

Sciences

Naturelles 5^{ème} AS

Les Auteurs :

Mohamedou Ould Abderrahmane
Mohamed Ould Mohamed Aly
Souleymane N'Diaye

Conseiller Pédagogique à l'IPN
Conseiller Pédagogique à l'IPN
Conseiller Pédagogique à l'IPN

Institut Pédagogique National

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-.....	5
PREMIÈRE PARTIE : GEOLOGIE	
CHAPITRE I : STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DU GLOBE TERRESTRE	
I- Séisme.....	9
II- Volcanisme.....	13
III- Réparation des séismes et des volcans.....	18
IV- Mouvements des plaques lithosphérique.....	18
V – Roches magmatiques.....	21
Exercices.....	27
Chapitre II : Formation des roches sédimentaires	
I- Du sédiment à la roche.....	31
II- Type de roches sédimentaires.....	31
III- Etude du bassin occidental.....	47
Exercices.....	49
Chapitre III : Conséquences de la mobilité des plaques lithosphériques	
I- Déformation de la croûte terrestre.....	51
II- Métamorphisme.....	53
III- Cycle des roches.....	56
Exercices.....	57
Chapitre IV : Histoire géologique de la Mauritanie	
I- Les ères géologiques.....	61
II- Aperçu sur l’histoire géologique de la Mauritanie.....	61
III- Potentialités minières de la Mauritanie.....	64
IV- Pétrole et gaz en Mauritanie.....	67
Exercices.....	69
DEUXIEME PARTIE : BIOLOGIE	
Chapitre 1 : Organisation de la cellule	
I- Cellule vue au microscope optique.....	72
II- Cellule vue au microscope électronique.....	77
Exercices.....	82
Chapitre II : Les échanges cellulaires	
I- Echange d’eau.....	83
II- Echange de substances dissoutes.....	84
III – Interprétation.....	85
Exercices.....	87
TROISIÈME PARTIE : ECOLOGIE	
Chapitre 1 : Caractéristique d’un écosystème	
I- Notions préliminaires.....	91
II- Facteurs abiotiques.....	92
III- Facteurs biotiques.....	94
IV – Diversité des écosystèmes.....	95
Exercices.....	98
Chapitre 2 : Les grands problèmes écologiques actuels	
I- Destruction des écosystèmes.....	101
II- Pollution.....	101
II- Dégradation de l’atmosphère.....	102
Exercices.....	103
BIBLIOGRAPHIE.....	104

Avant-propos

L'Institut Pédagogique National s'adresse de nouveau - avec enthousiasme - à cette grande famille scolaire, à travers le nouveau projet de manuel de l'élève pour la classe de 5^{ème} année du secondaire.

Il est vrai que la première édition a été réalisée dans des conditions d'urgences, celle-ci, par contre, a connu des améliorations assez sensibles malgré une absence d'évaluation programmée.

C'est donc à base d'une sorte d'auto-évaluation des auteurs que des changements ont été opérés par rapport à la première édition.

Ainsi ce nouveau document comporte une démarche légèrement différente mais reste néanmoins fidèle aux orientations des nouveaux programmes en vigueur (la réforme de 1999).

*Il comprend toujours trois parties subdivisées en chapitres ayant plusieurs sous-parties : une **première partie géologique** contenant quatre chapitres, une **deuxième partie biologique** ayant deux chapitres et une **troisième partie écologique** comportant deux chapitres.*

A la fin de chaque chapitre, un ensemble d'exercices est proposé, facilitant ainsi aux apprenants –surtout- de s'évaluer progressivement durant l'année scolaire.

L'Institut pédagogique National réitère son souhait à tous les utilisateurs de faire parvenir leurs critiques et suggestions constructives afin de lui permettre de parfaire à chaque fois les éditions à venir. Site officiel : <http://www.ipn.mr/>

Les auteurs

PREMIERE PARTIE: GEOLOGIE

CHAPITRE I : STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DU GLOBE TERRESTRE

I - Séisme :

A – Définition et caractères généraux :

Les séismes sont une manifestation de l'activité interne du globe terrestre. Les dégâts qu'ils occasionnent à la surface du globe et le nombre de victimes dont ils sont responsables en font un des risques naturels majeurs.

Un séisme est une libération soudaine d'énergie qui se produit à l'intérieur de la terre et qui peut occasionner des dégâts considérables à cause des ondes élastiques qui se propagent depuis le foyer jusqu'à n'importe quel point de la surface.

Il se manifeste par une suite de secousses brusques, violentes et brèves du sol : les *secousses sismiques*.

On observe en général trois phases :

- Les *signes précurseurs* : bruits souterrains semblables au grondement d'un train lointain. Trépidations faibles ressenties par les animaux qui marquent leur inquiétude et cherchent à fuir.
- Le *paroxysme* : successions de secousses de 1 à 2 secondes chacune qui détruisent les édifices.
- Les répliques, moins violentes, les jours suivants, et de plus en plus espacées pendant le mois.

Voici le tableau des tremblements de terre ayant fait plus de 15 000 morts d'après les estimations des autorités locales, placés dans l'ordre chronologique.

Ville /Zone	Pays	Date	Magnitude	Nombre de morts
Kangra	Inde	4 avril 1905	M = 8,6	19 000
Santiago du Chili	Chili	17 août 1906	M = 8,6	20 000
Messine	Italie	28 décembre 1908	M = 7,5	100 000
Avezzano	Italie	13 janvier 1915	M = 7,5	29 980
Bali	Indonésie	21 janvier 1917	M = ?	15 000
Gansu	Chine	16 décembre 1920	M = 8,6	200 000
Tokyo	Japon	1 ^{er} septembre 1923	M = 8,3	143 000
Xining	Chine	22 mai 1927	M = 8,3	200 000
Gansu	Chine	25 décembre 1932	M = 7,6	70 000
Quetta	Pakistan	30 mai 1935	M = 7,5	45 000
Chilan	Chili	24 janvier 1939	M = 8,3	28 000
Erzinca	Turquie	26 décembre 1939	M = 8,0	30 000
Ashgabat	Turkménistan	5 octobre 1948	M = 7,3	110 000
Dashti biaz Khorassan	Iran	31 août 1968	M = 7,3	16 000
Chimbote	Pérou	31 mai 1970	M = 8,0	66 000
Yibin	Chine	10 mai 1974	6,8	20 000
	Guatemala	4 février 1976	M = 7,5	23 000
Tangshan	Chine	27 juillet 1976	M = 8,2	240 000
Michoacan	Mexique	19 septembre 1985	M = 8,1	20 000
Région de Spitak	Arménie	7 décembre 1988	M = 7,0	25 000
Zangan	Iran	20 juin 1990	M = 7,7	45 000
Kocaeli	Turquie	17 août 1999	M = 7,4	17 118
Bhuj	Inde	26 janvier 2001	M = 7,7	20 085
Bam	Iran	26 décembre 2003	M = 6,6	26 200
Sumatra	Indonésie	26 décembre 2004	M = 9,3	227 898
Muzaffarbad	Pakistan	8 octobre 2005	M = 7,6	79 410
Province du Sichuan	Chine	12 mai 2008	M = 7,9	87 149
Port-au-Prince	Haïti	12 janvier 2010	M = 7,2	230 000
Côte Pacifique du Tohoku	Japon	11 mars 2011	M = 9,0	Inconnu pour le moment

En profondeur, à la verticale de l'épicentre, se trouve le lieu où prend naissance le séisme, il est appelé foyer ou **hypocentre**. Au foyer se sont accumulées des contraintes sur les masses rocheuses. Les roches finissent à la longue par céder engendrant une **faille** parfois visible en surface.

La libération brusque d'énergie élastique lors de la rupture provoque l'émission d'**ondes sismiques** qui ébranlent le sol et se propagent dans toutes les directions de la manière de rayons lumineux.

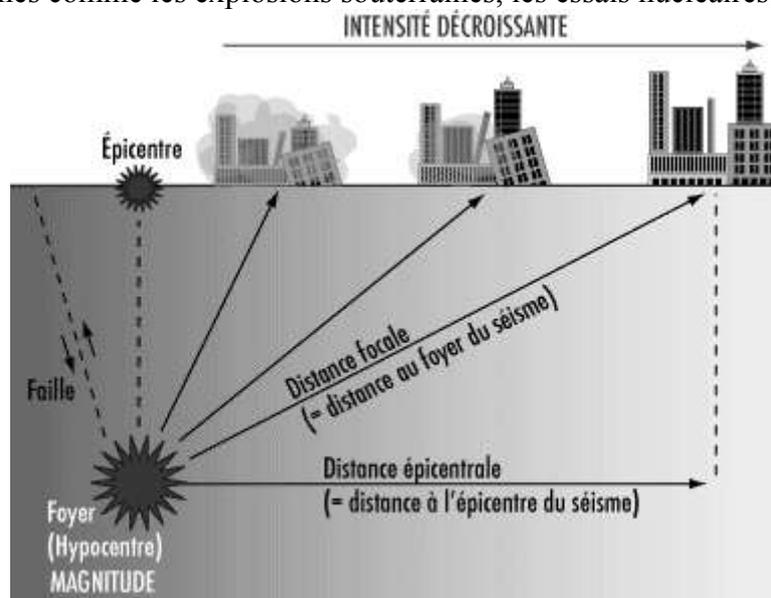
Les foyers sont **superficiels** (jusqu'à - 60 km), **intermédiaires** (de - 60 à - 300 km), ou **profonds** (au-delà de - 300 km). Les séismes à foyer superficiel sont les plus destructeurs.

Les séismes peuvent être classés en trois catégories :

- Les séismes tectoniques : ce sont les plus puissants et les plus meurtriers. Ils ont lieu à l'intersection des plaques tectoniques, et donc sur une ou plusieurs failles. L'énergie libérée est auparavant accumulée par la déformation des roches. Elle est donc brusquement libérée lors d'un séisme tectonique, c'est pourquoi ils sont très dévastateurs.

- Les séismes d'origine volcanique correspondent à une accumulation de magma dans la chambre magmatique d'un volcan. Cela entraîne une rupture dans les roches, et l'on ressent des microséismes.

- Les séismes d'origine artificielle correspondent à des séismes de magnitude moyenne qui sont dus aux activités humaines comme les explosions souterraines, les essais nucléaires...



B - Enregistrement :

Les instruments qui sont utilisés en sismologie pour enregistrer les tremblements de terre s'appellent des sismographes (*sismo* = séisme, tremblement ; *graphie* = qui écrit).

Les sismographes furent construits pour la première fois peu avant le début du XX^{ème} siècle. Même s'ils sont aujourd'hui plus sophistiqués, le principe de base utilisé est le même. Il s'agit de la loi du pendule : une masse suspendue à une colonne appuyée sur le sol, masse qui est donc relativement indépendante du mouvement de la colonne. Lorsque la colonne bouge en raison des ondes d'un séisme, l'inertie de la masse fait que celle-ci reste stationnaire par rapport au mouvement de la colonne, ce qui permet d'enregistrer ce mouvement relatif à l'aide d'une plume sur un papier enroulé autour d'un tambour qui tourne. Le registre s'appelle sismogramme.

On observe une masse accrochée à une colonne. Lorsque se produit le mouvement du sol, la masse reste stationnaire par rapport au mouvement de la colonne de façon à ce que le mouvement est relatif. À la masse est unie une petite plume qui dessine le mouvement sur un tambour qui tourne grâce à un petit moteur.

Le principe du sismographe à pendule peut s'utiliser pour enregistrer le mouvement vertical et horizontal du sol. Le mouvement vertical peut être enregistré en accrochant la masse à un ressort suspendu, de façon à ce que le va-et-vient de la masse, comme pour une balance de cuisine, dessine un registre. Pour les mesures de mouvements latéraux du sol, la masse s'accroche normalement à un

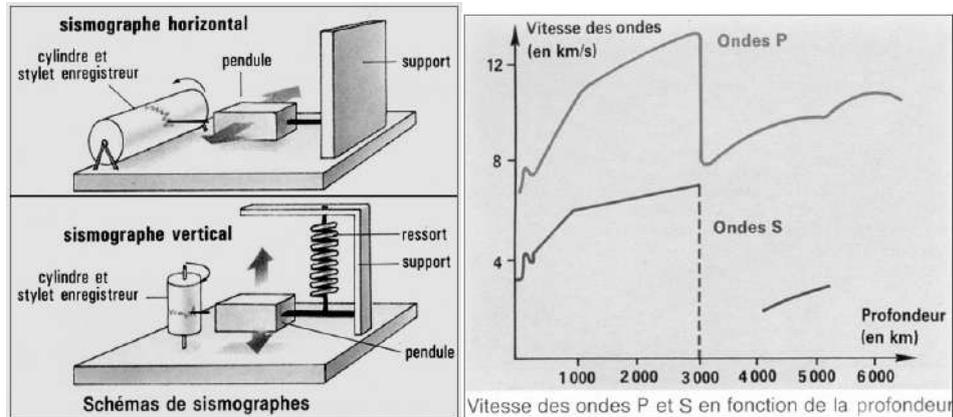
pendule horizontal qui bouge comme la porte d'une maison autour de ses charnières. Actuellement, les capteurs sont de type électromagnétique et les enregistrements sont digitaux de haut rang dynamique.

Lors de la fracture de la roche, les ondes générées se propagent à travers la Terre, autant en son intérieur qu'en surface. Fondamentalement, il y a trois types d'ondes. Les premières, appelées ondes P, consistent en la transmission de mouvements de compression et de dilatation de la roche, de façon semblable à la propagation du son. Le second type d'ondes, les ondes S, consiste en la propagation des ondes de cisaillement, où les particules bougent perpendiculairement à la direction de propagation de la perturbation.

Il existe un troisième type d'ondes appelées ondes superficielles (de Love et de Rayleigh). Elles se propagent à travers les couches les plus superficielles de la Terre. Dans le cas des ondes de Love, les vibrations sont horizontales, perpendiculaires à la direction de propagation. Dans le cas des ondes de Rayleigh, les vibrations sont elliptiques dans le plan vertical qui contient la direction de propagation.

Parmi ces variétés d'ondes, les ondes P sont celles qui se propagent à plus grande vitesse (d'où leur nom, ondes primaires), présentant en plus la caractéristique de pouvoir se propager à travers n'importe quel type de matériel, qu'il soit solide ou liquide. Les ondes S se déplacent à une vitesse un peu inférieure (ondes secondaires) et ne se propagent pas à travers les masses liquides. Finalement, les ondes superficielles se déplacent à une vitesse encore inférieure. En raison de la différence de vitesse de chacune des ondes, lorsque nous percevons un tremblement de terre, les premières secousses sont dues aux ondes P, les suivantes étant les ondes S et les dernières les ondes superficielles. La différence de vitesse de chaque type d'onde est la propriété utilisée pour déterminer la localisation du foyer du séisme.

Les enregistrements des sismographes, ou **sismogrammes**, et les diverses manifestations d'un séisme permettent de tracer des courbes d'égale intensité sismique : les **courbes isoséistes**. On détermine ainsi le lieu de la surface du globe où l'intensité du séisme a été maximale : l'**épicentre**, sur lequel les courbes isoséistes sont centrées.



C – Echelles :

1. Intensité :

Dès le siècle dernier, on a essayé de classer les tremblements de terre. A l'échelle Forel-Rossi de 10 degrés a succédé l'échelle de 12 degrés proposée par Cancaris dite habituellement de Mercalli qui l'a améliorée. Elle est relative, basée essentiellement sur les dégâts causés : en envoyant un questionnaire aux autorités locales de la zone atteinte, on arrive aisément à tracer une carte isosismique.

1^{er} degré. Seulement enregistré par les instruments sensibles.

2^e degré. Très faible. Peu d'observateurs, au repos, le remarquent.

3^e degré. Faible. Ressenti par un petit nombre d'habitants.

4^e degré. Médiocre. Ressenti en général à l'intérieur des maisons, mais par un petit nombre de personnes en plein air. Légères oscillations d'objets ; quelques dormeurs réveillés.

5° degré. Assez fort. Il est parfaitement ressenti en plein air. Oscillation comme à bord d'un bateau. Les objets suspendus entrent en oscillations. Quelques balanciers de pendules (suivant la direction des ébranlements) s'arrêtent. Réveil général des dormeurs.

6° degré. Fort. Provoque la panique. Objets et meubles lourds sont déplacés ; le blanc des plafonds et quelques plâtres tombent. Chute de quelques cheminées en mauvais état.

7° degré. Très fort. De sérieux dégâts peuvent se produire ; les eaux sont troublées, il se produit des lézardes, des chutes de cheminées. Dans les puits, le niveau de l'eau change.

8° degré. Ruineux. Des objets sont transportés à une distance importante ou sont renversés, les monuments funéraires, les statues, sont renversés. Eroulements partiels de cheminées d'usines ou de clochers.

9° degré. Désastreux. Des maisons peuvent s'écrouler. Destruction partielle ou totale d'édifices bien construits.

10° degré. Très désastreux. Des digues s'écroulent, les tuyaux d'alimentation (eau-gaz) sont coupés. Les rails de chemins de fer sont tordus. Des mamelons se produisent sur les routes ainsi que des fissures dans les terrains meubles.

11° degré. Catastrophique. Même les ponts les plus solides sont détruits, les rails complètement tordus. De grands éboulements se produisent.

12° degré. Cataclysmique. Rien ne subsiste des œuvres humaines. La géographie est modifiée. Ce degré n'a pas été observé.

2. Magnitude :

Les sismographes permettent de mesurer l'intensité d'un séisme : la magnitude est une grandeur mesurant l'énergie libérée sous forme d'ondes sismiques et elle est déduite de l'amplitude des sismogrammes. Elle peut aller de 1 à 9. L'échelle des magnitudes (ou échelle de Richter) est telle qu'une augmentation de 1 degré correspond à une intensité dix fois plus forte : un séisme de magnitude 8 est 10 fois plus intense qu'un séisme de magnitude 7, 100 fois plus intense qu'un séisme de magnitude 6, etc.



D – Structure de la terre :

Les études du comportement des roches sous différentes pressions et à différentes températures renseignent sur leurs propriétés physiques, notamment leur aptitude à transmettre les ondes sismiques et leurs réactions aux contraintes. L'intérieur de la Terre est donc constitué d'un certain nombre de couches superposées, qui se distinguent par leur état solide, liquide ou plastique, ainsi que par leur densité.

Les sismologues Mohorovicic, Gutenberg et Lehmann ont réussi à déterminer l'état et la densité des couches par l'étude du comportement de ces ondes sismiques. La vitesse de propagation des ondes sismiques est fonction de l'état et de la densité de la matière. Certains types d'ondes se propagent autant dans les liquides, les solides et les gaz, alors que d'autres types ne se propagent que dans les solides. Lorsque qu'il se produit un tremblement de terre à la surface du globe, il y a émission d'ondes dans toutes les directions. Il existe deux grands domaines de propagations des ondes: les ondes de surface, celles qui se propagent à la surface du globe, dans la croûte terrestre, et qui causent tous ces dommages associés aux tremblements de terre, et les ondes de volume, celles qui se propagent à l'intérieur de la terre et qui peuvent être enregistrées en plusieurs points du globe.

Chez les ondes de volume, on reconnaît deux grands types: les ondes de cisaillement ou ondes S, et les ondes de compression ou ondes P.

L'ensemble de ces informations a conduit à imaginer une structure interne possible du globe terrestre. La terre est formée d'enveloppes concentriques :

- en surface, la croûte : solide et épaisse de 10 à 50 km, elle représente 2 % du volume terrestre. On connaît deux types de croûtes terrestres : la croûte océanique, celle qui en gros se situe sous l'océan, qui est formée de roches basaltiques de densité 3,2 et qu'on nomme aussi SIMA (silicium-magnésium) ; et la croûte continentale, celle qui se situe au niveau des continents, qui est plus épaisse à cause de sa plus faible densité (roches granitiques à intermédiaires de densité 2,7 à 3) et qu'on nomme SIAL (silicium-aluminium). La couverture sédimentaire est une mince pellicule de sédiments produits et redistribués à la surface de la croûte par les divers agents d'érosion (eau, vents, glace) et qui compte pour très peu en volume.

