vives du pétrole, houille, bois (incendies, feux de brousse).

- Dissolution et précipitation : entre l'atmosphère et les océans. Par dissolution des carbonates, une partie de carbone minéral peut réintégrer

le cycle ; et par précipitation, une partie de carbone minéral peut être fixé dans les roches carbonatées :



c) – Le cycle de carbone



Il y a donc transformation incessante du carbone minéral au carbone organique et vis versa.

d) – La fossilisation du carbone organique et fossilisation de l'énergie solaire

Au cours des temps géologiques, une partie du carbone organique de la biosphère a été retiré du cycle par les êtres vivants et stocké sous forme de roche carbonée qui constitue une forme d'immobilisation de carbone organique.

L'énergie qu'elles détiennent provient au départ du soleil fixée par la photosynthèse il y a des millions d'années : on parle d'énergie fossile. Par la combustion, l'homme fait réintégrer certaines quantités de carbone du carbone de ces roches.

A - CYCLE DE L'AZOTE

L'azote existe sous trois formes :

- L'azote atmosphérique : N_2

- L'azote minéral sous forme de nitrate (NHO_3^-), de nitrite, de sels ammoniacaux
- L'azote organique dans les composés azotés (protides) et dans l'humus

1° - Le recyclage de l'azote

a) – Passage de l'azote minéral à l'azote organique :

- Le passage de l'azote minéral du sol à l'azote organique se fait par la photosynthèse assurée par les végétaux chlorophylliens qui peuvent incorporer les NHO_3 dans la synthèse des protéines.

- Le passage de l'azote libre de l'atmosphère en azote organique se fait par :

☆ Le processus de chimiosynthèse réalisée par certaines bactéries de type clostridium qui sont capables de fabriquer leurs substances azotées à partir de l'azote atmosphérique

☆ Les bactéries symbiotiques de type Rhizobium qui forment des associations symbiotiques avec les légumineuses.

☆ Les bactéries fixatrices telles que les bactéries libres de type azotobacter qui enrichissent le sol en azote organique par leurs restes et leurs sécrétions.

b) – Passage de l'azote organique à l'azote minéral

- le passage de l'azote organique à l'azote minéral du sol se fait par le processus de minéralisation assurée par les décomposeurs grâce au processus :

- d'humification : c'est le processus de formation de l'humus par décomposition des débris végétaux et animaux sous l'action des microorganismes du sol.

- d'ammonisation et de nitrification : ces deux phénomènes assurent la minéralisation des substances azotées.

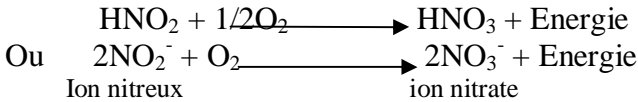
L'ammonisation est la transformation des constituants azotés de l'humus en ammoniac sous l'action des bactéries et des moisissures.

La nitrification est la transformation de l'ammoniac en azote nitrique. La nitrification se déroule en deux étapes : la nitrosation et la nitratisation.

La nitrosation : se fait sous l'action des bactéries nitreuses de type Nitrososmas :



La nitratisation : ou oxydation des nitrites se fait par des bactéries nitrifiques de type Nitrobacter :



c) – Passage de l’azote minéral de l’air à l’azote minéral du sol :

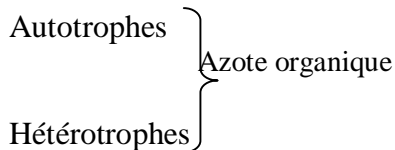
Cette transformation est réalisée par :

- la fixation non biologique de l’azote atmosphérique dans les industries humaines pour la fabrication des engrais.
- le processus des orages : au cours des orages, sous l’action des décharges électriques, l’azote atmosphérique se combine avec l’oxygène de l’air pour donner de l’acide nitrique.

d) – Passage de l’azote minéral du sol à l’azote minéral de libre de l’atmosphère

Ce passage est assuré par le processus de dénitrification. La dénitrification est un processus de réduction des nitrates par l’intermédiaire des bactéries dénitrifiantes de type Pseudomonas, avec libération d’azote libre.

