

SVT

Première S



Chapitre 1 : LA PRODUCTION DE LA MATIERE PAR LES VEGETAUX CHLOROPHYLLIENS	1
I. Absorption et circulation des substances minérales dans les plantes vertes	1
II. Mécanisme d'absorption.....	2
III. Absorption des ions et de dioxyde de carbone CO ₂	6
IV. Elaboration de la matière organique.....	8
V. La conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique	11
VI. Extraction de la chlorophylle brute	14
Chapitre 2 : ALIMENTATION CHEZ LES ANIMAUX	16
I. Les comportements alimentaires.....	17
II. La composition des aliments	18
III. Etude des groupes d'aliments simples	19
IV. Les autres substances.....	25
V. La digestion.....	26
Chapitre 3 : LA LIBERATION D'ENERGIE	33
I. La respiration, source d'énergie.....	33
II. Les fermentations.....	38
III. Fermentation et libération d'énergie.....	39
Chapitre 4 : ALIMENTATION RATIONNELLE DE L'HOMME.....	40
I. Connaitre les besoins de l'organisme.....	40
II. Connaitre la composition des aliments.....	42
III. Etablir une ration adaptée aux besoins.....	42
Chapitre 5 : LE FLUX D'ENERGIE DE LA MATIERE DANS LES ECOSYSTEMES.....	44
I. Les réseaux trophiques.....	44
II. Le flux d'énergie	45
III. Dissipation d'énergie dans un écosystème	45
DEUXIEME PARTIE : LA DYNAMIQUE DU GLOBE TERRESTRE	48
Chapitre 6 : LA MOBILITE DE LA LITHOSPHERE	48
I. La structure du globe terrestre	48
II. Origine de l'énergie interne du globe terrestre	50
III. Mobilité des continents.....	51
Chapitre 7 : LA FORMATION DES OCEANS	52
I. L'origine des océans	52
II. La formation des océans	53
Chapitre 7 : LA THEORIE DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES.....	54

I. Les premiers éléments de la théorie	54
II. Arcs volcaniques et subduction.....	55
III. Théorie de Wegener	55
IV. Les frontières des plaques tectoniques.....	56
V. La vitesse du déplacement des plaques	56
VI. La classification des plaques tectoniques.....	56
Chapitre 8 : LE MAGMATISME.....	57
I. Formation des MAGMAS.....	57
II. Les roches magmatiques	58
III. Le volcanisme	58
Chapitre 9 : LA SEDIMENTAION.....	60
I. Formation des roches sédimentaires	60
II. Les principaux milieux de sédimentations	61
Chapitre 10 : LE METAMORPHISME	63
Chapitre 11 : LA FORMATION DES CHAINES DE MONTAGNES.....	65
I. La formation des chaines de montagnes.....	66
II. Les différentes formes des chaines	66
Chapitre 12 : LES RESSOURCES GEOLOGIQUES ET LEURS PROSPECTIONS	69
I. Ressources géologiques	69
II. Les prospections.....	70
Chapitre 13 : LA SYNTHESE REGIONALE	71
I. Réalisation d'une carte locale	71
II. Pétrographie et paléontologie	72
III. Paléontologie.....	73
IV. Les paysages structuraux.....	74
V. Passage lithologiques	74
Bibliographie.....	1

Chapitre 1 : LA PRODUCTION DE LA MATIERE PAR LES VEGETAUX CHLOROPHYLLIENS

Introduction générale

La planète terre est peuplée globalement par les animaux et végétaux. Parmi tous ces êtres vivants, seuls les végétaux chlorophylliens sont capables d'assurer la production de la matière organique (lipide, protide, glucide) à partir de substances minérales (eau, sels minéraux) puisées dans le sol. C'est pourquoi on les appelle des autotrophes.

Par conséquent les animaux, les végétaux non chlorophylliens qui ne peuvent pas fabriquer leurs constituants organique et consomment ces éléments élaborés par les végétaux chlorophylliens sont appelés les hétérotrophes.

Le mécanisme de la production de la matière par les plantes vertes, sa consommation par les animaux et végétaux non chlorophylliens feront l'objet de notre étude dans cette partie.

I. Absorption et circulation des substances minérales dans les plantes vertes

1. Absorption d'eau

Les structures spécialisées dans l'absorption sont les poils absorbants et les mycorhizes.

a. Poils absorbants

Ce sont des structures formées des cellules spécialisées localisées dans les zones terminales des racines. De nombreux poils absorbants forment l'assise pilifère (prolongement des cellules racinaires facilitant l'absorption d'eau).

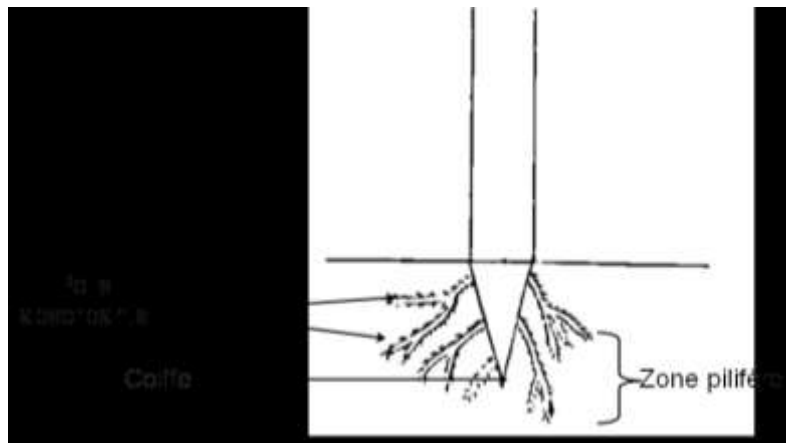


Schéma des poils absorbants d'une racine

Cependant, il convient de noter que les poils absorbants ne sont pas les seules structures spécialisées dans l'absorption.

b. Les mycorhizes

Ce sont des filaments mycéliens de champ pique qui entourent souvent des radicelles (racines secondaires très petites) et forment avec elles des structures appelées mycorhizes.

- Certaines plantes aquatiques telles que les mousses peuvent absorber de l'eau par n'importe quelle partie de leur organisme.

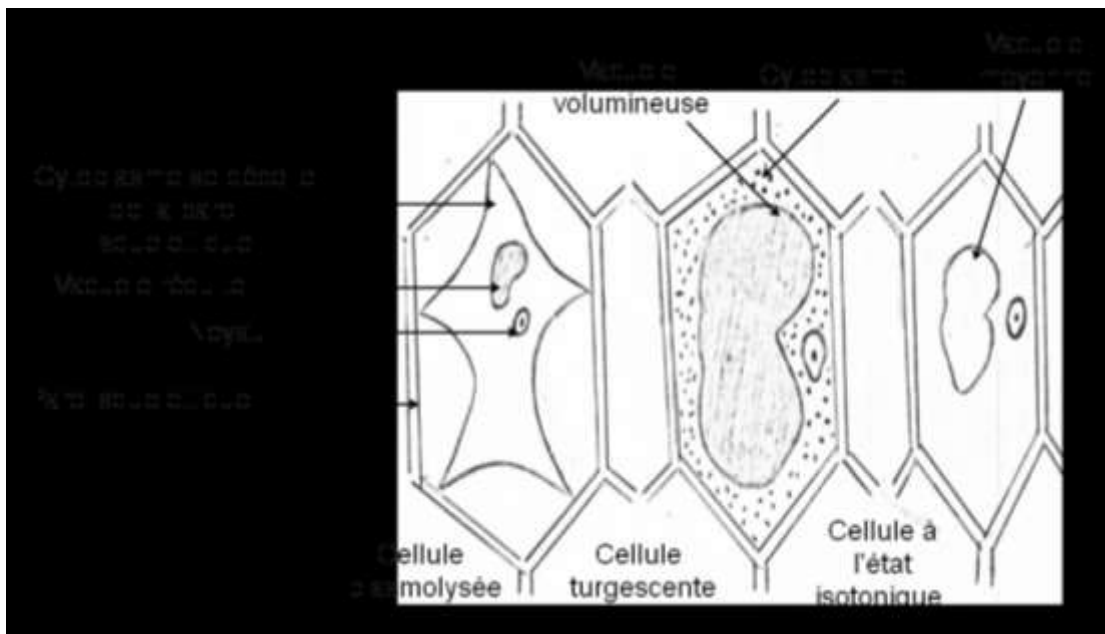
- Les plantes de régions arides absorbent l'eau de condensation déposées à la surface de leur feuille.

II. Mécanisme d'absorption

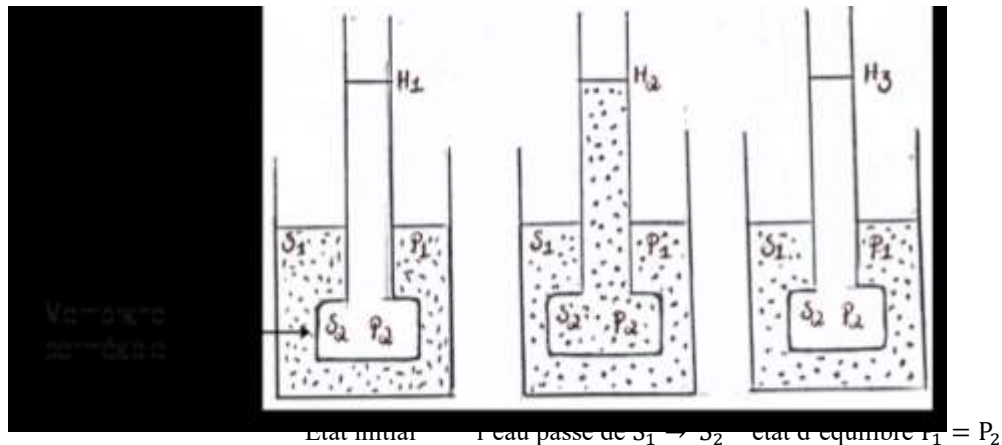
1. Etude expérimentale d'échange cellulaire.

Un fragment d'épiderme prélevé sur une écaille (feuille entourée le bourgeon ou la bulbe de certaines plantes) de bulbe d'oignon, monté entre lame et lamelle dans une goutte d'eau, étudié au microscope permet d'observer les phénomènes suivants :

- Si le fragment d'épiderme est placé dans une solution très concentrée (hypertonique) , l'eau sort de la cellule, la vacuole diminue de volume, le cytoplasme se décolle de la paroi squelettique : c'est le phénomène de la plasmolyse (diminution du volume d'une cellule vivante plongée dans une solution hypertonique, due à la perte d'eau) .
- Lors que ce fragment d'épiderme est placé dans une solution moins concentrée par rapport au milieu vacuolaire, l'eau entre dans la cellule et la vacuole devient volumineuse et le cytoplasme s'accroche à la paroi squelettique. Ce phénomène est connu sous le nom de turgescence.
- Lorsque la concentration de la cellule est égale à celle de la vacuole cellulaire, la cellule est en état d'équilibre, il n'y a entrée, ni sortie d'eau : c'est l'état d'isotonie (équilibre membranaire de deux (2) solutions séparées par une membrane perméable et qui ont même pression osmotique).



2. Le phénomène d'osmose.



S_1 (solution 1) moins concentrée ; P_1 (Pression externe) <

S_2 (solution 2) plus concentrée ; P_2 (Pression interne) >

Dans le montage expérimental ci-dessus, une membrane semi-perméable sépare deux (2) milieux de concentrations différentes en solution ($S_1 < S_2$) ; alors il existe un passage d'un milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré.

Le niveau d'élévation de la solution va donc redescendre avec l'équilibre S concentration S_1 et S_2 (H_3).

Le phénomène d'osmose est le passage ou la diffusion d'eau d'un milieu à un autre à travers une membrane perméable ou semi-perméable. Cette diffusion est déterminée par une différence de pression appelée pression osmotique.

La quelle pression est fonction de la concentration du milieu par rapport aux molécules ou ions (solutés).

Ainsi pour deux (2) solutions données, celle qui a la concentration élevée est dite hypertonique a aussi la pression élevée ; celle à faible concentration est dite hypotonique a aussi une faible pression.

Deux (2) solutions de même concentration sont dites isotoniques, il y a équilibre isotonique : $P_1 = P_2$.

3. Expression mathématique de la pression osmotique

Elle est déterminée en fonction de la concentration en mol / l et la température ambiante du milieu.

$$\pi = \alpha n t$$

$$\alpha = \text{constante des gaz parfaits} = 0,082$$

$$n = \text{concentration du milieu en mol/l (nombre de moles) avec } n = \frac{C}{M} \times i$$

C = Concentration en g/l

M= masse molaire en g/ mol

i= indice d'ionisation qui est égal au nombre d'ions en solution.

Ex : $NaCl \rightarrow Na^+, Cl^-$

$$i = 2$$

NB : pour les solutions organiques i=1

T= Température en degré kelvin

$$T = C (T + T_{\text{ambiante}}) K$$

$$T = TC + 273$$

Exercice d'application

Calculer la pression osmotique de la solution de chlorure de sodium (NaCl) de concentration 10 g/mol sous une température ambiante de 20°C.

Résolution :

Calculons la pression osmotique.

$$\pi = \alpha n T$$

Cherchons la n et T

$$T = 20^\circ C + 273 = 293^\circ K$$

$$n = \frac{C}{M} \times i$$

Cherchons i et M

i: $NaCl \rightarrow Na^+, Cl^-$

$$i = 2$$

$$M (NaCl) = 23 + 35,5 = 58,5 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{10 \text{ g/mol}}{58,5 \text{ g/mol}} \times 2 = 0,34$$

$$AN: \pi = 0,082 \times 0,34 \times 293 = 8,16 \text{ atm}$$

Conclusion du mécanisme

Lors que la cellule est placée dans un milieu hypertonique par rapport à son milieu interne, l'eau passe de la vacuole au milieu extérieur : la vacuole est plasmolysée.

Le phénomène inverse se produit lors que la cellule plasmolysée est transportée par exemple dans le milieu hypertonique par rapport à son milieu vacuolaire : il y a donc entrée d'eau dans la vacuole. On dit que la cellule est déplasmolysée. Il en est de même au niveau des poils absorbants. Dans les conditions naturelles, le contenu du poil absorbant est toujours

hypertonique par rapport à la solution du sol, c'est ce qui permet d'expliquer l'absorption d'eau : l'eau pénètre alors dans la cellule par osmose.

4. Les moteurs de la circulation d'eau dans la plante

L'osmose est phénomène qui permet d'expliquer la pénétration de l'eau dans la plante.

Cependant, comment l'eau peut-elle s'élever à plusieurs dizaines au-dessus du sol au point d'atteindre toutes les parties aériennes de la plante (feuilles) ? Il existe deux (2) moteurs du flux hydrique : la poussée racinaire et l'aspiration foliaire.

a. La poussée racinaire

Si on fait agir sur la racine des poisons de la respiration cellulaire cyanure par exemple, on supprime ainsi la source d'énergie des cellules et le phénomène de la poussée racinaire ne se produit pas.

La montée de la sève brute (eau, matière minérale) s'effectue grâce à la dépense d'énergie des cellules racinaire. Cette montée résulte d'une véritable poussée exercée par la racine : c'est la poussée racinaire.

La poussée racinaire peut s'effectuer qu'à condition que :

- La racine soit vivante ;
- La racine soit aérée.

b. L'aspiration foliaire

En cas de sécheresse de l'atmosphère, les feuilles perdent par évaporation l'eau qui imbibe leurs tissus : c'est ce qu'on appelle la transpiration. La transpiration est responsable de la force d'aspiration d'eau dans le volume : c'est l'aspiration foliaire. Ce mécanisme est très important pour la montée de la sève brute vers la partie aérienne de la plante.

La transpiration s'effectue essentiellement au niveau des stomates. Un stomate est une structure formée de deux (2) cellules stomatique ou cellule de garde située face à face, il présente une ouverture appelée ostiole. L'ouverture et la fermeture de l'ostiole constituent le mécanisme principal de la régulation de la transpiration.

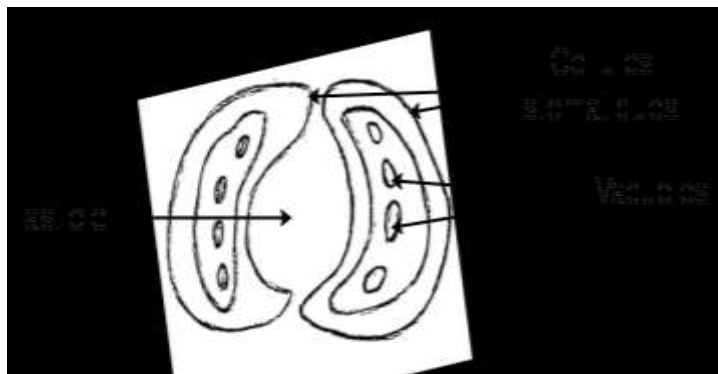


Schéma d'un stomate

III. Absorption des ions et de dioxyde de carbone CO₂

1. Absorption des ions minéraux

Les végétaux prélèvent les sels minéraux sous formes d'ions à partir de leurs racines. Pour connaître les besoins des végétaux en ions, on passe par des "cultures sans sol" qui sont des milieux artificiels dont la composition est établit par tâtonnement. Parmi les milieux conçus on peut citer :

- Milieu de Truffaut,
- Milieu de withrow (Anglais),
- Milieu de knop (Allemand).

Le milieu le plus conçu et le plus utilisé est celui de knop dont voici la composition :

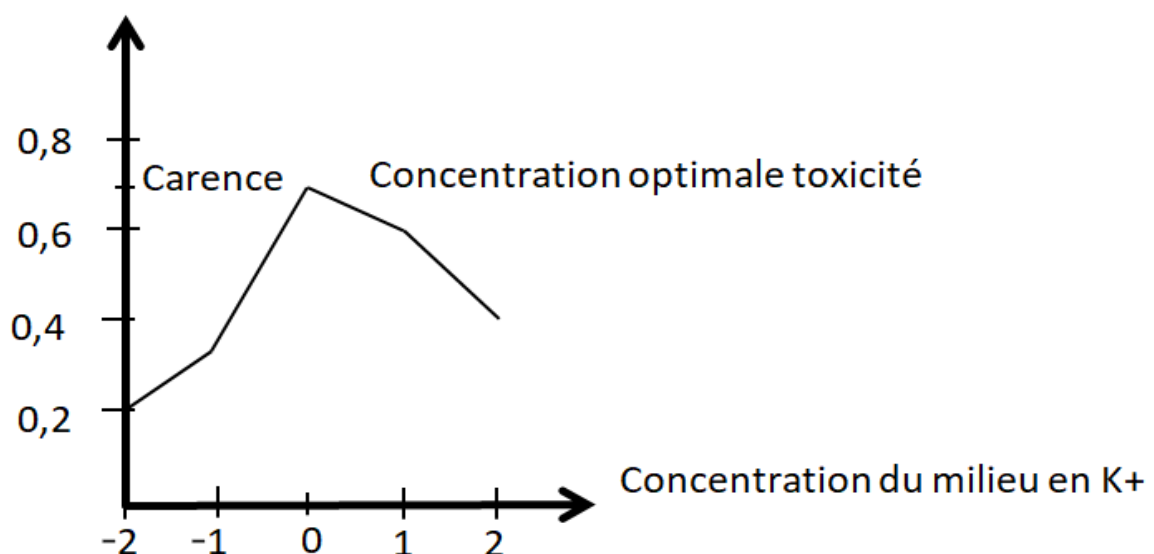
- Nitrate de calcium Ca (NO₃) 1g/mol,
- Nitrate de potassium KNO₃ 0,25g/mol,
- Sulfate de magnésium MgSO₄ 0,25g/mol
- Phosphate mono-potassique KH₂ PO₄ 0,25g/mol
- Chlorure ferrique FeCl₆....traces
- Eau : 1l

Les expériences ont montré que certains éléments sont utilisés à doses assez importantes. Ces éléments sont appelés macro éléments. On peut citer l'azote (N), potassium (K), magnésium (Mg) et d'autres sont utilisés à très faible doses sont appelés oligoéléments (Cu) manganèse (Mn), fer, Ca, S, Zn).

a. Facteur limitant

Le facteur limitant est l'élément du milieu dont la teneur est plus faible par rapport à la teneur optimale et qui limite la croissance d'un végétale.

Exemple : la courbe d'action du potassium (K) sur la croissance de Maïs.



Interprétation

Cette courbe d'action de potassium permet d'expliquer les effets de potassium sur le maïs :

- Il existe une valeur optimale sur la concentration de l'élément dans le milieu de la culture (entre 0 et 1) ;
- En dessous de cette valeur, la croissance du végétal est très faible (carence en potassium K) ;
- Au-dessus de cette valeur, la croissance diminue (effet de toxicité).

Conclusion

Les besoins des végétaux et animaux ont permis la fabrication des engrais dont le rôle est d'enrichir les sols. Les engrais les plus couramment utilisés en agriculture sont en base d'azote, potassium et phosphore. Ces trois (3) éléments sont les plus souvent écrits sur le sac d'engrais dit complet. Les besoins des végétaux et sels minéraux d'une espèce à une autre.

2. Besoin en dioxyde de carbone CO₂

Pour les plantes terrestres comme aquatiques, les végétaux verts absorbent les dioxydes de carbone au niveau des feuilles, organe qui participe à la photosynthèse. La pénétration de dioxyde de carbone dans la feuille se fait au niveau des stomates par une diffusion gazeuse entre l'atmosphère et la chambre sous – stomatique. La diffusion se poursuit de cellules à cellule.

3. Rôle de la racine dans des ions

La racine joue un rôle prépondérant dans l'absorption des ions surtout chez les plantes terrestres et aériennes.

Pour les plantes aquatiques dépourvues des racines, l'absorption des ions se fait par la tige et les feuilles. C'est essentiellement au niveau de la zone pilifère où se fait l'absorption des ions.

L'eau et les ions puisés par la racine constituent une solution qui monte dans la tige et arrive jusqu'aux feuilles du végétal. Cette substance est appelée sève brute.

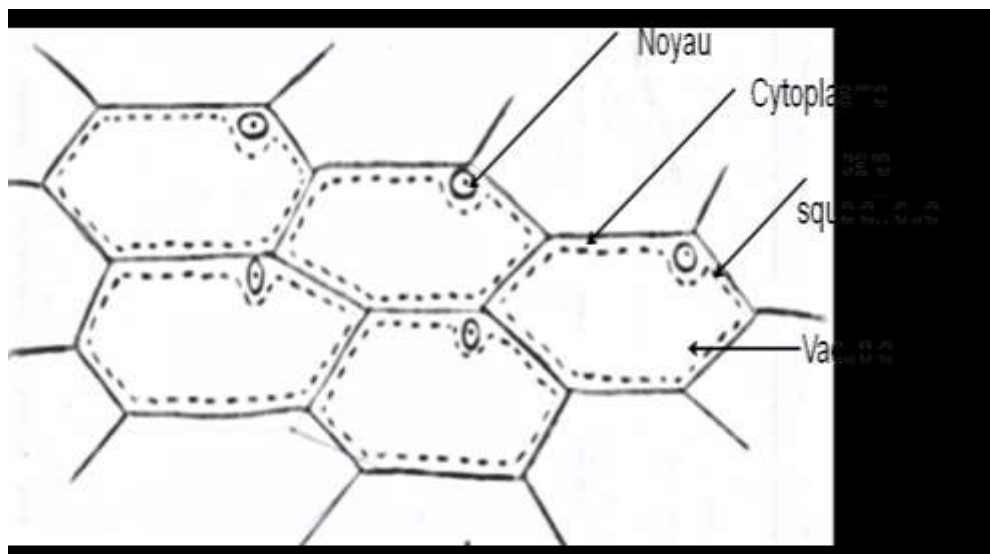


Schéma d'une cellule d'un poil de la racine

IV. Elaboration de la matière organique

1. Composition de la matière végétale

Des expériences simples (brulure des organes et test au laboratoire) montrent que la matière végétale est composée de l'eau, substance minérale et organique.

Les éléments minéraux les plus abondants dans la matière organique sont :

- Carbone (C) : 40 à 50%
- Hydrogène (H) : 42 à 45%
- L'oxygène (O) : 6 à 7 %
- Azote (N) : 15 à 3%

2. Echanges gazeux chlorophylliens

a. Mise en évidence de l'absorption du CO_2

Si on place une plante verte exposée à la lumière dans une atmosphère riche en dioxyde de carbone à base du carbone 14 (^{14}C) (isotope naturelle de ^{12}C), les feuilles deviennent radioactives.

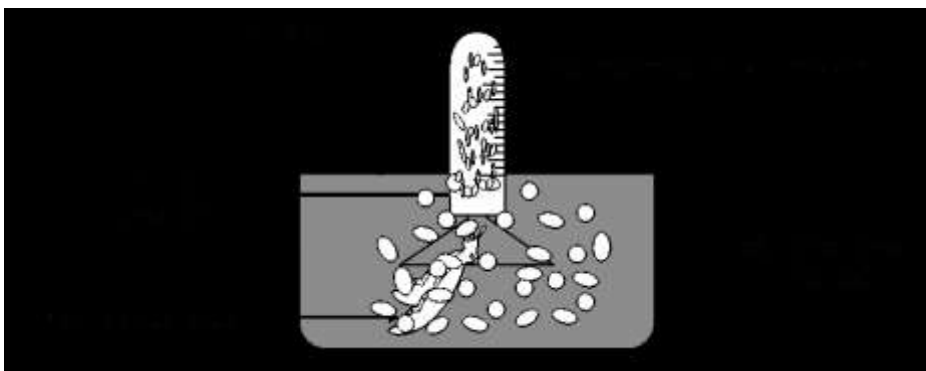
Conclusion : la plante a absorbé le gaz carbonique et en a fixé le carbone.

b. Mise en évidence du rejet dioxyde O_2

Le gaz recueilli dans l'éprouvette rallume une buchette d'allumette, ce gaz est l'oxygène.

Si l'on supprime la lumière en recouvrant le verre d'une boîte opaque, le dégagement d' O_2 n'a plus lieu.

Conclusion : en présence de la lumière, la plante dégage de l'oxygène.



c. Présence de la chlorophylle

On prend deux (2) tubes avec de l'eau gazeuse : dans le premier on place un rameau de plante aquatique verte, dans le second on met un fragment d'organe incolore. On place les deux (2) tubes à la lumière.

Seul le rameau est le siège d'une émission de bulbe de gaz (O_2).

Conclusion

En présence de chlorophylle, il y a dégagement d'oxygène (O_2). Le rejet d'oxygène (O_2) et l'absorption de gaz carbonique (dioxyde de carbone) constituent les échanges gazeux chlorophylliens photosynthétiques. Pour qu'il est échange gazeux chlorophylliens, il faut la présence de la lumière, la présence du gaz carbonique (dioxyde de carbone) et la présence de la chlorophylle.