- en dessous, le manteau s'étend jusqu'à 2 900 km : il est plus pauvre en silice et plus riche en fer et en magnésium. Il constitue le gros du volume terrestre, 81 %, et se divise en manteau inférieur solide et manteau supérieur principalement plastique, mais dont la partie tout à fait supérieure est solide.

La couche plastique du manteau supérieur est appelée asthénosphère, alors qu'ensemble, les deux couches solides qui la surmontent, soit la couche solide de la partie supérieure du manteau supérieur et la croûte terrestre, forment la lithosphère.

- au centre, le noyau est composé principalement de fer et d'un peu de nickel. Ce mélange est fondu à l'extérieur, mais solide à l'intérieur en raison des pressions gigantesques qui règnent au cœur de la terre. Il forme 17% du volume terrestre et se divise en noyau interne solide et noyau externe liquide. Deux discontinuités importantes séparent croûte, manteau et noyau: la discontinuité de Mohorovicic (MOHO) qui marque un contraste de densité entre la croûte terrestre et le manteau, et la discontinuité de Gutenberg qui marque aussi un contraste important de densité entre le manteau et le noyau. Une troisième discontinuité sépare noyau interne et noyau externe, la discontinuité de Lehmann.

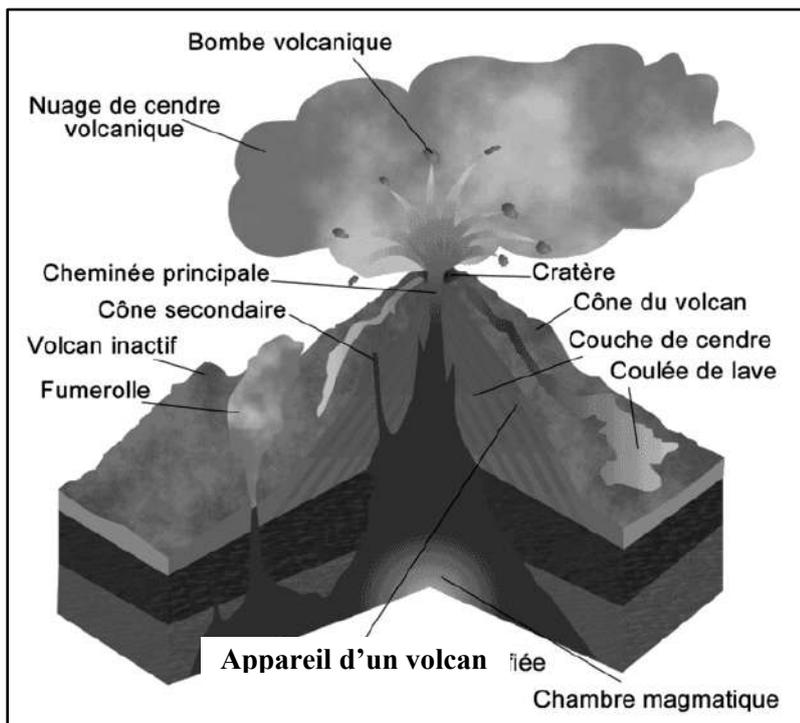
II. Volcanisme :

A. Définitions et caractères généraux :

Le volcanisme, manifestation permanente de l'activité du globe terrestre, est localisé en certains points des continents ou des océans, mais il est constant au niveau des dorsales médio-océaniques. C'est un phénomène important tant par les catastrophes qu'il peut causer, que par le volume considérable de roches produites chaque année (4 milliards de m³ en moyenne) et par l'énergie qui est libérée lors de chaque éruption. Les formes d'éruptions dépendent de la quantité de magma disponible, de sa fluidité ou viscosité, de la difficulté avec laquelle les gaz peuvent s'en échapper.

Le **volcanisme** est l'ensemble des phénomènes associés aux volcans et à la présence de magma. Un volcan est un orifice naturel par lequel un réservoir de magma à haute température issu des profondeurs communique avec la surface de la terre. Des gaz, de la lave peuvent alors remonter à la surface du globe. Le volcan peut être terrestre comme sous marin. On peut comparer un volcan à une sorte de cheminée qui met en contact des zones profondes de la Terre et sa surface. Lorsque la pression augmente sous l'écorce terrestre, le magma (roche en fusion) issu des profondeurs gagne la surface en se frayant un chemin à travers les parties faibles de l'écorce. Ce qui donne alors lieu aux éruptions volcaniques.

Un volcan est formé de trois parties : un réservoir de magma en profondeur, une ou des cheminées volcaniques et enfin, une montagne volcanique, qui peut prendre la forme d'un cratère, d'un cône à cratère, d'un dôme, par lequel s'échappe les produits volcaniques.



Dans les conditions normales, le manteau terrestre est à l'état solide. Dans certaines conditions de pression et de température, de petites zones de ce manteau fondent et remontent dans des chenaux vers la surface pour donner naissance à des volcans. Ces conditions sont rencontrées dans trois environnements :

- au niveau des dorsales océaniques, la zone de production des fonds océaniques ;
- au niveau des zones de subduction, un mécanisme important de production de la croûte continentale;
- au niveau d'un volcanisme de point chaud dit intra plaque dont les exemples les plus connus sont les îles d'Hawaï et de Polynésie. Généré à plus grande profondeur, il prendrait

naissance à l'interface entre le noyau et le manteau inférieur. Témoins des processus les plus profonds, l'étude des laves intra-plaques revêt donc une grande importance.

B. Produits volcaniques:

1. Produits gazeux :

Des fumerolles dont le nuage trahit la présence d'eau et les cristaux la présence de soufre dans les gaz volcaniques.

Les magmas contiennent des gaz volcaniques dissous. Le dégazage des magmas est un phénomène déterminant dans le déclenchement d'une éruption et dans le type éruptif. Le dégazage fait monter le magma le long de la cheminée volcanique ce qui peut donner le caractère explosif et violent d'une éruption en présence d'un magma visqueux.

Les gaz volcaniques sont principalement composés de :

- vapeur d'eau à teneur de 50 à 90 % ;
- dioxyde de carbone à teneur de 5 à 25 % ;
- dioxyde de soufre à teneur de 3 à 25 %.

Puis viennent d'autres éléments volatils comme le monoxyde de carbone, le chlorure d'hydrogène, le dihydrogène, le sulfure d'hydrogène, etc. Le dégazage du magma en profondeur peut se traduire à la surface par la présence de fumerolles autour desquelles des cristaux, le plus souvent de soufre, peuvent se former.

2. Produits solides :

Les émissions rythmiques de vapeurs et de gaz laissent place souvent, dans un même volcan, à des projections de diverses matières solides qui peuvent se poursuivre pendant des semaines et même des mois. Ces produits sont de taille et d'origine différente.

a) Les scories et les lambeaux de lave :

La projection de scories et de lambeaux de laves ne se produit que dans les volcans à laves très fluides. Le magma très riche en gaz est monté très haut dans la cheminée. Les gaz se dégagent rapidement, les bulles viennent crever la surface de la lave et, en éclatant, arrachent des lambeaux de laves qui sont projetés dans les airs et retombent à proximité du cratère, participant ainsi à l'élaboration du cône volcanique. Ces projections sont dues au phénomène de dégazage de la lave très fluide.

b) Les cendres :

Les cendres sont des matériaux meubles pulvérulents ou sableux constitués soit de magma pulvérisé, soit de roches broyées provenant de la paroi de la cheminée, soit le plus souvent d'un mélange des deux. Un triage s'opère au cours du transport aérien, les sables volcaniques retombent au pied du volcan, les cendres fines peuvent rester très longtemps en suspension dans les airs, emportées par le vent : lors de l'explosion du Krakatoa (1883), les cendres auraient fait plusieurs fois le tour de la terre avant de se déposer deux ans plus tard.

c) Les ponces

On appelle ponce les fragments solidifiés de magma vitreux boursoufflés, et très poreux, projetés par des explosions violentes. Elles ne se forment que lorsqu'un magma très visqueux vient à subir une détente brusque lors d'une explosion. Dans la cheminée, les gaz contenus dans la lave sont sous une très forte pression et sont comprimés, comme les gaz contenus dans une bouteille d'eau gazeuse non encore ouverte. Projetés dans l'air, la pression baisse brusquement et les gaz se détendent et donnent naissance à une très grande quantité de bulles comme celles observées à l'ouverture d'une bouteille d'eau gazeuse. Dans le parcours aérien, la lave se refroidit très rapidement, se solidifie, et les gaz restent prisonniers. Les ponces ou fragments de lave expansée peuvent flotter sur l'eau.

d) Les lapillis

Ce sont des produits solides éjectés par des explosions ayant leur siège dans le cratère du volcan. Leur diamètre est compris entre 2 mm et 2 cm. Ils sont, en général, constitués par des fragments de vieilles laves solidifiées.

e) Les bombes volcaniques

Ce sont des lambeaux de lave dont la forme particulière provient de la rotation subie au cours du parcours aérien et qui arrivent figés au sol. La forme de ces bombes volcaniques est fonction de la viscosité de la lave qui leur a donné naissance. Une lave fluide donne des bombes en forme de fuseau ou de poire, terminées par une ou deux extrémités recourbées. Les magmas plus visqueux donnent des bombes en croûtes de pain. La dimension des bombes varie de quelques centimètres cubes à plusieurs mètres cubes.

3. Produits liquides :

Ces produits sont essentiellement représentés par les coulées de laves et les lahars.

Les produits liquides plus ou moins visqueux, ou lave, s'échappent en coulées de la bouche d'émission à des températures variant de 600 à 1200 °C. La vitesse d'écoulement et la pente du volcan dépendent de la viscosité du magma. La vitesse est généralement de quelques kilomètres par heure. Mais, exceptionnellement, on a pu relever des vitesses de 50 km/h. La lave est composée, du point de vue chimique, d'oxyde de silicium (silice), de silicate de sodium, de calcium, de fer, de magnésium et autres. Sa fluidité au moment de l'émission dépend de la proportion de gaz qui s'y trouve, de sa température, mais surtout de sa composition chimique. On distingue plusieurs types de lave: Les laves fluides, les laves intermédiaires, les laves visqueuses :

-Les laves fluides: Ce sont des laves de couleur sombre très pauvres en silice (renferment 45% de silice). Les coulées de ces laves sont très longues et peuvent s'étendre sur les dizaines de kilomètres. Ces laves après refroidissement donnent une roche appelée basalte.

- Les laves visqueuses: Elles sont riches en silice, renferment 65% de silice. Les coulées sont courtes, ces laves se solidifient rapidement et donnent les roches claires telles que les rhyolites.

- Les laves intermédiaires: Elles sont moins riches que les laves visqueuses, elles renferment 55% de silice. Elles sont de couleur claire, les coulées plus ou moins importantes et donnent des roches telles que des trachytes, des andésites.

Ce sont des écoulements non-newtonien (c'est à dire dans lesquels l'eau n'est plus le moteur de la dynamique) à matériaux volcaniques prépondérants : soit coulées de débris (> 50% blocs), soit coulées de boue (> 50% de matériaux fins sables, limons, argiles). Avec 31 500 morts, ils ont représenté 40% des victimes dus aux éruptions volcaniques au 20^{ème} siècle.

On distingue deux grandes catégories de lahars :

- **Lahars syno-éruptifs** qui se produisent pendant l'éruption, appelés aussi lahars primaires ou lahars chauds. Ils peuvent avoir pour origine :

- * une fonte brutale de la neige ou de la glace due à l'activité volcanique. Ce type de lahar compte parmi les plus dangereux car ils sont beaucoup plus volumineux, même lors d'une éruption modeste. Exemple du Ruiz, 25 000 morts alors que seulement 9% de la calotte glacière a fondu ;
- * la pénétration d'une nuée ardente dans un cours d'eau ;
- * la vidange brutale d'un lac de cratère suite à une explosion, une brèche dans la paroi du volcan ou un débordement en cas de trop plein. Ces deux derniers cas, non liés à une activité éruptive en sont d'autant plus dangereux qu'ils sont imprévisibles ;
- * les eaux de pluie (exemple du cyclone au Pinatubo).

- **Lahars post-éruptifs** ou secondaires ou froids, qui remanient les dépôts de cendre ou de nuées.

Le danger vient du fait que les lahars ne suivent pas obligatoirement les talwegs, mais débordent fréquemment au niveau des coudes, des zones resserrées d'une vallée ou des ruptures de pente.

C. Classification :

Lors des débuts de la volcanologie, l'observation de quelques volcans a été à l'origine de la création de catégories basées sur l'aspect des éruptions et le type de lave émise. Chaque type est nommé selon le volcan référent. Le grand défaut de cette classification est d'être assez subjectif et de mal tenir compte des changements de type d'éruption d'un volcan.

Le terme de « cataclysmique » peut être rajouté lorsque la puissance de l'éruption entraîne de lourds dégâts environnementaux et/ou humains comme ce fut le cas pour le Santorin vers 1600 av. J.-C. qui aurait contribué à la chute de la civilisation minoenne, le Vésuve en 79 qui détruisit Pompéi, le Krakatoa en 1883 qui engendra un tsunami de quarante mètres de hauteur, le mont Saint Helens en 1980 qui rasa des hectares de forêt, etc.

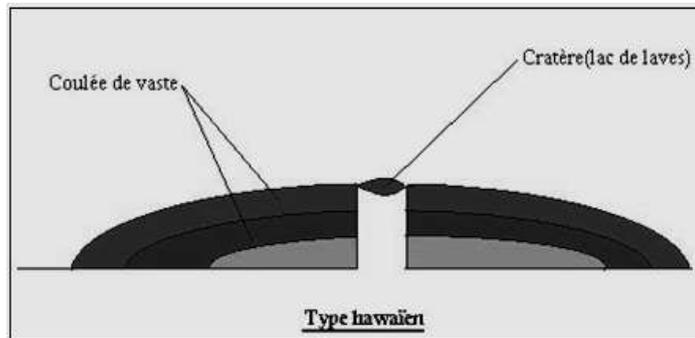
Afin d'introduire une notion de comparaison entre les différentes éruptions volcaniques, l'indice d'explosivité volcanique, aussi appelée échelle VEI, fut mis au point par deux volcanologues de l'Université d'Hawaii en 1982. L'échelle, ouverte et partant de zéro, est définie selon le volume des matériaux éjectés, la hauteur du panache volcanique et des observations qualitatives. Il existe deux grands types d'éruptions volcaniques dépendant du type de magma émis : effusives associées aux « volcans rouges » et explosives associées aux « volcans gris ». Les éruptions effusives sont les éruptions hawaïenne et strombolienne tandis que les explosives sont les vulcanienne, peléenne et plinienne. Ces éruptions peuvent se dérouler en présence d'eau et prennent alors les caractéristiques d'éruptions phréatiques, **surtseyenne**, sous-glaciaire, sous-marine et limnique.

On distingue 3 types d'éruption volcanique :

- Le type effusif ou Hawaïen
- Le type explosif (type vulcanien, type peléen)
- Le type intermédiaire ou strombolien

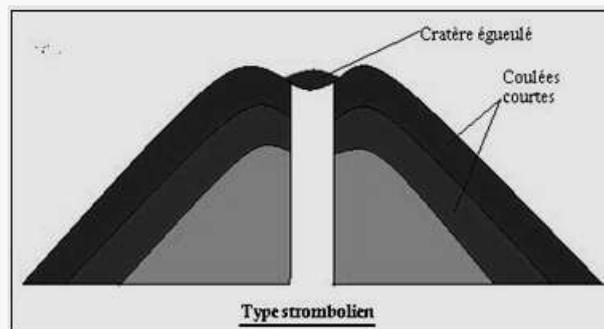
Type effusif ou Hawaïen (45% silice)

Il est caractérisé par des laves très fluides, des coulées vastes pouvant atteindre plusieurs dizaines de kilomètres, éruption tranquille sans projection ni explosion. Exemple: Le mont Cameroun, le mont Manengouba, le mont Bamboutos



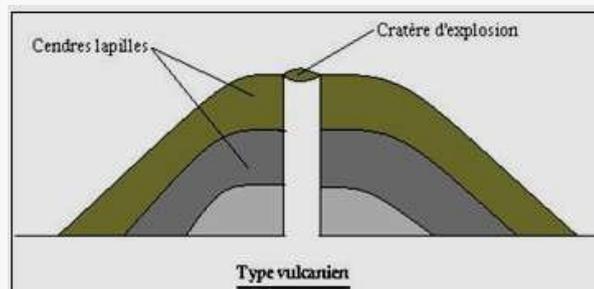
Type strombolien ou intermédiaire (55% de silice)

Les laves sont claires moins fluides, les éruptions sont violentes avec projection des bombes et lapilli Exemple: Volcans de Tomber au Sud-ouest. On trouve aussi ce type dans l'Adamaoua et dans la plaine du Noun.



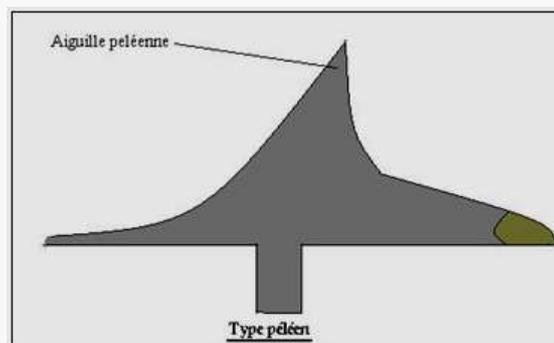
Type vulcanien

Il est caractérisé par des laves très visqueuses avec des projections violentes, des coulées massives et courtes. Il y'a formation des dômes. Exemple: Lac bambili



Type peléen

Il est caractérisé par des laves plus visqueuses qui ne coulent pas et ferment la cheminée, il y'a formation des aiguilles peléennes.



III. Répartition des séismes et des volcans :

A l'échelle du globe, la répartition géographique des séismes coïncide généralement avec celle du volcanisme. Les volcans effusifs sont isolés (sur les continents ou les îles) ou alignés (surtout sous-marins). Ils sont peu à pas dangereux.

Les volcans explosifs sont le plus souvent alignés le long de l'océan Pacifique, le long de grandes cassures. Ce sont des volcans dangereux.

Les séismes sont particulièrement fréquents dans certaines zones de la surface terrestre.

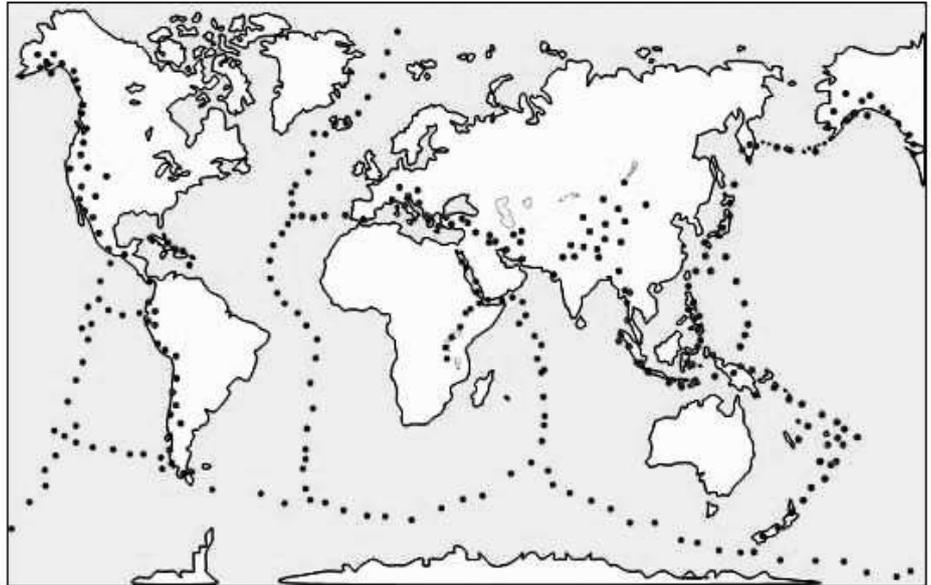
Ils se produisent surtout dans les chaînes de montagne, près des fosses océaniques et aussi le long des axes des dorsales.