2° - Le cycle de l’azote :



Le cycle de l'azote

3° - Les principaux réservoirs de l'azote

Les réservoirs biochimiques de l'azote sont :

- Les réservoirs de l'azote minéral : l'atmosphère (N₂), le sol (nitrates, nitrites)
- les réservoirs de l'azote organique : la biosphère

1° - Définition

C'est le phénomène par lequel les couches les plus basses de l'atmosphère forment une barrière à la réémission dans l'espace du rayonnement ayant atteint la terre.

Avec la vapeur d'eau, le méthane et les CFC (chlorofluorocarbone) produit par l'industrie, le CO₂ joue un rôle majeur dans la détermination du climat de la terre. Agissant comme les vitres d'une serre, ces gaz sont transparents à la lumière solaire, mais piègent la chaleur en absorbant efficacement le rayonnement infrarouge que réémet la surface de la terre.

2° - Importance de l'effet de serre dans l'apparition et le maintien de la vie sur terre.

L'énergie piégée par les gaz à effet de serre et renvoyée sur la planète terre est estimée à 1500 KJ /m². Cet apport supplémentaire d'énergie au niveau de la terre entraîne une augmentation de la t°.

Ainsi, la t° moyenne qui règne à la surface de la terre est de 15°C environ ; or sans cet effet de serre, la t° de la surface serait de -18°C, ce qui rendrait la vie impossible. L'effet de serre ne permet donc pas à la terre de se refroidir complètement.

Grâce à l'effet de serre, la terre présente une t° compatible avec la vie pour que les conditions nécessaires à l'éclosion et au maintien de la vie soient assurées : présence et persistance d'eau liquide.

Le CO₂ est le composant de l'atmosphère le plus important pour le maintien de la vie : quand la planète se refroidit, l'évaporation au niveau des océans diminue, donc les pluies diminuent (sécheresse). Le CO₂ dans l'atmosphère s'accumule, augmentant l'effet de serre. Quand l'atmosphère se réchauffe, l'évaporation s'accroît et le CO₂ atmosphérique se dissout dans l'eau de pluies (pluies acides) et les carbonates se forment, réduisant l'effet de serre.

V – MODIFICATION DE RESERVOIR ATMOSPHERIQUE DU CARBONE ET DE L'AZOTE

Avant l'intervention de l'homme, les flux de carbone et de l'azote entre biosphère et atmosphère étaient équilibrés.

Les activités humaines (feux de brousse, utilisation des appareils ménagers à CFC, calcination des roches calcaires pour obtenir le ciment et la chaux, les combustions industrielles) perturbent considérablement le cycle biochimique du carbone. Elles sont responsables de l'augmentation de la concentration du CO₂ atmosphériques dont les conséquences sont multiples :

- augmentation de la t° de surface de la terre,
- augmentation globale des précipitations, et de
- l'évaporation avec pour conséquences érosion et inondation,
- la fonte des glaciers
- les canicules
- la dilatation des océans

VI – INFLUENCE DU FLUX D'ENERGIE SUR LE CYCLE DE CARBONE ET DE L'AZOTE

Au sein d'un écosystème en équilibre, le flux d'énergie entretient les cycles de la matière. Toute la biomasse perdue à chaque niveau trophique est recyclée sous forme de CO₂ et de l'azote minéral. En revanche, la chaleur libérée par les réactions d'oxydations de cette biomasse (respiration et fermentations) est perdue pour l'écosystème car elle n'est pas récupérable. Le recyclage du carbone et de l'azote nécessite donc une entrée permanente d'énergie dans l'écosystème : c'est l'énergie solaire absorbée par les producteurs primaires photosynthétiques.

L'énergie solaire est donc le moteur du cycle du carbone et de l'azote.

CONCLUSION

Les variations du taux de CO₂, principal gaz à effet de serre, sont à l'origine des modifications climatiques observées de nos jours dans les écosystèmes.