3. Production de l'amidon dans une feuille exposée à la lumière

On place un pied de pélargonium (plante verte) une journée au soleil, les feuilles 1 et 2 sont prélevées en fin de journée et la feuille 3 le lendemain matin. Chacune des feuilles est successivement traitée (traitée à l'eau bouillante, élaboration à l'alcool bouillant et traité à l'eau iodée).

Les résultats de l'expérience sont les suivants :

- La feuille 1 est colorée en bleue : elle contient de l'amidon.
- La feuille 2 reste intacte : pas d'amidon.
- La feuille 3 est également restée intacte.

Conclusion

L'apparition de l'amidon sur la feuille 1 montre que la plante, en présence de la lumière synthétise sa propre substance (amidon). Ce que porte le nom de photosynthèse ou assimilation chlorophyllienne (la photosynthèse s'accompagne de l'absorption de dioxyde de carbone et le rejet d'oxygène. Quant à la feuille 2, il n'y a pas eu photosynthèse, car la feuille ne reçoit pas de la lumière. Pour la feuille 3, il y a bien une synthèse de l'amidon mais cette substance a été utilisée par la plante. Ainsi la feuille est l'usine de la synthèse.

a. L'intensité de la photosynthèse

L'intensité de la photosynthèse est, par définition, la masse de matière organique produite par l'unité de temps.

L'évaluation de cet accroissement par masse de matière sèche étant difficile à obtenir avec précision, on préfère de mesurer soit la quantité de dioxyde de carbone absorbée soit la quantité d'oxygène rejetée par l'unité de masse par végétal et par unité de temps.

Rejet d'oxygène et absorption de dioxyde de carbone CO_2 constituent les échanges gazeux chlorophylliens (ou échange gazeux photosynthétique).

b. L'influence de facteurs externes

- L'éclairement a une influence directe sur l'intensité de la photosynthèse.
- ❖ Pour des éclaircissements nuls ou très faibles, il n'y a pas de dégagement d'oxygène, mais au contraire une absorption liée à l'activité respiratoire ;
- ❖ Lors que l'éclairement augmente, il existe une valeur de celui-ci pour laquelle il y a équilibre entre les échanges respiratoires et chlorophylliens : elle correspond au point de compensation ;
- ❖ Au-delà du point de compensation, les échanges gazeux respiratoires se poursuivent mais sont tellement masqués par les échanges gazeux chlorophylliens, beaucoup plus

important quantitativement. L'intensité de la photosynthèse varie alors proportionnellement à l'intensité de l'éclairement.

- L'intensité de la photosynthèse augmente avec la teneur du dioxyde de carbone; comprise entre 0,1 et 0,2%. La teneur normale dans l'atmosphère (0,003%) étant très inférieure à cet optimum, le dioxyde de carbone est un facteur limitant de la photosynthèse dans le jour.
- La température est un autre facteur limitant important. Son action se situe au niveau des réactions biochimiques de la photosynthèse : une élévation de la température de 10°C multipliant par 2 environ la vitesse de toute réaction chimique.

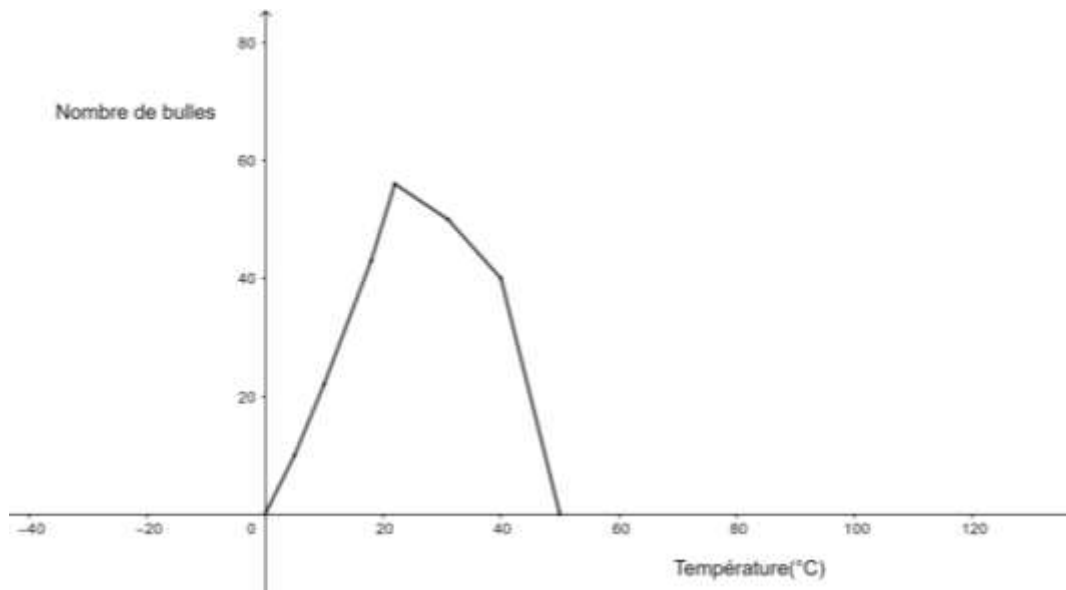
Exercice d'application :

On évalue l'intensité des échanges gazeux d'une plante aquatique verte par le nombre des bulles émises au niveau de la section de la tige en fonction de la température. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après :

T°	0	5	10	18	22	31	40	50
Nombre de bulles	0	10	22	43	56	50	40	0

- 1) Présenter sur un graphique la courbe de ces bulles, en fonction de la T° sur axe des abscisses : 1 carreau pour 5°C, axe des ordonnées : 1 carreau pour 10 bulles.
- 2) Interpréter ces résultats

Solution



2/ Interprétation des résultats

- Le dégagement des bulles est fonction de la température ;
- Le dégagement maximal se fait à une température de 22°C ;
- Il est faible à une température inférieure à 22°C puis supérieure à 22°C ; il s'annule à 50°C.

c. L'influence de facteurs internes

De nombreux facteurs internes sont responsables de variation de l'intensité de la photosynthèse, voici les principaux :

- L'index foliaire est une mesure de l'aire moyenne des feuilles d'une plante. L'intensité photosynthétique globale d'un hectare de culture est d'autant plus élevée que l'index foliaires est lui-même élevée.
- Certaines espèces végétales sont plus « efficaces » que d'autres. Ainsi, pour les faibles teneurs du milieu en dioxyde de carbone (cas de l'atmosphère normale), les graminées d'origine tropicale comme le maïs ont une intensité photosynthétique plus élevée que les autres plantes.
- L'âge de la feuille intervient également puis que l'on peut montrer expérimentalement que l'activité photosynthétique est plus importante dans les feuilles jeunes que dans les feuilles plus âgées.

d. Le devenir des substances synthétisées

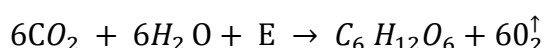
Les substances élaborées dans les feuilles au cours de la photosynthèse gagnent les nervures. Elles sont évacuées par la sève élaborée, qui circulent dans des vaisseaux particuliers, les vaisseaux du liber. La principale forme de transfert est un sucre : saccharose.

Cependant les synthèses excédant généralement les capacités d'évacuation, de sorte le surplus s'accumule provisoirement dans la feuille jusqu'à nuit. Chez les plantes dites amylofères, comme le pélargonium, la forme d'accumulation est l'amidon. Chez les plantes saccharifères, comme les graminées, il s'agit du saccharose.

Dans tous les cas, les produits de photosynthèse sont transférés, par la sève élaborée, vers les différentes régions de la plante. Ces substances constituent les matériaux de bases de nouvelles parties de la plante soit de réserves dans les graines, les tubercules, les bulbes, les fruits.

Ainsi, à partir des produits primordiaux de la photosynthèse qui sont de nature glucidique, la plante chlorophyllienne élabore l'ensemble des substances organiques qui la constituent.

La synthèse des glucides peut se résumer par la formule suivante :



V. La conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique

1. Localisation de la chlorophylle

La chlorophylle n'est pas uniformément répartie dans la cellule végétale. Elle est localisée dans des organites cytoplasmiques plus ou moins arrondis, les chloroplastes abondants dans les cellules des parties vertes de la plante (feuilles, certaines tiges...), ils sont absents dans des parties non chlorophylliennes (racine, pétales des fleurs...).

NB : chloroplaste est la source des centrales énergétiques des cellules végétales.

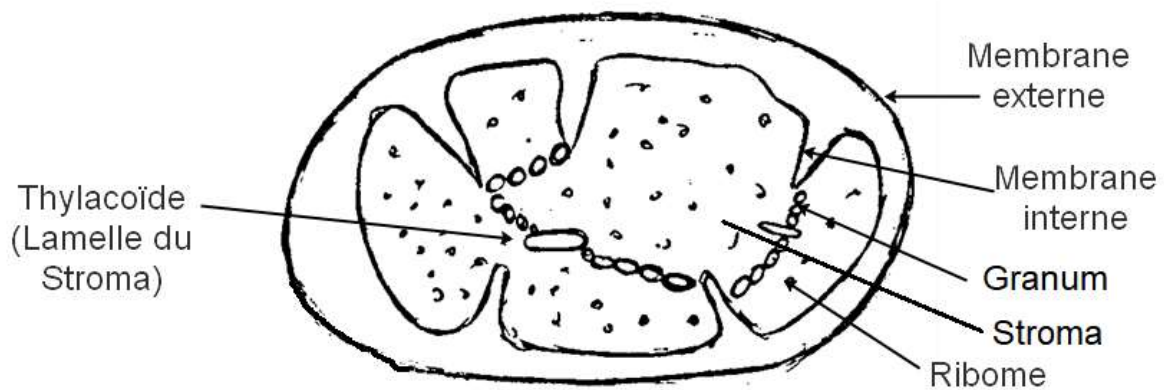


Schéma de la structure du chloroplaste

2. Chlorophylle et lumière

a. Le spectre d'absorption de la chlorophylle brute

La lumière blanche est constituée de diverses radiations visibles qui forment le spectre de la lumière blanche.

Ces radiations ont de longueurs d'ondes comprises entre 400 nanomètre $\approx$ pour le violet et 700 nanomètre pour le rouge. Si on intercale une solution de chlorophylle brute entre une source de lumière blanche et un prisme servant à la décomposer, certaines radiation de la lumière disparaissent, elles sont absorbées par la solution (chl) ; ceci se traduit par des bandes sombres sur le spectre d'absorption de la chlorophylle brute.

b. Le spectre d'action photosynthétique

En utilisant des filtres ne laissant passer que certaines radiations lumineuses (filtre monochromatique).

On peut étudier l'influence de la longueur d'ondes de la lumière sur l'intensité de la photosynthèse. On constate alors que les différentes radiations lumineuses ne sont pas également efficaces pour les processus photosynthétiques. L'intensité de la photosynthèse est forte dans le rouge et le bleu, faible dans le jaune, nulle dans le vert.

On appelle spectre d'action photosynthétique, une représentation graphique de l'efficacité, pour la photosynthèse, des différentes radiations constituant la lumière blanche. Si, pour un végétal donné, on compare cette représentation avec le graphique indiquant le pourcentage d'absorption par la chlorophylle des différentes radiations lumineuses (appelé encore spectre d'absorption), on constate un remarquable parallélisme.

Pour interpréter ce résultat, il faut admettre que les radiations absorbées par la chlorophylle sont des radiations efficaces pour la photosynthèse. Ainsi apparait le rôle fondamental joué par la chlorophylle : l'énergie lumineuse captée permet la synthèse de substances organiques.

3. De l'énergie lumineuse à l'énergie chimique

Le bilan global de la photosynthèse est simple : à partir de matière première minérale (eau, ion dioxyde de carbone) la plante synthétise des substances organiques présentant une

importante source potentielle d'énergie chimique (libération par combustion par exemple). Cette synthèse se fait grâce à la chlorophylle qui capte l'énergie lumineuse et la convertie en énergie chimique.

Une analyse plus fine montre que la photosynthèse comprend deux (2) ensembles de réaction chimique :

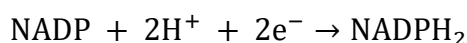
- Les "réactions photochimiques" qui sont directement dépendantes de la lumière,
- Les "réactions sombres" dont l'intervention de la lumière n'étant pas directement nécessaires à leur déroulement.

a. Les réactions photosynthétiques

Dans la cellule, la chlorophylle communique avec l'énergie issue de la lumière à d'autres molécules par un transfert d'électrons portés à un haut niveau énergétique. Ces électrons alimentent une chaîne de réaction oxydo-réduction au cours desquelles l'énergie est transmise :

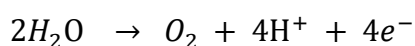
- A des molécules d'adénosine triphosphate (ATP) ;
- A des molécules d'un transporteur d'hydrogène,

Le NADP (nicotinamide adénosine di nucléotide phosphate).



Ainsi l'énergie lumineuse des radiations absorbées se trouve-t-elle convertie en énergie chimique, finalement stockée dans les molécules d'adénosine triphosphate et les molécules du transporteur d'hydrogène.

- La première réaction photochimique de la photosynthèse est la dissociation de l'eau. Elle fournit à la fois des électrons qui alimentent la chaîne d'oxydoréduction et protons selon la réaction.



L'oxygène libéré par la photolyse de l'eau est dégagé au cours de la photosynthèse.

b. Les réactions chimiques dites "sombres"

L'incorporation du dioxyde de carbone et la synthèse de substances organiques sont assurées par un ensemble de réactions chimiques qui ne sont pas directement dépendantes de la lumière. Ces réactions utilisent l'énergie chimique stockée au cours de la phase photo chimique dans la molécule d'adénosine triphosphate et de transporteur d'hydrogène. Les premières substances organiques synthétisées au cours de ces réactions sont des sucres à trois (3) atomes de carbone à partir desquels se forment les autres glucides. Exemple : glucose, fructose, amidon.

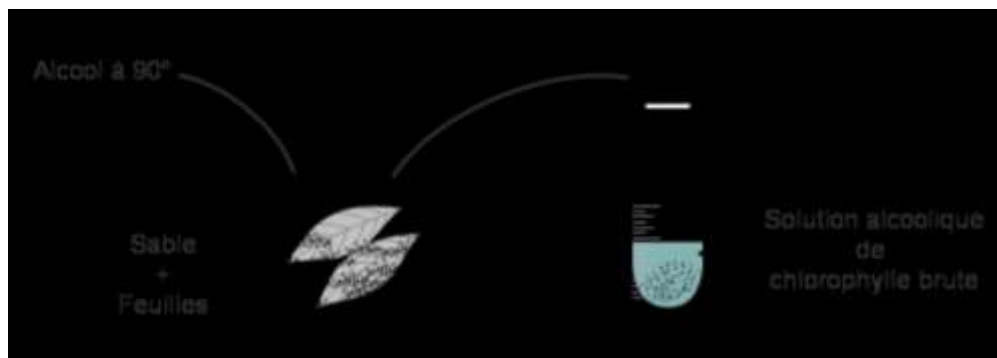
A la suite de cette synthèse première de composés glucidiques, les cellules végétales élaborent des acides aminés précurseurs des protéines (en utilisant l'azote minéral) et des composés précurseurs de lipides. Puis des synthèses très nombreuses aboutissent à l'édification des divers types de molécules organiques qui constituent non seulement l'ensemble des tissus de la plante mais aussi ses réserves.

Ainsi, la photosynthèse se définit comme la fonction par laquelle une plante verte, grâce à sa chlorophylle capte l'énergie lumineuse qu'elle convertit en énergie chimique qui est à l'origine de la synthèse des substances organiques

VI. Extraction de la chlorophylle brute

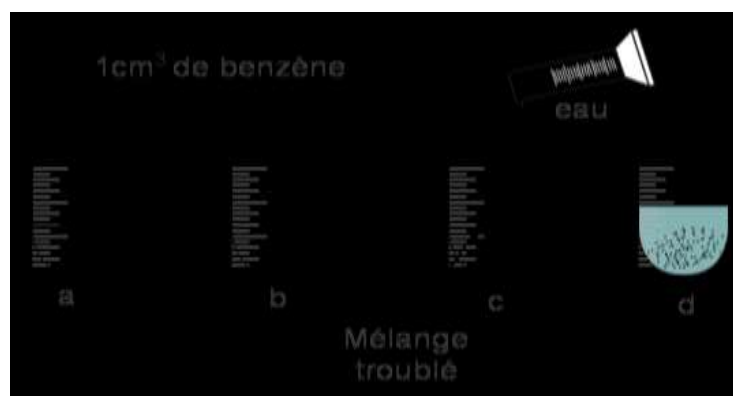
Des feuilles bien vertes (épinard) sont broyées dans un mortier avec un peu de sable fin. Après avoir ajouté progressivement de l'alcool à 90° ou 95°, le contenu du mortier est filtré. On obtient ainsi une solution de chlorophylle brute dans l'alcool.

Le sable déchire les cellules et libère les pigments chlorophylliens qui passent à l'état de solution dans l'alcool.



1. Séparation des pigments par solubilité différentielle

La chlorophylle brute est mélange de plusieurs pigments. On peut les séparer par solubilité différentielle. En haut, le benzène renferme les chlorure a et b. en dessous, la solution alcoolique de teinte jaune, renferme la xanthophylle et le carotène. cm^3



a= quelque Cm^3 de solution de chlorophylle brute dans l'alcool concentré (90°)

b= le benzène étant miscible à l'alcool concentré, le mélange est homogène.

Dans c et d, le benzène n'étant pas miscible à l'alcool dilué, il se sépare de lui, entraînant les pigments verts plus solubles dans le benzène que dans l'alcool, et forme la couche supérieure. L'alcool plus dense contient les pigments jaunes.

2. Séparation des pigments par chromatographie

a. La technique

L'expérience est réalisée par une bande de papier à chromatographie (wattman N°1) de 2 cm environ de largeur. A 2 cm d'une extrémité (pointe D), est déposée une goutte de solution de chlorophylle brute (de préférence une solution cétonique). Après avoir laissé sécher, une deuxième est déposée, puis une troisième et ainsi de suite jusqu'à huit (8) gouttes au même endroit.

Une autre technique consiste à écraser au point D, à l'aide d'un agitateur de verre, 3 ou 4 petites rondelles bien vertes découpées dans une feuille à l'aide d'un emporte-pièce.

La feuille de papier wattman, suspendu à un crochet trempe de quelques minutes dans un solvant préalablement placé dans le fond de l'éprouvette.

La migration verticale du solvant dans le papier entraîne les pigments de la chlorophylle brute.

NB : ne pas toucher la feuille du papier wattman avec les doigts dans la zone où migrera le solvant.

- Pendant la migration du solvant, éviter que la feuille du papier wattman touche les parois de l'éprouvette.

b. Le résultat

Le chromatogramme est obtenu 1h plus tard à la température de 20°C. Par suite d'une solubilité différentielle dans le solvant, les pigments contenus dans la chlorophylle brute se sont séparés. Ainsi, le chromatogramme présente des taches vertes (chlorophylle a et b).

Grâce à ce type de chromatographie, on peut isoler une quantité minime de chacun des pigments ; pour cela, on découpe le papier au niveau d'une tache et on dissout le pigment qu'elle contient dans l'alcool. L'analyse chimique de différents pigments peut ensuite être réalisée.

- Chlorophylle **a** : $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$. Protéine contenant un atome de magnésium
- Chlorophylle **b** : $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$. Diffère de chlorophylle **a** par un groupement aldéhyde.
- CHO à la place d'un groupement méthyle CH_3 .
- Carotène et xanthophylles
- Carbone d'hydrogène ($C_{40}H_{56}$ pour le carotène).

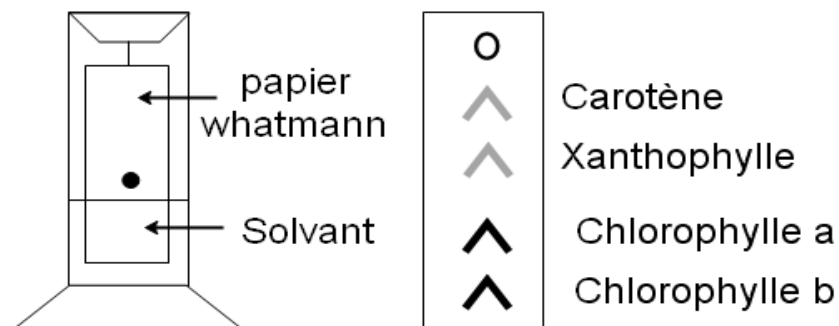


Schéma pour la séparation des pigments chlorophylliens par chromatographie

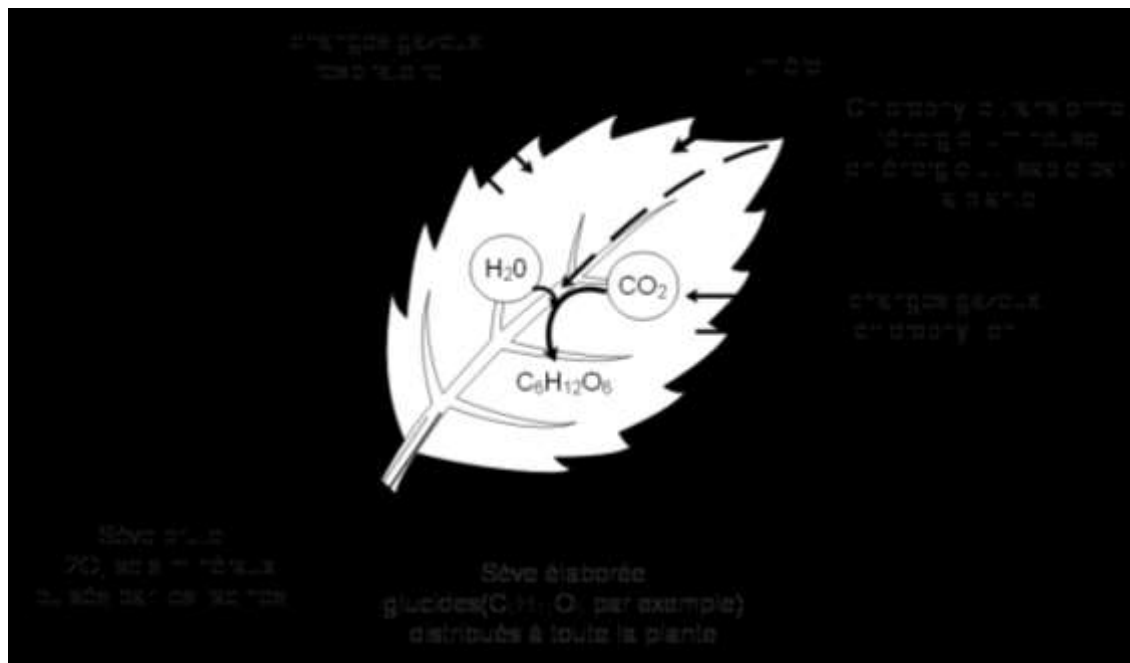


Schéma montrant les échanges gazeux pendant la photosynthèse

Conclusion

Chez les végétaux terrestres, la mobilisation biologique des substances minérales (H_2O , ions, CO_2) fait intervenir deux (2) organes : la feuille et la racine. Au niveau des racines, l'eau et les ions minéraux sont absorbés par des mécanismes de diffusion passive (osmose), pour l'eau, de transports actifs pour les ions minéraux.

Au niveau des feuilles, les stomates permettent à la fois l'absorption de dioxyde de carbone par diffusion et la perte d'eau par transpiration.

A partir de ressources exclusives minérales les végétaux chlorophylliens produisent par synthèse, une grande variété de substances organiques. Cette synthèse a lieu au niveau de la feuille à partir de l'eau et des ions apportés par la sève brute d'une part, du dioxyde de carbone absorbé par les stomates d'autres part.

A partir de la synthèse initiale d'un glucide, la plante verte est capable de fabriquer toutes les substances organiques qui la constituent.

Chapitre 2 : ALIMENTATION CHEZ LES ANIMAUX

Introduction :

Les végétaux chlorophylliens édifient les composés organiques de leur propre matière, grâce aux substances minérales. Cependant, les animaux ne consomment que les aliments provenant des êtres vivants. Malgré cette apparente unité dans leur alimentation, les animaux présentent une grande diversité. Certains consomment les aliments variés, d'autres au contraire ont une seule source alimentaire précise (inféodés).

Mais, quel que soit son régime alimentaire, chaque espèce animale a des comportements alimentaires propres qui lui permettent de détecter les substances nutritives présentes.

Ces aliments doivent au préalable subir des transformations mécaniques et chimiques dans le tube digestif. L'ensemble de ces transformations constitue la digestion.

I. Les comportements alimentaires

1. Les grands types de régimes

Selon les espèces, les animaux se nourrissent soit des végétaux, soit d'autres animaux soit encore des deux (2) à la fois. On distingue donc trois (3) grands types de régimes alimentaires : le régime végétarien, le régime carnivore, le régime omnivore. Certains animaux ne consomment pas d'êtres vivants entiers mais se contentent de débris ou de matières organiques en décomposition : ce sont des détritivores.

D'une espèce à l'autre, les sources de nourriture sont différentes. Certains espèces utilisent des ressources variées : elles sont dites euryphages (du grec « eurus » large et « phagein », manger), c'est le cas des omnivores mais végétariens, carnivores et détritivores qui consomment une large gamme d'aliments.

D'autres espèces, au contraire, ont un régime alimentaire très spécialisé : ce sont les sténophages (en grec sténos= étroit) qui ne cherche qu'un seul type d'alimentaire. Le Koala ne se nourrit que des feuilles d'eucalyptus. La chenille du bombyx du murier ne s'alimente que des feuilles de murier.

A l'intérieur d'une même espèce, les régimes peuvent varier selon :

- L'âge : le têtard est végétarien, la grenouille est carnivore ;
- Le sexe : le moustique femelle se nourrit de sang alors que le male consomme du nectar ;
- La saison : de très nombreux oiseaux changent ainsi de régime selon les saisons, d'autres au contraire effectuent des migrations lors que leur aliment habituels se raréfient ou disparaissent du milieu dans lequel ils se trouvent. Ces migrations alimentaires se rencontrent aussi chez les des mammifères (baleines, rennes...), chez les insectes (criquets grégaires...).

2. La diversité des comportements

Le comportement alimentaire est loin de se réduire à la simple prise d'aliments ; il se présente au contraire comme une suite organisée d'actes moteurs complexes dont on cherche à préciser les facteurs de causalité, ainsi bien lors de déclenchement de chaque séquence que lors de l'enchaînement des diverses séquences.