Planisphère (plus d'une fois la surface de la Terre)

Répartition des séismes

Séismes de rapprochement en bleu

Séismes d'écartement en vert



IV. Mouvements des plaques lithosphériques :

La croûte terrestre est formée par 7 grandes plaques et d'autres plus petites. Ces plaques sont connues sous le nom de plaques tectoniques. Les plaques ne sont pas immobiles, elles se déplacent à des vitesses allant de 1-2 cm/an pour les plaques les plus lentes, jusqu'à 6-7 cm/an pour celles les plus rapides, et elles ne se déplacent pas toutes dans le même sens, sinon qu'elles peuvent le faire en sens opposés.

Les frontières de plaques sont :

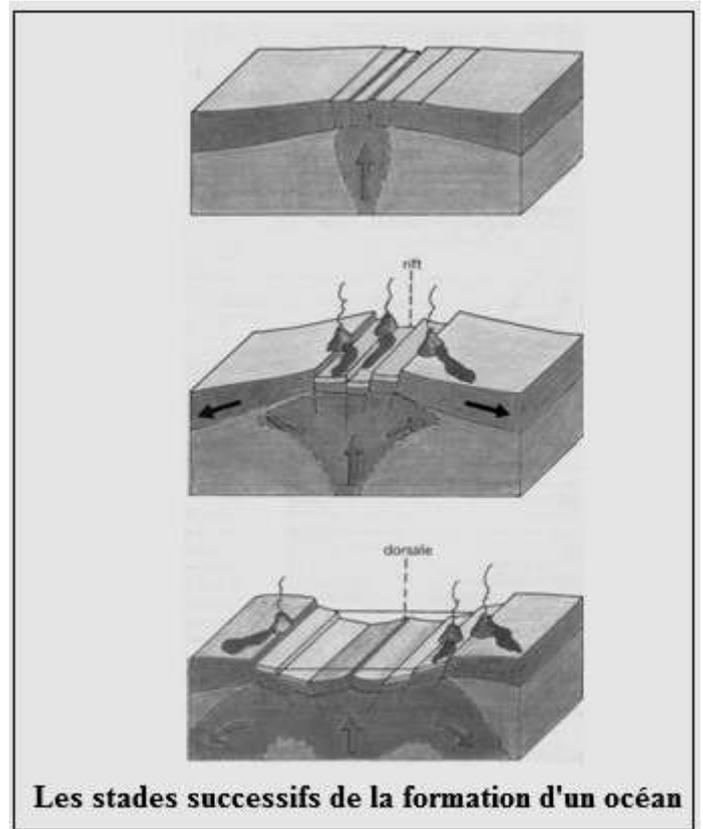
- des dorsales sismiques au niveau desquelles des plaques s'écartent par leur bord océanique (cas d'expansion océanique).
- des zones de convergence, où les plaques se rencontrent.
- des zones de coulissage ou de failles transformantes.

A. dorsales sismiques :

Les dorsales océaniques ou médio-océaniques sont des alignements de hauteurs, longs de quelques dizaines de milliers de kilomètres, larges de quelques dizaines. La profondeur à leurs sommets varie de 2,5 à 3 kilomètres, c'est-à-dire qu'elles sont plus hautes de quelques deux kilomètres que la moyenne des fonds océaniques. A leur milieu, se trouve habituellement un fossé d'effondrement appelé rift dont la genèse s'explique par une distension due au fait qu'il est le lieu où s'écartent deux plaques lithosphériques. Ceci se traduit aussi par un volcanisme basaltique, effusif, avec la formation de coulées typiques de laves en coussin ou pillow-lava et une intense sismicité (à foyer superficiel).

L'ensemble des dorsales médio-océaniques constitue la plus longue chaîne de montagne du globe terrestre. Les dorsales océaniques sont découpées perpendiculairement à leur axe par des failles transformantes. C'est au niveau de ces dorsales que se forme du plancher océanique (accrétion océanique) et que les plaques lithosphériques s'écartent en s'agrandissant. On distingue également des « dorsales lentes » (taux d'expansion de 0 à 6 cm par an) et des « dorsales rapides » (taux d'expansion entre 6 cm et 20 cm).

La séparation entre continents débute par la formation d'un rift continental, fossé d'effondrement dans lequel viennent se mettre en place les magmas qui remontent de l'intérieur du globe. L'arrivée continue de nouveaux magmas élargit la coupure, donne naissance à un nouveau plancher océanique et repousse les continents de part et d'autre du rift qui se transforme peu à peu en une vraie dorsale. A mesure que les magmas se refroidissent, leur densité augmente et ils se contractent peu à peu. Ce tassement thermique explique la différence d'altitude entre la crête et les régions avoisinantes. Pendant que l'expansion se poursuit, les produits d'érosion des continents s'accumulent au pied du talus continental, créant un glacis sédimentaire.



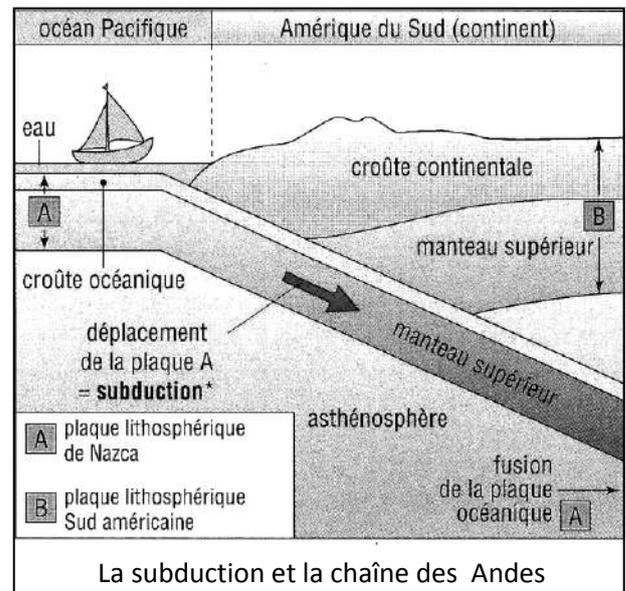
Les stades successifs de la formation d'un océan

B. Zone de convergence :

La *convergence* : se dit d'un mouvement rapprochant deux plaques l'une de l'autre, compensant ainsi l'expansion océanique en d'autres zones du globe. Trois types de frontière de plaques convergentes accommodent le rapprochement.

1. Subduction :

Du latin *subducere* : passer sous. Une zone de subduction là où une plaque (en général la plus dense et plus précisément la plaque océanique, $d = 3,2$) s'incurve et plonge sous une autre, moins dense (généralement la plaque continentale, $d = 2,7$) avant de s'enfoncer dans l'asthénosphère où elle rencontre de très hautes températures et fond partiellement. C'est ce magma récemment fondu qui remonte pour alimenter les volcans situés au niveau des cordillères et des arcs insulaires. On peut également avoir des exemples de subduction Océan-océan.



La subduction et la chaîne des Andes

L'inclinaison de la plaque plongeante ou subductée définit un plan de Wadati-Benioff marqué par des tremblements de terre à foyers de plus en plus profonds.

Les zones de subduction se caractérisent, au niveau des océans, par une fosse océanique (dépression allongée, creusée le long de la zone de subduction) et sont associées à un volcanisme andésitique situé à la verticale de la plaque plongeante. Les frictions entre ces plaques y sont responsables des séismes à foyer de plus en plus profonds.

Pour illustrer ce type de mouvement, on propose l'exemple suivant : c'est un enfoncement du bord à croûte océanique de la plaque de Nazca sous le bord continental de la plaque sud américaine. Ce mouvement est à l'origine d'une part, de la fosse du Chili et d'autre part des Andes (Cordillère des Andes).

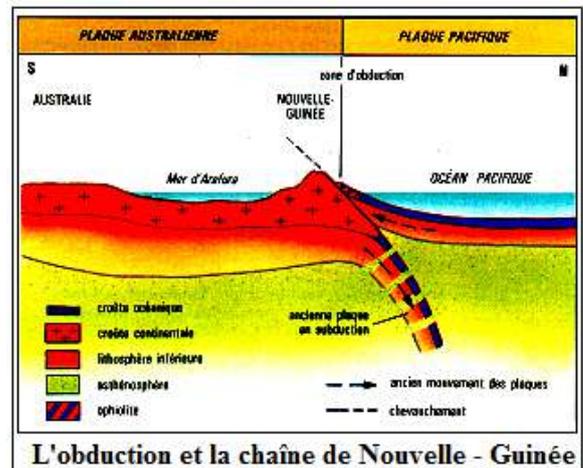
2. Obduction :

Du latin *obducere* : recouvrir. C'est le chevauchement d'une vaste portion de lithosphère océanique sur un domaine continental. Ainsi cette croûte océanique se trouve soulevée et plissée au-dessus de la croûte continentale de faible densité qui ne peut pas s'enfoncer dans le manteau au-delà de 60 km. Les contraintes se poursuivant, la plaque océanique vient recouvrir le continent où elle donne naissance aux ophiolites.

Ces mêmes contraintes entraînent une forte augmentation de pression sans augmentation sensible de température, d'où le métamorphisme de haute pression (schistes bleus, éclogites) et une absence de magmatisme (représenté par les ophiolites).

Dans les zones d'Obduction récentes, les tensions persistantes sont responsables des activités sismiques superficiels observés actuellement.

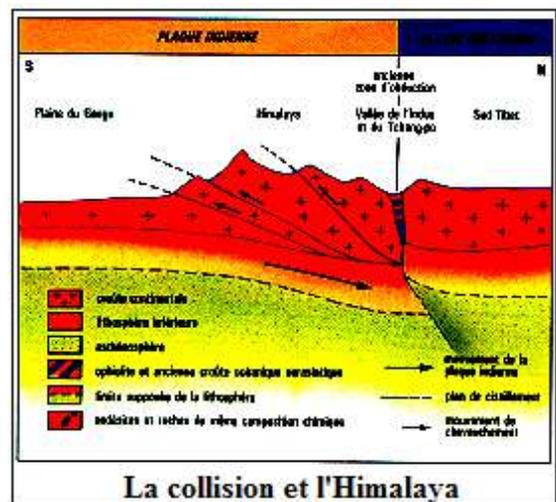
Pour matérialiser ce type de mouvement, on présente l'exemple suivant : le chevauchement du bord à croûte océanique de la plaque Pacifique sur le bord à croûte continentale de la plaque australienne, s'accompagne de la mise en place d'ophiolites, et de la formation de la chaîne de montagne de Nouvelle Guinée. Le charriage des ophiolites, la poussée latérale qu'elles exercent et la remontée de la croûte continentale moins dense sont à l'origine de cette chaîne de montagne.



3. Collision :

Du latin *collidere* : rencontrer. C'est l'affrontement de deux masses continentales résultant de la fermeture d'un domaine océanique intermédiaire et s'accompagnant de déformations très importantes (orogénèse).

Il s'agit généralement de deux plaques continentales. Ainsi quand deux plaques continentales de même nature et de même densité se rencontrent, le moteur du mécanisme se bloque. Il n'est pas assez puissant pour faire plonger l'une des plaques dans l'asthénosphère à cause de leur faible densité. Les deux plaques se soudent pour n'en former qu'une seule.



Les chaînes de collision se caractérisent par : des mouvements horizontaux (nappes de charriage), un épaissement de la croûte et la présence de suture ophiolitique qui sont des restes de plancher océanique souvent métamorphisés à basse température et à haute pression et charriés sur les montagnes. Ces sutures ophiolitiques marquent la limite entre deux anciennes plaques.

En plus, les roches métamorphiques comme les micaschistes et les gneiss fondent partiellement vers 700 à 800°C et donnent des migmatites. Lors de la remontée (mouvements verticaux), des couches enfouies à la suite d'un rééquilibrage thermique, la diminution de pression permet une fusion des roches riches en silices, en minéraux alcalins comme le gneiss ; le magma résultant monte vers la surface et forme des massifs granitiques intrusifs.

L'exemple qui illustre ce type de chaîne est le suivant : l'affrontement de la plaque continentale indienne et la plaque continentale eurasienne entraîne la fermeture de l'océan qui les séparait (Téthys) et la formation de l'Himalaya.

V. Roches magmatiques :

Les **roches magmatiques**, également désignées sous le vocable de **roches ignées**, voire comme **roches éruptives**, se forment quand un magma se refroidit et se solidifie, avec ou sans cristallisation complète des minéraux le composant.

Le magma, qui est un mélange de cristaux et d'un liquide, se forme à l'intérieur du globe, à la limite de la lithosphère et de l'asthénosphère (entre 70 et 120 km de profondeur) par une fusion partielle du manteau supérieur. Cette solidification peut se produire :

- en profondeur, cas des roches magmatiques plutoniques (dites « intrusives ») ;
- à la surface, cas des roches magmatiques volcaniques (dites « extrusives » ou « effusives »).

A. Roches plutoniques :

1. Granite :

a) Caractères généraux :

Cette famille comprend le granite et la granodiorite; Les membres de ce groupe sont appelés granitoïdes ou roches quartzofeldspathiques. Ce sont les roches plutoniques les plus répandues. Le nom de granite vient du latin "granum" qui signifie grain, par référence à la texture grenue de cette roche très dense (densité moyenne : 2 7 g/cm³).

Il existe de nombreux granites différents : des granites roses, des granites gris à patine blanche, des granites de teinte claire, des granites de teinte foncée, des granites à petits grains, des granites à gros grains....



La comparaison entre plusieurs échantillons de granite fait apparaître les ressemblances suivantes : ce sont des roches rugueuses au toucher, imperméables (une goutte d'eau versée sur un échantillon ne pénètre pas), très dures, constituées d'un assemblage de petits grains (les cristaux), visibles à l'œil nu et imbriqués les uns dans les autres : c'est une roche cristalline.

b) Composition :

L'observation des associations de cristaux donne une information sur la composition minéralogique, donc chimique, remarquablement homogène de la roche. Le granite est une roche riche en silice (plus de 65%):

- **feldspaths** (silicates d'alumine) de deux types: feldspaths potassiques (K) comme l'orthose et feldspaths plagioclases riches en sodium (Na) ou en calcium (Ca),
- **quartz** (silice pure),
- **micas** (silicates d'alumine) noir (biotite) et blanc (muscovite) et autres minéraux accessoires.

Les granites peuvent contenir également de la hornblende, de la magnétite, du grenat, du zircon et de l'apatite. La composition chimique moyenne du granite est : 72,5 % de SiO₂, 14 % de Al₂O₃, 9,5 % de (Na₂O, K₂O), 2 % d'oxydes (Fe, Mn, Mg, Ca). Le granite est une roche acide.

Dans un granite au sens strict, le feldspath potassique est plus abondant que le plagioclase. Lorsque le **feldspath potassique** est largement dominant, on parle de granite alcalin ; lorsque c'est le plagioclase qui domine, on parle de granodiorite.

c) Structure :

Le **granite** est une roche magmatique plutonique à texture grenue, c'est-à-dire entièrement cristallisée (holocristalline) et composée de minéraux bien développés et visibles à l'œil nu. Celle-ci est le résultat du refroidissement lent, en profondeur, de grandes masses de magma qui formeront des plutons, ces derniers étant actuellement en surface grâce au jeu de l'érosion qui a découpé les roches sus-jacentes. Ces magmas, acides (c'est-à-dire relativement riches en silice) sont essentiellement le résultat de la fusion partielle de la croûte terrestre continentale.



Dans un granite les micas et les feldspaths, minéraux de haute température, cristallisent les premiers avec leur forme propre (**cristaux automorphes**), le quartz, minéral de plus basse température, cristallise en dernier en occupant les espaces libres (**cristaux xénomorphes**).

d) Utilisation :

Le granite est un matériel de construction très répandu car il possède une grande résistance à l'usure et à l'altération du fait de sa forte teneur en quartz. Son fil, dû à une fissuration à angle droit ainsi qu'à l'abondance des feldspaths (qui se clivent à 90 %) permet de l'extraire sous forme de parallélépipèdes et de le façonner selon des plans de séparation perpendiculaires.

Les variétés grises sont utilisées pour la fabrication de pavés de bordures ou de bornes, ou sous forme concassée, de matériau d'empierrement.

Les granites colorées servent de pierre brute pour les sculptures; taillés et polis, ils sont utilisés pour le revêtement des façades, des sols ou pour toute autre décoration de ce genre. Un grain régulier facilite la taille et le polissage tandis qu'une forte proportion de micas entraîne des inconvénients.

2. Autres roches plutoniques :

Diorite : roche éruptive à structure grenue, contenant du feldspath calcosodique, du mica, de l'amphibole et parfois un peu de pyroxène.

Ne contient pas de quartz. Souvent associée au granite et au gabbro.

Plus sombre que le granite, présente des cristaux verdâtre (feldspath) et foncé (amphibole).



Gabbro : roche éruptive, à structure grenue, sombre et dense, composée de feldspath alcalin, mica, amphibole, et beaucoup de pyroxènes (augite). Peut contenir aussi de l'olivine et de la magnétite. Ne contient pas de quartz. Accompagne souvent les diorites. Roche lourde, de couleur verte et noire.



Pegmatite : roche granitoïde à cristaux de grande taille (notamment de mica), constituée de quartz, de feldspath alcalin et de muscovite. Contient parfois des minéraux rares ou des minéraux contenant des métaux rares.



Syénite : roche éruptive, à structure grenue, ressemblant au granite, ne contenant pas de quartz, mais de l'amphibole. Nom venant de Syène, ancienne Assouan, en Egypte.



B. Roches volcaniques :

1. Basalte :

a) Caractères généraux :

C'est la roche volcanique la plus abondante, elle représente 80% des laves émises. Le basalte est le principal constituant des planchers océaniques qui se forment au niveau de la dorsale océanique. Ainsi près de 60% de la planète est recouverte d'une couche basaltique.



Le mot *basalte* est emprunté du latin *basalte*, lui-même probablement dérivé d'un terme éthiopien signifiant « roche noire ».

L'étude d'échantillons révèle que le basalte est une roche très sombre, mate, lourde, un peu rugueuse, pouvant présenter quelques vacuoles.

b) Structure et composition :

Le basalte est une roche mélanocrate à holomélanocrate (sombre à très sombre). Il a une structure microlithique, et il est composé essentiellement de plagioclases (50 %), de pyroxènes (25 à 40 %), d'olivine (10 à 25 %), et de 2 à 3 % de magnétite.

Le basalte est une roche **microlitique**: cristaux de taille inégale (**phénocristaux** visibles à l'œil nu et **microlites** en baguettes microscopiques) noyés dans une **pâte non cristallisée** ou verre.

Au microscope, la pâte apparaît parsemée de cristaux plus petits ; une lame mince est particulièrement révélatrice au microscope polarisant : microcristaux en bâtonnets orientés autour de gros cristaux, les phénocristaux qui sont de deux espèces : les uns, de forme très irrégulière, présentent des cassures. Ce sont des cristaux d'olivine, identiques à ceux qui étaient apparus verdâtres à la loupe ; ils apparaissent, de loin, comme des bois flottants à la dérive en ligne parallèles. La forme des autres est plus géométrique, ce sont des pyroxènes.

Les roches microlitiques se sont formées par refroidissement en plusieurs phases: les **gros cristaux automorphes** lors du refroidissement lent au sein de la chambre magmatique, les **microlites** lors du refroidissement rapide en surface, constituant ainsi deux associations cristallines différentes.

Lorsque le magma est effusif (refroidissement brutal) le matériau n'a pas le temps de cristalliser, on obtient un verre (matériau amorphe).