Cet enchaînement est applicable aussi bien aux prédateurs qu'aux végétariens.

a. Des variations liées au régime alimentaire

- Chez les prédateurs, les postures et les mouvements de reconnaissance ou ceux d'exploration lointaine de l'aliment sont particulièrement développés et varient en fonction du type de proie rencontrée. La forme et l'enchaînement des actes moteurs dépendent alors pour beaucoup de l'adaptation morphologique de certains organes. Il en est ainsi pour :

La spécialisation des pattes (serres des rapaces épineuses des pattes ravisseuses des mantes religieuses...) ;

Le développement de certaine espèce buccale (marque des larves de libellule...)

La présence de glandes veineuses... les actes moteurs propres au comportement alimentaire sont parfois précédés ou accompagnés des comportements très particuliers comme par exemple la construction de piège plus ou moins complexes (toiles des araignées...)

- Chez les végétariens, les problèmes à résoudre sont différents : si les aliments sont souvent plus faciles à découvrir, ils sont peu nutritifs et relativement difficile à digérer. De plus, pendant la quête de nourriture, ces animaux sont une proie facile pour les carnivores. On comprend alors pourquoi les organes de détection du prédateur sont plus développés que ceux de la recherche de nourriture. Les ruminants ont résolu le problème par un comportement alimentaire très particulier ; ils séparent la récolte de l'aliment, herbe par exemple, de la mastication qui a lieu surtout pendant la phase de rumination.

b. Des variations liées à l'état de l'alimentation

Les organes et les mécanismes de prélèvement diffèrent selon que l'aliment consommé est solide ou liquide, compact ou dispersé dans le milieu. Ainsi, pour prélever un aliment liquide, les insectes possèdent des pompes d'aspiration. Si l'aliment est enfermé dans un organe (sève, sang), la pompe est mini de stylet piqueur (cigale, moustique, pucerons).

Les animaux fixés (moules, huîtres...) se nourrissent généralement des particules alimentaires très dispersés ; aussi possèdent-ils des moyens d'assurer un mouvement d'eau à proximité de leur bouche (tentacules, cils, vibratiles, palpes...).

c. Des variations liées aux facteurs du milieu

Divers facteurs du milieu agissent sur le comportement alimentaire des animaux.

- La quantité de nourriture disponible peut entraîner l'obligation de s'adapter à des jeunes prolongés ou de réaliser des migrations.
- La température ambiante ou les rythmes nycthéméraux (alternance nuit-jour) ont une grande influence sur la quantité d'aliments ingérés ainsi que sur la période d'alimentation. Certains animaux ne se nourrissent que la nuit, d'autres s'alimentent que le jour.
- Le moment de la journée influence, pour de nombreuses espèces, l'activité de la recherche de la nourriture.

d. Des variations liées à des facteurs internes

Le temps consacré à l'alimentation et la nature de l'aliment consommé varient aussi en fonction des facteurs internes :

- Selon l'état physiologique de l'animal (période de gestation ou de lactation chez les mammifères, période de croissance chez nombreux animaux...)
- Selon le rôle joué par l'individu dans le groupe social (les abeilles ouvrières de la ruche n'ont pas la même alimentation que la reine)

II. La composition des aliments

En dehors de l'eau de boisson qui est indispensable à toute vie et qui appartient avec les sels minéraux au monde minéral, tous les aliments des animaux sont de nature organique, ces aliments sont généralement de mélange de plus de substances : ce sont des aliments composés formés d'un mélange d'aliments simples.

Exemple : le pain et le lait

1. Les aliments simples

Les aliments simples sont classés par catégories :

- Les protides, les lipides et glucides sont de nature organique,
- Les sels minéraux et l'eau de nature minérale. Ils ont chacun de propriétés spécifiques et leur présence peut être décelée à l'aide de réaction caractéristique (cf. 3^e)

2. Aliments composés

La grande majorité des aliments de l'homme et des animaux sont des aliments composés dans lesquels l'une des catégories d'aliments simples prédomine. Ils sont aussi classés d'après leur composition, selon qu'ils contiennent généralement des protides, glucides ou lipides.

III. Etude des groupes d'aliments simples

1. Les glucides

Les glucides qui comprennent surtout les sucres et les féculents sont des molécules plus ou moins complexes. Ils sont classés soit qu'ils sont hydrolysables (destruction par l'eau) : diosides, polyosides (polymères) ou non hydrolysable, oses (5 à 6 atomes de carbone).

Les polymères comme les oses contiennent toujours les trois (3) éléments chimiques C H O. les organes végétaux et animaux en contiennent plus ou moins une grande quantité.

Les glucides sont particulièrement absorbants dans des organes de réserves.

Exemple : fruits, tubercules, foie, muscles...

a) Les oses

Les oses sont des sucres non hydrolysables formés de cinq (5) ou six (6) atomes de carbones et donnent une réaction positive avec la liqueur de Fehling.

1.1. Sucre à C₅ : le pentose

On distingue le ribose (C₅ H₁₀ O₅) et le désoxyribose (C₅ H₁₀ O₄). on les rencontre dans les noyaux de cellules et ils constituent l'ARN pour le ribose et l'ADN pour le désoxyribose.

1.2. Les sucres à C₆ : les hexoses

Ils ont une même formule brute : C₆ H₁₂ O₆. On distingue le glucose, fructose, le galactose dans le lactose du lait. Les oses sont des sucres réducteurs (réaction à la liqueur de Fehling donne un précipité rouge brique).

Représentation symbolique du squelette carboné d'un ose.



1.3. Les Diosides

Ce sont des sucres qui donnent par hydrolyse deux (2) molécules d'oses. On distingue le maltose (sucre d'organe germé) qui donne deux (2) molécules de glucose ; lactose donne glucose et galactose ; saccharose (sucre de betterave, canne) donne lévulose et glucose. Ils ont pour formule brute : $C_{12} H_{22} O_{11}$.

Le maltose et le lactose sont des sucres réducteurs mais le saccharose n'est pas un sucre réducteur.



Enchânement de deux molécules d'oses.

1.4. Les polyosides

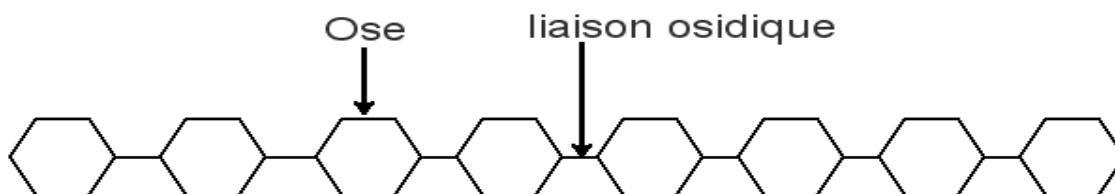
Ce sont des sucres qui donnent par hydrolyse un grand nombre de molécule d'oses. La molécule d'un polyoside est un polymère d'oses.

Leur formule brute s'écrit : $n (C_6 H_{12} O_5)$ ou $(C_6 H_{12} O_5) n$. on distingue :

- l'amidon : c'est un constituant des réserves des végétaux ;
- Le glycogène : c'est la réserve de glucide chez les animaux et végétaux (champion) ;
- La cellulose : c'est le principal constituant de la paroi de la cellule végétale.

NB : les polyosides ne sont pas des sucres réducteurs. Le test à l'eau iodée donne une coloration bleue.

Exemple de polyoside



2. Les lipides

Les lipides, souvent appelés corps gras, sont des molécules organiques présentes surtout dans des organes de réserves (graines, œufs...). Ils sont constitués de $C H O$.

Associés à d'autres molécules, ils participent à des structures cellulaires très importantes.

Ils sont formés par la combinaison d'acide et alcool. Les acides constitutifs des molécules de lipides sont les acides gras. Il s'agit des chaînes hydrogènes carboxyliques.

- Acide gras + alcool $\rightarrow$ lipide
- Acide gras + alcool $\rightarrow$ ester + eau

C'est pourquoi les lipides sont appelés des esters. Outre le lipide dans les fruits (avocat), les graines (arachide, sésame), dans les tissus adipeux (porc) et dans de lait (crème), les lipides se présentent sous trois formes.

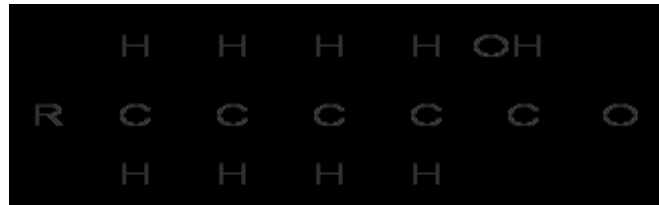
- Les huiles ;
- Les beures ;
- Les graisses

2.1. Les acides gras

On distingue deux (2) sortes d'acides gras : les acides gras saturés et les acides gras non saturés ou insaturés.

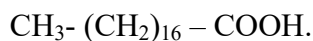
2.1.1. Les acides gras saturés

Ils ne comportent pas de double liaison et ont pour formule générale : $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{COOH}$



Ainsi on a l'acide stéarique (qui existe dans toutes les graisses animales), l'acide palmitique, l'acide butyrique (présent dans le beurre).

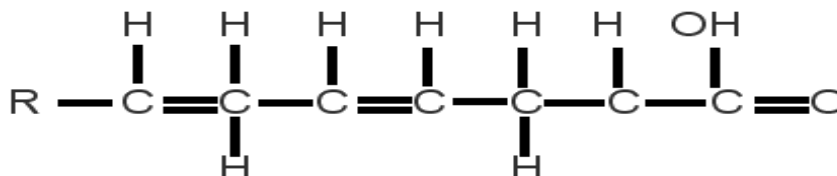
Ces acides ont dix-huit (18) atomes de carbone.



Exemple : l'acide palmitique $\text{C}_{17} - \text{H}_{35} - \text{COOH}$.

2.1.2. Les acides gras insaturés

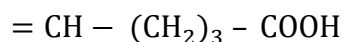
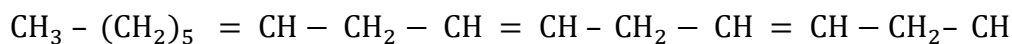
La chaîne hydrogène - carbonée contient une ou plusieurs doubles liaisons. Ce sont des acides gras non saturés.



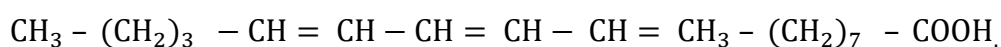
Exemple : l'acide oléique $\text{C}_{17} - \text{H}_{33} - \text{COOH}$. Formule brute

Exemple de formule semi développée.

- Acide arachidonique $\text{C}_{20} \Delta^{5.8.11.14}$ ou 20:4 (5.8.11.14).



$\text{C}_{18} \Delta^{9.11.13}$ ou 18:3(9.11.13).



NB: les formules chimiques des acides gras sont terminées par une fonction carboxylique, COOH ou



2.2. Les alcools

L'alcool le plus fréquent dans les lipides est un trialcool, le glycérol dont la formule est la suivante : $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$. Les glycérioles sont donc les lipides les plus communs. Ils résultent de l'estérification du glycérol par une, deux ou trois molécules d'acides gras. Par exemple dans le tri oléine, liquide abondante dans l'huile végétale, le glycérol est estérifié par trois molécules d'acides oléiques.

- On a d'autres alcools tels que les stérols dont le principal est cholestérol. Les lipides correspondant sont appelés stérols.

Exemple des stérols : ergostérol, stigmastérols, sitostérols...

- Certains lipides fournissent par hydrolyse non seulement de l'alcool et des acides gras, mais également d'autres molécules. C'est le cas des phospholipides qui contiennent de l'acide phosphorique.

Exemple : les lécithines du jaune d'œuf. Ces lipides sont appelés lipides complexes.

2.3. Quelques propriétés de lipides

2.3.1. L'émulsion

C'est la principale propriété des lipides :

Exemple : H_2O + huile donne une émulsion.

Lors que les gouttelettes d'huiles se rassemblent en surface (dans un verre), on dit que l'émulsion est instable. Si on ajoute à une émulsion instable de la soude ou de la bile, l'émulsion devient stable et les gouttelettes restent éparses dans l'eau.

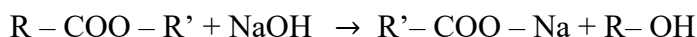
2.3.2. La saponification

Si on ajoute une émulsion d'huile de palme en présence de la soude, on obtient un savon : c'est la saponification (formation des savons).

Exemple : palmitine + soude $\rightarrow$ palmitate de sodium (savon) + glycérol

Formule générale

Ester + soude $\rightarrow$ savon + alcool.



R et R' sont des radicaux.

3. Les protides

Tous les aliments courants contiennent des protides dans des proportions variables puis que les protides sont les constituants de bases des organismes vivants. Mais les aliments riches en protides sont aussi ceux qui contiennent peu de réserves glucidiques ou lipidiques. Les protides sont les plus grosses molécules de la matière vivante. Tous contiennent quatre (4) éléments fondamentaux : C H O, azote, et souvent des éléments complémentaires tels que soufre, phosphore...

Comme les glucides, les protides comprennent à la fois des molécules simples non hydrolysables.

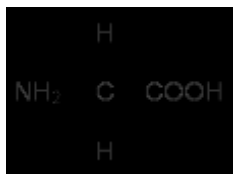
3.1. Acides aminés

Les acides aminés sont les protides élémentaires de faible masse moléculaire qui en s'unissant par des liaisons peptidiques, forment des polymères appelés peptide (oligopeptides si le nombre d'a-a est inférieur à 10, polypeptidique si le nombre d'acides aminés est plus élevé).

Chaque molécule d'acides aminés est caractérisé par :

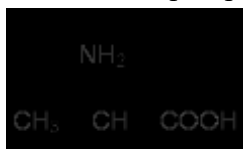
- Une fonction amine – NH_2
- Une fonction carboxyle (acide) - COOH
- Un radical –R variable.

La formule générale des acides aminés est

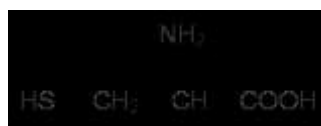


Les 20 acides aminés présents dans la matière vivante sont acides aspartiques (ASP), acide glutamique (Glu), alanine (ALA), arginine (ARG), asparagine (ASN), cystéine (CYS), glutamine (GLN), glycine (GLY), histidine (HIS), isoleucine (ILE), leucine (LEU), lysine (LYS), méthionine (MET), phénylalanine (PHE), proline (PRO), sérine (SER), thréonine (THR), tryptophane (TRY), tyrosine (TYR), valine (VAL).

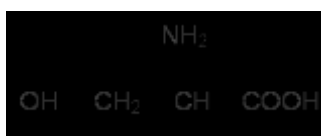
Formule de quelques acides aminés :



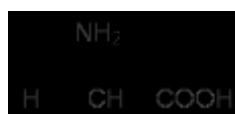
Alanine



cystéine



Sérine



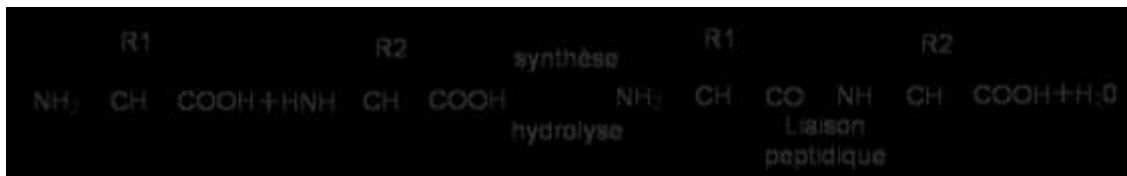
glycine



Méthionine

3.2. Les liaisons entre les a-a (acides aminés)

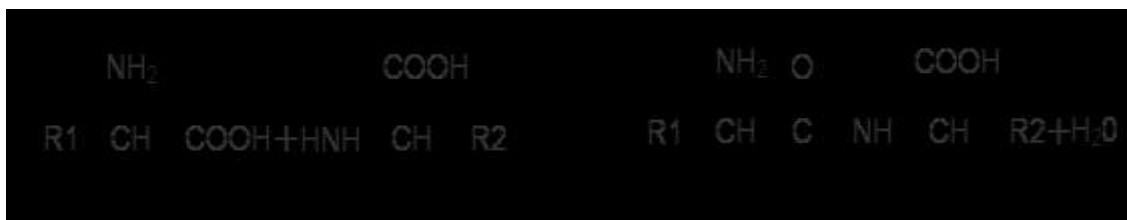
Les acides aminés peuvent se lier entre eux par des liaisons peptidiques pour former de dipeptides (2 acides aminés) tripeptides (3 acides aminés) ou polypeptides (plusieurs acides aminés). Une chaîne polypeptidique peut comprendre plusieurs centaines ou plusieurs millions d'acides aminés.



Exercice d'application

Former le peptide suivant :

Cysteine: R1=HS-CH₂; Serine: R2=OH-CH₂



4. Les différents types de protides

On distingue deux (2) types de protides : les protides simples et les protides complexes.

4.1. Les protides simples

L'hydrolyse des protides simples donne uniquement des acides aminés. On distingue les protides simples à chaînes courtes ($n < 100$), chaînes moyennes ($10 < n < 100$) et chaînes longues ($n > 100$).

Exemple : chaînes courtes pénicilline $n = 2$, hormone ; hypothalamique TRH $n = 3$, hormone antidiurétique $n = 9$.

Chaînes moyennes : hormones pancréatique, glucagon $n = 29$; insuline $n = 31$; hormone hypophysaire, prolactine $n = 64$; Chaînes longues : hormone hypophysaire LH $n = 207$, FSH $n = 210$

- Sérum albumine humaine $n = 585$
- Globuline du plasma $n > 1000$
- Fibrinogène $n =$ environ 4000.

4.2. Les protides complexes

L'hydrolyse des protides complexes libère non seulement les a-a mais aussi autre partie non protéique appelée groupement prosthétique ou hétéro- protéines (molécule formée d'un enchainement d'acides aminés portant des groupements non protidiques de nature diverses).

Exemple :

- Phosphoprotéine : acides aminés + acide phosphorique (caséine) ;
- Phosphoprotéine : acides aminés + lipide (triglycérides) ;
- Nucléoprotéine : acides aminés nucléique ;
- Chromoprotéine : protéine colorée c'est-à-dire comportant un élément Fe, Cu, Mg.

NB : les protéines jouent un rôle dans la croissance des jeunes. Leur absence provoque des maladies comme le Kwashiorkor. Les protéines constituent également les membranes cellulaires. Le nombre des acides aminés varie d'une espèce à une autre.

Exemple : homme : 08 ; Rat : 10

Les protéines qui possèdent dans leur molécule 4 éléments C. H. O. N, on les appelle des corps quaternaires quant aux glucides et aux lipides, ils en possèdent 3 CHO sont des corps tertiaires.

IV. Les autres substances

1. Les substances minérales

Les substances minérales ont un rôle plastique (calcium des os) et un rôle fonctionnel.

Elles entrent dans la composition des enzymes, des hormones, dans celle des cellules et du sang.

Le taux de calcium dans le sang, en particulier, est important, non seulement pour la formation et l'entretien du squelette mais aussi pour la bonne marche des facultés sensitives et motrices (nerfs et muscles) : les crampes sont parfois une marque de calcium.

Le fer et l'iode sont en très faible quantité dans l'organisme (3g de fer et quelque mg d'iode) mais leur absence totale produit des conséquences graves provoquant le retard mental, goitre ; absence de fer cause anémie).

Le fer entre dans la constitution de l'hémoglobine et des pigments, il assure le transport d'oxygène des poumons vers les cellules. L'iode est fixé dans la glande thyroïde qui répartit dans le sang une hormone : la thyroxine, qui règle le taux de métabolisme basal et la croissance.

On nomme oligo- élément (des oligo, peu nombreux), ces substances minérales qui à dose très faible, ont cependant un rôle très important dans les fruits et légumes frais.

2. Les vitamines

Les vitamines sont des aliments à rôle fonctionnel.

Leur carence ou avitaminose entraîne des troubles graves : béribéri, scorbut, pellagre.

Ces molécules organiques ne sont pas toutes nécessaires à l'homme et aux espèces animales. On les trouve dans les aliments en faibles quantités et elles sont indispensables pour la santé chez les individus.

Certaines sont solubles dans l'eau : B1 (antibéribérique), PP (antipellagreuse), C (anti scorbutique) et d'autres solubles dans le corps gras : A (croissance et vision), D (antirachitique), E (reproduction), K (coagulation du sang).

3. Valeur énergétique et alimentation quotidienne

L'énergie fournie par les aliments est facile à évaluer dans une bombe calorimétrique. Les aliments sont brûlés complètement et l'élévation de la température constatée (une Calorie élève de 1° la température 1000g d'eau). La quantité de chaleur la plus importante est donnée par les lipides ; 1g donne 9 calories, contre 4 pour les glucides ou les protéides.

Cependant les éléments ne sont pas totalement oxydés dans des cellules. Les déchets excrétés contiennent encore de l'énergie non utilisée. Un calcul précis doit en tenir compte.

Sur ces bases, il est facile d'établir la valeur énergétique des aliments dont la composition est connue.

V. La digestion

La digestion est donc l'ensemble des transformations mécaniques et chimiques que subissent les aliments dans le tube digestif.

1. Les études expérimentales

Les phénomènes chimiques de la digestion n'ont été découverts et interprétés que lorsque les scientifiques ont pu réaliser des expériences sur les animaux et qu'ils ont ensuite tenté de les reproduire « in vitro ». Si, dans ce domaine, Réaumur et Spallanzani furent des pionniers, les études se poursuivent encore. Elles ont pris depuis une vingtaine d'années, une importance renouvelée avec les recherches entreprises sur l'alimentation des animaux d'élevage et les applications qui peuvent en découler en médecine humaine (compréhension des troubles digestifs, alimentation des opérés ayant l'ablation d'une partie du tube digestif...).

1.1. Les expériences des digestions « in vitro »

Réaliser la transformation chimique des aliments dans un tube à essais à l'aide de sucs digestifs préalablement prélevés constitue une expérience de digestion artificielle.

Les digestions artificielles réalisées sur des glucides (amidon), des protéides (albumine de blanc d'œuf) ou des lipides (huiles) permettent :

- De déceler la présence d'enzymes spécifiques dans les sucs digestifs employés ;
- De préciser les conditions (T°, PH, état de contact ou de dispersion d'aliments...) nécessaire à l'action d'enzymes ;
- De caractériser le type de réaction catalysée par les enzymes digestives (ce sont toutes des hydrolyses) ;
- D'identifier les produits de la transformation, celle-ci allant toujours dans le sens d'une simplification moléculaire.



1.2. Les observations et expériences chez l'animal

La première méthode utilisée est celle des bilans. Elle permet d'établir les différences (aspect, composition, quantité...) entre les aliments ingérés et les déchets rejetés. Mais elle ne fournit que des informations globales sans permettre de préciser ni les étapes intermédiaires ni les lieux où elles sont réalisées.

Des techniques modernes ont conduit à la connaissance précise de chacune des étapes de la digestion : réalisation de fistule dans les différentes parties du tube digestif, implantation d'instrument permettant des prélèvements dans chacune des régions du tube digestif, absorption directe du fonctionnement de celles-ci à l'aide de la fibroscopie.

1.3.L'action de la pepsine sur l'albumine

On appelle suc digestif, une sécrétion de l'appareil digestif contenant une ou plusieurs enzymes.

- Expérience de la pepsine sur l'albumine

Préparer une solution de pepsine en mettant une pincée de poudre dans un tube à essais d'eau distillé. Puis battre un blanc d'œuf dans de l'eau distillée et le porter à ébullition. Filtrer, on obtient un liquide laiteux qui est une suspension d'albumine. Mettre au bain marie à 37° dans 4 tubes à essais préparés de la façon suivante :

Tube 1 : suspension d'albumine + solution de pepsine ;

Tube 2 : suspension d'albumine + solution pepsine + quelques gouttes d'HCl à 5‰

Tube 3 : suspension d'albumine + quelques gouttes d'HCl à 5‰

Tube 4 : suspension d'albumine + solution de pepsine bouillie + quelques gouttes d'HCl à 5‰

Au bout d'une demi- heure, on remarque que :

- Le tube 1 n'a pas changé ;
- Les tubes 3 et 4 ont un aspect limpides mais contiennent un dépôt blanc,
- Le tube 2 est entièrement limpide sans dépôt blanc.

Sachant que les cellules de l'estomac sécrètent de l'HCl en petite quantité, quelles conclusions pouvez- vous tirer de cette expériences sur le rôle de la pepsine et ses conditions d'activités ?

Analysons le contenu du tube 2 : il est constitué des substances solubles, puis que son aspect est parfaitement limpide. La réaction du biuret, caractérisant les liaisons peptidique est positive : l'albumine a été transformée en polypeptidiques solubles, mais non en acides aminés. L'hydrolyse n'est pas complète comme dans cas de celle de l'amidon par la salive.

1.4.Action du lieu chimique

- Milieu acide

Dans un tube à essais, mettre une solution d'empois d'amidon, de la salive et quelques gouttes d'HCl. On n'observe pas de transformation de l'amidon : en milieu acide, la salive perd des propriétés.

- Milieu basique

De même en mettant quels que fragments de potasse à la place d'HCl. On n'observe pas de transformation de l'amidon : en milieu basique, la salive perd également ses propriétés.

L'activité de la salive passe par un maximum pour un milieu neutre. Elle décroît lorsqu'ils devient plus acide ou plus basique.

1.5.Action de la température

- Première expérience

Dans un tube à essai, verser une solution d'empois d'amidon bleu par l'eau iodée ; dans un autre tube à essai, mettre un peu de salive.

Refroidir séparément ces 2 tubes pendant 5 min dans la glace fondante, puis réunir leurs contenus et le laisser à 0°C : aucune transformation n'est possible.

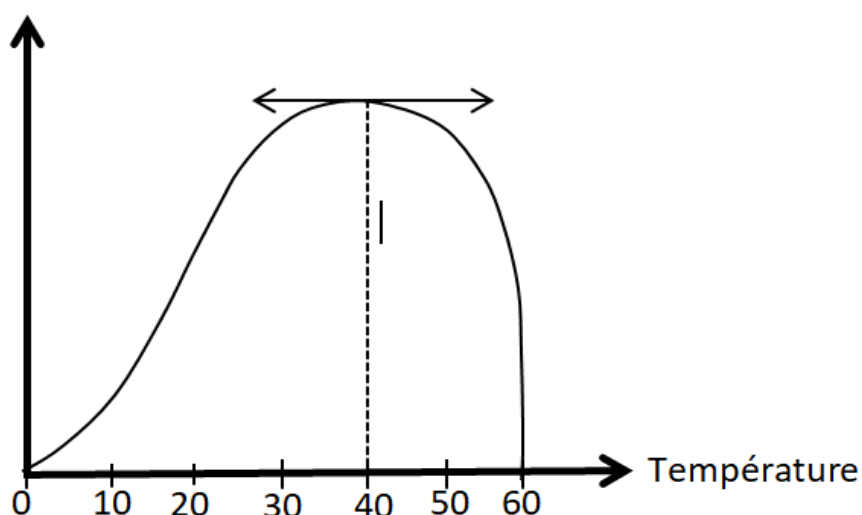
Placer alors le mélange au bain- marie à 36° C : on observe une décoloration de la solution traduisant la transformation de l'amidon.

Conclusion : à 0°C la propriété de la salive est inhibée mais elle réapparaît à 36°C.

- Deuxième expérience

Faisons bouillir la salive et mettons- la en présence d'une solution d'empois d'amidon à 36°C : cette fois la salive a définitivement perdu sa propriété.

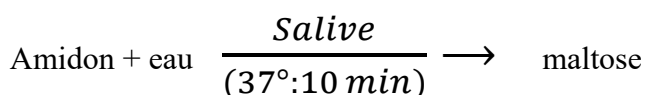
Activité de la salive



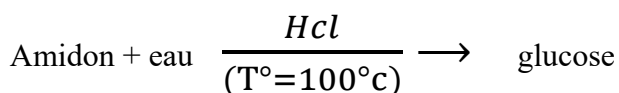
Courbe de variation de l'activité de la salive en fonction de la température

Elle passe par un maxi correspondant à la température optimale de 40°C ; elle décroît en suite jusqu'à 60° C, température à laquelle la salive perd sa propriété. Les résultats de ces expériences sont donnés selon la nature du catalyseur

Si le catalyseur est du type biologique, l'hydrolyse de l'amidon s'arrête au stade maltose.



Si le catalyseur est du type minéral, l'hydrolyse de l'amidon est complète



2. L'appareil digestif, siège des transformations

2.1. Une organisation générale (commune)

L'anatomie de l'appareil digestif diffère selon les groupes d'animaux mais on trouve toujours la présence d'un tube dans le quel circulent les aliments, associé à des glandes digestives.

Chez les mammifères, le tube digestif débute par la cavité buccale ; il comprend ensuite l'œsophage, l'estomac, l'intestin grêle et le gros intestin. Les glandes digestives sont de deux (2) sortes : les premières, microscopiques, sont contenus dans la paroi même du tube digestif (estomac et intestin grêle) ; les secondes, plus volumineuses, situés à proximité du tube digestif, y déversent leurs produits de sécrétion par des fins conduits (glandes salivaires, pancréas, foie).

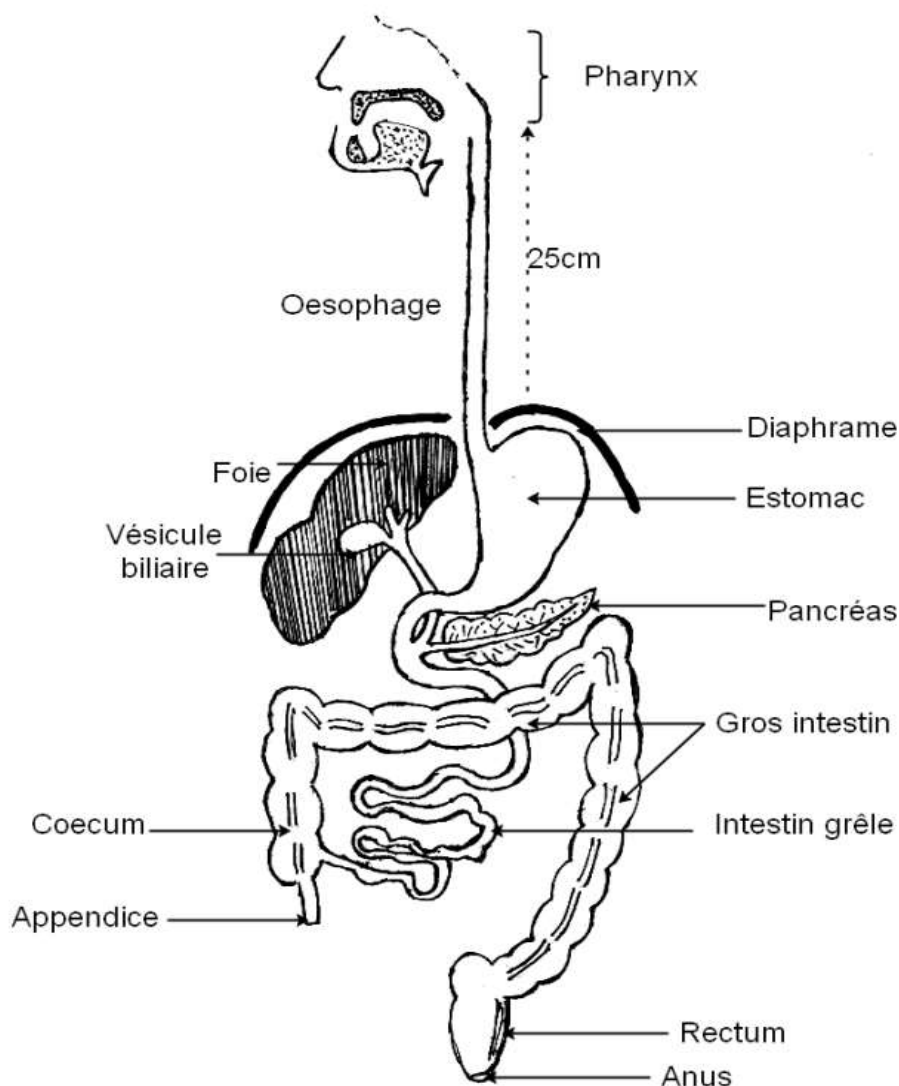


Schéma de l'appareil digestif de l'homme

2.2. Un rôle spécifique pour chacune des parties

- Dans la bouche, les aliments sont broyés, triturés, mélangés à la salive qui le humidifie et débute la dégradation des molécules d'amidon.

- L'estomac prépare les aliments à la digestion intestinale : en effet l'HCl dénature les protéines, ce qui favorise l'action des enzymes. D'autre part, la pepsine, enzyme la plus importante du suc gastrique, assure une dégradation partielle des protéines en peptides plus simples, néanmoins, la part de l'estomac dans la transformation chimique des aliments reste faible ; ainsi des sujets ayant subi une ablation de l'estomac assurent tout de même la digestion de leurs aliments. Le rôle essentiel de l'estomac est de contrôler le transit des aliments vers l'intestin régulant ainsi le fonctionnement de ce dernier. L'estomac se vide lentement ; il l'est rarement 3 heures après un repas.
- Le pancréas joue un rôle fondamental dès les phénomènes chimiques de la digestion grâce la sécrétion du suc pancréatique :
 - Son équipement enzymatique complet le rend apte à dégrader toutes les catégories d'aliments (protéines, glucides et lipides) ;
 - Sa sécrétion est continue mais s'accroît après l'ingestion d'un repas ; le maximum est obtenu 2 à 3 heures après le repas et se prolonge pendant 5 à 7 heures ;
 - Sa composition en enzymes varie avec l'âge du sujet ; un très jeune mammifère ne possède pas l'équipement enzymatique lui permettant de digérer les aliments complexes.
 - Cette composition évolue aussi en fonction du régime alimentaire ; par exemple, la teneur en chymotrypsine (enzyme protéolytique) croît lorsqu'augmente la teneur du régime en protéine.

Malgré l'importance primordiale du suc pancréatique dans la dégradation des aliments, les phénomènes de compensation partiels se produisent après ablation expérimentale de la glande. Ceci explique, chez l'homme après ablation presque complète du pancréas (90%) pour raison médicale, la digestion demeure près que normale.

Le relais est pris non seulement par les sécrétions enzymatiques de l'intestin mais aussi par cellules de l'estomac.

- L'intestin grêle, grâce aux enzymes libérées par les cellules de son épithélium, complète les transformations réalisées par le suc pancréatique ; son action est surtout importante sur les glucides ; il achève en effet la digestion de l'amidon commencée par les amylases salivaires et pancréatiques.
- Le gros intestin ne sécrète aucune enzyme. Au contraire, il inactive les enzymes de l'intestin grêle qui pourraient subsister parmi les résidus des aliments. Mais il renferme une importante flore microbienne qui dégrade une partie des résidus glucidiques des aliments, produisant d'une part des gaz inutilisables évacués et d'autre part des acides gras volatils, réservant à synthétiser de nouveaux glucides, les résidus protéiques sont également dégradés par la flore bactérienne.

3. Le devenir des aliments digérés

Au terme de la simplification moléculaire qui constitue la digestion, l'intestin grêle renferme un liquide, le chyle, comportant des nutriments à petites molécules et des substances non digestibles.

Les petites molécules sont essentiellement l'eau, les sels minéraux, les oses, les acides aminés, le glycérol et les acides gras. Les substances digestibles sont surtout des fibres comme la cellulose.

Alors que les résidus et la cellulose vont former les matières colorées par la bile, les nutriments sont absorbés à travers la paroi intestinale : c'est le phénomène d'absorption intestinale.

3.1. La surface d'absorption

La paroi intestinale présente tout au long de 7 à 8 m de l'intestin grêle, de nombreux replis circulaires recouverts de million de petites saillies, les villosités. Chaque villosité est limitée par une couche de cellules dont la membrane, située du côté de la lumière de l'intestin, présente de nombreuses digitations, les microvillosités (le jéjunum humain en compte 200 000/mm²). L'ensemble constitue une absorbante dont l'aire est considérable (300 m² chez l'homme).

L'absorption peut être passive, c'est-à-dire ne résulter que d'une simple diffusion à travers la paroi intestinale sous l'effet d'une différence de concentration de part et d'autre de celle-ci ; elle est le plus souvent active, c'est-à-dire nécessite une dépense d'énergie de la part des cellules de l'épithélium intestinale qui possèdent en effet de véritables transporteurs capables de prendre en charge les molécules de nutriments pour les acheminer vers le sang.

3.2. Les zones d'absorption

Une grande partie de l'absorption a lieu au niveau du duodénum ; là sont absorbés 60% des sucres et 40% des lipides. C'est aussi la première partie de l'intestin grêle qui absorbe 60 à 90% des protides issus de l'hydrolyse des protéines.

Le gros intestin joue un rôle non négligeable dans l'absorption de l'eau ; aussi les résidus de la digestion perdent de leur fluidité au fur et à mesure du transit intestinal. C'est aussi à travers la paroi du gros intestin que sont absorbés les acides gras provenant de l'acidité de la flore bactérienne.

3.3. Les deux (2) voies de l'absorption

Après avoir traversé l'épithélium intestinal les substances absorbées empruntent deux voies :

- L'eau, les sels minéraux, les oses, et les acides aminés passent directement dans le sang ; par la veine porte, ils gagnent le foie où certains d'entre eux peuvent être temporairement mis en réserve ;
- Les constituants des lipides (glycérol, et acides gras) se trouvent dans la lymphe des vaisseaux lymphatiques des chylifères où ils se combinent aussitôt en lipide. Ils forment une émulsion qui donne aux chylifères un aspect laiteux pendant la digestion. Les vaisseaux lymphatiques aboutissent par la suite dans la circulation sanguine ; ainsi la plus grande partie des substances absorbées au niveau de l'intestin grêle se trouve en définitive dans le sang.

Conclusion :

Au cours de leur progression dans le tube digestif, les aliments subissent non seulement une fragmentation mécanique mais aussi des transformations chimiques sous l'excrétion d'enzymes contenues dans les sucs digestifs. Ces transformations se résument en une simplification moléculaire : les grosses molécules des aliments sont fragmentées par hydrolyse en petites molécules qui constituent les nutriments. Ceux-ci franchissent la paroi intestinale et sont distribués par le sang à toutes les cellules.

L'ensemble de ces transformations des aliments ingérés en produits utilisables par l'organisme constituent la digestion. Elles se font à la température du corps, en un temps relativement court grâce à l'action de nombreuses enzymes digestives.

Chapitre 3 : LA LIBERATION D'ENERGIE

Introduction

Nos mouvements respiratoires pulmonaires, qui sont la manifestation concrète d'échanges gazeux entre l'organisme et l'atmosphère, ne sont qu'une partie d'un mécanisme complexe indispensable de la vie est étroitement lié à la régularité de ces échanges.

I. La respiration, source d'énergie

1. Les échanges respiratoires

Chez de nombreuses espèces, dont l'espèce humaine, les mouvements respiratoires sont la manifestation la plus visible de la respiration. Les échanges gazeux respiratoires ne sont pas immédiatement décelable par l'observateur, il est cependant aisé de les mettre en évidence en utilisant des techniques simples. Dans tous les cas ils se traduisent par une absorption d'oxygène et un rejet de dioxygène de carbone CO_2 .

En réalité, ces phénomènes sont la manifestation, à l'échelle de l'organisme, d'échanges qui se produisent au niveau des cellules de chaque organe.

Des expériences montrent que des fragments d'organes vivants, même isolés de l'organisme, consomment de l'oxygène et libèrent le dioxygène de carbone. La respiration est donc une fonction cellulaire. La cellule échange avec le milieu environnant de l'oxygène et du dioxygène de carbone :

- Soit directement si elle est en contact avec le milieu extérieur ; c'est le cas des organismes unicellulaires chez les quels l'ensemble de la paroi de « l'organisme » peut participer aux échanges, ou encore des insectes chez les quels l'air parvient directement aux organes par des conduits très ramifiés, les trachées.
- Soit indirectement chez les animaux où le sang assure le transport des gaz respirations entre les cellules et un organe d'échange avec le milieu extérieur situé au périphérique de l'organisme (bronchite ou poumon).

Volume moyenne en ml	Azote	Oxygène	Dioxyde de carbone
100ml d'air analysé			
Air inspiré	79	21	0,03
Air expiré	80	16	4

Exercice d'application

Calculer les volumes d'oxygène inspiré et dioxyde de carbone expiré respectivement par 60 ml d'air analysé.

Solution

- volume d'oxygène inspiré, or on sait que 100 ml d'air inspiré $\rightarrow$ 21 ml d' O_2
60 ml $\rightarrow x_1$

$$x_1 = \frac{21ml \times 60}{100} = \frac{63}{5} = 12,6ml$$

- Volume de dioxygène de carbone expiré, on sait que 100 ml d'air expire $\rightarrow 4 ml$ de CO_2 .

$$60ml \rightarrow x_2$$

$$x_2 = \frac{4 \times 60}{100} = 2,4ml$$

2. Etude quantitative des échanges

a. L'intensité respiratoire

On définit l'intensité respiratoire (IR) comme la quantité d'oxygène consommé (ou de dioxyde de carbone rejeté) par unité de temps et par unité de masse de l'organisme. On exprime généralement en litre d'oxygène par heure et par kilo (XL (h) kg). On mesure l'intensité respiratoire à partir de plusieurs méthodes :

- Le dosage de la teneur en gaz du sang artériel et veineux.

Pour 100ml de sang	Sang artériel	Sang veineux
gaz		
Oxygène	19,5	136
CO_2	49	84
Azote	1	1

Exercice d'application

1/ calculer les volumes d'oxygène consommés et de dioxyde de carbone rejeté par 45 ml de sang artériel.

2/ ne tenant compte que de l'oxygène, calculer l'intensité respiratoire si la durée de l'expérience est de 30 min pour un organisme (Rat) de 50 g.

Solution

1/ Calcul des volumes

- l'oxygène consommé

$$100ml \text{ de sang } \rightarrow 19,5 \text{ d'O}_2$$

$$45 \text{ ml } \rightarrow x_1$$

$$x_1 = \frac{45 \times 19,5}{100} \rightarrow x_1 = 8,775ml$$

- le CO_2 rejeté

100 ml $\rightarrow$ 49 ml de CO_2

45 ml $\rightarrow$ X_2

$$x_2 = \frac{45 \times 49}{100} = 22,05 \text{ ml}$$

2/ Calcul de l'IR

L'intensité respiratoire = volume d'oxygène consommé ou de dioxygène de carbone rejeté

V. O_2 = 8, 775 ml

- Pour 30 min $\rightarrow$ 8,775 ml

$$60 \text{ min} \rightarrow y_1 \rightarrow y_1 = \frac{60 \times 8,775}{30} = 17,55 \text{ ml}$$

$$y_1 = 17,55 \text{ ml}$$

- pour 50 g $\rightarrow$ 17, 55 m

$$1000 \text{ g} \rightarrow y_2 \rightarrow y_2 = \frac{17,55 \times 1000}{50} = 351 \text{ ml/h/kg ou } 0,351 \text{ l/h/Kg}$$

$$IR(\text{l/h/kg}) = v_{\text{O}_2} \times \frac{60}{X} \times \frac{1000}{Y}$$

v_{O_2} = Volume d'oxygène (entité) réellement consommé en x minuté.

X: durée de l'expérience

Y : masse d'un animal en gramme

- l'intensité respiratoire varie avec l'activité musculaire. De ce fait, confirmé par des mesures pratiquées tant chez les l'animal que chez les l'homme, conduit à penser que l'intensité respiratoire est en étroite relation avec les dépenses d'énergie de l'organisme.
- l'intensité respiratoire varie avec la température T° ambiante, ce qui confirme la liaison entre l'intensité respiratoire et libération d'énergie par l'organisme.
- Chez les homéothermes (mammifères, oiseaux), le maintien de la température corporelle à une valeur constante et élevée exige une dépense d'énergie d'autant plus importante que la température ambiante est basse.
- Chez les hétérothermes (animaux à température variable), il en est différemment. En effet, la température corporelle, qui décroît en même temps que la température ambiante, détermine une diminution de l'activité de l'intensité respiratoire.

a. Le quotient respiratoire

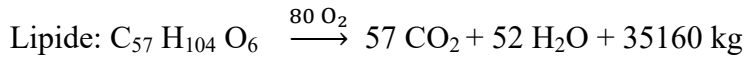
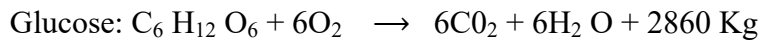
On définit le quotient respiratoire (QR) comme le rapport entre le volume de dioxyde de carbone dégagé et le volume d' O_2 absorbé pendant le même temps.

$$QR = \frac{\text{Volume de } \text{CO}_2 \text{ dégagé}}{\text{Volume d'oxygène absorbé}}$$

Le quotient respiratoire varie en fonction de la composition en glucide, lipide et protide des aliments consommés par l'animal. Pour une alimentation variée, la valeur moyenne du quotient respiratoire est de 0, 82.

Exemple :

1/ Effectuer le bilan d'oxydation des nutriments suivants :



Trioléine

2/ Calculer le quotient respiratoire de ces nutriments

Solution

La loi des gaz parfaits montre que :

$$1 \text{ mole} = 22,4 \text{ l}$$

$$Q_R = \frac{22,4 \times 6}{22,4 \times 6} = 1 \text{ glucose}$$

Pour Trioléine

$$QR = \frac{57 \times 22,41}{80 \times 22,41} = 0,72$$

- Remarque : si on connaît le volume des gaz différentiels et l'un des volumes des gaz, on peut déterminer l'autre volume. $Vd = VO_2 - VCO_2$

Exemple : $Vd = 0,37 \text{ ml}$; $VO_2 = 3,5 \text{ ml}$; $VCO_2 = ?$

$$VCO_2 = VO_2 - Vd$$

$$\text{AN: } VCO_2 = 3,5 \text{ ml} - 0,37 \text{ ml} = 3,13 \text{ ml}$$

$$QR = \frac{3,13}{3,50} = 0,89$$

Le quotient respiratoire varie en fonction de nutriments consommés : $QR = 1$ pour glucide, 0,7 pour lipide, 0,85 pour protides.

3. La libération de l'énergie des nutriments

Les données expérimentales montrent les relations qui existent entre les échanges gazeux respiratoires caractérisés par l'intensité respiratoire et le quotient respiratoire, la nature des aliments consommés et la quantité d'énergie dépensée par un organisme.

a. La valeur énergétique des aliments

La combustion de la matière végétale ou de la matière animale produit de la chaleur.

Cette chaleur représente l'énergie libérée par oxydation complète des molécules de matières organiques (glucides, lipides et protides).

Dans l'organisme, les mécanismes de l'oxydation sont très différents d'une combustion, ce pendant l'énergie libérée est la même que celle qui apparait dans les bilans d'oxydation complète.

On peut retenir les valeurs moyennes suivantes :

- Pour 1g de lipide, 38 KJ
- Pour 1g de glucide, 17 KJ
- Pour 1g de protides, 17 KJ

b. Le coefficient thermique de l'oxygène

Lors que l'organisme consomme 1L d'oxygène (O₂), il libère une quantité d'énergie qui varie selon le nutriment oxydé. On appelle coefficient thermique de l'oxygène par un nutriment donné, la quantité d'énergie libérée chaque fois qu'un litre d'oxygène est consommée.

- l'oxydation d'une mole de glucose libérant 2860 kJ, le coefficient thermique de l'oxygène pour le glucose est égale à :

$$\frac{2860}{6 \times 22,4} = 21,28 \text{ kJ}$$

- oxydation d'une mole de trioléine libérant 35160 kJ, le coefficient thermique de l'oxygène pour le trioléine est égale à :

$$\frac{35160}{80 \times 22,4} = 19,60 \text{ kJ}$$

La valeur de ce coefficient dépend donc du type d'aliment oxydé dans des cellules, le quel est indiqué par le quotient respiratoire. Pour un quotient respiratoire mixte de 0,82 à 1L d'oxygène consommé correspond une libération d'énergie de 20 KJ environ.

c. L'évaluation du métabolisme d'un animal

- Le métabolisme (du grec « métabole » signifie changement) est l'ensemble des transformations chimiques et énergétiques qui s'accomplissent dans les cellules d'un organisme. Ce terme désigne aussi la quantité globale d'énergie mise en jeu par ces transformations c'est-à-dire l'énergie dépensée par un organisme pendant un temps déterminé. On appelle métabolites les nutriments organiques qui interviennent dans le métabolisme cellulaire.
- Ainsi, connaissant la consommation d'oxygène (exprimée par l'intensité respiratoire IR) et le quotient respiratoire QR, il est possible de déterminer la quantité d'énergie libérée par les phénomènes respiratoires ; elle correspond à l'ensemble des dépenses énergétiques de l'organisme considéré.

Cette méthode d'évaluation indirecte du métabolisme, utilisée non seulement chez l'animal mais aussi chez l'homme constitue, la calorimétrie respiratoire.

Exemple de l'évaluation de métabolisme d'un rat :

- Condition de la mesure

Température ambiante : 18 °C, pression atmosphérique 745 mm de mercure ; animal normal actif dans l'enceinte respirométrique.

- Mesures respirométrique : masse de l'animal 150 g
- Consommation d'oxygène : 0,37 L/h. cette consommation, ramenée aux conditions normales (0°C et 760 mm de mercure), devient 0,341 L/h.

- Quotient respiratoire QR = 0,85. Ce QR correspond à un coefficient thermique de l'oxygène de 20,3 KJ.
- Calcul du métabolisme

La valeur du métabolisme de l'aliment est donc $20,3 \times 0,34 = 6,90$ KJ/h.

Si l'on ramène cette valeur à 24 h et à 1 kg « d'animal » cela donne

$$6,90 \times 24 \times \frac{1000}{150} = 1104 \text{ kJ}/24\text{h}$$

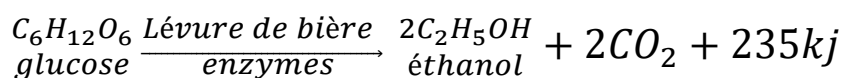
II. Les fermentations

Certaines cellules tirent leur énergie de la dégradation des métabolites par fermentation. Au cours de ce phénomène, il y a conversion progressive d'une partie de l'énergie potentielle des métabolites en énergie utilisable et en chaleur.

Les fermentations sont des dégradations incomplètes des substances correspondantes également à des réactions d'oxydoréduction. Elle commence toujours par le glucose (dégradation de glucose sous l'influence d'enzymes). Il existe quatre (4) types de fermentation.

1. La fermentation alcoolique

Les levures de bière transforment le glucose en alcool éthylique ou éthanol en milieu anaérobie.

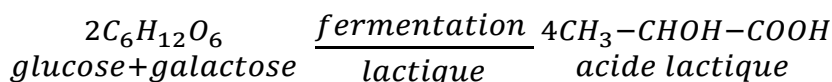
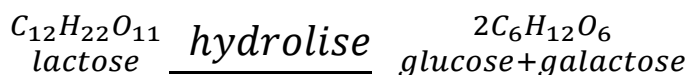
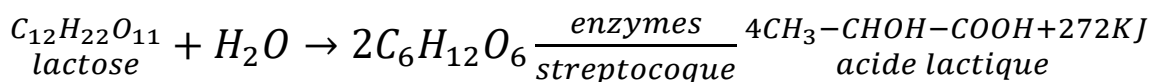


Une molécule de glucose libère 235 kJ, ici, le déchet est à la fois organique (éthanol) et minéral (dioxyde de carbone).

2. La fermentation lactique

Certaines bactéries (lactobacilles et streptocoques) transforment le lactose du lait en acide lactique.

La fermentation lactique s'observe aussi au niveau des muscles.

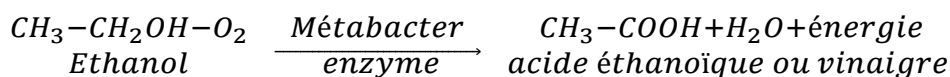


Dans ce cas, le déchet est également organique.

Ce processus est utilisé pour la fabrication du yaourt.

3. La fermentation acétique

Abandonné à l'air libre, toute boisson alcoolisée (vin) donne du vinaigre. L'éthanol est transformé en acide éthanoïque ou acide acétique par les bactéries acétifiantes.

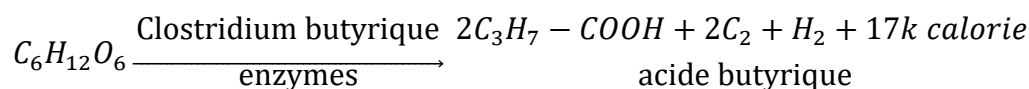


4. La fermentation butyrique

Certaines bactéries (*Clostridium butyricum*) attaquent les glucides avec production d'acide butyrique, comme le montre l'expérience suivante.

Dans une fiole munie d'un tube de dégagement, disposant des tranches de pommes de terre non épluchées remplir d'eau. Abandonner le tout pendant une semaine à la température ambiante.

Au bout d'un jour ou deux, le liquide se couvre d'une mousse abondante. Un mélange gazeux s'accumule peu à peu dans l'éprouvette. Une partie du gaz dégagé est absorbé par la potasse ; le reste est inflammable (H₂). Une odeur d'acide butyrique se dégage du liquide.



Les fermentations se déroulent donc; soit en anaérobiose (fermentation alcoolique, lactique et butyrique), soit en aérobie (fermentation acétique).