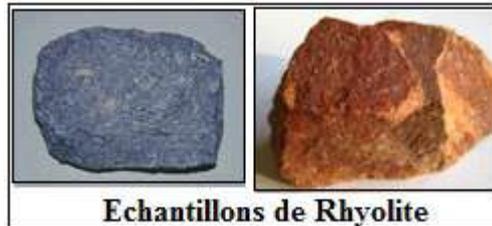
c) Utilisation :

La **fibre de basalte** est un matériau fait à partir de fibres extrêmement fines de basalte, elle est composée de minéraux comme le plagioclase, le pyroxène et l'olivine. Elle est similaire à la fibre de carbone et la fibre de verre mais possède de meilleures propriétés physico-mécaniques que la fibre de verre, elle est aussi moins chère que la fibre de carbone.

La fibre de basalte est utilisée comme matériau résistant au feu dans l'industrie spatiale et automobile. Le basalte commercialisé pour le jardinage provient d'une roche très finement broyée. Sa très grande surface de contact lui permet d'être très rapidement décomposé par les micro-organismes du sol contrairement aux produits plus grossiers à action très lente. Exceptionnellement riche en magnésium (8,8 %), très riche en oligo-éléments et en silice, le basalte facilite l'absorption par les plantes des éléments nutritifs présents dans le sol, il participe à la formation du complexe argilo-humique et stimule la vie microbienne. Grâce à son "*pouvoir tampon*" le basalte neutralise aussi bien les sols acides que les sols basiques. Pour les conduites des eaux usées et le nettoyage de celles-ci, le basalte fondu est considéré comme un matériau parfait en ce qui concerne la complexité généralement admise des travaux de rénovation sur de telles installations et les exigences de longévité de ces constructions.

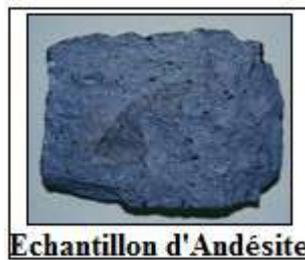
2. Autres roches volcaniques :

- **Rhyolite** : roche éruptive, à structure microlithique, correspondant au granite. Contient quartz, feldspath et mica dans une pâte rougeâtre. Couleur rose clair à rouge ("porphyre rouge"). Nom dérivant de "ruas" : qui coule. Les rhyolites de l'Adrar des Iforas (Mali) ont des cristaux analogues au granite : quartz, feldspath, orthose, mica.



- **Andésite** : roche éruptive, à structure microlithique, correspondant à la diorite. Contient du feldspath calcosodique (plagioclase), mica, amphibole et pyroxène. Se compose de gros cristaux dans une pâte claire. Dure, rugueuse, de couleur gris violacé.

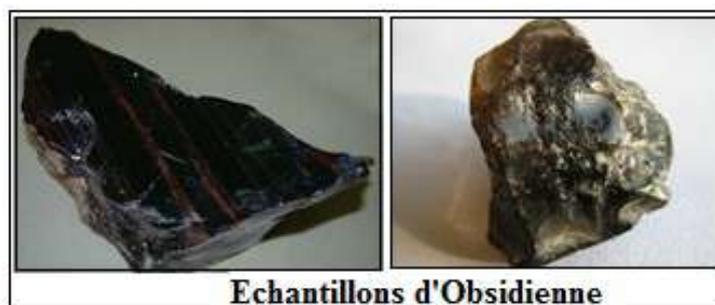
Les andésites, abondantes dans les Andes (Amérique) mais aussi en Afrique, sont voisines du basalte mais sans olivine. Le porphyre rouge d'Egypte utilisé par les anciens dans les monuments en est une variété, avec de grands cristaux de feldspaths. Les volcans actuels en rejettent (Paricutín, Mexique).



- **Dolérite** : Du grec *doleros*, trompeur est une roche magmatique intermédiaire entre le gabbro et le basalte. Elle est constituée de grains visibles à la loupe. De teinte verdâtre à bleuâtre, elle est composée de plagioclase en latte (ou baguette) englobé par de pyroxènes. C'est une roche compacte.

La dolérite, vert foncé, présente de la matière vitreuse entre des cristaux de feldspath et de pyroxène.

- **Obsidienne** : roche éruptive, à structure vitreuse, sans cristaux, de couleur noire. Très dure. L'obsidienne est une lave volcanique entièrement vitreuse appelée « verre des volcans ». Elle se brise suivant une cassure ondulée et tranchante.



- **Pierre ponce** : écume de lave vitrifiée, très légère. Elle est rugueuse et très légère. Elle flotte sur l'eau. On l'utilise pour polir le calcaire et le marbre.



- **Trachyte** : roche éruptive, à structure microlithique, correspondant à la syénite. Contient feldspath potassique (orthose), mica et amphibole, mais pas de quartz. Se présente en gros cristaux, dans une pâte grise et rugueuse. Légère et de couleur claire. Nom dérivant du latin "trachus" : rugueux). Variété plus claire : domite. Les trachytes avoisinent très souvent les basaltes. Elles sont plus claires, grisâtres et rudes au toucher (du grec trachys, rude). Des cristaux de feldspath, d'amphibole, de mica noir se distinguent à l'œil nu. Elles fondent moins facilement et leurs gisements sont moins étendus.

Exercices

Exercice 1

Corriger les affirmations inexactes : les affirmations suivantes sont toutes inexactes. Modifier les phrases (en remplaçant, en supprimant ou en complétant certaines parties) pour les rendre exactes.

- 1° Les ondes sismiques P et S traversent la totalité des couches profondes du globe.
- 2° Une onde sismique ralentit lorsque la densité du milieu traversé augmente.
- 3° Les matériaux du noyau terrestre sont soumis à des pressions énormes et se comportent comme des solides.

Exercice 2

Chaque série d'affirmation peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repérer les affirmations correctes :

1. Les rais sismiques :

- a/ se propagent en ligne droite dans les profondeurs du globe terrestre ;
- b/ ont leur trajectoire brutalement perturbée lorsqu'ils atteignent obliquement une surface de discontinuité ;
- c/ ne se réfractent en changeant de milieu que si leur vitesse de propagation augmente ;
- d/ peuvent traverser la totalité du globe terrestre et ressortir ainsi aux antipodes du foyer sismique ;
- e/ sont rectilignes dans le cas des ondes P et incurvés dans les ondes S.

2. Les ondes sismiques :

- a/ sont émises au foyer du séisme dans une direction précise ;
- b/ se propagent indifféremment dans les couches solides et liquides du globe ;
- c/ se réfléchissent et se rétractent dans tous les cas lorsqu'elles atteignent obliquement des surfaces de discontinuité sismique ;
- d/ ont une vitesse de propagation constante dans une couche terrestre donnée (le manteau par exemple) ;
- e/ ont des vitesses de propagation différentes suivant le type d'onde ;
- f/ de type S sont plus lentes que les ondes P quel que soit le milieu de propagation.

Exercice 3

Corriger les affirmations inexactes : les affirmations suivantes sont toutes inexactes. Modifier les phrases (en remplaçant, en supprimant ou en complétant certaines parties) pour les rendre exactes.

- 1° Au niveau d'une zone de subduction, la fosse sous-marine est toujours bordée par un chapelet d'îles volcaniques ou arc insulaire.
- 2° La lithosphère océanique qui « sombre » dans le manteau plonge systématiquement sous un continent.
- 3° Le magma andésitique doit sa viscosité élevée à sa pauvreté en silice.
- 4° Les séismes caractéristiques d'une zone de subduction sont essentiellement la conséquence de phénomènes d'étirement de la lithosphère.

Exercice 4

Chaque série d'affirmation peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repérer les affirmations correctes :

La subduction :

- a/ est un enfoncement vertical d'un panneau de lithosphère moins dense ;
- b/ s'accompagne d'un magnétisme complexe à l'origine de manifestations volcaniques remarquables ;
- c/ entraîne indifféremment dans le manteau le naufrage d'une croûte océanique ou d'un continent ;

- d/ est en partie la conséquence d'une augmentation progressive de la densité de la plaque lithosphérique créée au niveau d'une dorsale ;
- e/ provoque une fusion rapide de la plaque plongeante qui perd toute rigidité à partir d'une profondeur de 200-300 km.

Exercice 5

Corriger les affirmations inexactes : les affirmations suivantes sont toutes inexactes. Modifier les phrases (en remplaçant, en supprimant ou en complétant certaines parties) pour les rendre exactes.

- 1° Les nouveaux minéraux du métamorphisme cristallisent à partir du liquide de fusion de la roche transformée.
- 2° A partir d'une certaine profondeur dans la croûte terrestre, les minéraux repères du métamorphisme se forment dans des conditions quelconques de température et de pression.
- 3° Un granite, résultant d'une fusion de roche métamorphique, ne peut plus se métamorphiser.
- 4° L'obduction est le chevauchement d'un plancher océanique par un panneau continental.

Exercice 6

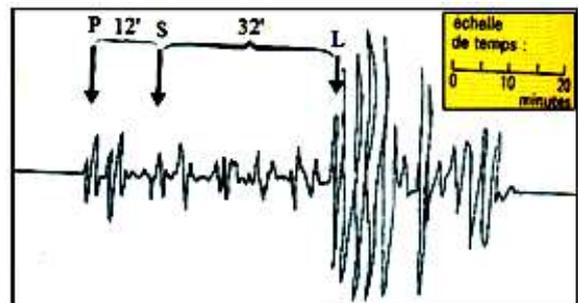
Chaque série d'affirmation peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repérer les affirmations correctes :

1. Le métamorphisme :

- a/ est une transformation (métamorphose) affectant seulement des roches sédimentaires comprimées et réchauffées ;
- b/ se traduit par l'apparition de nouveaux minéraux dans la roche transformée ;
- c/ a pour conséquence une hydratation de la roche au cours de son enfouissement ;
- d/ correspond à une série de réactions globalement isochimiques ;
- e/ est qualifié de prograde lorsqu'il est la conséquence de pressions et de températures croissantes.

2. Les roches métamorphiques :

- a/ qui proviennent d'une même roche anté-métamorphique ont la même composition chimique globale ;
- b/ qui proviennent d'une même roche anté-métamorphique ont la même composition minéralogique ;
- c/ présentent généralement une schistosité causée par les contraintes orientées subies par la roche ;
- d/ subissent des transformations structurales et minéralogiques qui s'opèrent à l'état solide ;
- e/ possèdent des minéraux repères qui indiquent généralement les conditions maximales de température et de pression auxquelles elles ont été soumises.



Exercice 7

Quand les vibrations issues d'un séisme parviennent à une station d'enregistrement, trois trains d'ondes successifs s'inscrivent sur le sismographe.

- les ondes P (premières) les plus rapides ;
- les ondes S (secondes) quelques minutes plus tard ;
- les ondes L (lentes), les plus amples donc les plus destructrices.

Sachant que le sismographe ayant permis cet enregistrement (ou sismogramme) est situé à une distance de 15 000 km de la zone d'origine du séisme et que les ondes P sont arrivées 18 minutes après son déclenchement, calculez :

- a/ La vitesse **moyenne** des ondes P (exprimées en km par seconde).
- b/ Le temps mis par les ondes S puis L pour arriver à cette même station.
- c/ Les vitesses moyennes des ondes S et des ondes L.

Exercice 8

Vrai ou faux ?

- 1- Les gaz contenus dans le magma s'échappent plus facilement des laves très fluides que des laves visqueuses.
- 2- La viscosité d'un magma volcanique dépend de sa composition chimique.
- 3- Les éruptions « calmes » rejettent beaucoup de cendres.
- 4- Tous les cônes volcaniques sont constitués de la même roche volcanique : du basalte.

Recopiez les phrases exactes. Corrigez oralement les phrases inexacts.

Exercice 9

Vrai ou faux ?

Repérer les phrases exactes et modifier celles qui sont fausses.

- a. Le basalte provient du refroidissement d'une lave fluide.
- b. Le basalte est une roche entièrement cristallisée.
- c. La taille et le nombre des cristaux sont indépendants de la vitesse de refroidissement de la lave.
- d. L'olivine est un minéral cristallisé présent dans le basalte.

Exercice 10

Association :

A chacun des mots suivants associer l'une des phrases ci-dessous.

1. Microlite – 2. Nuées ardentes – 3. Minéral.
- a. Gaz à haute température, transportant des masses considérables de débris de lave (des cendres aux blocs) et se déplaçant à grande vitesse.
- b. solide de composition homogène et reconnaissable par certaines caractéristiques (aspect, forme, couleur...).
- c. cristal microscopique en forme de baguettes allongées.

Exercice 11

Liaison logique :

Relier par des flèches les expressions ou mots suivants :

a. Coulée de basalte	1. Volcanisme explosif
b. Dôme d'andésite	2. Volcanisme effusif
c. Nuées ardentes	3. Minéral cristallisé
d. Verre	4. Matière minérale non cristallisée
e. Olivine	

Exercice 12

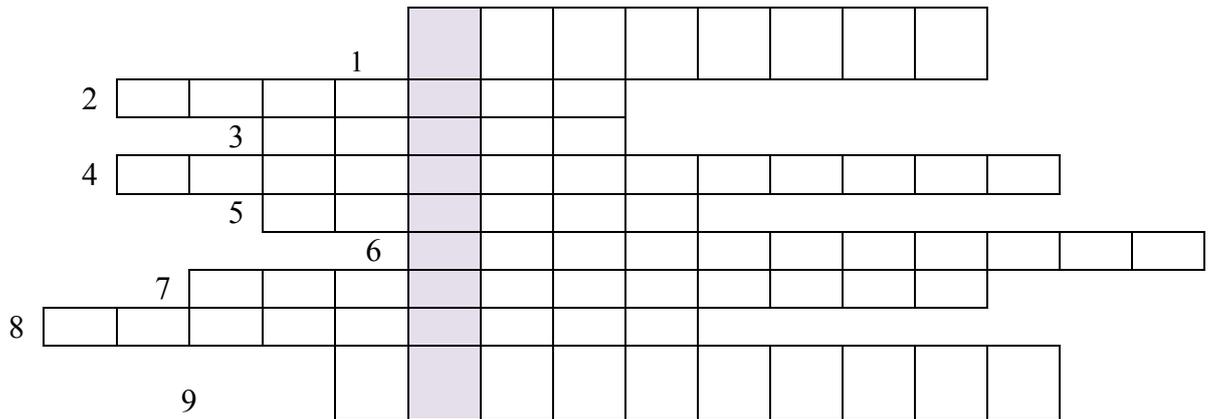
Comprendre les mots clés du chapitre.

a. Retrouvez quelques mots clés du chapitre étudié à l'aide des définitions suivantes et reportez ces mots dans les cases horizontales de la grille.

1. Quartz, feldspath et mica en sont les principaux dans le granite.
2. Celui de Flamanville est célèbre.

3. Matériel provenant d'une fusion partielle des roches.
4. Phénomène géologique transformant structure et composition minéralogique des roches.
5. Commun à la rhyolite et au granite.
6. Facteur physique s'accroissant avec la profondeur dans la croûte terrestre.
7. Phénomène permettant le débit d'une roche selon des plans parallèles.
8. Phénomène aboutissant à une alternance de feuillets de minéraux différents dans certaines roches métamorphiques.
9. Science qui étudie la déformation des roches et la mobilité des plaques lithosphériques.

b. Quel mot caché apparaît dans la bande verticale ?

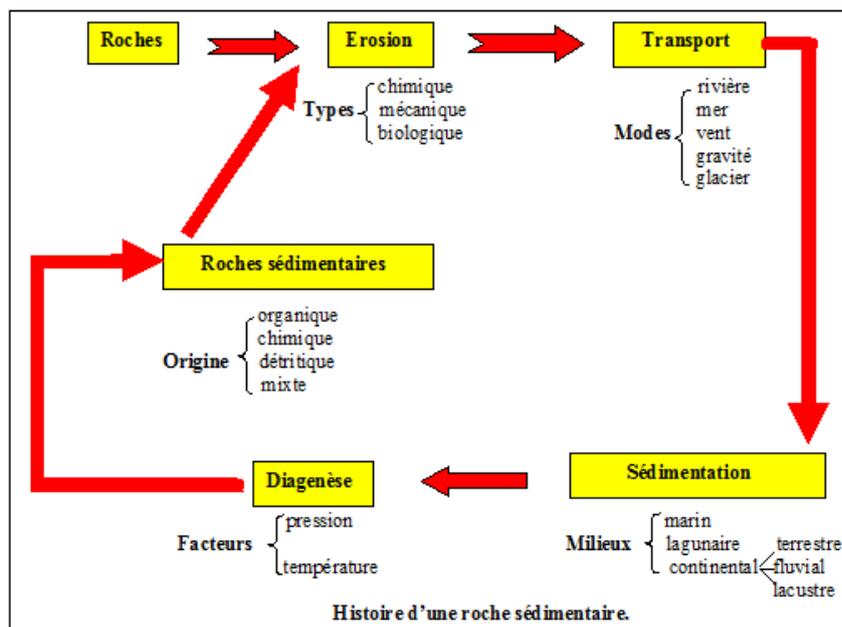


CHAPITRE II : FORMATION DES ROCHES SEDIMENTAIRES

Les roches sédimentaires se sont formées à la surface de la terre, sur le sol ou au fond des eaux et résultent de l'action des agents d'érosion et de transport, de l'activité des êtres vivants ou de phénomènes purement physiques ou chimiques. Ce sont donc des roches exogènes. Leur définition même laisse entrevoir l'infinie diversité des roches sédimentaires. Les roches éruptives ou métamorphiques préexistantes et l'eau sont deux conditions sine qua none de la formation de certaines d'entre elles, argile et sable par exemple. D'autres, comme la plupart des calcaires, le pétrole, la houille n'ont pu se former qu'après l'apparition de la vie sur la terre. Presque toutes résultent d'une longue transformation du dépôt qui leur a donné naissance ou sédiment. Cette transformation, appelée diagenèse, n'efface pas cependant les caractères des roches sédimentaires tels que leur stratification et la présence de fossiles.

I – Du sédiment à la roche :

Les sédiments sont généralement d'origine détritique (débris d'anciennes roches) mais ils peuvent comporter également en plus ou moins grandes quantités des restes d'organismes vivants (fossiles), le plus souvent microscopiques et/ou des minéraux apparus par transformations chimiques. Les sédiments, une fois déposés en couches (strates), sont généralement meubles et riches en eau. La diagenèse va correspondre à leur transformation chimique, biochimique et physique pour former des roches.



II – Types de roches sédimentaires :

A. Roches siliceuses :

Ce sont des roches formées essentiellement de silice (SiO_2) sous forme de quartz, de calcédoine ou d'opale. Elles sont dures (elles rayent le verre et l'acier, sauf la diatomite, rayable à l'ongle) et sont inattaquées par les acides, sauf l'acide fluorhydrique FH. Lorsqu'elles sont compactes et à grains fins (quartzites, silex) leur cassure présente des surfaces courbes, lisses et des bords tranchants (cassure conchoïdale). Elles font feu au choc contre l'acier ou contre une autre roche siliceuse.

1. Sable :

a. Caractères généraux :

Le sable, formé de grains qui roulent ou glissent les uns sur les autres, est une roche **meuble**.

Certains sables sont blancs (sables de Mauritanie), uniquement formés de grains de silice pure ou à peu près pure. On appelle quartz cette silice pure. Il y a des sables quartzeux colorés en jaune, rouge, violet, par des oxydes de fer (sables ferrugineux).

On trouve des sables « impurs » dans lesquels les grains de quartz sont mélangés à des grains calcaires, débris de coquilles parfois (sables calcaires), à des particules d'argile (sables argileux), à d'autres minéraux.

Ainsi, dans le lit d'un torrent, les grains sont encore très proches du lieu de leur formation : ils sont anguleux ; on les dit non usés.