III. Fermentation et libération d'énergie

1. Caractères généraux des fermentations

- Toute fermentation est caractérisée par la présence de molécules organiques (éthanol, acide éthanoïque, acide lactique, acide butyrique...) parmi les « déchets » de la vie des cellules qui ne sont responsables.
- Les « déchets organiques » des fermentations sont une source d'énergie chimique potentielle ; ils peuvent par exemple être utilisés comme métabolite par d'autres microorganismes qui leur font subir une oxydation plus poussée.

2. Un « rendement » énergétique plus faible que celui de la respiration

Pour tout organisme vivant, le maintien de la vie est impérativement lié à une dépense d'énergie. Dans le cas des végétaux chlorophylliens, cette énergie est initiale et puisée dans l'énergie lumineuse au cours de la photosynthèse.

Dans un second temps elle est obtenue par transfert de l'énergie chimique contenue dans les molécules organiques synthétisées. Ce transfert se réalise au cours de processus de respiration et de fermentations.

Chez les êtres hétérotrophes, les molécules organiques constituent la seule source d'énergie.

Au cours de la respiration, les métabolites sont totalement oxydés dans les cellules. En revanche, au cours des fermentations, leur dégradation est incomplète et si une partie de leur énergie est libérée, la majeure partie se trouve dans les déchets.

La comparaison est aisée dans le cas de la levure de bière qui, selon les conditions de vie où elle est placée, utilise l'un ou l'autre des deux (2) modes de libération d'énergie.

Dans le cas de la respiration, la libération d'énergie potentielle contenue dans les molécules de glucose est totale (soit 2860 kJ) puis que le déchet, CO_2 et H_2O ont une énergie potentielle nulle.

Dans le cas de la fermentation, l'éthanol est riche en énergie : cela signifie que les cellules n'ont extrait qu'une petite fraction de l'énergie totale contenue dans la molécule de glucose (soit 140 kJ).

Ainsi, pour accomplir le même travail, la cellule qui fermente, consomme beaucoup plus de « combustible », par unité de temps et par unité de masse, que lors de la respiration. Le rendement de la fermentation est plus faible que celui de la respiration.

Conclusion :

La respiration d'un organe correspond à ses cellules : la respiration est un phénomène cellulaire. L'intensité respiratoire IR varie en fonction de différents facteurs et particulièrement de l'activité physique ; la respiration est donc liée à la production d'énergie. La connaissance du quotient respiratoire relève une variation d'échanges respiratoires en fonction des aliments ingérés.

Les fermentations diffèrent de respiration essentiellement par le fait que la dégradation des métabolites est incomplète. En effet, au cours des fermentations, les cellules vivantes utilisent l'énergie chimique potentielle d'une molécule organique en oxydant partiellement le carbone de celle-ci, ce qui a pour conséquence la libération d'une molécule organique (« déchet » de la fermentation) encore riche en énergie.

Ainsi, à masse égale de métabolite utilisé, la cellule libère beaucoup plus d'énergie par respiration que par fermentation.

Chapitre 4 : ALIMENTATION RATIONNELLE DE L'HOMME

Introduction

Les aliments sont pour tout organe animal, la source de matière et d'énergie. Ainsi pour établir les règles d'une alimentation rationnelle de l'homme, il convient d'évaluer au préalable ses besoins énergétiques et ses besoins en matière.

Les besoins tant de matière que énergétique, varie quantitativement selon l'âge, le sexe et l'activité de certains composants alimentaires sont indispensables au bon fonctionnement et au développement convenable de l'organisme. Il s'agit maintenant de tenir compte de toutes ces données pour assurer à l'organisme une alimentation rationnelle.

I. Connaître les besoins de l'organisme

Pour élaborer une ration, il faut connaître les besoins de l'organisme tant sur le plan qualitatif que sur le plan énergétique.

Ceux-ci sont généralement déterminés pour une durée de 24h.

La mesure de la quantité d'énergie produite par l'organisme en 24h, obtenue par les méthodes de calorimétrie indirecte, permet de connaître la quantité d'aliments énergétiques oxydés pour couvrir cette dépense. L'analyse des conditions de guérison de maladies par carence

alimentaire et l'expérimentation chez l'animal fournissent des précisions sur les besoins quantitatifs de l'organisme.

La méthode des bilans, qui consiste à comparer les sorties (urines, fèces) aux entrées, au niveau moléculaire comme au niveau alimentaire, renseigne sur certains besoins particuliers, eau, azote par exemple.

1. Les besoins matériels

a. Les besoins en eau

L'eau représente environ les 2/3 de la masse totale du corps humain. Les besoins en eau dépendent des pertes subies qui sont importantes : 1 à 1,5 L pour les urines et une quantité variable non seulement par sueur et les excréments mais aussi par la respiration sous forme de vapeur d'eau.

Les besoins journaliers sont environ 2,5 L. beaucoup d'aliments sont très hydratés et peuvent fournir à eux seuls 1L d'eau, le complément étant apporté par la boisson.

b. Les besoins en sels minéraux

De nombreux sels minéraux sont perdus par l'organisme dans l'urine, la sueur... selon la fonction remplie par les éléments qui les constituent, les besoins en seront variables. On les classe en deux (2) groupes :

- Ceux dont les besoins quantitatifs sont importants (sodium, potassium, calcium, phosphore, fer, magnésium) ;
- Ceux dont les besoins quantitatifs sont faibles, encore appelés les oligo-éléments (iode, cuivre, cobalt, manganèse, zinc...).

c. Les besoins en substances organiques

- Les protides assurent l'essentielle fonction de construction matérielle des cellules de l'organisme. C'est pourquoi les aliments riches en protides sont aussi « aliments bâtisseurs » ou « aliments plastiques ».

L'évaluation des pertes en azotes permet de dire que l'entretien d'un organisme adulte nécessite en moyenne 1g de protide/Kg de poids. Il est en même temps nécessaire de rester une certaine exigence de qualité en contrôlant que les a-a indispensables sont bien présents dans la ration.

- Les lipides sont partiellement des aliments plastiques puisqu'ils interviennent dans la construction des membranes des cellules. Ils doivent apporter obligatoirement les acides gras essentiels dont l'organisme ne sait pas la synthèse.

d. Les besoins en vitamines

Une ration alimentaire doit en fin fournir les différentes vitamines aux fonctions très variées.

1. Les besoins énergétiques

Les besoins énergétiques sont différents selon l'âge, l'activité physique, sexe etc. un adulte moyen sédentaire de sexe masculin de 1100 KJ par 24h. Etablir sa ration consiste à évaluer la quantité d'aliments énergétiques qui couvrent les besoins mais pas dans une proportion quelconque (55% glucides, 32% lipides, 13% protides).

II. Connaître la composition des aliments

Compte tenu de ces impératifs, on pourrait proposer pour un homme sédentaire, 70 kg environ, servant de référence, les quantités souhaitables des différents nutriments qui permettraient de couvrir ses besoins tant énergétiques que matériels ; mais, aussi que le fit remarquer le grand nutritionniste J. Trémolières : « l'homme ne consomme ni calories, ni protéines, ni thionine... mais du pain, riz et du fromage. ».

Il faut lui fournir des informations directement utilisables.

1. Les tables de composition des aliments

Pour établir une relation, il est d'abord utile de connaître la composition des aliments que l'on va choisir. Pour cela, il existe des tables fournissant leur composition moyenne. Elles sont indispensables au calcul des apports d'une ration alimentaire.

2. Les groupes d'aliments

Les aliments sont au nombre de plusieurs milliers ; pour proposer des rations types, il s'est avéré commode de grouper ensemble ceux qui présentent la même valeur nutritionnelle. Les groupes ainsi formés ne sont pas déterminés de manière gratuite. Ils regroupent les aliments selon leurs rôles essentiels qui dépendent de leur nutriment dominant et indique ainsi les possibilités d'équivalence : à l'intérieur d'un même groupe, les aliments peuvent se remplacer et ainsi permettre de varier l'alimentation.

III. Etablir une ration adaptée aux besoins

1. Les rations alimentaires équilibrées

Une ration alimentaire est l'ensemble des aliments ingérés journalièrement par un sujet. Une ration équilibrée est celle qui couvre les besoins matériels et énergétique de l'organisme sans excès ni défaut.

Pour qu'une ration respecte les besoins quantitatifs, il faut que l'apport alimentaire permette de compenser les pertes matérielles et énergétiques de l'organisme. Les diététiciens établissent ainsi des bilans : ils évaluent les pertes et indiquent la quantité d'aliments nécessaires pour la compenser.

Exemple : eau : 2,5 L /jr, lipides : 70 g/ Jr, glucides : 400g/ Jr, sels minéraux : 20g / Jr, protides : 70g / Jr.

2. Les caractères d'une alimentation rationnelle

La ration alimentaire quotidienne c'est-à-dire la composition de l'ensemble des repas d'une journée doit couvrir les besoins de l'organisme plutôt que de définir des « normes » ou des standards alimentaires », les nutritionnistes français emploient le terme « d'apports alimentaires conseillés ». Un des grands principes de diététique est d'adapter la consommation aux besoins de manière à maintenir l'équilibre. ainsi sont proposées des rations pour enfants, pour adultes sédentaires, pour sportifs, pour personnes âgées.

3. Quelques erreurs alimentaires

Afin de réaliser une éducation nutritionnelle de la population et d'atténuer les effets néfastes d'une alimentation « trop riche » en particulier dans ses conséquences cardio-vasculaires, les nutritionnistes publient des règles de diététique sous forme de slogans.

- ❖ Des erreurs alimentaires sont trop souvent commises. Elles portent sur le nombre de repas et leur répartition dans le temps :
 - Absence de petit déjeuner (essentiel pourtant avant une journée de travail),
 - Importance trop grande du repas de midi,
 - Prise de nourriture à de moments quelconques de la journée (« grignotage »),
 - Perturbations dues aux horaires de travail trop variable...

Ces erreurs peuvent aussi porter sur la quantité d'aliments ingérés. Ainsi certains nutriments sont fréquemment absorbés en quantité excessive ou insuffisante.

Par exemple, les Français consomment trop de graisse qui prédisposent aux maladies cardio-vasculaires, trop de sucre et trop d'alcool.

A l'opposé, depuis le milieu du 19^e siècle, on constate une désaffection injustifiée en vers le pain et les féculents.

4. Respect des besoins quantitatifs et qualitatifs

Il y a toujours dans un organisme une égalité entre les pertes et les gains, ce qui correspond au principe de conservation de l'énergie.

- Si l'apport alimentaire est excédentaire par rapport au besoin, il y a accroissement du stockage des produits de biosynthèse d'où une augmentation de la masse de l'organisme.
- Au contraire si l'apport alimentaire est insuffisant par rapport au besoin, l'organisme puise dans la réserve d'énergies potentielles représentées par les molécules qui constituent, il y a donc amaigrissement.

Alors il faut établir le bilan alimentaire. Dans l'organisme comme dans une entreprise, le bilan est obtenu en comparant les gains et les pertes : les gains correspondent à l'énergie fournie à l'organisme par la combustion ou oxydation des nutriments ; les dépenses correspondent à :

- L'énergie mécanique fournie sous forme de travail musculaire ;
- L'énergie nécessaire au transport des substances et aux biosynthèses.

Conclusion

Pour définir les règles d'une alimentation rationnelle, il est nécessaire de veiller à la satisfaction des besoins non seulement sur le plan énergétique mais aussi sur le plan quantitatif. Pour fournir toutes les substances utiles en quantité suffisante et équilibrée, les rations alimentaires doivent comporter des aliments variés.

Chapitre 5 : LE FLUX D'ENERGIE DE LA MATIERE DANS LES ECOSYSTEMES

Introduction

L'écosystème est l'unité d'organisation de biosphère. Chaque écosystème est constitué d'une biocénose et d'un biotope. Tous les écosystèmes ont un même plan d'organisation. Cependant, animaux et végétaux dépendent étroitement les uns des autres. Diverses relations s'établissent entre eux dont les plus évidentes sont les relations alimentaires. Tous les animaux se nourrissent à partir des végétaux et les végétaux à leur tour puisent dans le sol des substances minérales provenant de la minéralisation de la matière morte ; ainsi s'accomplit un cycle de la matière.

I. Les réseaux trophiques

On appelle réseau trophique un ensemble de chaînes alimentaires liées entre elles, présentes dans un milieu donné ou dans un écosystème.

En d'autre terme, un réseau trophique est formé de plusieurs chaînes alimentaires ayant des maillons communs. Une chaîne alimentaire ou une chaîne trophique est une suite ordonnée d'êtres vivants dans laquelle chaque individu mange celui qui le précède avant d'être mangé par celui qui le suit. Chaque individu de la chaîne est appelé maillon ou niveau trophique.

Le niveau trophique est la place qu'occupe un individu dans une chaîne alimentaire. On distingue trois (3) niveaux trophiques possibles : les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs.

1. Transfert et transformation de matière

Quel que soit le milieu étudié (forêt, prairie, lac, océan...) les êtres vivants (animaux, végétaux et bactéries), établissent entre eux des relations alimentaires fonctionnant sur un même schéma général :

- Tous les animaux se nourrissent en mangeant d'autres animaux ou des végétaux c'est-à-dire consomment de la matière organique provenant d'autres êtres vivants ; ce sont des êtres hétérotrophes.
- Les végétaux chlorophylliens et certaines bactéries vivent sans consommer de matières organiques ; ils fabriquent leur substance à partir de la matière minérale ; ils sont appelés autotrophes ce qui signifie qu'ils se nourrissent aux dépens du seul monde minéral.
- Les autotrophes sont les premiers maillons de toutes les chaînes alimentaires du réseau trophique fonctionnant dans le milieu ; c'est pourquoi on les qualifie de producteurs primaires. Les hétérotrophes, qui sont des consommateurs de matière organique, appelés producteurs secondaires.
- Parmi les hétérotrophes, certains êtres vivants (champignons, animaux du sol bactérie...) se nourrissent de matière organique morte. On les qualifie des détritivores, ils ne présentent pas de différence fondamentale avec les autres consommateurs de matières organiques.
- Dans tous les cas, de « mangeurs » en « mangé », on remonte toujours au même point de départ, celui des êtres vivants autotrophes qui sont le plus souvent les végétaux chlorophylliens.

Ainsi entre les êtres vivants s'établit :

- D'une part un transfert de matière d'un maillon à l'autre chaîne alimentaire ;
- D'autre part une transformation de matière ; la matière organique consommée par un animal est en effet digérée et assimilée pour constituer de nouvelles molécules caractéristiques de cet animal.

2. Recyclage de la matière

Parmi les consommateurs de déchets organiques et de matière organique morte, des bactéries et des champignons présents dans le sol ou dans la matière des feuilles réalisent la dégradation totale de la matière organique et sa transformation en matière minérale : ce sont des minéralisations. Par exemple substance azotées et amylacées sont dégradées par les bactéries ammonisantes et amylolytiques, cellulose et lignine par les champignons.

Ainsi s'accomplit le recyclage des différents éléments de la matière, les substances minérales obtenues étant à nouveau disponibles pour la nourriture des végétaux chlorophylliens.

II. Le flux d'énergie

1. Des capteurs d'énergie

Pour synthétiser leur propre matière organique à partir de la matière minérale, les végétaux chlorophylliens captent l'énergie lumineuse, fournie par le soleil, grâce à la chlorophylle.

La photosynthèse est donc à la fois une synthèse de molécules organiques et une conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

2. Des convertisseurs d'énergie

Les hétérotrophes puisent l'énergie dont ils ont besoin pour vivre uniquement dans les matières organiques synthétisées par les autotrophes.

Pour cela, ils dégradent une partie de leurs aliments par respiration ou par fermentation. L'énergie ainsi libérée est réinvestie lors de la synthèse de leur propre matière ou utilisée par toutes les autres fonctions nécessitant de l'énergie par exemple la production du mouvement. L'ensemble de synthèse s'appauvrit du point de vue énergétique.

En effet, chaque fois qu'un organisme prend un peu de poids donc fabrique un peu de substance, il perd en même temps beaucoup d'énergie, celle-ci étant dissipée sous forme de chaleur ou éliminée dans les déchets.

3. Des récupérateurs d'énergie

Des bactéries sont spécialisées dans la récupération des déchets organiques encore riche en énergie.

Elles transforment ces molécules organiques en molécules minérales beaucoup plus pauvres en énergie : c'est le cas de toutes bactéries minéralisatrices du sol qui produisent les substances minérales indispensables aux végétaux.

Ainsi, l'énergie solaire initialement piégée par les végétaux chlorophylliens est stockée sous forme d'énergie chimique puis transférée de maillon en maillon jusqu'à ce qu'elle soit entièrement consommée et restituée à l'atmosphère sous forme de chaleur. La biosphère est ainsi constamment traversée par un flux d'énergie.

III. Dissipation d'énergie dans un écosystème

L'énergie qui traverse l'écosystème dépend de la quantité d'énergie solaire fixée et convertie en énergie chimique par les autotrophes. On peut représenter schématiquement le transfert d'énergie dans un écosystème en évaluant, pour chaque niveau trophique, la quantité d'énergie produite par unité de temps (année) et par unité de surface (m^2).

Les consommateurs assurent le transfert de l'énergie dans l'écosystème. En effet, la masse totale des organismes, ou biomasse d'un niveau trophique représente une mesure de l'énergie accumulée à ce niveau sous forme chimique. A l'intérieur d'un niveau trophique, chaque niveau de consommation produit sa matière à partir de celle prélevée dans le niveau précédent. Le transfert de matière organique au sein d'un écosystème correspond à un déplacement d'énergie.

1. Les pyramides des biomasses et des énergies

Pour représenter de manière synthétique les relations entre les êtres vivants d'un écosystème, on peut utiliser des pyramides dans lesquelles chaque étage correspond à un niveau de production ou de consommation, appelé encore niveau trophique. Certaines pyramides correspondent aux biomasses, d'autres aux quantités d'énergie. Ces dernières fournissent une bonne représentation des pertes d'énergie qui accompagnent le passage d'un niveau à l'autre de la chaîne trophique.

2. Les cycles de matière

Pour chaque élément chimique (C, O, N, P, K, ...) intervenant dans la biosphère on pourrait construire un cycle. Nous nous contenterons ici de celui du carbone et celui de l'azote.

a. Le cycle du carbone

Dans la nature, il existe deux (2) formes de carbone :

- Le carbone minéral. Il s'agit de carbone atmosphérique (CO_2) et des carbonates dissous dans les roches calcaires ($CaCO_3$) et dans de l'eau (sous forme d'ions HCO_3^-).
- Le carbone organique. Il existe sous forme :
 - ✓ de molécules organiques : glucides, lipides et protéides ;
 - ✓ de combustibles dans les roches carbonées (pétrole, tourbe, houille).

Le passage du carbone minéral au carbone organique est réalisé au cours de la photosynthèse et de la chimiosynthèse.

Le passage du carbone organique au carbone minéral se fait au cours des combustions vives de la respiration et de la fermentation.

L'élément carbone, constituant essentiel de la matière vivante, est contenu dans quatre (4) grands réservoirs terrestres : l'atmosphère, l'hydrosphère (les océans et cours d'eau), la biosphère, lithosphère (roches et sédiments carbonés, combustibles fossiles).

Des échanges de carbone se déroulent entre ces réservoirs grâce au processus physico-chimique (diffusion, dissolution, et précipitation), entre l'atmosphère et les océans, et le processus biochimique (photosynthèse, respiration et fermentation), entre l'atmosphère et le monde vivant (biosphère).

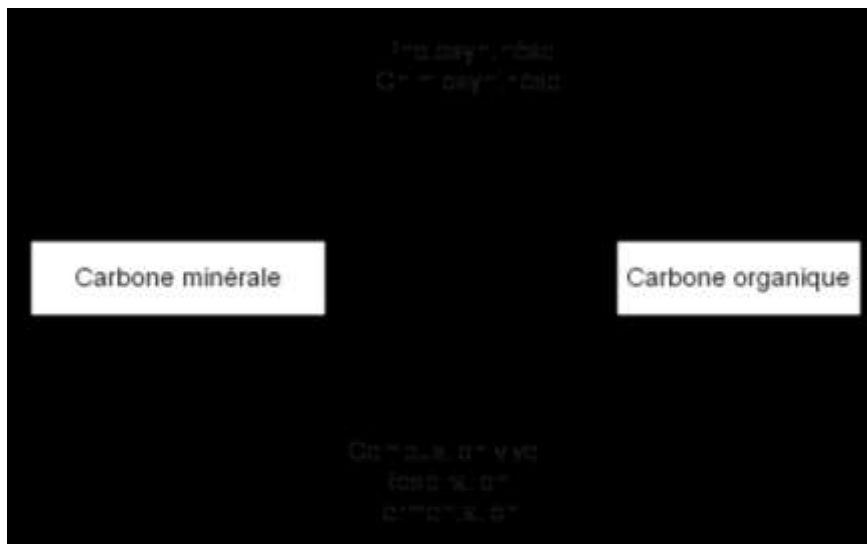


Schéma du cycle biogéochimique du carbone

a. Le cycle de l'azote

Le cycle de l'azote représente dans ses grandes lignes à celui du carbone puisque l'azote passe successivement d'un état minéral oxydé à un état organique réduit et vice- versa.

- Le passage de l'azote minéral à l'azote organique est réalisé par les végétaux chlorophylliens qui absorbent les nitrates du sol et par les bactéries fixatrices de l'azote atmosphérique.
- Le passage de l'azote organique à l'azote minéral est obtenu par action des micro-organismes (bactéries et champignons) qui minéralisent les substances azotées organiques.
- Une faible partie de l'azote organique est rapidement minéralisée : l'autre est stockée sous forme d'humus grâce au processus d'humification. L'humus constitue une forme de mise en réserve d'azote.
- Alors que tous les êtres vivants sont des minéralisateurs de carbone au cours des phénomènes de respiration ou de fermentation, seuls les micro-organismes assurent la minéralisation de l'azote. Leur rôle est donc fondamental dans le recyclage de la matière.

Conclusion :

Dans le fonctionnement d'un milieu, flux d'énergie et cycle de matière sont étroitement liés et soulignent les relations d'interdépendance qui existe entre les êtres vivants de ce milieu. Chaque catégorie d'êtres vivants, végétaux, animaux, bactéries et autres micro- organismes, y occupe une place et y assure une fonction spécifique.

L'établissement des bilans énergétiques et matériels de l'ensemble des êtres vivants permet de vérifier la conservation non seulement de la matière mais aussi de l'énergie dans l'ensemble d'un écosystème.

DEUXIEME PARTIE : LA DYNAMIQUE DU GLOBE TERRESTRE

Chapitre 6 : LA MOBILITE DE LA LITHOSPHERE

Introduction

La géodynamique externe désigne l'ensemble des forces mises en jeu et les mouvements qui résultent de l'action de ces forces dans les enveloppes externes.

Ces enveloppes, dites encore « superficielles », sont les plus légères de la terre : il s'agit des océans et de l'atmosphère. Composées de liquide ou de gaz, elles ont les propriétés d'un fluide, et présentant à ce titre une dynamique intense avec des mouvements très rapides. On associe fréquemment aux enveloppes externes l'ensemble des sédiments marins actuels qui tapissent les fonds océaniques et précèdent du couplage dynamique entre l'hydrosphère, la lithosphère continentale et la biosphère marine.

I. La structure du globe terrestre

1. La forme de la terre

Jusqu'à une époque récente, la forme de la terre n'avait été déterminée que par des méthodes de visées géodynamiques faites au sol, elle permettait d'obtenir les coordonnées de point de référence.

Aujourd'hui, les photographies prises par les satellites montrent d'une façon spectaculaire la sphéricité du globe terrestre. Elles montrent également l'abondance de l'eau, ce qui vaut souvent à la terre le nom de « planète bleue » : plus des deux (2) tiers de la superficie du globe (363 millions de km² sur une profondeur moyenne de 3,8 km, ce qui représente un volume d'eau 1350 millions de Km³).

Les mesures géodésiques et l'analyse de la trajectoire des satellites ont montré que la terre n'était pas parfaitement sphérique. Elle a la forme d'un ellipsoïde de révolution, c'est-à-dire quelle présente :

- Un léger aplatissement aux deux (2) pôles (rayon polaire : 6356, 7 km) ;
- Un léger renflement à l'équateur (rayon équatorial : 6378, 1 km).

2. La terre a une structure concentrique

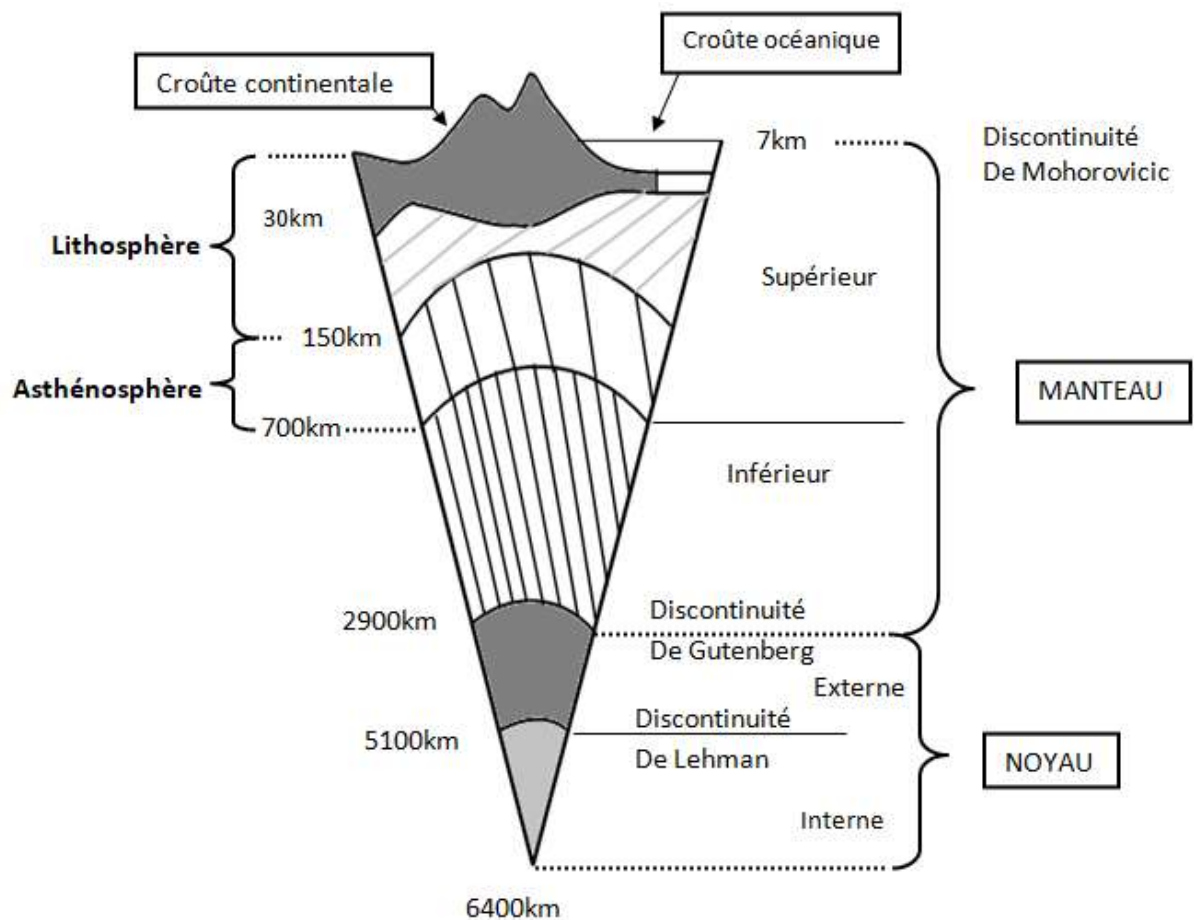
Seule la couche la plus externe de notre planète (sur 10^e de km $\approx$) peut être analysée directement à partir de forages. L'intérieur du globe ne peut donc être connu que par des méthodes indirectes.

a. Les méthodes d'étude

- L'astronomie fournit des informations sur la masse de la terre et donc sur sa densité.
- La cosmo chimie et l'analyse des météorites nous renseignent sur la nature possible des éléments chimiques qui constituent l'intérieur de notre planète.
- L'étude de la propagation des ondes sismiques fournit des conclusions importantes sur les propriétés physiques des zones internes du globe terrestre. En effet :
- Les ondes P (ondes premières) qui sont des ondes de compression- décomposition, se propagent aussi bien dans les solides que dans les fluides mais leur vitesse augmente avec la densité du matériau traversé ;

- Les ondes S (ou ondes secondes), qui sont des ondes de cisaillement, ne se propagent dans les fluides.

b. Des surfaces de discontinuité



Coupe schématique de la structure interne du globe terrestre

Les apports des différentes sciences ont permis d'établir, pour l'intérieur du globe, un modèle de structure, en couches concentriques de densité croissante de la périphérie vers le centre.

Il existe trois (3) couches principales aux compositions chimiques très différentes :

- La croûte terrestre, essentiellement silico-alumineuse mais également riche en calcium, sodium et potassium ;
- Le manteau, constitué principalement de silicates Ferro- magnésiens ;
- Le noyau, essentiellement formé de fer, qui contiendrait également, en quantité moindre, du nickel et d'autres éléments plus légers (5 à 10% de sa masse). $d= 11$.

La variation de la vitesse de propagation des ondes sismiques ont permis de subdiviser ces couches principales en sous couches et de mettre en évidence des discontinuités majeures au niveau des quelles la vitesse des ondes subit une variation brutale.

- Une première discontinuité, située en moyenne en 6 Km sous le plancher des océans et 50 km sous les continents, est une discontinuité essentiellement chimique : le Moho (Mohorovicic) ; il marque la limite entre les deux (2) couches solides (croûte et manteau supérieur) qui constituent ensemble la lithosphère.

- Sous la lithosphère (entre 70 et 200 km de profondeur en moyenne) les ondes sismiques sont freinées. Ce ralentissement s'explique par la présence d'une couche de matériaux de rigidité moindre, l'asthénosphère.
- Au-delà de 200 km, dans le manteau inférieur, l'accélération des ondes se poursuit jusque vers 2900 km de profondeur ; la vitesse des ondes P dépasse alors 13 km/s.

A ce niveau la discontinuité de Gutenberg marque la limite entre le manteau et le noyau : c'est à la fois une discontinuité chimique et une discontinuité physique (le manteau inférieur est solide alors que le noyau externe se comporte comme un fluide puisqu'il ne permet pas la propagation des ondes S).

- Une dernière discontinuité vers 5100 km de profondeur, la discontinuité de Lehmann sépare le noyau interne (ou graine) du noyau externe :

Ces deux (2) couches du globe ont la même composition chimique mais des propriétés physiques différentes (le noyau interne est solide alors que le noyau externe est fluide).

c. Les propriétés physiques des différentes enveloppes du globe terrestre

D'une manière générale, la pression et la température augmentent avec la profondeur. La distinction connue croûte- manteau- noyau peut à présent être affinée :

- La croûte située entre 0 et 30 km en domaine continental et entre 0 et 7km en domaine océanique : elle est séparée du manteau par la discontinuité de Moho. La croûte océanique est plus dense (2,9) que la croûte continentale (2,7).
- Le manteau lithosphérique (jusqu'à 100 km). Il forme avec la croûte la lithosphère de densité= 3,3. La lithosphère a un comportement rigide.
- L'asthénosphère (de 100 à 700 km). Sa densité = 3,5, la discontinuité avec la lithosphère est thermique. L'asthénosphère est ductile c'est-à-dire qu'elle répond aux contraintes tectoniques sans se casser.

Le manteau lithosphérique et l'asthénosphère forment le manteau supérieur.

- La mésosphère ou manteau profond (de 700 à 2900 km). Sa densité= 11. Il est liquide et est séparé du manteau par la discontinuité de Gutenberg.
- Le noyau interne ou graine (de 5100 à 6370km). Sa densité = 14. Il est solide et séparé du noyau externe par la discontinuité de Lehmann.

II. Origine de l'énergie interne du globe terrestre

La terre possède de l'énergie interne qu'elle dissipe dans l'atmosphère sous forme chaleur : c'est une planète active.

Les séismes et les éruptions volcaniques sont deux (2) exemples de brusque manifestation d'une libération d'énergie interne.

1. La chaleur initiale ou chaleur d'accrétion

Cette chaleur a été créée et emmagasinée lors de l'accrétion des particules célestes qui a conduit à la formation de la planète et cette chaleur continue à se dissiper lentement.

Elle est estimée à une proportion comprise entre $\frac{1}{4}$ et la moitié de l'énergie interne totale.

Certains éléments radioactifs continus dans le globe terrestre tels que : l'uranium (^{235}U et ^{238}U), le thorium (^{232}Th) et le potassium se désintègrent et produisent de l'énergie, on parle de radioactivité ou la désintégration des isotopes radioactifs.

2. La dissipation de l'énergie interne

La dissipation est la perte de l'énergie contenue dans le globe terrestre. Cette dissipation se fait de manière brutale (seisme) ou lente (conduction de la chaleur par des matériaux de l'intérieur vers l'extérieur).

Au niveau de la lithosphère, la dissipation géothermique se fait par simple conduction, sous forme d'un flux de chaleur. La température est plus importante en profondeur qu'en surface et, à un même niveau, plus importante dans les zones actives.

Au niveau de l'asthénosphère, la dissipation de la géothermique se fait par convection mantellique, par transport de matière. La matière chaude de faible densité remonte vers la surface, perd de l'énergie, se refroidit, devient plus dense et redescend par gravité dans l'asthénosphère et se réchauffe à nouveau et le cycle recommence.

III. Mobilité des continents

La pensée sur la mobilité verticale de la croûte continentale est admise depuis le siècle dernier ; celle d'une mobilité, horizontale des continents a été formulée au début du siècle par Wegener.

Cette théorie longtemps combattue par les géologues du monde entier est finalement prouvée de manière irréfutable, à la fin des années 50 par le paléomagnétisme.

1. La mobilité verticale

L'exemple le plus spectaculaire d'une mobilité de la croûte continentale est observable en Scandinavie dont certaines zones se sont soulevées de plus de 400 m depuis 12000 ans.

Mais il existe d'autres preuves de cette mobilité verticale. C'est le cas par exemple des bassins sédimentaires subsident dont le fond s'enfoncer au fur et à mesure que se déposent des sédiments sous une faible épaisseur d'eau comme l'attestent l'épaisseur des dépôts et les fossiles qu'ils contiennent.

2. Une mobilité horizontale

Jusque vers les années 1950, la plupart des géologues (mis à part quelques précurseurs comme Wegener) n'admettaient pas une mobilité horizontale de la croûte terrestre ; ils pensaient que les continents étaient immobiles depuis leur formation. Ils pensaient également que la croûte océanique ne subissait aucune modification car, submergée, elle était protégée par des agents d'érosion. Ainsi, les fonds océaniques, recevant les produits de l'érosion continentale depuis l'origine de la terre, devaient posséder des sédiments vieux de plusieurs milliards d'années.

A partir des années 1960, une véritable révolution qui s'opère dans les sciences de la terre révèle que les faits précédents sont faux :

- Les progrès dans l'étude du magnétisme des roches montrent de manière irréfutable une dérive des continents ;
- Les progrès de l'océanographie prouvent que la croûte océanique n'est ni vieille (230 millions d'années au maxi), ni inerte (car elle est en perpétuel mouvement).

3. Une lithosphère qui « flotte » sur l'asthénosphère

Pour expliquer cette mobilité horizontale et verticale de la croûte terrestre, les géologues ont été amenés, à partir des données sismiques, à concevoir un ensemble rigide, la lithosphère (formée par la croûte et le manteau supérieur) d'une épaisseur, d'une centaines de km, « flottant » sur une couche présentant une moindre rigidité, l'asthénosphère.

Le soulèvement de Scandinavie s'explique par un réajustement isostatique : la lithosphère, moins dense dans son ensemble que l'asthénosphère, a été enfoncée dans celle-ci de quelques centaines de mètres lorsqu'elle était recouverte d'une épaisse calotte glaciaire ; quand cette dernière a brutalement fondue vers – 12000 ans, Scandinavie a commencé une très lente remontée.

L'asthénosphère joue également un rôle fondamental dans la mobilité horizontale des continents : elle sert de « glisseur », comme nous le verrons dans d'autres planètes.

Conclusion

L'astronomie, la cosmo chimie, la géochimie, la géophysique et autres ont permis de mieux connaître la structure et la composition de notre planète. La terre est formée d'un empilement concentrique de couches de plus en plus denses depuis la périphérie jusqu'au centre : la croûte, le manteau inférieur, le manteau supérieur, le noyau externe et interne.

L'analyse des ondes de la vitesse de propagation des ondes sismiques a conduit à une découverte fondamentale : il existe partout, sous la lithosphère solide, une couche présentant une moindre rigidité, l'asthénosphère. Celle-ci permet d'expliquer à la fois la mobilité verticale et mobilité horizontale de la croûte terrestre.

Chapitre 7 : LA FORMATION DES OCEANS

L'océan se définit comme une étendue d'eau salée couvrant la majeure partie de la terre. Il y a quinze (15) milliards d'années par un grand « Bang » à l'origine de notre univers dans une portion de galaxie. Voici 4, 5 milliards d'années s'est formé le système solaire où l'apparition de l'eau liquide à la surface, la planète terre est devenue « planète bleue » ou planète océanique qui est dû à la présence des océans. Pour cela, qu'en pensez-vous de la formation des océans ? Par rapport à la problématique, notre travail sera éclairé dans les lignes suivantes.

I. L'origine des océans

1. Le dégazage

Les scientifiques ne sont pas encore unanimes aujourd'hui en ce qui concerne l'origine de l'eau. La plus part pense que cette eau vient des météorites, des chondriosomes carbonées plus exactement. Elles peuvent renfermer jusqu'à 10% des eaux. Tombées en abondance à la fin de la formation de la planète, elles auraient transportées suffisamment d'eau pour transformer la planète. D'autres pensent que l'eau provient des comètes, des agrées composés de 80% de glace et de poussière qui se sont écrasées sur terre. Après la formation de notre planète il y a 4, 5 milliards d'années, la terre est très chaude en son cœur, les pressions et la chaleur sont telles que des mouvements de convection se créent entre la surface et les profondeurs. Des volcans apparaissent, qui laissent échapper beaucoup de chaleur et de gaz.

L'eau alors présente sous forme gazeuse dans les différentes enveloppes de la terre, aurait été diffusée dans l'atmosphère au gré des éruptions volcaniques.

2. Vapeur devenue liquide

D'ailleurs, plusieurs de ces phénomènes sont conjointement à l'origine de l'eau. Mais quel que soit le moyen de transport, l'eau s'est d'abord répandue sur terre sous forme gazeuse. Si l'on tient l'hypothèse du dégazage, l'ensemble fournie par la terre entraîne un volcanisme important qui a permis à l'eau devenue de la glace des comètes ou des météorites, elle s'est d'abord liquéfiée et évaporée à cause des conditions de température puis est restée sous forme de vapeur retenue par l'atmosphère protectrice.

3. Des millions d'années de pluies

Il y a 4,5 milliard d'années, la température s'est refroidie et la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère s'est peu à peu condensée, les épaisses couches nuageuses ont alors recouvert la planète. Pendant des millions d'années, un déluge de pluie torrentielle s'est abattu sur la terre, l'eau resté liquide grâce à la baisse de la température se répand alors sur la planète formant les océans.

Le climat variant peu, ces océans se maintiennent et dissolvent une grande partie du CO₂ atmosphérique. Sous l'effet de la disparition des gaz à effet de serre que sont vapeur d'eau et CO₂, la température de la terre s'est équilibrée à un niveau actuel préservant une hydrosphère liquide importante propice à l'apparition de la vie.

II. La formation des océans

1. Du rift à l'océan

Les océans ne sont pas seulement des étendues d'eau immuables. Leurs surfaces varient dans le temps selon que les continents portés par les plaques lithosphériques qui se rapprochent ou s'éloignent.

Ainsi, un océan peut naître d'une fracture ouverte dans un continent grandi, puis se referme pour disparaître complètement.

La mer rouge est un océan jeune né il y a vingt millions d'années cette époque, l'Arabie Saoudite et l'Afrique étaient soudés. L'océan Atlantique est arrivé à maturité mais il continue d'éloigner l'Amérique, l'Europe et l'Afrique de quelques centimètres par an. La mer méditerranée est une étendue océanique, en train de se refermer par rapprochement de l'Afrique et de l'Europe. Enfin, des océans ont disparu, c'est le cas de la Téthys.

2. Exemple des océans

Au début, une remontée de magma issu du manteau terrestre provoque un bombement de la croûte terrestre. Celle-ci se fracture en de longues failles normales qui se dessinent une vallée. C'est le stade de « rift continental » donc l'exemple le plus connu est le grand rift dans l'Est de l'Afrique. Mais il existe d'autre comme celui du lac Baïkal en Russie, du Rio Grande des Etats-Unis ou encore du fossé Rhénan en France. Le magma continue à s'accumuler, sa pression qui augmente les séismes, qui ouvrent de nouvelles failles. La lave basaltique finit par frayer un passage dans ces fractures et pour valoir la vallée du rift, construisant ici et là des clôtures volcaniques. C'est le stade du « rift océanique », un tel rift est observable dans le triangle des africains (République du Djibouti) où l'altitude moyenne se situe à plus de cent mètres au-dessus du niveau de la mer. L'injection de lave écartement ensuite progressivement le bord du rift, qui évolue en dorsale : il y a création de croûte océanique avec un plancher basaltique et un envahissement par la mer.

3. Exemple de la mer rouge

Le modèle scientifique actuel de l'ouverture océanique peut-être représenté ainsi :

Un rift se met en place dans un contexte continental en extension, ce qui traduit morphologiquement par une fosse d'effondrement linéaire, dont les dimensions peuvent atteindre quelques dizaines de kilomètres de large et de plusieurs centaines de kilomètres de long. Il s'ouvre à la plombe d'une zone chaude au gradient géométrique élevé comme celui des dorsales. Cette dispersion allongée est limitée par des failles normales qui résultent de déformation cassantes et entre lesquelles se trouvent des zones de fracturation secondaires importantes. La gravité entraînant vers le bas des blocs lithosphériques remonte du fait de l'équilibre isostatique de la terre. Il est renfermé au début du secondaire (il y a 240 millions environ d'années) par subduction (prolongement) sous la partie la plus orientale de l'Eurasie. La collision qui en est suivie est à l'origine des chaînes de montagne, appelées parfois méridiennes.

Conclusion

Les océans, vastes étendues d'eau à l'origine provenaient du dégazage, du passage de la vapeur d'eau dans l'atmosphère liquéfier après sous forme de pluie tombée pendant des millions d'années. Ils peuvent naître d'une ouverture de fracture d'une plaque et disparaître lorsque celle-ci se referme, leur formation est ainsi liée à la tectonique des plaques.

Chapitre 7 : LA THEORIE DE LA TECTONIQUE DES PLAQUES

Introduction

Selon la théorie de la tectonique des plaques, la surface de la terre est découpée en douze plaques principales appelées tectoniques des plaques. Ces plaques rigides bougent les unes par rapport aux autres sous l'effet des forces provenant des forces du centre de la terre. Les limites de ces plaques sont des zones d'activités tectoniques où les éruptions volcaniques et les séismes sont fréquents.

Définition

La tectonique des plaques caractérise l'ensemble des mouvements plus ou moins rigide constituant la lithosphère terrestre. Elle traduit en surface les mouvements de convection ayant en cours le manteau terrestre une plaque est une vaste zone « tranquille » peu ou pas active. Elle est séparée des plaques voisines par des zones actives étroites marquées par une sismicité ou volcanisme.

I. Les premiers éléments de la théorie

Bien que la révolution scientifique a apporté la théorie des plaques ne soient que très récemment de la pensée géologique (Dans les années soixante et soixante-dix), les bases de cette théorie ont été établies dès le 17^{ème} siècle par des observations diverses. On retiendra les travaux du Géologue New-Yorkais JAMES HALL, qui avait observé que les couches sédimentaires s'accumulées dans les chaînes étaient au moins dix fois épaisses que dans les régions voisines, bassins, plaines et plateaux continentaux et terrestres. Ces observateurs jetèrent les bases des théories des géosynclinaux anciens, plissés, solidifiés et consolidés. L'autre découverte du 19^{ème} siècle reposait sur l'existence d'une chaîne de montagne de l'océan Atlantique.

Dans la période de 1908-1912, différentes théories ont été proposées. Dans son article apparu en 1910, où il se fondait sur l'observation des chaînes de montagne du tertiaire, F.B Taylor

expliquait que certains continents étaient autrefois réunis. Frappé par le remarquable ressemelage, des profils côtiers et de part et de l'Atlantique, l'Allemand Alfred Wegener qui avait une formation de météorologiste émit l'idée. Il publia en 1912 deux articles qui constituent les bases de la théorie de la tectonique des plaques. Dans ces articles et ouvrage paru en 1915, il imaginait la dérive et la rupture d'un super continent, la Pangée en plusieurs plaques, elle-même entraînée dans une dérive et des collisions, entraînant la formation des chaînes de montagne comme l'Himalaya. Les travaux géophysiques sur la densité de la terre et les observations des spécialistes en pétrologie avaient précédemment montré (notamment la géologie viennoise Eduard Suess 1909) que la croûte terrestre consistait mentaux différents en équilibre « isostatique » : le sima riche en silice et en magnésium l'équivalent au basalte de la croûte marine ; flottant par-dessus le sima, le sial riche en silice et en aluminium, habituellement granitique et caractéristique de la croûte continentale. Dans le cas de l'isostasie Wegener pense que les continents sialiques pouvaient se délasser horizontalement sur la couche de sima comme des icebergs sur l'eau. Cette explication se révéla partiellement fausse ; les progrès sismologique permirent de définir la stratification du globe en lithosphère et asthénosphère noyau externe et interne et de montrer que le manteau n'est un liquide mais un solide.

II. Arcs volcaniques et subduction

Dans les années trente, le sismologue japonais K. Wadati a montré par une cartographie précise des foyers sismiques au Japon que les profondeurs des séismes augmentaient d'Est à l'Ouest de façon régulière. Dans les années soixante, les travaux de H. Bénioff sont venus confirmer l'idée d'un regroupement des séismes selon un plan incliné et leur disparition vers 700 Km de profondeur. Ce plan est aujourd'hui appelé le plan « Wadati-Bénioff » : il est bien évidemment associé étroitement au phénomène de subduction qui met une plaque, la plaque plongeante sous tension. On sait aujourd'hui que les plans de Wadati-Bénioff ont des géométries variables parfois des pendages faibles (Aléoutiennes) ou des pendages très forts pouvant atteindre 80 degrés (Îles Kermadec).

Aujourd'hui l'existence de plans de subduction ont été mise en évidence du Pacifique en mer Egée dans les Antilles, en Amérique centrale etc. Ces zones de subduction constituent une zone de trois types de frontières entre les plaques tectoniques. Elles correspondent à la convergente entre deux plaques et au prolongement de l'une sous l'autre comme par exemple en Amérique centrale où la plaque Cocos s'enfonce sous la plaque Amérique du Nord. Les zones de subduction sont en générales caractérisées par un volcanisme très explosif et une sismicité intense. L'ensemble de ces ceintures révèle un système important de la faille parallèle au système général des chaînes de montagne. Après une période où l'énergie s'est accumulée, un mouvement sur une des failles peut se déclencher soudainement et produire en surface un déplacement de quelques centimètres à plusieurs mètres : C'est le séisme. On trouve des telles failles au Chili, en Alaska, au Japon, en Taiwan, aux Philippines, en Nouvelle Zélande à Sumatra parce qu'elle est continuellement recyclée, aucune partie de la croûte océanique n'a plus de 200 millions d'années.

Pendant la subduction, la croûte océanique et les sédiments qui la recouvrent s'enfoncent lentement vers le manteau et fond le magma qui se forme alors remonte du plan de subduction vers la surface et donne naissance au volcanisme (« Andésitique » L'andésite est une roche volcanique présente dans la cordillère des Andes, de composition chimique intermédiaire).

III. Théorie de Wegener

Le concept de la tectonique des plaques (ou initialement dérive des continents) a pour la première fois été défini en 1912 par Alfred WEGENER à partir de considération d'ordre cartographique structurel, paléontologique et paléo climatique.

Cependant, il n'a été accepté de tous plusieurs décennies plus tard, après sa vérification par diverse observation dans les années 1960 et aujourd'hui, les déplacements des continents à la surface de la terre de l'ordre de quelque centimètre par an sont mesurés avec précision à la technologie GPS.

IV. Les frontières des plaques tectoniques

Il trois types de frontières entres des plaques tectoniques :

➤ Frontière divergence située au fond des océans au niveau des dorsales océaniques. Cette frontière se forme lorsque les plaques s'éloignent l'une de l'autre créant une fosse appelé RIFT. Cette fosse est comblée par le magma provenant des éruptions volcaniques sous-marines, il se forme ainsi une nouvelle croûte océanique. Cette frontière est la plus important sur la terre.

➤ La frontière convergence se forme quand les plaques se rencontrent. Cette convergence est la principale cause de la formation des chaînes de montagne, des volcans et des tremblements de terre.

➤ La frontière transformante (ou décrochante) se forme quand deux plaques se glissent l'une contre l'autre, ce qui entraîne une fissure dans la croûte terrestre appelée faille. L'une des failles la plus spectaculaire est celle de San Andreas en Californie (USA) qui mesure presque 1000km.

V. La vitesse du déplacement des plaques

Les plaques tectoniques se déplacent seulement à quelques centimètres par an. Ce mouvement est très lent mais à l'échelle géologique (plusieurs millions d'années). Ce déplacement est égal à plusieurs milliers de Kilomètres.

Ce déplacement de la plaque à l'échelle du globe terrestre est appelé dérive des continents en raison de ce mouvement continu, l'apparence de la surface de la terre a beaucoup changé depuis sa formation.

VI. La classification des plaques tectoniques

Il y'a 250 millions d'années, il y'a qu'un seul océan appelé PANTHALASSA. Il y' a 165 millions d'années, le continent de la Pangée s'est cassé en plusieurs morceaux, l'Amérique est allé vers l'Ouest tant disque les autres continents ont dérivé vers le Nord du globe terrestre. Les continents ont continué à se déplacer jusqu'à rejoindre la position qu'ils occupent aujourd'hui, ils ne s'arrêteront de bouger lorsque l'activité interne de la terre cessera.

Conclusion

Dans les années 1929, la dérive des tectoniques de plaques ou la théorie des tectoniques des plaques a été inventé par les géophysiciens Alfred WEGENER qui a constaté qu'il y'a des mouvements des plaques tectoniques qui se caractérisent par déplacement des plaques en quelques centimètres par an. Ces plaques s'écartent au niveau des dorsales océaniques dû à l'apparition de certain phénomène tel que la formation des chaînes de montagnes

Chapitre 8 : LE MAGMATISME

La terre est l'une des huit planètes du système solaire, elle est constamment en activité. Le magmatisme est l'ensemble des phénomènes géologiques liés à l'activité interne du globe qui se manifeste par la montée du magma jusqu'à la surface par son intrusion dans l'épaisseur de l'écorce ou il se consolide et a des profondeurs variables. Aussi, le magma est quantité de matières incandescentes, complètement ou partiellement fondues, que l'on trouve dans ou sous l'écorce terrestre. Autrefois ces phénomènes ont été longtemps considérés par des hommes comme des phénomènes surnaturels. En réalité la température et la composition de certains magmas qu'ils ont une origine beaucoup plus profonde c'est par fusion qu'ils deviennent ces magmas.

I. Formation des MAGMAS

1. Origine du magma

Le magma correspond à la fusion d'une partie des roches du manteau ou de la croûte terrestre puis une cristallisation de certains minéraux. Il peut être formé par l'action d'une source de chaleur interne ou par métamorphisme très évolué. Le magma obtenu dans ce dernier cas est appelé anatexique. Il est toujours en cristal.

2. Mécanisme de fusion

Ils sont commandés par les conditions de températures et de pression qui règnent en profondeur aussi par la présence de l'eau. Dans les conditions normales il ne peut y avoir les fusions de roches solides. C'est pourquoi les manteaux et les croûtes sont constitués des roches solides. Toutefois, dans certains endroits les plus liés de la tectonique des plaques, les conditions sont modifiées et permettent la fusion des roches locales. Chaque minéral possède une température de fusion qui lui est propre. Les roches étant constituées de minéraux, sa température de fusion dépendra de sa composition. La présence d'eau (dans des minéraux hydratés par exemple) permet de distinguer cette température de fusion. Elle joue un grand rôle dans la formation des magmas.

Les magmas sont moins denses que les roches qui les entourent, ils tendent à remonter vers la surface de la terre. Sous cette poussée d'Archimède, les pressions fortes du magma sur les roches des manteaux entraînent la formation des fractures par lesquelles les magmas montent vers la surface, au fur et à mesure qu'ils rapprochent de la surface la température des roches qu'ils traversent diminue de plus, les magmas en s'éloignent de leur lieu de formation, et donc de la source de la chaleur, vont progressivement refroidir.

3. Classifications des magmas

Il existe grossièrement deux grands types de magma : granitique et basaltique. Un magma granitique est un magma formé par fusion des roches en silice, il est épais et visqueux. Un magma basaltique, moins riche en silice sera beaucoup fluide. Quand un magma granite remonte vers la surface, il se solidifie généralement en profondeur car la température devient vite insuffisante pour maintenir à l'état liquide. C'est pourquoi les granites se forment exclusivement en profondeur.