A l'embouchure d'un grand fleuve, sur une plage marine, les grains sont beaucoup moins anguleux, leur surface plus polie : ils sont qualifiés d'émoussés-luisants.



Les grandes étendues de sable sec sont remaniées par le vent, qui les accumule en dunes, en les entrechoquant ; cette succession d'impacts les use en laissant leur surface dépolie : on parle des grains ronds mats, caractérisant les sables éoliens.



Le sable est une **roche dure**. Les gros grains de quartz raient le verre et l'acier. Les grains fins les usent d'une façon uniforme et font briller l'acier. Le sable est une roche **perméable**. Les terrains formés d'une épaisse couche de sable s'assèchent rapidement parce que l'eau de pluie s'enfonce à de grandes profondeurs. La perméabilité est fonction des espaces qui existent entre les grains.

Dans une éprouvette graduée, versons du sable puis de l'eau. Notons le niveau du sable mouillé. Agitons fortement et laissons reposer. Le niveau du sable redevient ce qu'il était avant : le sable est pratiquement **insoluble dans l'eau**.

Versons de l'acide chlorhydrique sur du sable quartzeux : il ne fait pas effervescence avec l'acide ; (les sables calcaires, comme toutes les roches calcaires, font effervescence).

b. Origine:

L'accumulation actuelle des sables et l'évolution de la forme des grains au cours de leur transport par les agents naturels permettent d'expliquer, par comparaison, les dépôts anciens. Ainsi, dans le lit des fleuves et rivières se forment des bancs de sable et graviers. Leur granulométrie, grossière dans le cours supérieur, est de plus en plus fine vers l'embouchure : roulés par le courant, les grains de

quartz issus des roches grenues ou métamorphiques érodées, se polissent et s'émoussent. Ils sont abandonnés aux basses eaux dans les cours inférieurs, dans les lacs et cuvettes intérieurs, (Tchad, boucle du Niger), les estuaires (Sénégal) ou delta (Nil). La mer les étale sur les plages dont ils forment la plus grande partie. Ces **sables fluviatiles**, polis dans l'eau, restent brillants (pensez au polissage des miroirs à abrasif sous jet d'eau). La mer exerce également son pouvoir d'érosion sur les falaises. Luisants, les **sables marins** sont plus grossiers (transport plus localisé). Sur beaucoup de plages, ils sont mêlés aux précédents.

Les sables des dunes continentales proviennent souvent des sables fluviatiles, parfois des sables marins remaniés par le vent. Ils sont émoussés et mats, fins en général. Mais certains proviennent directement de l'érosion des plateaux désertiques : les **sables éoliens** s'épaississent chaque jour davantage à leur bordure.

90 % des sables sahariens sont éoliens, mais les dépôts fluviatiles, lacustres et marins qui s'y mêlent par place (dépression de Kanem au Tchad) sont les témoins d'un climat antérieur moins aride et d'une période marine. Pour arriver à cette conclusion, l'examen des grains et des fossiles est déterminant. A l'opposé, des formations superficielles côtières de sables émoussés mats dans une région actuellement humide (série des cirques au Gabon et au Congo) apportent la preuve de l'érosion éolienne ancienne sous un climat sec.

Le granite contenait une grande quantité de petits cristaux de quartz, ainsi que du mica. Les sables siliceux proviennent de la destruction des roches telles que le granite, dont les cristaux disjoints sont ensuite entraînés par les eaux courantes. Les feldspaths, très sensibles à l'altération, disparaissent. Les micas résistent plus longtemps. Mais, c'est surtout le quartz, inaltérable et très dur, qui va constituer l'essentiel des sables. Le sable provient donc de la destruction de roches préexistantes : c'est une **roche détritique**.

c. Utilisation:

En maçonnerie, le sable est utilisé comme agrégat mélangé à un liant comme la chaux ou le ciment. En fonderie de métaux ferreux ou alliages légers, les moules peuvent être réalisés en sable aggloméré par des résines ou des argiles, pour couler les pièces. Il est utilisé comme matière première du verre. Il peut être utilisé pour filtrer les liquides. Il est utilisé comme abrasif dans des usines pour nettoyer des pièces métalliques. Le sable peut avoir un rôle d'amendement agricole pour à la fois diminuer le pH des sols acides (ex: cultures maraichères) et améliorer la texture des terres et bien sûr comme apport de carbonate de calcium (pour ce qui est du sable coquillier) donc apport minéral pour certaines cultures (ex : choux).

2. Autres roches siliceuses:

***Grès** : l'examen à la loupe, parfois à l'œil nu, montre qu'un grès est constitué de grains de sable soudés les uns aux autres. On distingue des grès grossiers et des grès fins, suivant la grosseur de leurs grains. Ils ont des teintes aussi variées que les sables :

- Les grès siliceux et les grès ferrugineux, plus durs que l'acier, sont imperméables, ne font pas effervescence à l'acide.
- Les grès calcaires, généralement peu cohérents, s'effritent facilement, peuvent être perméables, font effervescence à l'acide.

On observe des formations de grès au sein de couches de sables. On remarque une cimentation graduelle; il y a formation de grès de plus en plus volumineux; petits nodules, morceaux de plus en plus gros, tables irrégulières et enfin bancs étendus.

On explique la cimentation de la manière suivante : les eaux qui circulent dans les sables dissolvent un peu de silice ou de calcaire qui provient le plus souvent de coquilles ; silice ou calcaire se concentrent et se déposent ailleurs entre les grains de sable qu'ils soudent.

***Conglomérats, poudingues et brèches** : alors que les sables donnent des grès par cimentation de leurs grains, les conglomérats regroupent des éléments plus grossiers soudés également. Les poudingues rassemblent des galets et des graviers. Ils caractérisent les dépôts dans des eaux agitées, anciens rivages par exemple. Les *brèches* sont faites de blocs anguleux d'éboulis cimentés sur place. Les tillites sont des conglomérats de débris d'origine glaciaire. Il existe aussi des conglomérats à ciment calcaire.

***Silex** : roche noire, blonde, brune ou grise, aux arrêtes tranchantes, plus dur que l'acier et le verre, le silex « fait feu au briquet » ; on l'appelle « pierre à feu » ou « pierre à briquet ». Les silex se trouvent dans des roches calcaires. Ils se présentent en masse mamelonnées, appelées *rogons*.

B. Roches argileuses :

Ce sont pour la plupart des roches alumineuses : argiles et bauxites.

1. Argiles:

a. Caractères généraux :

L'argile de la bordure des plateaux africains est jaune ou rouge suivant sa teneur en hydroxyde de fer. Mais on rencontre sur tout le continent des argiles de couleurs très variables qui donnent aux habitations des villages leur note particulière, grise, bleue, verte ou noire. Une variété plus pure, le *kaolin*, est blanche.

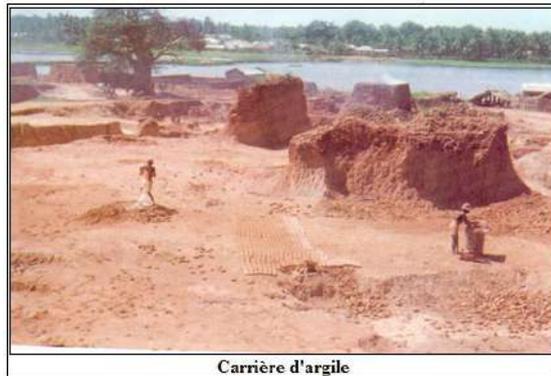
- L'argile, rayable à l'ongle, est une roche **tendre**. Son contact rappelle souvent celui du savon. On dit alors qu'elle onctueuse au toucher.
- Légèrement mouillée, elle a une odeur caractéristique.
- L'argile, avec l'eau, forme une pâte plastique, d'où son emploi dans le modelage ; les argiles autres que le kaolin sont souvent appelées « **argiles plastiques** ».
- L'argile est une roche **imperméable**.
- Cependant, une goutte d'eau qui tombe sur l'argile sèche disparaît aussitôt : l'argile **absorbe l'eau**. Les couches superficielles des terrains argileux se délayent avec l'eau de pluie.
- Agitons doucement dans l'eau claire d'un cristalliseur un pilon portant un peu de pâte argileuse. L'eau se trouble vite et prend la couleur de l'argile. Elle porte en suspension une multitude de petites particules d'argile si légères qu'elles ne tombent entièrement au fond du vase qu'après des heures, des jours, voire des semaines. Le microscope montre qu'elles ont des dimensions de l'ordre du micron (1/1000 de mm). C'est ainsi que l'eau boueuse des rivières se décante peu à peu dans les jarres et devient utilisable (mais non potable). L'eau salée favorise la rapidité du dépôt ; les argiles transportées par les fleuves se déposent en grande partie à leur embouchure.

L'argile est donc formée de très fines particules qui laissent entre elles des espaces microscopiques. L'eau qui tombe sur l'argile pénètre dans les pores des couches superficielles. Mais les particules d'argile ont la propriété de retenir énergiquement l'eau qui les touche. Elles se gonflent, les pores disparaissent, la roche devient **imperméable**.

Ainsi, les sols argileux sont des sols « mouillants » et en même temps imperméables.

Quand l'eau s'évapore (sécheresse), l'argile diminue de volume et se fend.

- De l'acide chlorhydrique versé sur de l'argile ne produit **aucune effervescence**.
- Chauffons au rouge une pâte argileuse. Elle se fend et durcit. Quand elle ne change plus de couleur, on dit qu'elle est cuite. *L'argile cuite*, même pulvérisée, *ne fait plus pâte avec l'eau*.
- Les argiles sont des *silicates d'alumine hydratés*. Le *kaolin* est de l'argile pure ; *les argiles plastiques* sont colorées par des « impuretés », oxyde de fer surtout.



Carrière d'argile

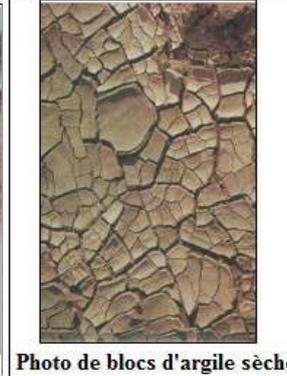


Photo de blocs d'argile sèche

b. Origine:

Les eaux de pluies s'infiltrant dans les fissures des terrains cristallins, **dissolvent les minéraux silicatés** qui les composent. Ceux-ci vont se recombinaison pour constituer des argiles ; l'origine initiale est donc une altération de roches cristallines : une **kaolinisation**.

Les eaux boueuses des cours d'eau transportent les fines particules que les pluies ont arrachées aux berges dans les zones argileuses. Ces particules sont d'origine détritique.

Les plus lourdes se déposent en vases dans l'embouchure des fleuves ou au fond des lacs (Berbére du Tchad). Les plus fines et les plus plates peuvent flotter pendant des siècles au gré des courants avant de tapisser les grands fonds océaniques.

Certaines renferment des restes de végétaux ou animaux marins (Foraminifères du Sénégal, de Côte d'Ivoire, du Togo, ...) ou lacustres (Planorbes du Congo, Diatomées, Limnées et Planorbes du Tchad). Dépôts marins, lagunaires ou lacustres, **les argiles sont des roches sédimentaires**.

Par voie de conséquence, les argiles alternent fréquemment avec les sables ; les couches en sont d'épaisseur variable, parfois assez faible : 2 à 5 m dans le Macina (Mali), sur les côtes du golfe de Guinée, dans la cuvette congolaise, en alternance avec des sables et grès plus puissants ; mais elles peuvent avoir parfois, en profondeur, une épaisseur considérable (1 500 m à Port Gentil au Gabon).

c. Utilisation:

Les argiles de bonne qualité donnent des poteries, des briques et des tuiles. La présence de sable quartzique est favorable, car elle évite les fissures. C'est le cas de la « Terre de Barre ». L'argile maigre qui contient du quartz sert à fabriquer les briques réfractaires qui peuvent supporter des températures très élevées (point de fusion voisin de celui du platine). Ces briques forment le revêtement des hauts-fourneaux, des fours industriels, des fours de boulangerie, des chaudières d'usines.

L'argile mélangée à du gravier, de la paille, est encore employée dans de nombreux pays pour la construction de mur sur une charpente de branches ou lianes.

De grands barrages de terre sont colmatés et rendus imperméables par un revêtement d'argile : bassins de pisciculture, grands barrages de Chine, aménagement de la Durance en France.

Mêlée à une faible quantité de ciment, elle est susceptible de fournir des agglomérées économiques pour la construction d'habitations résistant parfaitement aux intempéries.

2. Autres roches argileuses :

* Les **limons** des plateaux côtiers (Dakar) ou des grandes vallées fluviales sont des mélanges d'argiles, de sable et de calcaire. Ils renferment des paillettes de mica et des matières organiques et donnent en général des sols favorables aux cultures maraichères (légumes) et au bananier. Les limons du Nil sont d'une fertilité légendaire (culture de blé, du maïs, du coton).

Les **loess** contiennent de très fines particules anguleuses de quartz et de concrétions calcaires dans une argile colorée en jaune par l'hydroxyde de fer. Ils sont perméables et souvent très épais : terres jaunes de Chine (600 m), pampa d'Amérique du Sud, plaines européennes. Ce sol fertile a une origine éolienne : les fines poussières entraînées par le vent dans les pays désertiques se sont déposées dans les steppes où l'herbe les a retenues comme un peigne. Le ruissellement n'a eu qu'une action secondaire.

Les terres noires (*Tchernozion* russe) riches en humus, ont une grande importance agricole. Elles ont une analogie avec les sols foncés d'Afrique tropicale: terres de l'Est-Mono (Togo) et de l'Adamaoua (Cameroun), « Black cotton soils » de l'Est africain, sols volcaniques de Madagascar.

* Les **argilites** et les **schistes** sont des roches argileuses durcies, d'aspect feuilleté. Elles ne peuvent être délayées dans l'eau. Elles contiennent des fossiles écrasés, preuve des énormes pressions subies par les argiles qui les ont formées sous la charge des terrains de couverture.

Les schistes se clivent en minces feuillets. Leurs gisements se rencontrent à une grande profondeur dans les bassins sédimentaires côtiers et affleurent dans les zones montagneuses plissées : Tibest, Fouta-Dialon, Atakora et monts Togo, Adamaoua, Mayombé. Ils forment quelques falaises côtières : Accra (Ghana).

Les schistes anciens alternent avec le charbon et le graphite : Groupe de la Sakoa (Madagascar), houille du Congo et du Karoo (Afrique du Sud).

C. Roches carbonatées:

Elles sont très abondantes dans la lithosphère, et leur masse semble croître depuis l'ère primaire, amenant peut-être un appauvrissement progressif de l'atmosphère en CO₂. Elles sont en général tributaires de la vie et la présence de calcite est exceptionnelle dans les roches éruptives.

Les carbonates naturels qui entrent dans la constitution des roches sédimentaires sont les carbonates de calcium (Ca CO₃), de magnésium (MgCO₃), de fer (FeCO₃) ou sidérose, et de sodium ou natrons. On rencontre fréquemment le carbonate double (Ca Mg) (CO₃)₂ ou dolomie.

1. Calcaires :

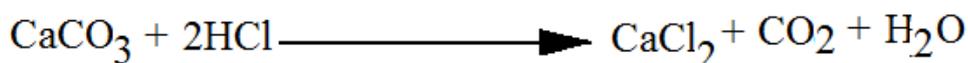
a. Caractères généraux :

Elles renferment au moins 50 % de Ca CO₃. Elles sont *tendres* (la calcite a la dureté 3), rayables à l'acier et parfois à l'ongle (craie).

Certaines se réduisent facilement en poudre. Elles sont *friables*. D'autres s'effritent plus difficilement (calcaires *compacts*).

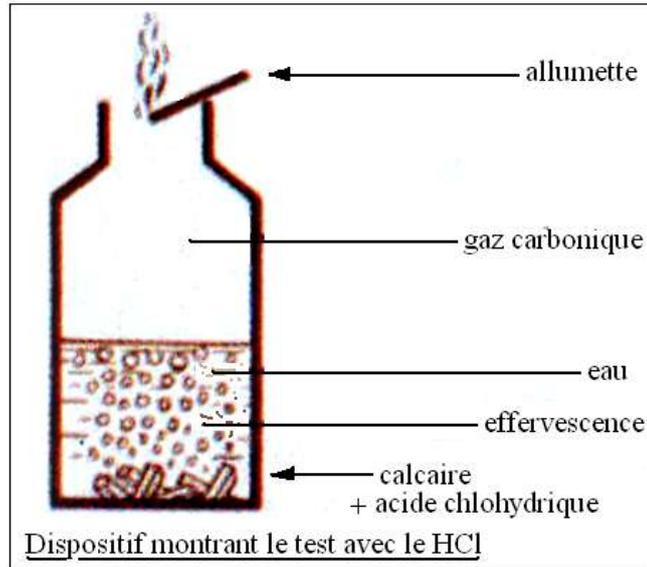
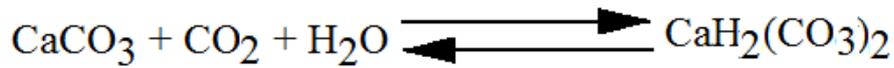
Perméabilité : une goutte d'eau ou d'encre pénètre dans la plupart des roches calcaires, qu'elles soient poreuses (craie, par exemple) ou compactes mais fissurées. *Les terrains calcaires sont perméables.*

Effervescence à l'acide : quelques gouttes d'acide sur une roche calcaire produisent immédiatement une effervescence. Le gaz, qui se dégage en formant de nombreuses bulles, éteint une flamme et ne permet à une mouche de survivre. C'est du gaz carbonique.



Solubilité de l'eau charge de gaz carbonique : brassons des poussières calcaires dans de l'eau gazeuse (eau chargée de gaz carbonique) : la poudre disparaît. C'est que le gaz carbonique s'unit au carbonate de calcium : il y a production du bicarbonate de calcium, soluble dans l'eau. Le liquide

clair est une solution de bicarbonate de calcium. Nous pouvons dire plus simplement que **l'eau chargée de gaz carbonique dissout le calcaire**



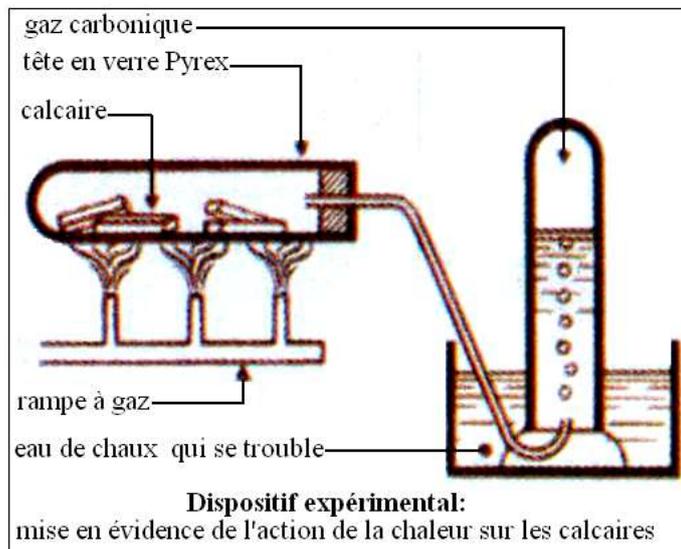
Composition chimique : quelques fragments de calcaire placés dans un tube résistant et fortement chauffés blanchissent et se fendillent. Le gaz recueilli dans une éprouvette est encore du gaz carbonique. Les fragments blancs résiduels refroidis bouillonnent au contact d'un peu d'eau, en produisant de la chaleur. Ils s'émettent. On obtient de la chaux qui se délaye dans l'eau en donnant un liquide analogue à celui qui sert au badigeonnage des murs. Les fragments obtenus étaient de la **chaue vive**.



On peut reconstituer le calcaire en faisant barboter du gaz carbonique dans de l'eau de chaux obtenue en filtrant un lait de chaux. Le liquide se trouble et l'on observe un dépôt blanc de particules insolubles de carbonate de chaux.