La température de solidification d'un magma basaltique étant beaucoup plus forte que celle des magmas granitiques (1200 degrés en surface contre 900 degrés). Les magmas basaltiques arrivent le plus souvent à l'état liquide à la surface. Ils donnent alors des éruptions. C'est un magma de ce type que l'on rencontre dans les volcans.

4. Les caractéristiques d'un Magma

Les caractéristiques d'un magma influencent son comportement notamment sa viscosité : la viscosité d'un magma facilite sa remontée vers la surface au travers des fissures. La viscosité d'un magma dépend de :

- Sa température (plus c'est chaud, plus c'est fluide)
- La teneur en eau qui facilite l'hydrolyse de la silice et donc la fluidification du magma
- La teneur en gaz (plus il y a le gaz, plus c'est fluide). Cette caractéristique est l'origine de la nature explosive et effusive des volcans.
- L'acidité du magma (plus le magma est basique, c'est-à-dire de moins de moins riche en silice, plus il est fluide).
- La présence de Na, Ca, Mg, Fe qui permettent la formation de petites chaînes et renforcent donc la fluidité.

Lors de sa remontée vers la surface, le magma peut s'accumuler à certains endroits du manteau ou de la croûte : ce sont des chambres magmatiques.

5. La cristallisation

Au fur et à mesure de la cristallisation d'un magma, il y a transformation de sa composition chimique. Ainsi, un même magma peut fournir une succession des roches différentes déterminées par une série magmatique. Selon la taille des cristaux dans une roche magmatique, il est facile de connaître son temps de refroidissement et donc son lieu de refroidissement.

II. Les roches magmatiques

Les roches magmatiques ou roches ignées (anciennement roches éruptives) se forment quand un magma se refroidit et se solidifie, avec ou sans cristallisation complète des minéraux les composant. Cette solidification peut se produire :

En profondeur, cas des roches magmatiques plutoniques dites intrusives. A la surface, cas des roches magmatiques volcaniques dites intrusives ou effusives. Dans tous les deux cas, les roches magmatiques sont qualifiées d'endogène car formées en profondeur, par opposition aux roches exogènes (telles les roches sédimentaires, les roches métamorphiques). Les roches volcaniques ne sont que trempées à la surface, la cristallisation s'effectue bien en profondeur.

1. Les roches magmatiques plutoniques

Les roches magmatiques plutoniques se forment par refroidissement lent d'un réservoir de magma dans les profondeurs de l'écorce terrestre. C'est la lenteur du refroidissement (typiquement plusieurs dizaines de milliers d'années) qui permet la formation des gros cristaux (au minimum visible à l'œil nu) : on dit que la roche a une structure grenue.

2. Les roches magmatiques volcaniques

Elles résultent du refroidissement du magma en deux temps : un refroidissement lent dans la chambre magmatique qui engendre des cristaux, puis un refroidissement rapide à la surface du globe qui est responsable de la texture microlitique. Ainsi, un magma peut selon les conditions de cristallisation, engendrer une roche à structure microlitique. Pour cette raison les géologues classent les roches magmatiques d'après leur chimisme mais, pour chaque composition chimique, on trouve toujours deux noms : un pour les roches à structure grenue, un pour la roche à texture microlitique.

III. Le volcanisme

Un volcan est un lieu où du magma parvient à la surface du globe terrestre de façon intermédiaire et continue. Cette définition obligatoire très large recouvre en fait une très grande diversité d'appareil volcanique qui est eux même le siège d'éruption très variées.

1. Les types de volcans.

Avant la découverte récente de l'importance du volcanisme sous-marin, on avait subdivisé les volcans émergés en quatre types principaux.

- Le volcanisme Hawaïen caractérisé par l'émission de laves fluides qui s'écoulent sur des grandes distances et qui donnent au volcan la forme d'un cône très aplati ;
- Le volcanisme strombolien ou les coulées moins fluides alternent avec des projections des bombes de lave solide, l'ensemble donnant une pente plus forte que le volcan hawaïen ;
- Le volcanisme vulcanien, beaucoup plus explosif que le précédent, émettant essentiellement des produits solides dans lesquels les cendres l'emportent largement sur les bombes. Elles se caractérisent par des explosions violentes et dangereuses ;
- Le volcanisme peléen se caractérisant par des explosions d'une extrême violence avec production d'une nuée ardente (mélange de gaz et des laves incandescentes) puis, donc une deuxième phase) l'extrusion des laves très visqueuses qui forment une aiguille ou un cumulus dôme à la sortie cheminée volcanique.

Cette classification avait un double inconvénient :

- L'assimilation d'un édifice volcanique à un type d'éruption alors qu'un même volcan peut être le siège de plusieurs types d'éruption ;
- L'absence de critères quantitatifs dans le temps et dans l'espace.

2. Quels sont les types de volcans

Les volcans n'ont pas tous les mêmes types d'éruption, ni les mêmes types de lave. On classe habituellement les volcans en deux catégories en fonction du degré explosif du volcan et de la fluidité (écoulement régulier) de lave :

- Les volcans de type effusif (ou volcans gris), sont caractérisés par des coulées très fluides qui parcourent des grandes distances ; il y a peu de projections et le danger est limité par la population ; le temps de repos entre deux éruptions est de quelques années.
- Les volcans de types explosifs (ou les volcans rouges) caractérisés par des laves visqueuses très fluides ; les projectiles et les jets de gaz peuvent monter jusqu'à plusieurs mètres de hauteur ; les coulées de boues et de cendre chaudes sont très dangereuses pour les hommes, le temps de repos entre deux éruptions est de plusieurs centaines d'années.

3. Où se trouvent les volcans sur la terre ?

Les volcans sont situés à trois endroits bien précis sur la terre. La surface de la terre est formée d'une douzaine de grandes plaques (les plaques tectoniques) qui bougent en permanence en quelques centimètres par an.

Aux endroits où ces plaques se rencontrent, elles laissent remonter le magma des profondeurs de la terre : on parle de volcanisme d'ouverture.

Aux endroits où les plaques se rencontrent, l'une des plaques passe sous l'autre (phénomène de subductions) en formant un volcan : on parle alors de volcanisme de subduction. Ce sont ces deux zones tectoniques que trouvent la plus part des volcans.

Le troisième type de volcanisme est celui des « points chauds », lorsque le magma remonte au milieu des plaques par des fissures.

4. Quels sont les risques volcaniques majeurs ?

Les risques volcaniques majeurs sont : les coulées de lave, les retombées de cendres, les coulées de cendres chaudes, les émissions de gaz, les coulées de boues, les glissements de

terrain et les raz de marée. Les coulées de laves représentent la manifestation la plus visible et plus spectaculaire des éruptions, mais le risque le moins dangereux. Les plus grands risques sont ceux aux coulées de cendres chaudes. Les dangers les plus meurtriers sont souvent dus à des effets indirects (les famines, les raz-de-marée, les coulées de boues).

5. Pourquoi les volcans sont utiles ?

Les volcans sont bénéfiques pour les cultures car les sols volcaniques (composés des cendres) sont extrêmement fertiles. Les sources d'eau chaude à proximité des volcans sont aussi utilisées comme énergie pour le chauffage (géothermie). Des minéraux (comme le soufre) et des roches (comme les scories) provenant des volcans sont également exploités par l'industrie minière.

C'est pour ces raisons que de nombreuses populations habitant près ou sur les pentes des volcans, même s'il existe de grands risques à vivre à leur proximité.

Conclusion

Les roches magmatiques (volcaniques et plutoniques) sont des constituants essentiels de la croûte terrestre. Elles proviennent toutes d'un magma, c'est-à-dire d'un liquide résultant de la fusion d'un matériau solide préexistant. Les magmas provenant d'une fusion métallique sont chauds et mobiles. Cependant, les roches magmatiques sont classées selon leur teneur en silice. Ainsi, l'ensemble constitue l'activité interne de la croûte terrestre.

Chapitre 9 : LA SEDIMENTAION

Les éléments issus de la sédimentation de roches, leurs transformations ou de leurs dissolutions sont transportées par l'eau à l'état solide ou dissout ainsi que par le vent sous formes de sable et de particules. Ces éléments se déposent à la surface de la terre sous forme de sédiments qui pourront se transformer au cours du temps en roche sédimentaire.

A. Définition

La roche sédimentaire est une roche formée par l'accumulation des sédiments due à l'action de l'eau ou de l'air. C'est une roche constituée d'un aggloméra de sédiment (sable très fin). Le calcaire est une roche sédimentaire issue de la sédimentation se forme à basse température à la surface du globe soit par déposition des produits d'érosions (par exemple le sable, l'argile), soit par précipitation.

I. Formation des roches sédimentaires

Le processus naturel de formation des roches sédimentaires s'effectue en quatre phases successives: l'altération superficielle des roches qui produit des particules, le transport de ces particules, la sédimentation puis la diagénèse qui transforme les sédiments en roche Sédimentaire.

1. L'altération superficielle

L'altération superficielle sur les roches préexistantes (magmatiques, métamorphiques et sédimentaires) qui se dégagèrent naturellement en fines parties (sédiments) sous l'effet de processus physique (action du vent, de l'eau, du gel de dégel), chimique (dissolution des roches par les eaux de pluies et de ruissellements) et biologique (attaque des minéraux par certains organismes comme les lichens).

2. Le transport des particuliars

Le transport des particules est assuré par le vent et l'eau (rivière, glacier) jusqu'à un lieu de dépôt, le temps de transport est fonction du type des transports et de son intensité.

3. La sédimentation

La sédimentation des particules a lieu dans les bassins de sédimentation (fond des lacs océans, dépressions de relief), les sédiments se déposent et s'accumulent en couches successives formant des dépôts sédimentaires stratifiés, les caractéristiques de l'agrégat ainsi formé (composition couleur), dépendent de la nature des sédiments et du temps de sédimentation.

4. La diagenèse

Le phénomène de diagenèse permet la transformation des couches sédimentaires en roches sédimentaires sous l'effet de la pression engendrée par les couches de particules (propre poids du dépôt) et de l'évacuation de l'eau (déshydratation) ; ces processus simples de compaction et de déshydrations aboutissent à la cimentation des couches des sédiments en strates rocheuses (parallèles ou discordantes).

II. Les principaux milieux de sédimentations

Dans les milieux désertiques, ce sont les dépôts éoliens qui constituent la majeure partie des sédiments actuels. Les roches sédimentaires d'origine désertiques sont caractérisées par des grains sableux arrondis et dépolis (rond-mât) bien classés et à matrice argileuse pauvre et des galets à trois faces dépolis. Les dépôts de sables forment les dunes (nebka, barkhanes, seifs, ergs...). Les régions d'accumulation des sables alternent avec les régions dénudées l'accumulation en périphérie des régions désertiques forment des loess.

Pour les lacs, il existe une stratification thermique nette des eaux (présence d'une thermocline). Les eaux pluviales restent dans la partie superficielle du lac, elles sont plus chaudes (et donc moins denses). Ainsi, plus les particules sont petites, plus elles seront amenées au large, d'où une sédimentation caractéristique. Pour les lacs recevant les eaux glaciées, ce phénomène entraîne la formation des varves : l'été, les grosses particules transportées par les eaux de la fonte se déposent au fond du lac et les petites particules restent en suspension au-dessus de la thermocline. L'hiver il n'y a plus d'apport fluvial (tout est gelé), seules les particules fines en suspension se déposent en une couche épaisse. Chaque année on peut donc observer une alternance dans la sédimentation. Les varves permettent de dater (relativement) les terrains où elles se trouvent dans les parties profondes du lac, se déposent les turbidités contenant des éléments grossiers.

Dans les lacs, l'évaporation étant modérée des sursaturations peuvent avoir lieu entraînant des dépôts par précipitations de calcite si l'activité est suffisante il y a libération de CO₂. On peut noter également des dépôts chimiques et biochimiques (travertin, tufs et évaporites) dans certaines conditions (minéralisation de substances organiques ou évaporation intense).

1. Du sédiment à la roche

Le calcium dissout lors de l'érosion chimique est transportée par les eaux de pluies, par les rivières et les fleuves jusqu'à la mer. Là de nombreux organismes marins (plancton) utilisent ces calciums pour fabriquer leur squelette, leur coquille calcaire. Ainsi, le calcium participe à la formation du nouveau produit, le calcaire (bicarbonate de calcium) le calcaire est très peu soluble dans l'eau de mer. A la mort des organismes, le squelette calcaire tombe sur le fond et s'y accumule.

2. Les principaux types de roches sédimentaires

Les diverses roches sédimentaires se distinguent par leur origine de leur formation à savoir :

- Une origine détritique, composée des particules minérales provenant de la désagrégation mécanique (altération, érosion) des roches préexistantes, ces grains sont arrondis car ils sont polis durant leur transport, c'est le cas pour l'argile (particules microscopiques), le sable et le grès (agglomération des grains de sable).
- Une origine organique provenant de l'accumulation des débris organiques (algues végétaux), (fossiles marins) le plus souvent microscopiques, c'est le cas pour le calcaire, la craie, le charbon et le pétrole en milieu aquatique ;
- Une origine chimique provenant de la précipitation des sels minéraux en solution, c'est le cas pour le gypse, le phosphate et le silex.

Les roches sédimentaires peuvent également être différenciées en fonction de leur composition minéralogique ou chimique. On distingue ainsi les roches argileuses (argiles) et carbonatés (calcaire et dolomies), siliceuses (silex, meulière) radiolarites, jaspes), carbonés charbons (huiles minérales), salines (gypse, albâtre, anhydride, sel gemme) (ferrugineuse et minerais de fer, grès ferrugineux), phosphatées (phosphate).

Par ailleurs, il existe une classification granulométrie basée sur la taille des minéraux : les rudites sont composés des éléments grossiers (diamètre supérieur à 2 mm), les arénites d'éléments moyens (diamètre compris entre 50µm et 2mm), et les petites ou lutites d'éléments fins (diamètre inférieur à 50µm). Le lieu de formation permet quant à lui de différencier les roches continentales (poudingues, grès dunaire) marines (calcaires à gryphées et lagunaires gypse, houille).

3. Les principales roches sédimentaires

Les roches sédimentaires les plus communes sont les argiles le calcaire et le grès.

- ✓ Les argiles résultent de la décomposition des roches silicatées (granites gneiss schistes, larves) sous l'action de l'eau et du gaz carbonique. Les couches d'argile sont imperméables, ce qui permet la formation des nappes phréatiques et des mares. Les argiles peuvent se transformer en schistes argileux sous de hautes températures et pressions.
- ✓ Les calcaires résultent de la consolidation des organismes animaux et végétaux généralement en milieu marin. Les calcaires sont majoritairement constitués de calcites.
- ✓ Les grès résultent de la consolidation de grains de sable déposés par l'eau et le vent. Ils sont essentiellement composés de quartz. Leur couleur est souvent liée à l'agglomérat majoritaire, généralement de la silice (grès blancs) ou de l'oxyde de fer (grès rouges).

Conclusion

En définitif, il faut dire que la sédimentation, est issue de la désagrégation des roches, leurs transformations ou leurs dissolutions par l'eau à l'état solide ou dissout ainsi que par le vent sous formes de sable et de leurs particules. Ces éléments se déposent à la surface de la terre sous forme de sédiments qui pourront se transformer au cours du temps en roche sédimentaire.

Chapitre 10 : LE METAMORPHISME

Introduction

Le métamorphisme est l'ensemble des transformations et des réactions que subit une roche lorsqu'elle est portée dans des conditions de température et de pression différentes de celle ayant présidé à sa genèse.

Cette déformation affecte premièrement les roches sédimentaires (schiste, grès, calcaire), puis les roches magmatiques c'est-à-dire effusives et plutoniques et enfin les roches métamorphiques antérieures.

I. Les roches métamorphiques

On appelle roche métamorphique toute roche dont la composition minéralogique et structurale d'origine s'est modifiée sous l'action de la température ou de pression élevée généralement en profondeur dans la croûte terrestre.

1. Formation des roches métamorphiques

La formation des roches métamorphiques est due au processus de métamorphisme provoquée par une forte augmentation de température et de pression. L'augmentation de la pression est due au poids des couches supérieures (pression litho statique), des fluides (pression hydrostatique) ou des contraintes liées aux phénomènes tectoniques. L'augmentation de la température naturelle puis que le gradient géothermique naturel moyen est de l'ordre de 30 degré Celsius par km de profondeur. Donc sous l'effet de ces variations physiques et thermiques, la roche (protolithe) sort de son domaine de stabilité pouvant rester les mêmes qu'initialement (métamorphisme iso chimique) ou changer complètement (métamorphisme allo chimique).

2. Caractéristiques et classification des roches métamorphiques

Les caractéristiques des roches métamorphiques sont observables selon le type et l'intensité ou le degré de métamorphisme. Les roches métamorphiques présentent diverses structures ou textures caractéristiques qui sont :

- La Schistosité (roches en feuillets mais avec la même composition minéralogique),
- La foliation (aplatissement et orientation des minéraux cristallisés selon la direction de schistosité) ;
- Le boudinage (déformation de la roche avec apparition d'une schistosité) ;
- La structure ocellée (recristallisation grossière de certains minéraux comme dans le gneiss)

La classification des roches métamorphiques est délicate et se fait selon les caractéristiques des roches initiales et le degré du métamorphisme (fonction du couple, pression-température).

Ainsi, il existe par exemple des roches de haute pression et de basse pression (gneiss et granulites à grenas), et des roches de haute pression et de basse température (schistes bleus à glaucophane).

3. Les principales roches métamorphiques

Les roches les plus communes sont les gneiss, les schistes (les micaschistes) et le marbres.

Les gneiss sont des roches cristallines formées par un métamorphisme régional. Ils sont composés par deux minéraux ferromagnésiens (micas amphiboles).

Les schistes sont réparables lorsque les cristaux du minéral principal sont disposés en couches parallèle formant ainsi un grand feuillet. Leur nom provient du minéral dominant à l'origine de la foliation (les micaschistes lorsque les micas dominent).

Et enfin, une roche métamorphique le marbre provient de la transformation des roches sédimentaires carbonatées (calcaire, dolomie), c'est une roche compacte, dure et lourde).

II. Les facteurs de métamorphismes

Les principaux facteurs du métamorphisme sont la température et la pression. Cependant, il en existe d'autres qu'il ne faut pas négliger comme l'eau et le gaz carbonique. On peut regrouper en deux parties ces facteurs, d'une part les facteurs physiques et d'autre part des facteurs chimiques.

1. Les facteurs physiques

a. La température

Une augmentation de température par une perte d'eau. Cette augmentation a plusieurs origines, elle peut avoir lieu :

- Par enfouissement : l'augmentation se fait comme nous l'avons dit ci-dessus, selon gradient géothermique (3degré/cm), mais il existe des variations selon les zones.
- Par friction : dans les zones de subduction, l'enfoncement d'une plaque froide entraîne un déséquilibre thermique (chute des isothermes) au niveau d'océan. L'échauffement provoque la libération d'eau par la croûte subsidée. Pour les autres phénomènes tectoniques (chevauchement, nappe, décrochement), c'est uniquement les zones de contacts qui sont affectées.

b. La pression

L'augmentation de la pression peut avoir différentes origines :

- Litho statique : elle est donc due au poids de roches accumulées par des subsidences des sédiments, par chevauchement et charriage. La pression litho statique des sédiments ainsi que les phénomènes tectoniques permettent l'enfoncement des roches de la croûte
- Hydrostatique : c'est la pression des fluides (dioxyde de carbone et eau). Elle intervient surtout lors de leur libération.
- Pression de contrainte : ce sont des pressions orientées par des phénomènes tectoniques

2. Les facteurs chimiques

Lorsque le métamorphisme est iso chimique, c'est-à-dire que les minéraux qui se forment à partir de la même composition de ceux de la roche d'origine (on ne tient plus compte de pertes de fluides) les roches formées de cette façon sont appelées actinites. En cas de métasomatose (remplacement d'éléments par d'autres) c'est plus souvent l'eau et le dioxyde de carbone qui interviennent.

III. Les différents types de métamorphisme

L'origine de la formation des roches métamorphiques permet de distinguer plusieurs types de métamorphismes : le métamorphisme de contact, le métamorphisme régional ou général, le métamorphisme d'impact, le métamorphisme hydrothermal et le métamorphisme dynamique.

1. Le métamorphisme de contact

Ce type de métamorphisme est principalement causé par une augmentation de température et de pression (métamorphisme thermique). Le métamorphisme de contact se produit lorsqu'il y a apport de chaleur extérieure d'une source magmatique (granite, masse de magma se refroidissant dans les profondeurs "intrusion magmatique"). La différence de température entre ce pluton chaud (massif intrusif) et les roches encaissantes vont faire subir une transformation à la bordure de cette dernière. La zone ainsi métamorphisée s'étend à quelques centaines de mètres autour de l'intrusion. Une schistosité est également perceptible.

2. Le métamorphisme régional

Le métamorphisme général ou régional est dû simultanément à une augmentation de la température et de pression. Ce type de métamorphisme est lié aux phénomènes tectoniques (création de chaînes de montagnes), provient principalement des zones de subductions la zone métamorphisée s'étend sur plusieurs milliers de kilomètres et sur des grandes profondeurs. Les roches résultantes de ce type de métamorphisme sont souvent aplaties et orientées des plans de foliation

3. Le métamorphisme d'impact ou de choc

Ce type de métamorphisme est appelé aussi métamorphisme de choc est causé par une énorme et brutale augmentation de pression. Le métamorphisme de choc est lié à des chocs extrêmes et provient généralement de la chute des corps célestes à la surface de la terre (impact de météorites). La coésite, variété particulière des silices à très haute pression que l'on retrouve dans les caractères d'impact, est caractéristique de ce type de métamorphisme. De même, les impactites en font partie.

4. Le métamorphisme Hydrothermal

Le métamorphisme apparaît des sources d'eau chaude (le geyser par exemple) réchauffent les roches en contact. Ce type de métamorphisme est très peu fréquent.

Conclusion

Brève, le métamorphisme désigne l'ensemble des transformations subies par les roches dans des conditions thermales élevées. Les principaux facteurs du métamorphisme sont la pression et la température. Les principales roches métamorphiques sont : les gneiss, les schistes, les marbres. On distingue quatre types de métamorphismes qui sont entre autre que le métamorphisme régional, le métamorphisme d'impact et le métamorphisme hydrothermal.

Chapitre 11 : LA FORMATION DES CHAINES DE MONTAGNES

Introduction

Les chaînes de montagnes montrent une grande diversité de terrains en architecture complexe. Celle-ci associe diverses combinaisons de failles et des plis qui témoignent d'une compression à grande échelle. En effet, les chaînes de montagnes existent depuis des millions d'années et présentent une grande diversité selon leurs formes. La formation des chaînes de montagnes résulte de la convergence des plaques qui sont considérées comme la cause de cette formation. L'exploration récente des profondeurs océaniques a montré sous les sédiments, l'existence d'un plancher magmatique constitué des morceaux de croûtes océaniques qui se trouvent ainsi à l'air libre, perchés partout aux sommets. Comment se forment les chaînes de montagnes ? D'où proviennent les quantités d'énergie considérables qui ont été nécessaires à la transformation d'un bassin océanique en relief ? Par quel mécanisme, des morceaux des planchers océaniques ont-ils pu être transportés en altitude sur le continent ? Quelles sont les forces qui soulèvent les montagnes ?

I. La formation des chaînes de montagnes

Les chaînes se forment lors de la convergence de deux plaques lithosphériques et leur structure géologique (roches plissées, failles, chevauchements, etc.) témoigne d'une compression et d'épaississement de lithosphère (couche externe de la terre).

Les mécanismes de rencontre entre deux plaques sont peu nombreux mais la formation des montagnes est toujours complexe à déchiffrer ; car elle associe en général plusieurs mécanismes.

Une chaîne de montagnes met des millions d'années à se former et à évoluer, mais elle finit toujours par disparaître sous l'action de l'érosion. Plusieurs formations de relief montagneux ou orogénèses se sont succédé au cours des temps géologiques, entraînant la formation de diverses chaînes d'âges différents. Ainsi, l'orogénèse calédonienne (-480 à 420 millions d'années) est à l'origine des reliefs de Norvège, d'Ecosse, l'Orogénèse héronienne (-320 à -260 million), des reliefs visibles en Bohême dans les Ardennes, le massif armoricain, le Devon et les Appalaches, etc. Enfin l'orogénèse (-1000 à 20 millions d'années) a constitué les Alpes, le Causse, l'Himalaya, etc.

La croûte continentale est plus légère que le manteau supérieur lorsque les reliefs montagneux s'élèvent, l'augmentation de poids en surface est compensée par un renforcement dans le manteau des matériaux qui forment la montagne. C'est sa racine un peu comme la quille d'un navire s'enfonce quand on le charge, ce processus géophysique est appelé l'isostasie. Quand la montagne vieillit, l'érosion décape peu à peu la couverture sédimentaire et des roches profondes (granitiques et métamorphiques) affleurent. L'épaississement crustal, la racine a disparu.

II. Les différentes formes des chaînes

Globalement, les chaînes de montagne jeunes repartissent soit autour du Pacifique, soit de l'Ouest en est à travers l'Eurasie (Alpes à l'Himalaya).

1. Les chaînes de subduction

Ce sont les chaînes de cordillère dont le type est la cordillère des Andes, elles sont la conséquence du plongement ou subduction d'une plaque océanique sous une plaque continentale. La chaîne située à l'aplomb de la subduction, est caractérisée par un magnétisme important (fusion des plaques qui alimente soit la formation de pluton, soit un volcanisme andésite) et des déformations tectoniques simples, larges, plis en éventail.

2. Les chaînes d'abduction

On appelle abduction la transformation d'un plateau de morceau de lithosphère océanique sur la lithosphère continentale. Un tel phénomène est la conséquence directe d'une subduction océan-océan, lorsque la croûte océanique plongeante entraîne avec elle une portion continentale, cette dernière s'engage sous la croûte océanique de l'autre plaque qui se trouve alors soulevé transporté par la croûte continentale.

3. Les chaînes de collision continentale

Elles sont dues à l'affrontement direct des deux masses continentales. Ces deux masses de densité égale, aucune d'entre elles ne peut s'enfoncer sous l'autre et c'est donc la collision lente et élévation des reliefs. C'est le cas typique de la chaîne.

Dans les Alpes et l'Himalaya, on peut repérer sur le terrain la limite entre les deux qui sont affrontés l'Afrique et l'Europe dans le cas des Alpes, l'Europe et l'Asie, celui de l'Himalaya.

En effet, cette limite est masquée par la présence d'un morceau de planche océanique qui s'est pincé entre les marges continentales au moment de leurs affrontements.

➤ Exemple de l'Himalaya

L'histoire de la plus haute chaîne du monde débute il y a 200 millions d'années, lorsque l'Inde amorce sa séparation de l'Afrique et se prépare à dériver au Nord-est en direction de l'Eurasie, 7000km les séparent alors. Vers -110 millions d'années, une subduction océan-océan commence à se produire entre les deux blocs continentaux qui se rapprochent à une vitesse d'environ 10cm/an. Par la suite, la croûte océanique glisse au Nord sous l'Asie provoquant une subduction et sur le glissement d'une chaîne de type anodin, alors qu'au Sud, elle surmonte l'Inde, un tel phénomène est appelé abduction coïncant entre eux de la croûte océanique.

4. Les chaînes de coulissage

Les chaînes plissées du Moyen-Orient sont un bon exemple de ce type de chaînes, le long d'une faille transforme la faille Jourdain, deux blocs continentaux coulissent horizontalement l'un par rapport l'autre. Le bloc arabe poussé par l'ouverture de la mer rouge, se déplace vers le Nord et se trouve comprimé au contact de l'Eurasie ; cette compression est responsable du glissement des chaînes du Liban. En France, les premières correspondaient au moins particulièrement à ce type de chaînes : elles sont dues à la fois à un coulissage et une relation (dans le sens inverse des aiguilles d'une montre de l'Espagne par rapport à l'Europe).

A. Histoire d'une chaîne de montagnes au Kenya

1. La plate-forme précambrienne

A ce début de l'époque précambrienne, il y a plus de 02 milliards d'années, l'emplacement actuel du Mayombe était occupé par un socle de roches métamorphosées : les gneiss, quartzites, dont il n'est pas possible de reconstituer l'histoire.

2. Le géosynclinal

Une large dépression s'établit au précambrien, l'élément à côté de l'Atlantique. Mais cette fosse est secouée de frémissements en bassin plus réduits. Tant dis que les rides restent émergées. Les sédiments s'entassent dans les fosses et les zones profondes sont métamorphosées et granitisées localement.

3. Une période de plissement

Qui accompagne le soulèvement de socle à l'Ouest, fait apparaître les premières crêtes dans la région de la Loukoulou, tandis que s'enfonce celle du Bamba. Une érosion active entame des crêtes. De nouveaux sédiments s'entassaient dans la fosse du Bamba soulèvent les couches sédimentaires à 3000m d'altitude. Les pressions venues du Sud-Ouest déversant des plis vers le Nord-est.

4. Les périodes de glaciation

Sous des climats désertiques et froids, la chaîne est recouverte par des glaciers puissants qui entassent des laves du Bamba et du Niari. Des laves (de lave) moulent magma.

5. Effondrement de la zone occidentale

A la fin de l'époque secondaire, il y a 7 millions d'années, la partie orientale soulevée est soumise à l'érosion et arrosée tandis que les sédiments s'entassent dans le bassin.

6. Une dernière phase de mouvements

Le bassin sédimentaire se couvre de sables fluviatiles qui sont attaqués en cirque par l'érosion quand le socle cristallin s'élève lentement.

B. Une chaîne de montagnes au fond des océans

Pendant très longtemps le fond des océans est resté totalement inconnu. Au cours des années 1960, des équipes scientifiques parcourent tous les océans du monde et réalise la cartographie du fond des océans.

1. Comment a-t-on établi la topographie des océans ?

C'est à partir de la surface des océans, grâce à des navires spécialement équipés de sonars perfectionnés que l'on a pu établir les cartes des fonds marins

Les sonars sont des appareils qui émettent des ondes sonores et recueillent les échos obtenus par réflexion sur le fond, le temps que s'écoule entre l'émission et la réception détermine la profondeur. L'appareil analyse automatiquement les informations obtenues au fur et à mesure que le navire se déplace tous les océans du globe ont été ainsi explorés à partir de 1960. On a découvert qu'ils étaient aussi accidentés que les continents, alors qu'on imaginait des vastes plaines monotones.

2. Découvertes inattendues

La carte des reliefs sous-marins établis par échosondage nous montre qu'une chaîne de montagne de 1000km à 3000km de largeur, qui domine de 2000m les plaines abyssales, serpente sur 65 millions de km dans plusieurs océans. Une dorsale est un relief à pente symétrique, son axe est occupé par une vallée appelé RIFT, large de 20 à 50 km et délimité par de grandes failles.

C. Mort des chaînes de montagne

A l'échelle des temps géologiques, les chaînes de montagnes se forment par repliement (30 à 50 millions d'années) et disparaissent aussi rapidement. En effet, à mesure que se forment les reliefs de la chaîne, l'érosion tend à limiter leur croissance mais, cette dernière étant plus rapide que deux destructions ; les montagnes jeunes ont néanmoins des sommets élevés (plus de 8km dans l'Himalaya). Par la suite, lorsque les forces de compression responsable de la surrection de la chaîne ont cessé, une lente remontée de la racine par réajustement isostatique va compresser la destruction des reliefs par l'érosion et conserve ainsi pendant des millions d'années un aspect jeune et une altitude élevée à cette chaîne. Cependant, tôt ou tard, l'érosion l'emportera et la chaîne de montagne sera transformée en une plaine dans laquelle afflueront des roches plutoniques et métamorphiques qui seront formés à plusieurs dizaines de km de profondeur et qui ont été progressivement emmenés à la surface par la remontée de la racine.

Conclusion

La formation des Appalaches pendant le permien, les collisions entre les plaques continentales qui dérivent les unes vers les autres provoquent le soulèvement de plusieurs chaînes de montagnes sur les terres qui correspondent aujourd'hui à l'Amérique du Nord.

Comme nous, une chaîne de montagne naît et meurt. Après plusieurs dizaines d'années de chaîne, l'érosion essayera de limiter la croissance de cette chaîne. Bien que les chaînes de montagne aient un aspect jeune, qu'ils aient une altitude élevée, tôt ou tard, l'érosion transformera cette chaîne en une plaine dans laquelle afflueront des roches plutoniques et métamorphiques.

Chapitre 12 : LES RESSOURCES GEOLOGIQUES ET LEURS PROSPECTIONS

Introduction

Les ressources géologiques sont des ressources d'origine naturelles provenant du sous-sol et constituées essentiellement de l'étain, fer, natron, or, pétrole. Elles ont été prospectées avant d'être mises au service de transformation industrielle.

Définition

- Ressource géologique : une ressource géologique est une ressource naturelle qui permet de subvenir au besoin d'un être vivant. Exemple de ressource géologique : minérales, roches, eau, organisme fossiles : pétrole charbon, gaz naturel.
- Prospection : est une discipline qui consiste à rechercher des minéraux, des minerais ou plus généralement des matières utiles en utilisant des méthodes de surface. Elle est souvent associée à d'autres disciplines : cartographie géologique, géochimie, géophysique, sismique.

I. Ressources géologiques

Elles sont des ressources qui proviennent la plus part de la croûte terrestre. Leur exploitation est souvent modernisée suite au moyen technique et contribuent à l'évolution aux différentes industries de transformation. Ces ressources géologiques sont d'origine naturelles et ont besoins des moyens colossaux pour leurs exploitations. Ces ressources géologiques telles que : l'étain, fer, natron, or, pétrole nickel, calcaire et bien d'autres. Elles sont un peu partout dans le monde et présentent beaucoup d'importance d'une nation. Leur importance est entre autres : l'étain est un métal blanc et est utilisé pour fabriquer des ustensiles (objets servant à l'usage domestique et principalement à la cuisine) des ménages. Le nickel est un élément chimique métallique et intervient souvent dans les réactions nucléaires. Le natron est une roche et est important dans la cuisine et aussi dans l'alimentation des bétails. Il est également utilisé dans la savonnerie et la verrerie. Le calcaire est important dans la fabrication de la chaux. La carrière fournie du gravier pour la construction des infrastructures (bâtiments, routes, ponts). Le pétrole est un produit gazeux et est important dans le monde par rapport à ses différents sous-produits (gasoil, essence..) l'or est une ressource très importante dans le monde et permet le développement du pays qui le contient et aussi important dans la fabrication des objets. Le fer est un élément chimique et qui fait partie des métaux de transition. Toutes ces ressources géologiques citées et expliquées sont des sources de développement d'un pays voire un continent et permet de moyens d'échanges internationaux.

1. L'exploitation des ressources géologiques

L'homme a depuis longtemps extrait du sous-sol diverses roches, des minerais et des minéraux utiles à son existence. Ainsi, il prélève de nombreuses roches : calcaires, sables, graviers, gypse, etc. voyons à travers un exemple comment l'homme peut exploiter une ressource géologique comme matériau de construction.

a. Le gypse

➤ Le gypse sur le terrain

La carrière à ciel ouvert de Corneilles en Paris présente un front de taille d'environ 1km de hauteur de 100 m. Elles montrent des couches suffisantes de plusieurs mètres d'une roche claire, le gypse, alternant avec des roches plus sombres et diversement colorées, constitués d'argiles et de calcaires.

➤ Le gypse en Laboratoire

Il existe plusieurs variétés de gypse déterminées par la taille des cristaux qui le constituent.

Si l'on chauffe dans un tube à essai du gypse pendant quelques minutes, on constate qu'il perd son eau et se transforme en poudre blanche. Si après refroidissement, on ajoute de l'eau, cette poudre blanche devient compacte avec échange : Elle a fait prise avec de l'eau pour donner du Plâtre. Le gypse mérite bien son nom "pierre de plâtre". Par ailleurs, si l'on ajoute du gypse écrasé à de l'eau contenue dans un tube à essai, on constate que le gypse se dissout : cette solubilité du gypse pourtant réduite, peut-être à l'origine de l'effondrement dans les zones d'exploitation de la roche.

➤ **Extraction et utilisation du gypse**

Le gypse est extrait par dynamitage, les blocs sont ensuite transportés jusqu'à un concasseur, où ils sont broyés. Le gypse est ensuite chauffé à 120 degré C dans des fours pour donner du plâtre. On peut obtenir des plâtres de différentes catégories : plâtre à prise lente ou à prise rapide, etc. on utilise le plâtre pour enduire les murs et les plafonds de habitations. Mêlé à de l'eau, le plâtre est malléable, il durcit ensuite en séchant.

II. Les prospections

Les prospections sont les domaines d'études géologiques et géographiques dans le cadre de recherche de gisement dans un terrain donné. La prospection source de toute découverte de ressources naturelles provenant du sous-sol, le calcaire, le fer, l'or le natron, uranium, le gisement du pétrole était objet d'une prospection des endroits terrestres afin de découvrir les différents types de roches dans le souci de construire les infrastructures dans le cadre géologique, on fit une étude sur le terrain pour connaître les différentes ressources qui se trouvent au sous-sol. C'est à partir de cette prospection, qu'on peut dire une telle ou telle ressource naturelle se trouve ici dans un tel endroit du pays. L'étude d'un gisement se fait pendant des années avant d'être exploitée. Cette intervalle des années permet de prendre une mesure d'exploitation et connaître le moyen qui doit être mise à la disposition de ses services et d'en connaître aussi les conséquences proches ou lointaines de cette ressource dans un pays exploitateur.

1. Prospection du pétrole

Pour avoir du pétrole, il faut d'abord prospecter c'est-à-dire rechercher les endroits où la topographie du sous-sol permet de piéger l'or noir sans obéir à des lois physiques bien précises, l'existence de gisement du pétrole dans un endroit est fonctions des deux critères élémentaires.

Les hydrocarbures (pétrole) doivent être formés dans des terrains propices qu'on qualifie des roches mères. Ces terrains correspondent nécessairement à certaines phases, c'est la sédimentation avec dépôt de matières organiques dont l'évolution physico-chimique conduit à la formation des hydrocarbures. Leur maturation se fait sur des périodes extrêmement longues (des millions d'années) mais le conduit de formation de ces hydrocarbures ayant existé à n'importe quelle époque de l'évolution du globe terrestre, par conséquent on trouve les hydrocarbures dans tous les terrains sédimentaires. Cependant, certaines époques géologiques ont donné lieu dans certaines zones à des productrices des matières organiques plus abondantes, et finalement à des évolutions physico-chimiques plus élaborées que dans d'autres secteurs. La répartition des hydrocarbures dans les bassins sédimentaires est donc très hétérogène. Pour qu'il y soit en suite gisement de pétrole, il faut que les hydrocarbures aient été après leur formation rassemblée puis « piégés » dans des « réservoirs ».

On appelle « réservoir » étanche en haut, bordé de l'argile ou par des roches imperméables plus ou grand dans lesquels il y a roche poreuse comparable à une éponge, cette roche est imprégnée de gaz et/ou de liquide (pétrole) et/ou d'eau salée. Formés en milieu marin dans la plus part des cas, les hydrocarbures sont toujours obtenues dans des roches mères imprégnées d'eau, d'une pression hydrostatique les refoules vers le haut. Si autour de cette migration vers le haut, ces hydrocarbures rencontrent sur le chemin une zone de roches imperméables, leur migration s'en trouvera stoppée.

2. Composition du pétrole

Le pétrole (en latin petrolium, du grec Pétra, roche et du latin oléum, huile) est une roche d'origine naturelle, une huile minérale composée d'une multitude de composés organique, essentiellement des hydrocarbures, pièges des formations géologiques particulières.

L'exploitation de cette source d'énergie fossile et d'hydrocarbures est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car le pétrole fournit la quasi-totalité des carburants liquides (fioul, gazole, kérosène essence) tandis que le Naphta produit par le raffinage est à la base de la pétrochimie dont sont issus un très grand nombre de matériaux usuels : plastiques, textiles synthétiques, caoutchoucs synthétiques (élastiques), détergents adhésifs, engrais, cosmétiques. Et que les fractions plus lourdes conduisent aux bitumes paraffines lubrifiants. Le pétrole dans son gisement est fréquemment associé à des fractions légères qui se séparent spontanément du liquide à la pression atmosphérique ainsi que diverses impuretés comme le dioxyde de carbone, sulfure dihydrogène, l'eau de formation et des traces métalliques. Il est composé d'un mélange d'hydrogène et en grande partie de carbone. La composition varie d'un champ à l'autre mais comporte grossièrement 80% de carbone, 11% d'hydrogène et 1% à 2% de soufre d'oxygène et d'azote.

Conclusion

En somme, sans une prospection d'un terrain, on ne parlera jamais d'une découverte des ressources géologiques. Alors la prospection est très importante dans le cadre d'étude géologique.

Chapitre 13 : LA SYNTHÈSE REGIONALE

La synthèse régionale est l'étude approfondie sur les roches existantes, les fossiles dans une région donnée. Les roches constituent l'écorce terrestre qui définit comme la partie superficielle et protectrice de la surface de la terre. Cette écorce est composée de plusieurs et différentes enveloppes que d'autres sont fatales pour la vie et certaines sont favorables pour la vie. Ces roches sont formées des minéraux sauf que quelques cas particulier. Les fossiles sont contenus dans certaines roches sédimentaires.

Les roches et les fossiles vous seront expliqués et détaillés dans les autres parties.

I. Réalisation d'une carte locale

Pour bien faire l'étude approfondie d'une carte, il est préalable d'avoir une carte locale. Cette carte locale relève la nature des roches constitutantes du sous-sol d'une région et permet de mieux comprendre les caractéristiques d'un relief, de la végétation et de l'occupation humaine (habitat). Cette carte est construite à partir d'un profil topographique reliant deux points A et B.

La carte locale comporte des échelles. L'échelle est le rapport entre la longueur sur la carte entre deux points et la longueur correspondante sur le terrain. Ainsi, l'échelle est égale 1/L. elle permet de connaître à partir d'une carte la distance séparant deux points sur le terrain. Si

deux points distants de 2km (200 000cm) sur le terrain, sont distants sur la carte de 2cm, alors l'échelle sur la carte est de $2/200\ 000=1/100\ 000^e$. Sur une carte à $1/50\ 000^e$, 1cm sur la carte représente 50 000cm sur le terrain, soit 500m. Elle doit représenter toutes les structures topographiques et géologiques en profondeur. Cette carte représente des informations concernant : hydrographie, (rivières, lacs ou étangs), activités humaines (limites des communes, réseaux routiers, chemin d'exploitation forestière, sentiers..), végétation (bois, forêts, câblages électriques, industrie).

II. Pétrographie et paléontologie

La pétrographie est une branche de la pétrologie qui a pour objet la description systématique des roches. C'est une science qui a pour but de décrire les roches, analysées leurs caractères structuraux, monologiques et chimiques.

1. Etudes des roches

a. Quelques méthodes d'études

Il existe plusieurs méthodes qui permettent d'étudier les roches. Nous nous baserons sur deux méthodes d'étude à savoir : l'étude macroscopique et microscopique

L'étude macroscopique : la dureté c'est la comparaison des minéraux. Un minéral est considéré comme un corps plus dur que le corps qu'il raye, il est plus tendu que ceux qui le rayent. Une valeur numérique est attribuée grâce à l'échelle de dureté de mollis : plus le chiffre est élevé, plus le corps est dur.

La calcite minérale constitutive des calcaires est aisément identifiable par son effervescence (dégagement de CO_2 en présence d'acide).

Forme et clivage : la forme des cristaux, leur couleur observée à l'œil nu ou à la loupe, sont également des caractéristiques. Certains possèdent des clivages, plans privilégiés selon lesquels les minéraux se brisent ou se défont.

Etude microscopique : une étude microscopique polarisante possède de polarisants qui sont déposés sur le trajet de la lumière, de part et d'autre de la lame mince de roche, le premier entre la lame et l'œil de polariseur est appelé analyseur, peut être mise en place ou retiré à volonté. Polariseur et analyseur (en place) sont de toute façon toujours en position croisée par transparence de la lame mince obtenue par usure d'un fragment de roche collés sur support en verre. La détermination des minéraux de la lame mince de roche est facile par l'usage d'un microscope polarisant. Le microscope polarisant permet donc de différencier les cristaux des substances vitreuses. Donc si l'on intercale par la lame mince des roches, l'œil ne reçoit aucune lumière.

b. Types de roches

Selon leur origine, on distingue trois types de roches : les roches sédimentaires, les roches magmatiques et les roches métamorphiques. Ces trois types de roches, présentent au niveau de gisement (lieu de formation) des caractéristiques qui permettent de les distinguer. Les gisements des roches sédimentaires et métamorphiques présentent souvent des couches superposées ces roches liées (sous forme de lit).

1. Les roches sédimentaires

Elles apparaissent les plus fréquemment sous forme de strates superposées (disposition des couches l'une sur l'autre), plus ou moins épaisses. La roche observée à l'œil nu n'est pas entièrement cristallisée. Elle renferme parfois des fossiles (reste des animaux ou des bois morts). Ces roches sédimentaires rencontrées sous trois formes. :

- Les roches sédimentaires détritiques : formées par l'accumulation des particules solides ayant des dimensions variable. Exemple : grain de quartz, fragment de MICA.
- Les roches sédimentaires biologiques : fabriquées par les êtres vivants dans le milieu de sédimentation à partir des substances dissoutes dans l'eau.
- Les roches sédimentaires chimiques : formées directement à partir des substances en solution.

2. Les roches métamorphiques

Elles apparaissent fréquemment cristallisées avec les minéraux parallèles sous forme de feuilles à la manière d'une ardoise : c'est le cas de micaschistes. Ces feuilles sont dans d'autres cas solidement engrainées les unes dans les autres, se donnent les roches massives comme le gneiss. Les roches métamorphiques ne renferment pas des fossiles.

3. Les roches magmatiques

Elles sont des roches issues des magmas c'est-à-dire de la masse en fusion. Elles ne sont pas litées et ne présentent pas des fossiles. Ainsi, nous avons les roches volcaniques telles que le basalte issu des magmas pauvres en silices, fluides et rhyolite issu des magmas riches en silices et les roches plutoniques comme le granite très riche en silice a la même composition chimique que les rhyolites et gabbro, roche grenue foncée pauvre en silice a aussi la même composition que le basalte. Ces deux branches de roches magmatiques (volcaniques et plutoniques) ont une origine commune. Elles sont formées par le refroidissement de magma.

III. Paléontologie

La paléontologie est une science qui étudie les êtres disparus essentiellement connus par leurs restes des fossiles ou les traces de leurs activités. Elle se divise en trois : paléontologie végétale (ou paléobotanique), et paléontologie animale (ou paléozoologie), aussi voir la micropaléontologie (qui étudie les êtres planctoniques).

1. Etudes des fossiles

Les fossiles connus dans les roches fournissent de précieuses informations. Ils ont en effet, vécu au moment du dépôt.

a. En Géologie

- Fossiles stratigraphiques : les roches sédimentaires se déposent en strates successives. Dans chacune d'elles, les fossiles caractéristiques d'une époque déterminée c'est-à-dire qui 'ont vécu qu'à cette époque, permettent d'établir l'âge relatif du terrain. Ainsi, les ammonites n'existaient qu'à l'ère sédimentaire, les trilobites qu'à l'ère primaire. Certaines donnent plus de précisions encore : *Natica gabonensis* est une espèce typique au Gabon du turonien, âgée de la base crétacée supérieure. Dans certains groupes, les formes se modifient rapidement, donnant une succession d'espèces très rapprochées dans le temps, on a pu grâce à elles définir les divisions très fines des temps géologiques, les zones. Un fossile est donc d'autant plus utilisable en stratigraphie que son espèce a eu une existence plus courte.
- les fossiles et faciès : d'autres animaux sont au contraire caractéristiques d'un milieu particulier d'autant plus facile à reconnaître que les fossiles sont proches d'animaux actuels. Ainsi, on peut penser que comme les coraux qui constituent de nos jours les récifs du pacifique, les madréporaires, les fossiles qui vivaient dans une région chaude, bien oxygénée, riche en calcaire et faible en profondeur. On appelle faciès l'ensemble des caractères pétrographiques et paléontologiques qui permettent de préciser les conditions du milieu où s'est effectuée la sédimentation.
- Il existe des fossiles, des faciès marins francs (ammonites et microfaciès pélagiques), des faciès continentaux (algues d'eau douce, vertébrés terrestres, des faciès littoraux).

Leur observation permet de reconstituer des cartes paléontologiques présentant la région étudiée à l'époque où ils vivaient. Les fossiles peuvent aussi être indiqués des paléoclimats : climat chaud pour les coraux, froid pour les mammouths. Cependant, les meilleurs fossiles des farces présentent des caractères opposés à ceux des bons fossiles stratigraphiques : leur localisation géographique est forcément limitée, ils doivent être restés tout au long des temps géologiques suffisamment à un type actuel.

La paléontologie est donc d'un intérêt capital dans l'explication du biologique actuel. Elle éclaire la systématique en permettant d'établir des filiations entre les groupes.

b. Morphologie

IV. Les paysages structuraux

L'influence de la structure sur le relief est déterminante. Vous avez appris à distinguer les formes résultantes d'une structure horizontale (Tassili de l'Adrar en Mauritanie, des côtes, ou Cuestas), provenant d'une structure inclinée. Les détails de la composition de talus sont intéressants à étudier

➤ Morphologie Volcanique

L'évolution des structures créées par l'épanchement des laves en surface ; la construction des cônes et leur cheminées dans lesquelles les roches lignées se sont solidifiées, la consolidation des cratères étant envahis par les eaux, on aboutit à des paysages très typiques : necks et dykes dégagés par l'érosion surgissent à l'horizon comme des tours ou des murs. Les lacs des cratères tantôt circulaires (cratère tison au Cameroun), tantôt de formes plus ovales (lac Tritriva à Madagascar) sont des plants d'où l'origine est facile à déterminer.

Un dégagement des failles détermine les escarpements rectilignes (falaise de Bandiagara au Mali). L'érosion des structures a souvent aboutie à des modifications considérables de la morphologie d'une région et le passage que nous admirons est très différent de ce qui a été. C'est ainsi des synclinaux « perchés » peuvent avoir une altitude plus élevée que les anticlinaux voisins (anticlinal de Tighirt en Mauritanie).

V. Passage lithologiques

➤ En biologie

Les formes des fossiles se succèdent au cours des temps géologiques, en se différenciant par des modifications progressives. Nous avons pu observer ces faits chez les ammonites. Les différents groupes de vertébrés apparaissent également les uns après les autres dans un ordre de complexité d'organisation croissante. Les agnathes apparaissent au silurien (milieu du primaire), les poissons à la fin de cette période, les reptiles au carbonifère, les oiseaux et mammifères au secondaire. Entre ces groupes bien tranchés, les fossiles ont été découverts, appartenant à des groupes charnières. L'archéoptéryx découvert dans un calcaire à Solenhofen (Allemagne) est l'une de ces formes intermédiaires. Il présente en effet des caractères d'oiseaux. Plume sur les ailes et la queue conservée en empreinte sur le calcaire. Réduction de nombre de doigts et allongement des phalanges sur les membres antérieurs, mâchoire allongée en un bec. Mais on relève encore beaucoup de caractère de reptiles. Ces caractères sont : Queue longue constituée des nombreux vertébrés, nombreuses dents identiques sur les mâchoires, détails des os de crâne.

Les nageoires des poissons fossiles du primaire voisin du coelacanth actuel, modifié, constituaient de deux paires de membre très voisin de ceux de batraciens. On a pu ainsi trouver les intermédiaires entre chaque groupe de vertébrés et invertébrés. Le coelacanth est

le seul présentant d'un groupe abondant de l'ère primaire, de même que le nautilé actuel est le seul survivant des céphalopodes tétrabranchiaux, groupe auxquelles appartenaient les populations très abondantes et très variées d'ammonites de l'ère secondaire.

L'étude des fossiles a ainsi relevé l'importance passée de ces groupes, aujourd'hui insignifiants. Elle a en outre apporté des arguments en faveur de la théorie de l'évolution, selon laquelle chaque espèce dérive d'une espèce préexistante. Des mutations (changement) successives affectent les gènes portés par les chromosomes, faisant apparaître dans l'espace de nouveau caractère héréditaire. Si ces caractères favorisent l'individu dans la lutte pour la sélection, il y aura une nombreuse descendance qui constituera une nouvelle espèce.

Conclusion

Au regard des analyses en se référant aux différentes parties émises, la synthèse régionale est l'étude approfondie sur les roches tout en sachant qu'il existe trois types de roches qui, selon leur origine sont les roches sédimentaires, les roches magmatiques et les roches métamorphiques. Deux études permettent la description des roches. Il s'agit de l'étude microscopique et l'étude macroscopique. Il y a également deux sortes d'études de fossiles qui ont permis de différencier les roches, elles sont à savoir la stratigraphie et les faciès. L'étude approfondie dite synthèse régionale se fait sur une carte locale.

Bibliographie

1. Biologie-Géologie, première D, Edition Afrique, Collection R. Tavernier, Bordas
Août 1991
2. Géologie-Biologie, première D, Collection de Sciences Naturelles, Edition Hatier
1981
3. Sciences de la Vie et de la Terre, Première C, Edition Lupeppo, Août 2013,
Collection "savoir".