Le calcaire est une combinaison de chaux et de gaz carbonique. C'est un carbonate de chaux ou **carbonate de calcium** (la chaux renfermant elle-même du calcium).



Présence de fossiles : les calcaires renferment des coquillages fossiles visibles à l'œil nu : gastéropodes marins, ammonites (sortes de nautilus), gryphées (huîtres) et oursins. Le microscope découvre des corpuscules très fins, restes de carapaces de foraminifères, spicules d'éponges, débris de coraux. Ces restes d'animaux marins démontrent que les calcaires en question se sont déposés au fond d'une mer.

La présence de fossiles d'eau douce (limnées et planorbes, débris végétaux, etc.) indique que d'autres calcaires se sont formés dans les lacs.

Les calcaires sont des roches sédimentaires marines ou d'eau douce.

Elles sont utilisées dans la reconstruction et la fabrication des chaux et ciments.

b. Formation :

Les calcaires sont des roches constituées de **carbonate de calcium**. Le calcium provient de l'altération de minéraux contenus dans le basalte, le gneiss... Très soluble, il est largement présent dans toutes les eaux de ruissellement. Ce calcium s'associe au dioxyde de carbone dissous dans l'eau (mais qui provient de l'atmosphère) pour donner du carbonate de calcium.

Le carbonate de calcium, peu soluble, peut précipiter à la faveur d'activités vivantes (fabrication de squelettes) ou à la suite de variations de conditions chimiques du milieu (départ du dioxyde de carbone).

On distingue donc des calcaires d'origine biologique qui sont constitués essentiellement de l'accumulation des squelettes des organismes et des calcaires d'origine biochimique qui ont pris naissance grâce à l'intervention indirecte d'êtres vivants.

2. Autres roches carbonatées:

***Lumachelles et faluns :** les *lumachelles* résultent de la cimentation de coquilles de Lamellibranches ou de Brachiopodes. Ce sont pour la plupart des formations côtières. Alors que les lumachelles sont des calcaires consolidés où prédominent les lamellibranches, les *faluns* sont des amas coquilliers contenus dans une matrice sableuse ou argilo-sableuse. Par consolidation ils forment des grès calcaires détritiques. Ce sont donc plutôt des formations organo-détritiques.

***Craie :** la craie est une roche blanchâtre, tendre (elle se raye à l'ongle), friable, poreuse, perméable et gélive. Mais les divers types de craie présentent des différences importantes de couleur, de friabilité, de dureté.

Chauffée à une température comprise entre 600 et 800° C, la craie se dissocie libérant deux composants : la **chaux** et le **dioxyde de carbone**. Le constituant principal de la craie est le **carbonate de calcium** ou **calcaire**. La réaction de dissociation des calcaires par la chaleur est employée à grande échelle dans les fours à chaux pour la production de chaux dont les usages sont divers (industries chimiques, fabrication de ciments...).

Observée au microscope électronique à balayage, la craie est formée de plaquettes calcaires, les coccolithes, correspondant au squelette externe d'algues unicellulaires.

***Tufs et travertins :** les tufs sont des incrustations qui se produisent à la sortie des eaux calcaires, autour des plantes qui absorbent le gaz carbonique. La roche est cavernueuse et légère. Les travertins, plus compacts, avec de fines empreintes de feuilles, se sont déposés en couches stratifiées dans les bassins lacustres.

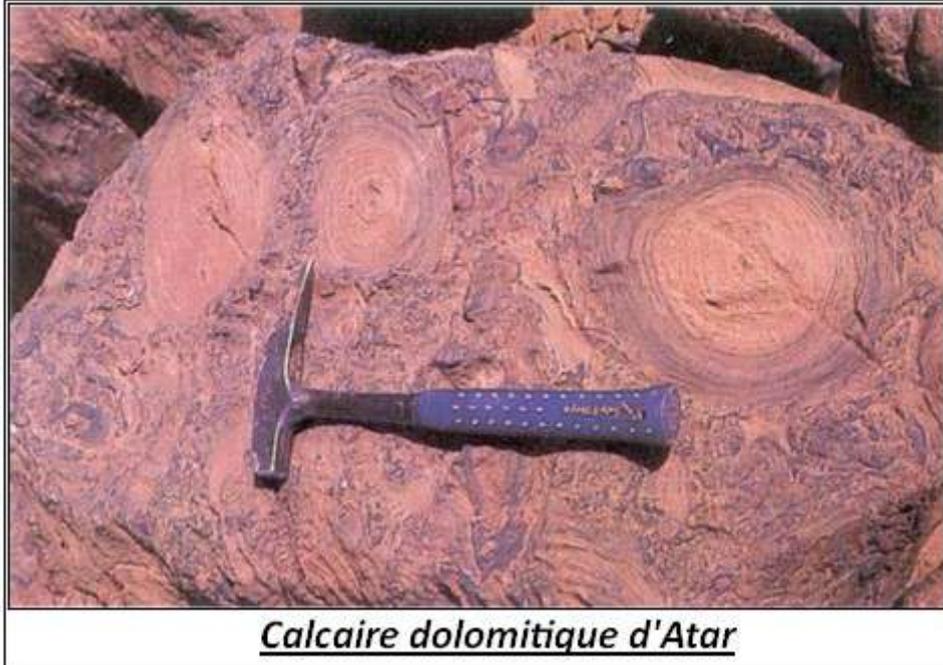
***Calcaires oolitiques :** ils sont formés de petites sphères unies par un ciment calcaire cryptocristallin, ayant les dimensions et l'aspect des œufs de poisson. Au centre chaque oolite, on trouve un noyau ou nucleus minéral (quartz, calcite) ou organique (débris de coquille, piquant d'oursin...) entouré d'une enveloppe corticale à structure concentrique, parfois radiée. Lorsque la dimension des grains dépasse 2 mm, c'est un *calcaire pisolitique*. Ces calcaires sont presque toujours d'origine marine, rarement lacustre et apparaissent aussi dans des sources thermales (dragées de Carlsbad).

Dans la nature actuelle les oolites se forment notamment au voisinage des coraux et dans les mers chaudes et limpides (mer rouge, Méditerranée).

* **Marnes :** lorsque la teneur en argile d'un calcaire est comprise entre 5 et 35 %, la roche est appelée *calcaire marneux* ; de 35 à 65 % c'est une *marne* ; de 65 à 95 %, une *marne argileuse*. Les

marnes ont des propriétés physiques voisines de celles des argiles, mais elles font effervescence à l'acide. Elles sont aussi très souvent utilisées comme amendement calcaire ou argileux. Les calcaires marneux ont été utilisés naguère à la fabrication des ciments avant que celle-ci ne soit devenue une opération chimique très précise.

***Calcaire dolomitique** : c'est une roche brune ou bleue, constituée d'unités concentriques ou **stromatolithes**. Elle est marquée en surface par un modèle en lapiez caractéristique des roches carbonatées. Cette déduction est confirmée par le test avec HCl qui se révèle positif à froid. L'observation au microscope montre de très nombreux cristaux de calcite tandis que ceux de dolomite le sont moins : la roche est un **calcaire dolomitique, roche carbonatée** dont la coloration est due à des impuretés ferriques.



Calcaire dolomitique d'Atar

D. Roches salines:

Les «roches salines » ou évaporites sont des roches sédimentaires constituées de minéraux ayant précipité à la suite d'une augmentation de leurs concentrations dans une saumure. Cette augmentation de concentration provient d'apports terrigènes de sels minéraux et de l'évaporation de l'eau dans laquelle elles se forment. Les minéraux précipités peuvent former directement des roches : gypsite, anhydrite, sel gemme.

1. Le sel:

a. Caractères généraux :

Le sel marin est *gris*, couleur des impuretés argileuses auxquelles il est mélangé. C'est une roche *tendre* qui se raie et se brise facilement. Purifié, il devient blanc. Examiné à la loupe, le sel montre une *crystallisation cubique*. Parfois les petites cubiques sont assemblés en une sorte de pyramide quadrangulaire creuse, appelée *trémie*.

Solubilité : le sel est très soluble dans l'eau. 350 g dans un litre sont nécessaires pour obtenir une solution saturée. Il est constitué de chlorure de sodium (NaCl).

Action des acides : le chlorure de sodium ne fait pas effervescence.

Action de la chaleur : les cristaux crépitent. L'eau qu'ils contiennent est vaporisée, les cubes éclatent et se désagrègent. La vapeur d'eau se condense sur les parois du tube. Au chalumeau, le sel fond à 800°. Une forte pression, combinée à une légère élévation de température rend le sel plastique.

Le sel est une roche de dureté 2 et de densité de 2,2.

Le sel gemme se présente en gisements de surface ou de profondeur : sebkhas d'Idjil dans le Tiris et de N'Terert dans le Trarza. Le sel, d'origine marine, peut être extrait directement de la mer, via la

saumure, c'est-à-dire d'eau marine évaporée et chargée en sel ou de gisements fossiles (gemme de sel). Le sel marin est récolté (cueilli) dans des marais salants. Le sel fossile ou sel gemme est extrait des mines de sel. L'évaporation de l'eau de la saumure peut-être naturelle ou provoquée par l'homme qui chauffe l'eau salée.



Sel de N'Terert, Trarza



Salines de N'Terert, Trarza



Dégagement des couches de sel à N'Terert, Trarza

b. Utilisation:

En cuisine, le sel permet d'assaisonner les plats. Les Italiens préfèrent le gros sel avec lequel ils relèvent leurs pâtes. Le sel permet aussi la conservation des aliments par diminution de l'activité de l'eau. Au Moyen Âge, c'était le principal moyen de conserver les viandes et poissons. Aujourd'hui encore, certaines régions africaines dépourvues d'appareils frigorifiques utilisent le sel pour conserver viandes et poissons, tout comme les consommateurs des pays dits développés trouvent dans le commerce des produits salés : navet salé, hareng saur, morue, etc. Le sel non raffiné est également utilisé pour déneiger ou dégeler les routes (fusion dite « eutectique »).

2. Le gypse:

Le gypse est un des sulfates naturels les plus communs. Le minéral se forme principalement par sédimentation au cours de l'évaporation de lagunes d'eau de mer coupées de la mer, par la cristallisation des sels contenus dans l'eau.

Les bancs puissants de gypse font partie des roches sédimentaires salines. Leur préformation lagunaire semble évidente :

- lorsque le niveau des océans augmente, des lagunes se remplissent ;
- lorsque le niveau baisse, ces lagunes sont coupées de la mer, l'eau s'évapore et le gypse se dépose au fond.

Les dépôts salins complexes sont recouverts ensuite par d'autres sédiments ou soumis à d'autres multiples influences géologiques. Le gypse peut perdre les molécules d'eau retenues au cours de sa cristallisation pour donner naissance à l'anhydrite, une variété cristalline non hydratée du sulfate de calcium (CaSO_4), qui se retransforme lentement en gypse si elle entre à nouveau en contact avec l'eau.

Dans les gisements, selon les conditions, le gypse cristallise ou recristallise de différentes façons, formant en particulier des cristaux plus ou moins grands.

Le gypse cristallise selon des faciès très divers :

- gypse fibreux : variété en couches à fibres parallèles, ou en concrétions à fibres courbées. On les trouve dans les fissures ou au contact de l'anhydrite. Elle correspond à la pierre à plâtre ou provient souvent de l'évolution de l'anhydride soluble naturelle ;
- gypse saccharoïde : variété dont le nom dérive du latin *saccharum* ou du grec *sakkaron*, sucre, qui est un gypse en masses granulaires compactes et grossières ;

- gypse lenticulaire : plus rarement, le gypse se trouve sous forme de grands cristaux transparents, tabulaires ou **maclés**. Les variétés de gypse de grande taille dénommées autrefois « sélénite » atteignent quelques centimètres ou même quelques décimètres. On les trouve souvent dans les sables ou les argiles à proximité des bancs gypseux. Les cristaux du gypse sont bien connus des chimistes pour leur facilité à former des macles ou associations de faces cristallines. Ils peuvent être « en fer de lance », « en queue d'hirondelle » ou former des « roses des sables » :
 - le gypse en fer de lance est le résultat de la macle de deux grands cristaux lenticulaires. À la loupe ou à l'œil nu, un fer de lance est formé d'une macle ou union de deux cristaux géants suivant une ligne médiane bien visible ;
 - les **roses des sables** sont des **cristallisations** lenticulaires de gypse dont la disposition rappelle les **pétales de roses**. Elles se forment par **évaporation** d'eau infiltrée sur des grains de quartz support qui peuvent en constituer parfois plus de la moitié de la masse. La rose des sables est ainsi le résultat de multiples associations maclées de gypse. Ces cristallisations se rencontrent dans des terrains tendres (**sable, argile**), principalement dans les **déserts**, mais peuvent aussi se rencontrer dans les zones **tempérées**, notamment en France. Les plus connues et plus belles proviennent des marges sahariennes du **Maghreb** (Algérie, Maroc, Tunisie) ou désertiques des **États-Unis** (Arizona, Nouveau-Mexique).



E. Roches carbonées:

Les roches carbonées (ou organiques) sont des roches biogéniques qui résultent de l'accumulation, de l'enfouissement et de la transformation de sédiments riches en matière organique d'origine animale ou végétale.

Les roches carbonées d'origine végétale constituent la famille des charbons ; celles comprenant principalement de la matière organique d'origine animale forment la famille du pétrole.

Charbons et pétrole sont des roches «cousines», de composition chimique proche (voir illustration) et de genèse similaire. En outre, ce sont toutes deux des roches combustibles qui ont joué, et jouent encore, un rôle fondamental dans le développement industriel.

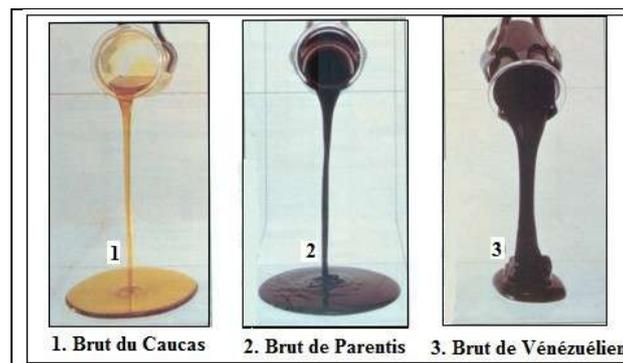
1. Pétrole:

a. Caractères généraux :

Le pétrole (*L. petroleum*, du mot grec *petra*, roche, et du latin *oleum*, huile) est une roche liquide carbonée, une huile minérale composée d'hydrocarbures plus ou moins légers et de divers composés organiques piégés dans des formations géologiques particulières.

Les hydrocarbures sont des corps composés presque uniquement de carbone et d'hydrogène et, par conséquent, particulièrement aptes à brûler en présence d'oxygène en libérant de l'énergie sous forme de chaleur. Ils peuvent être liquides, comme dans le pétrole, ou gazeux, comme dans les gaz naturels. Le pétrole brut, trouvé dans le sous-sol, est un liquide jaune verdâtre, rouge, brun ou presque noir, de viscosité variable, parfois très fluide, parfois extrêmement visqueux, d'odeur caractéristique.

Le pétrole est plus léger que l'eau. Il ne peut rester en mélange avec celle-ci et la surmonte toujours (sa densité est voisine de 0,8).



b. Formation :

Le pétrole s'est formé sous la surface de la Terre à la suite de la décomposition de matières organiques végétales et animales.

Il y a quelques 600 millions d'années, d'innombrables végétaux, micro-organismes et espèces planctoniques, vivaient dans les océans. Lorsque les générations successives mourraient, leurs restes se déposaient au fond des océans. Pendant des millions d'années, ces restes s'accumulèrent et se mélangèrent dans des milieux confinés donc peu oxygénés, à une sorte de boue riche en sédiments (sable, argile, sel...), le **limon**. Des réactions réductrices transformèrent la matière organique en **kérogène**.

L'accumulation continue de ces sédiments pendant des millions d'années enfouit naturellement ces couches organiques à de grandes profondeurs ; sous l'effet de la compression, celles-ci se transforment petit à petit en roches, qui deviennent alors des réservoirs de pétrole. En outre, par le phénomène de tectonique des plaques agitant le manteau terrestre, ces couches sédimentaires se cassent, et sont entraînées encore plus profondément dans l'écorce terrestre.

En s'enfonçant de plus en plus profondément, la température ainsi que la pression des couches s'élèvent, entraînant une transformation chimique des matières organiques d'origine en substances plus simples, les **hydrocarbures**, composés de carbone et d'hydrogène.

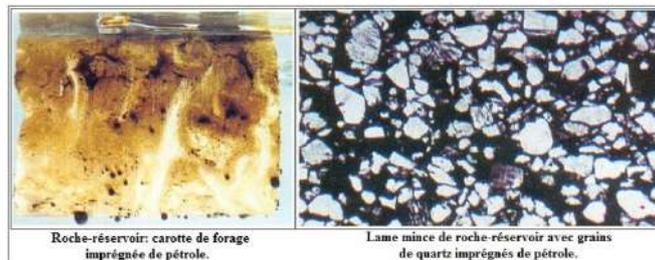
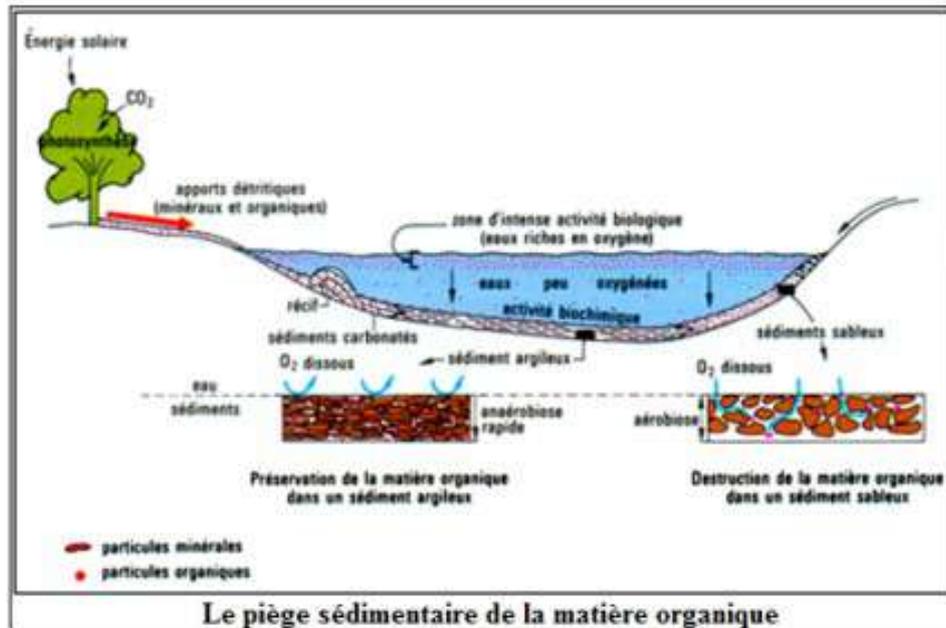
Ces hydrocarbures sont ainsi contenus dans une roche que l'on appelle **roche mère**. Moins denses que la roche qui les entoure, ils ont naturellement tendance à remonter vers la surface. Lors de la **migration primaire**, le gaz expulse progressivement l'eau et le pétrole vers une couche géologique voisine, apparemment solide, mais très poreuse et perméable : la **roche réservoir**. Ensuite, une **migration secondaire** s'opère : les hydrocarbures continuent leur remontée, vers la surface cette fois-ci. Si rien ne stoppe la remontée du pétrole, il s'échappe alors sous forme de suintements, et se solidifie en **bitume** à la surface de la terre.

Cependant, lorsque le pétrole rencontre une couche de roche imperméable, la **roche couverture**, il est arrêté dans sa remontée, et se concentre pour former des poches, c'est le **piégeage**.

L'eau ayant la plus forte densité et le gaz la plus faible, trois couches se distinguent dans ces poches: le gaz, puis le pétrole et en dessous, l'eau.

Ces pièges, ou gisements sont à l'origine des réservoirs actuels de pétrole.

Il existe plusieurs types de pièges. Les plus grands gisements sont en général logés dans des pièges anticlinaux. On trouve aussi des pièges sur faille ou mixtes *anticlinal-faille*, des pièges formés par la traversée des couches par un dôme salin, ou encore créés par un récif corallien fossilisé.



c. Exploitation :

Afin de trouver du pétrole dit "exploitable", il faut d'abord localiser un piège, puis déterminer la quantité de pétrole disponible.

L'exploration du pétrole consiste à étudier la géologie pétrolière. Cette exploration commence par l'établissement des cartes à l'aide de photos aériennes. La géologie pétrolière est l'ensemble des techniques permettant de prévoir l'emplacement des gisements pétrolifères; elle se divise en deux branches :

- L'étude géologique proprement dite, s'intéressant à la formation des gisements et autres caractéristiques des roches en tant que réservoirs (ou couvertures).
- L'étude des structures internes tendant à définir l'existence des « pièges » à partir des méthodes de surface ; c'est la géophysique que pratiquent des équipes parcourant les terrains à prospecter (à explorer) et dessinant des cartes structurales. Les moyens les plus sophistiqués sont mis en œuvre, la prospection étant affinée par un maillage sismique.

On se demande alors si forer un puits pour l'extraire serait **rentable**.

Un forage à titre exploratoire peut être réalisé : on creuse un puits pour vérifier s'il y a du pétrole. Les installations mises en place sont temporaires et donc moins complètes que pour un forage d'extraction, mais les mêmes méthodes sont utilisées.

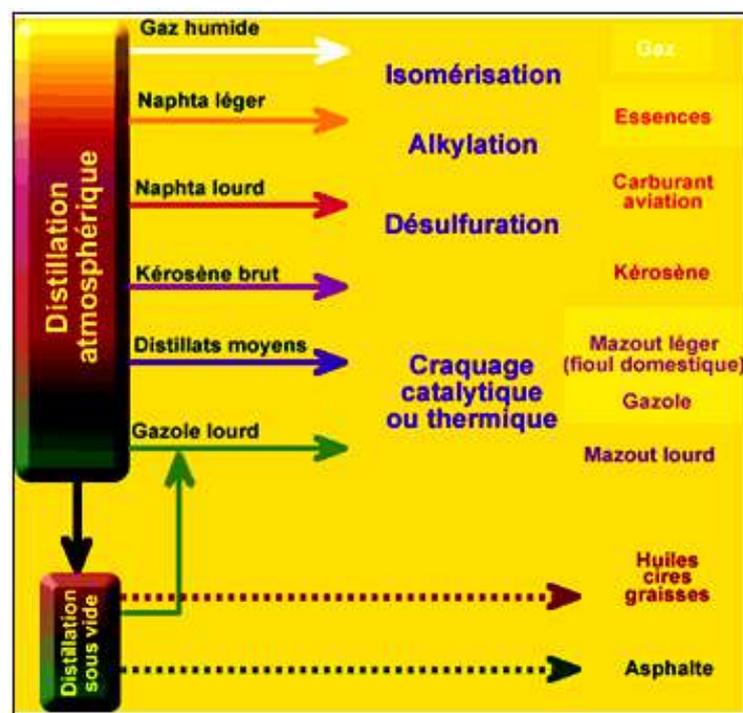
Maintenant que le gisement a été localisé précisément et que les spécialistes ont déterminé sa productivité, il peut être exploité. Cependant, une question se pose toujours avant de commencer l'exploitation proprement dite : comment produire les hydrocarbures dans les meilleures conditions de sécurité et en essayant d'en extraire le plus possible ?

L'exploitation pétrolière a connu de grands changements avec l'apparition des plate-formes pétrolières en haute mer (on parle également de forage off shore).

Les rendements d'extraction sont toujours faibles. Compte tenu des technologies actuelles, 30 à 35% du volume d'une poche de pétrole est extractible. Ce chiffre peut varier suivant le type de pétrole, néanmoins 35% est un maximum. Cependant, certaines recherches laissent penser qu'il serait possible d'augmenter ces rendements jusqu'à 60% voire 70 %.

L'exploitation de cette énergie fossile est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car le pétrole fournit la quasi totalité des carburants liquides — fioul, gazole, kérosène, essence, GPL — 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 (élastomères), détergents, adhésifs, engrais, cosmétiques, etc. — et que les fractions les plus lourdes conduisent aux bitumes, paraffines et lubrifiants.

Il existe plus de trente procédés unitaires de raffinage du pétrole ou des sous-produits du pétrole. Ci-dessous sont recensés les principaux avec les produits auxquels ils aboutissent. Un schéma récapitulatif des procédés de raffinage est accessible sur le site de l'Union Française des Industriels du Pétrole (UFIP).



Les réserves sont rangées dans différentes catégories, selon leur probabilité d'existence dans le sous-sol : réserves prouvées (probabilité de plus de 90%), réserves probables (de 50 à 90%) et réserves possibles (de 10 à 50%).

2. Autres roches carbonées:

* **Houille** : La houille est une roche noire, compacte, riche en carbone (85%). Certaines parties de la roche sont ternes, tendres et tachent les doigts, d'autres sont brillantes, plus dures et ne tachent pas.

La densité de la houille est de 1,3 à 1,5 et son pouvoir calorifique est d'autant plus élevé que la teneur en carbone est plus forte. L'étude sédimentologique et paléontologique des houilles montre qu'elles sont formées à la fois de matières organiques carbonisées et de substances amorphes riches en carbone. Les fossiles végétaux rencontrés dans les veines de houille et dans les terrains encaissants sont notamment des Sigillaires, Lépidodendrons, Calamites et Fougères représentés par leur tronc, leurs feuilles, leurs fructifications et leurs spores ou pollens.

La comparaison de 5 types de houille donne :

Produits	Teneur en carbone (en %)	Pouvoir calorifique (en kJ/kg)
Anthracite	93 - 97	33 500 - 34 900
Charbon maigre et houille anthraciteuse	90 - 93	34 900 - 36 000
Charbon demi-gras ou semi-bitumineux	80 - 90	35 000 - 37 000
Charbon gras ou bitumineux à coke	75 - 90	32 000 - 37 000
Flambant	70 - 80	32 700 - 34 000

La houille est surtout utilisée actuellement :

- dans les centrales thermiques utilisées pour la production d'électricité ou le chauffage urbain ;
- dans la sidérurgie, essentiellement pour la fabrication du coke utilisé dans les hauts-fourneaux; entre 600 et 700 kg de charbon sont nécessaires pour produire une tonne d'acier ;
- le chauffage individuel au charbon est en recul par rapport à d'autres sources d'énergie.
- Le gaz de houille fût utilisé pour l'éclairage urbain avant l'utilisation de l'électricité, et pour différents usages domestiques, notamment le chauffage et la cuisson. Contenant du monoxyde de carbone et du dihydrogène, ce gaz était obtenu par distillation de la houille.



***Lignite :** Le *lignite* est une roche sédimentaire composée de restes fossiles de plantes (vient de Lignine). C'est une roche intermédiaire entre la tourbe et la houille. Le lignite est un charbon composé de 50 à 60 % de carbone. Il est utilisé pour le chauffage et pour produire de l'électricité. Le lignite à l'état naturel contient un grand pourcentage d'eau (50%). C'est un combustible fossile non-renouvelable qui, lors de sa combustion et ce au même titre que le pétrole ou le gaz naturel d'extraction, rejette du dioxyde de carbone.

La teneur en soufre du lignite dépend fortement de l'origine du gisement. Il existe des gisements relativement pauvres en soufre. C'est un charbon moins carbonisé que la houille laissant une trace brune et non noire comme celle de la houille. Il en existe de nombreuses variétés, les unes à débris végétaux bien reconnaissables, les autres formées d'une substance voisine du *durain* (variété des houilles maigres).



Echantillons de lignite

***Tourbe:** C'est un charbon quaternaire ou actuel, spongieux, léger (densité inférieure à 1) où la carbonisation peu avancée laisse toujours apparaître des débris végétaux reconnaissables, associés parfois à des Gastéropodes d'eau douce.

La tourbe se définit comme le produit de la fossilisation de débris végétaux (dits « turfigènes » comme diverses espèces de sphaignes par exemple) par des microorganismes (bactéries, arthropodes, champignons, microfaune) dans des milieux humides et pauvre en oxygène que l'on appelle tourbière sur un intervalle de temps variant de 1 000 à 7 000 ans. Si la tourbe est soumise à des conditions particulières de pression et de température causés par son enfouissement, on assistera, au bout d'une période de l'ordre du million d'années, à la formation de charbon. La tourbe peut ainsi être considérée à juste titre comme une étape intermédiaire à la formation du charbon. Habituellement, on classe la tourbe en trois grandes catégories selon le type de végétaux supérieurs dont ils sont issus :

- *La tourbe blonde* provient de la transformation des sphaignes. Elle est riche en fibre de cellulose et en carbone. Sa texture est dite fibrique.

Ses autres traits essentiels sont sa faible densité, sa forte teneur en eau et sa pauvre teneur en cendre minérale car souvent jeune (3 000- 4 000 ans).

- *La tourbe brune* provient de la transformation de débris végétaux ligneux (arbres divers) et d'éricacées. Elle est composée de fibres mélangées à des éléments plus fins, provenant d'une dégradation plus poussée des végétaux, lui donnant une texture mésique. Elle est plus âgée (5 000 ans) que la précédente.

- *La tourbe noire* provient de la transformation des cyperaceae. Elle est riche en particules minérales et organiques fines. Il y a moins de carbone et plus de cendres. La texture est le plus souvent saprique, c'est-à-dire que la tourbe est plastique et moins fibreuse. Visuellement, la tourbe noire se distingue facilement de la tourbe blonde par sa couleur foncée. Une tourbe blonde très ancienne tend à se rapprocher, par certains caractères de la tourbe noire (10 000-12 000 ans).

La tourbe fait l'objet d'une exploitation industrielle pour être utilisée en horticulture et en agriculture. Cette exploitation, quand elle est menée à grande échelle, conduit à la destruction irrémédiable de la tourbière.

En horticulture, la tourbe est utilisée pour sa forte rétention en eau, ce qui convient particulièrement bien aux semis. On trouve également dans le commerce des pots constitués de tourbe compressée, ce qui permet d'éviter le stress du repotage pour les plantules.

La tourbe a pu servir de matériau de construction dans les régions où le bois fait défaut. Des briques de tourbes sont alors agencées pour former les murs, et un tapis de pelouse est déroulé sur la charpente du toit. La tourbe est couramment utilisée comme combustible. Elle peut être simplement séchée, elle brûle alors assez difficilement et il peut être nécessaire de la faire brûler avec du bois.



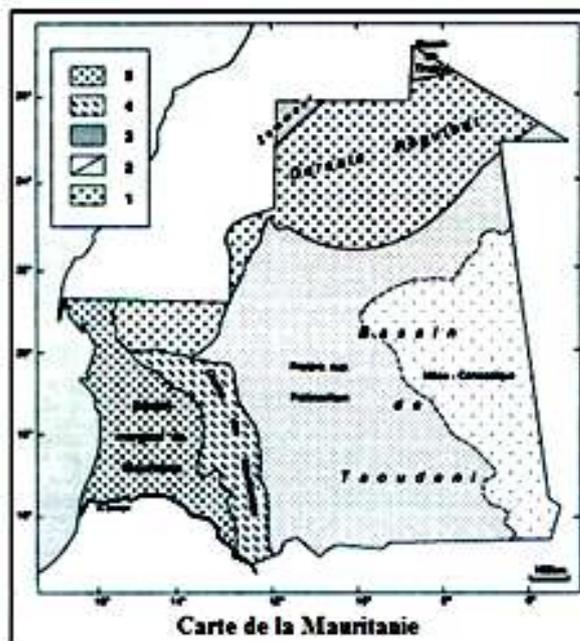
Echantillons de tourbe
contenant 55 à 70 % de carbone

III – Etude du bassin occidental:

A. Présentation:

La Mauritanie comprend cinq provinces géologiques : la Dorsale Rgueibat, le Bassin de Taoudéni, le Bassin de Tindouf, la Chaîne des Mauritanides et le Bassin sédimentaire côtier.

Les terrains sédimentaires qui occupent la partie occidentale de la Mauritanie, en bordure de l'océan atlantique, appartiennent au Bassin sénégalo-mauritanien. Ce bassin est le plus occidental et l'un des plus vastes du littoral ouest-africain. Il s'étend sur environ 1 400 Km du Nord du Cap Blanc en Mauritanie, jusqu'en Guinée-Bissau, au Sud. Sa superficie est de l'ordre de 340 000 Km². Il correspond à une zone à relief peu marqué, limité par une côte généralement basse et sablonneuse. La partie mauritanienne terrestre du bassin, de forme approximativement triangulaire, est recouverte de roches sédimentaires : sable (surtout), argile, gypse, calcaire. Ces roches sont disposées en strates. On note la présence de nombreux fossiles marins (Lamellibranches, Gastéropodes...).



B. Etude de l'affleurement de Tin Oueich (Région de Nouakchott):

« Le lieu dit Tin Oueich correspond à un ancien puits temporaire ou «Oglat». Le surpâturage local a fait disparaître le couvert végétal et favorisé la mobilisation du sable ainsi que son accumulation sous forme de dunes. [...].

Les dunes de Tin Oueich constituent un massif très confus que l'on a coutume de nommer localement «Aklé». En contre-bas et à l'Est de ces dunes, affleure une roche formant une croûte peu résistante au marteau. [...].

En creusant un trou à l'aide d'une pioche, une coupe stratigraphique [...] peut révéler deux couches principales :

- couche 1 :

[...]. La roche grise et meuble de cette couche est complexe. [...]. Elle renferme des cristaux jaune brunâtre de gypse dont nous verrons les propriétés au niveau de la couche 2. Il s'agit d'une argile sableuse calcaire (concrétions et fossiles) et gypseuse, fossilifère. En d'autres endroits très proches, le sable est plus abondant que l'argile et il s'agit alors d'un sable argileux calcaire et gypseux fossilifère.

Cette observation nous incite à la prudence quant à la détermination précise d'une roche. Le minéral dominant quantitativement (50% et plus) permet de lui attribuer un nom ; les autres éléments minéraux confèrent à la roche une gamme plus ou moins étendue de propriétés physiques et chimiques. Rares sont les roches constituées d'un seul minéral.

- couche 2 :

Elle forme une croûte de 10 à 20 cm d'épaisseur dont la partie supérieure est plus ou moins irrégulière. [...].

Il s'agit d'une roche grise, fibreuse et brillante en coupe verticale, alvéolée en coupe horizontale. A sa base, elle cimente les mêmes fossiles que ceux de la couche 1. Elle est tendre (rayable à l'ongle), friable, poreuse et perméable.

Plongeons un fragment de cette roche dans HCl : l'effervescence se produit mais ne dure pas. Le reste de l'échantillon est soumis à l'action du feu, il se transforme en une substance blanche : c'est du plâtre. Cette expérience permet de caractériser le gypse (Sulfate de Calcium hydraté : CaSO₄,

2H₂O). Ce sont les fins cristaux de gypse juxtaposés qui confèrent à la roche son aspect fibreux. La croûte est donc un gypse calcaire (croûte gypsocalcaire). [...].

Les couches 1 et 2 sont fossilifères et nous permettent de faire des déductions paléogéographiques.

- couche 1 :

Cette argile sableuse contient en abondance trois espèces intéressantes : Lamellibranches : *Cerastoderma edule*, *Anadara senilis* et Gastéropode : *Tympanotonus fuscatus*. Ces fossiles ont été datés : 4 500 ans avant le présent, [...].

Des modèles actuels permettent d'affirmer que ces espèces s'adaptent à de grandes variations de salinité.

- couche 2 : Elle renferme à sa base, les mêmes fossiles que la couche 1. L'évaporation de l'eau d'une nappe phréatique a provoqué la cristallisation du gypse qui a soudé les éléments supérieurs de la **couche 1** ». Géologie en Mauritanie 4^{ème} AS, Edisud, 1989, modifié.

Exercices

Exercice 1

Peux-tu définir les mots suivants : Strate, fossile, sédimentation, diagenèse, érosion, bassin sédimentaire ?

Exercice 2

Quelles différences y a-t-il

- 1- entre une roche sédimentaire et une roche détritique ?
- 2- entre une roche sédimentaire d'origine biologique et une roche sédimentaire d'origine chimique ? Pour faciliter ta réponse, cite des exemples.

Exercice 3

Mets dans l'ordre : Sédimentation, érosion, diagenèse, transport.

Exercice 4

Pourquoi dit-on que :

- 1- les roches sédimentaires sont des livres d'histoire dans lesquels certains événements sont archivés ?
- 2- le sable est une roche sédimentaire détritique ?
- 3- les roches sédimentaires se forment en deux étapes : le dépôt d'un sédiment, puis la transformation du sédiment en roche ?
- 4- les mécanismes d'altération diffèrent selon les roches ?

Exercice 5

Expérience : Remplir à moitié deux récipients identiques, le premier d'eau salée (50g de sel par litre), le second d'eau du robinet. Mettre par ailleurs de l'argile écrasée dans un peu d'eau. Remuer pour obtenir une boue argileuse homogène et liquide. Verser la moitié de ce mélange dans le récipient contenant l'eau salée, l'autre moitié dans le récipient contenant l'eau du robinet. Comparer les vitesses de sédimentation : la sédimentation est beaucoup plus rapide dans l'eau salée.

- 1- Fais des schémas pour représenter cette expérience et ses résultats.
- 2- La couleur jaunâtre de l'eau des fleuves est due à la présence de particules argileuses microscopiques en suspension dans l'eau (l'argile n'est pas soluble dans l'eau). D'où proviennent ces particules argileuses ? Où sont-elles entraînées ?
- 3- L'expérience précédente explique les causes de l'envasement de certains estuaires. Explique ce phénomène.

Exercice 6

Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Pourquoi ? Réponds par vrai ou faux :

- a- Toutes les roches sédimentaires sont d'origine marine.
- b- Toutes les roches sédimentaires ont une origine détritique.
- c- Les roches calcaires proviennent souvent de l'activité d'êtres vivants.
- d- Les roches calcaires proviennent toujours d'une sédimentation en milieu calme.
- e- Les fossiles renseignent sur les conditions de sédimentation quand ils ressemblent à des êtres vivants actuels.
- f- La présence de fossiles dans une roche indique que celle-ci a une origine marine.
- g- Quand deux roches sédimentaires sont superposées, la roche la plus ancienne recouvre la roche la plus récente.

CHAPITRE III : CONSEQUENCES DE LA MOBILITE DES PLAQUES LITHOSPHERIQUES

I. Déformations de la croûte terrestre

Lorsqu'elle est soumise à des contraintes, la croûte terrestre se déforme. On reconnaît des déformations souples (les plis) et des déformations cassantes (les failles).

A. Plis :

1. Définition :

Les plis sont des ondulations des couches de terrains, formées d'une succession de bombements, les anticlinaux, et de gouttières, les synclinaux.

Un pli élémentaire se compose d'une partie convexe vers le ciel ou *anticlinal* et d'une partie concave ou *synclinal*. La charnière synclinale ou anticlinale est le lieu des points de courbure maximum de la couche la plus récente intéressée par le pli. Les *flancs* sont les surfaces qui raccordent deux charnières successives. On appelle *flancs normaux* ceux qui limitent les couches en superposition normale et *flancs inverses* ceux qui limitent des séries renversées.

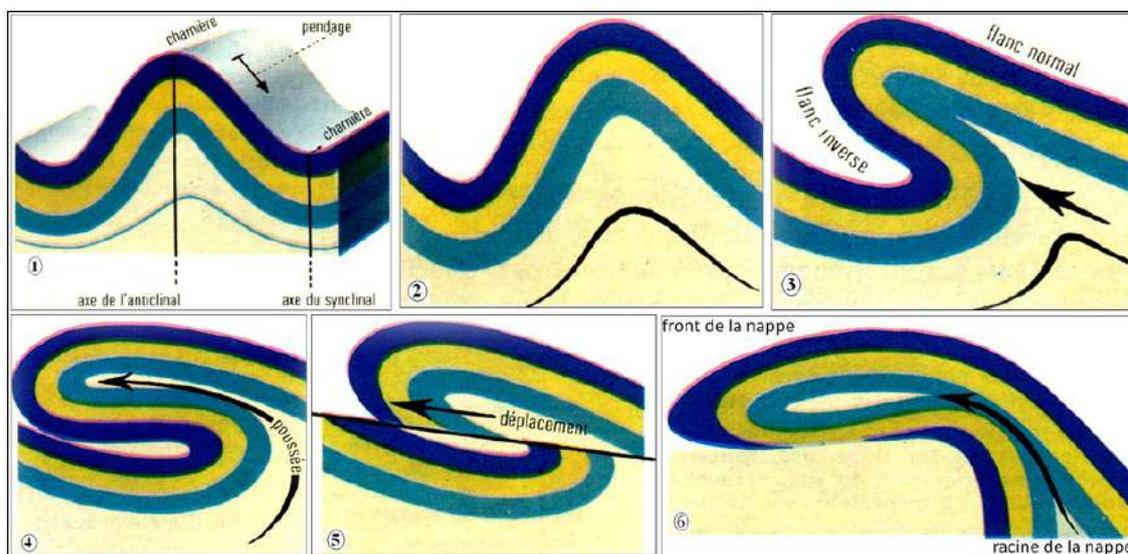
Le *plan axial* est la surface, plane ou gauche, qui passe par les charnières de toutes les couches prenant part à un synclinal ou un anticlinal, l'axe étant l'intersection du plan axial avec une surface horizontale de référence (par exemple le 0 marin) qui, généralement, ne coïncide pas avec la surface topographique.

La *direction* d'une couche est représentée par l'intersection d'un plan de stratification avec un plan horizontal quelconque. Le *pendage* d'une couche est figuré par la ligne de plus grande pente d'un plan de stratification. Un pendage est défini par son *sens*, perpendiculaire à la direction de la couche, et par sa *valeur angulaire* mesurée par rapport à un plan horizontal.

2. Sortes de plis :

Quand les flancs du pli sont sensiblement symétriques par rapport au plan vertical de l'anticlinal, il s'agit d'un *pli droit*. Ce type est rare, on observe surtout des *plis déjetés*, *déversés* ou *couchés*. Dans un pli déversé ou couché, le flanc renversé, dit « flanc inverse », est souvent étiré ; il peut être très mince, même après avoir disparu. Le pli prend alors l'allure d'une faille : on le nomme *pli-faille*.

Si, par étirements successifs, le « front » d'un pli couché a subi un véritable décrochage par rapport à la « racine », a glissé sur d'autres terrains, le pli ainsi mutilé prend le nom de *nappe de charriage*. L'allure même des différentes catégories de plis fait penser que les strates sédimentaires qui les composent ont été soumises à des poussées latérales qui les ont plissées. On peut reproduire expérimentalement (et en petit !) tous les types de plis.



B. Faille :

1. Définition :

Les failles sont des cassures accompagnées d'un déplacement relatif des deux compartiments, soit vertical (*failles verticales*), soit obliques (*failles obliques*), soit horizontal (*décrochement ou failles cisailantes*). Il ne faut pas les confondre avec les diaclases, simples cassures sans déplacements.

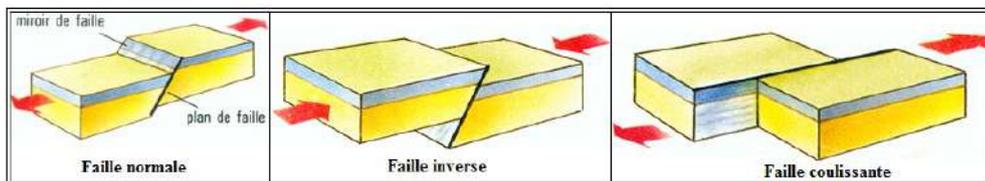
On appelle *lèvres* de la faille le bord des couches tranchées par l'accident. On distingue donc une lèvre soulevée et une lèvre affaissée. Le *plan* de la faille est figuré par la surface de glissement. Il a très souvent subi un polissage mécanique (*miroir de faille*).

2. Types de failles :

« Les failles normales se trouvent dans les zones de distension de la croûte. Elles déterminent des fossés d'effondrement ou grabens, encadrés de compartiments soulevés ou horsts. Le Rift africain, le fossé rhénan, les rifts médio-océaniques sont dus au jeu de failles normales.

Les failles inverses ou chevauchements se trouvent dans des zones de compression de l'écorce. Elles raccourcissent la surface de l'écorce terrestre. On les rencontre dans les chaînes de montagnes.

Les failles coulissantes sont responsables de déplacements horizontaux de l'écorce. Les failles s'observent surtout dans les parties superficielles de l'écorce. En profondeur, la chaleur interne et la pression rendent les matériaux plus souples, c'est le domaine des plis». Géologie Biologie 4e Belin, 1988.

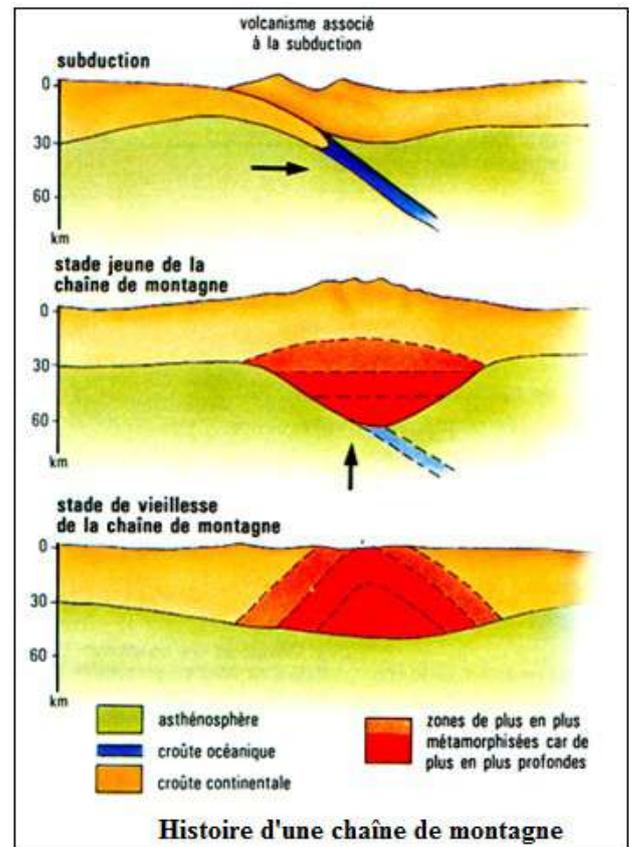


C. Orogenèse :

La formation des chaînes de montagnes ou orogénèse (du grec *oros*, montagne) résulte de mouvements horizontaux et verticaux de l'écorce. Si les premiers s'expliquent à la lumière de la tectonique des plaques, les secondes quelquefois en résultent indirectement mais peuvent avoir une toute autre origine (épirogenèse).

Les géologues pensent que les grandes chaînes de montagnes sont sorties des mers géosynclinales et se sont déversées sur les continents voisins.

«Lors de la formation d'une chaîne de montagnes, les racines de la chaîne sont portées à des profondeurs inhabituelles : leurs roches se métamorphisent et les plus profondes se granitisent. Dès que cesse la compression, la chaîne se soulève verticalement. Au fur et à mesure de la surrection, l'érosion attaque les reliefs. Les mouvements verticaux sont plus importants au centre de la chaîne, là où l'épaisseur de la croûte est plus grande (60 km), les mouvements verticaux cessent. Les terrains les plus profonds, dégagés par l'érosion, se retrouvent au cœur de la chaîne, maintenant pénéglyne. Ils sont entourés de terrains de moins en moins profonds en allant vers la périphérie».



Géologie Biologie 4e Belin, 1988.

II. Métamorphisme

A. Facteurs et types de métamorphisme :

1. Définition :

Le **métamorphisme** est dans la majorité des cas un processus endogène. Il agit sur des roches à l'état solide. Il consiste à l'explication des modifications structurales, minéralogiques et chimiques d'une roche lorsque celle-ci est soumise à des conditions physico-chimiques (essentiellement pression et température) différentes de celle de sa formation.

Soumis à ces efforts thermiques et mécaniques, les minéraux des roches se retrouvent en dehors de leur domaine de stabilité. Leurs caractéristiques se modifient, entraînant la disparition de certains minéraux et la création d'autres, pour former finalement une nouvelle roche métamorphique. Celles-ci sont donc formées à partir de roches préexistantes, comme l'origine du mot métamorphique le rappelle (en grec *meta* signifie après, et *morphosis* la forme).

Selon la nature de ces roches initiales, on distingue :

- le para-métamorphisme : c'est une roche sédimentaire qui est métamorphisée
- l'ortho-métamorphisme : c'est une roche magmatique qui est métamorphisée
- le poly-métamorphisme : c'est une roche métamorphique qui est métamorphisée

Le métamorphisme peut être isochimique (sans modification de la composition chimique) ou allochimique (avec modification de la composition chimique).

Il correspond à l'intervalle existant entre la diagenèse des sédiments (faible température et faible pression) et la fusion des roches (par anatexie). La transition entre diagenèse et métamorphisme est appelée Anchimétamorphisme.

2. Facteurs du métamorphisme :

Les principaux facteurs sont la température et la pression, mais il en existe d'autres qu'il ne faut pas négliger.

- *Température*

Une augmentation de température se traduit par une perte d'eau. Elle peut avoir lieu :

- **par enfouissement** : l'augmentation se fait selon le gradient géothermique
- **par friction** : dans les zones de subduction, l'enfoncement d'une plaque froide entraîne une chute des isothermes au niveau de la fosse océanique puis leurs remontées rapides. L'échauffement provoque la libération d'eau par la croûte subductée.
- **par intrusion magmatique** : c'est le cas des métamorphismes de contact.

- *Pression*

L'augmentation de pression peut avoir différentes origines :

- **lithostatique** : elle est due au poids des roches accumulées par subsidence sédimentaire, par subduction ou par chevauchement et charriage. Elle entraîne une compaction et la diagenèse.
- **hydrostatique** : C'est la pression des fluides (CO₂, H₂O). Elle intervient surtout lors de leur libération.
- **pression de contrainte** : Ce sont les pressions orientées par des phénomènes tectoniques.

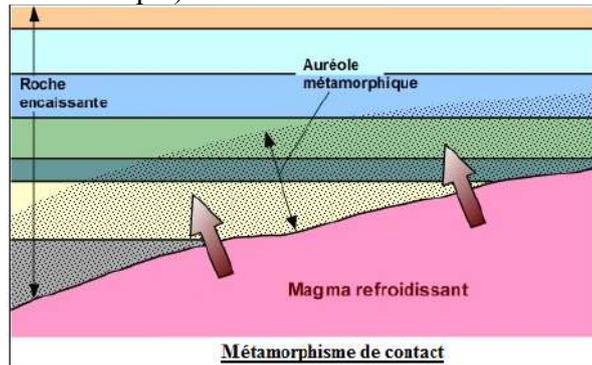
- *Facteurs chimiques*

Généralement le métamorphisme est isochimique : les minéraux qui apparaissent se forment à partir de la même composition de ceux de la roche d'origine. Les roches formées de cette façon sont appelées ectinites.

En cas de métagénèse (remplacement d'éléments par d'autres), c'est le plus souvent l'eau et le CO₂ qui interviennent.

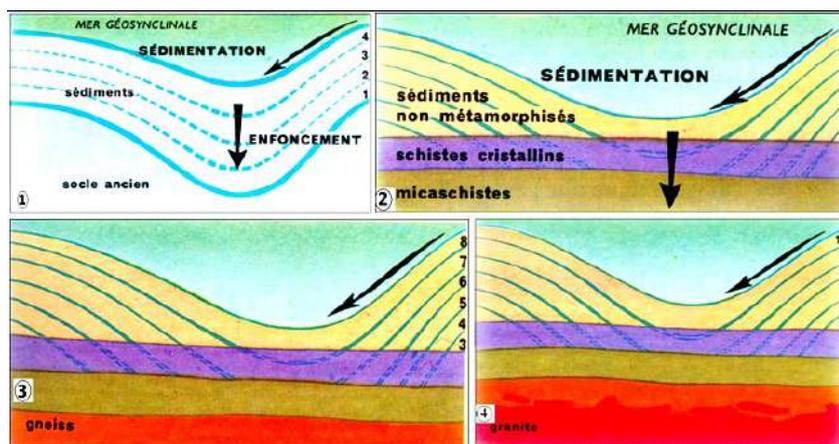
3. Types de métamorphisme :

***Métamorphisme de contact :** Le métamorphisme de contact est principalement causé par une augmentation de température (métamorphisme thermique ou thermométamorphisme). Ce type de métamorphisme se produit lorsqu'il y a un apport de chaleur extérieur dû à une source magmatique, généralement l'intrusion d'un pluton magmatique — grande masse de magma se refroidissant dans les profondeurs de la croûte terrestre (voir intrusions magmatiques). La différence de température entre ce pluton chaud (massif intrusif) et les roches encaissantes vont faire subir une transformation aux bordures de ces dernières. La zone métamorphisée (appelée auréole de métamorphisme) s'étend de quelques mètres à quelques centaines de mètres autour de l'intrusion. Puisque c'est principalement la température qui intervient ici, il y a peu de déformations liées à la pression. L'intrusion du magma, en poussant les terrains déjà en place, peut toutefois induire une schistosité. Il n'y a souvent qu'un réarrangement minéralogique sans échange avec d'autres corps que la roche originelle (métamorphisme isochimique).



***Métamorphisme régional :** Le métamorphisme régional (ou général) suppose typiquement une élévation de la température et de la pression, c'est-à-dire un enfouissement produisant des températures élevées contrôlées par la profondeur atteinte dans la croûte ou le manteau, et une déformation pour enregistrer les structures tectoniques. On peut y observer une succession de terrains de plus en plus métamorphisés de même qu'une schistosité de plus en plus poussée. Cela peut aboutir à un début de fusion (Migmatite) voire même à une fusion complète de la roche (Anatectite). Le granite obtenu est alors concordant (il n'y a pas de limite franche avec l'encaissant). De nouveaux cristaux apparaissent : micas, grenats, andalousite, feldspaths, etc. Par exemple, les schistes se transforment en micaschistes (micas blancs), puis en micaschistes à deux micas (blancs et noirs), puis en micaschistes à andalousite, et enfin en gneiss.

La principale cause de ce type de métamorphisme est d'origine tectonique. C'est pourquoi les minéraux de ces roches métamorphiques sont souvent aplatis et orientés le long des plans de foliation.



***Métamorphisme d'impact :** Le métamorphisme d'impact (de choc) lié à des chocs extrêmes et rares, provient généralement de la chute de corps célestes à la surface de la Terre (impacts de météorites). On y retrouve une forme de silice de très haute pression, la coésite, ainsi que des phases vitreuses montrant une fusion. De même, les impactites et les tectites sont des roches exceptionnelles, issues d'un métamorphisme de choc.

B. Roches métamorphiques :

Les roches métamorphiques subissent souvent des déformations. Ces contraintes entraînent l'apparition de structures particulières dans la roche. On peut en distinguer 3 types qui se succèdent avec l'intensité du métamorphisme :

- **Une stratification** qui est issue des phénomènes de sédimentation. Elle est perpendiculaire aux forces en jeu (pression lithostatique). Elle concerne le débit de la roche.
- **Une schistosité** où la roche se débite en feuillets de même composition minéralogique. Cette disposition apparaît à partir de 5 km de profondeur. Elle peut apparaître lors de la diagenèse (pression lithostatique) mais elle est souvent à relier aux contraintes tectoniques. Le plus souvent la schistosité est perpendiculaire ou oblique aux forces en jeu.
- **Une foliation** où certains minéraux de la roche se transforment. Les nouveaux minéraux qui apparaissent s'aplatissent et s'orientent selon la direction de la schistosité. Ils peuvent se regrouper sous forme de lit. Le front de foliation serait situé vers 10 Km de profondeur. (Micaschistes, gneiss).

1. Gneiss :

A l'œil nu, on remarque immédiatement :

- que c'est une roche cristalline qui rappelle le granite ;
- qu'elle se présente en *feuillets réguliers* alternativement noirs et minces, clairs et épais (gris, parfois tachés de rose).

A la loupe, on se rend compte que les feuillets noirs sont constitués de paillettes de *mica noir* et parfois de *mica blanc*, et les feuillets plus clairs de cristaux de *feldspaths* (gris, rose) et de *quartz*.

On ne peut séparer les feuillets ; le gneiss n'est pas clivable. Vu par la tranche, les alignements des cristaux ont l'aspect de rubans : le gneiss se montre **entièrement cristallin**.

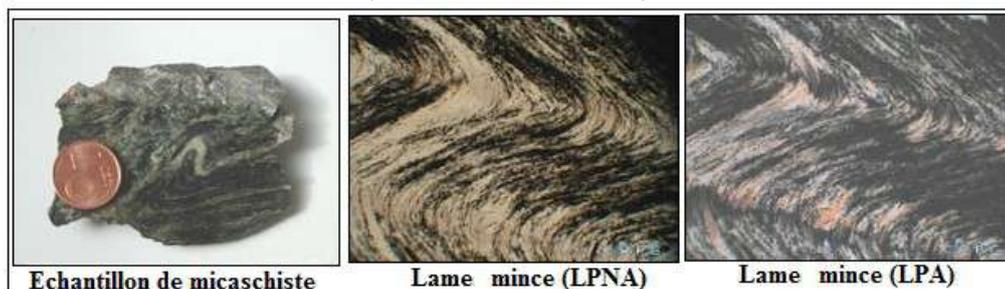
Il se rapproche donc considérablement du granite, puisque, comme le granite, c'est une roche entièrement cristalline, composée essentiellement de mica noir, feldspath et quartz. Il en diffère par l'alignement en feuillets des minéraux. Il existe d'ailleurs toute une gamme de roches qui établissent un passage très gradué entre le granite typique et le gneiss typique.



2. Micaschiste :

C'est encore une roche cristalline et feuilletée. Il a l'aspect très brillant à la lumière. Ceci est dû à l'abondance du mica qui se présente en lamelles planes régulièrement orientées, produisant une foliation très développée. Les feuillets de mica alternent avec les feuillets constitués uniquement de cristaux de quartz. Le micaschiste peut contenir d'autres minéraux.

Tous les lits sont minces : la roche est plus feuilletée que le gneiss. Elle peut se cliver comme les schistes, d'où son nom de *micaschiste* (schiste riche en mica).



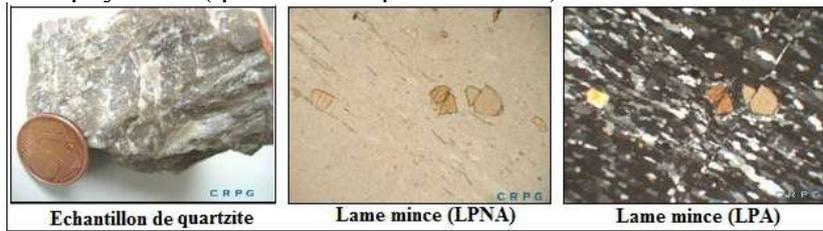
3. Cipolin :

Roche métamorphique dérivant du calcaire. Variété de marbre, composée de calcite et d'autres minéraux, d'aspect feuilleté et de couleur claire, rosée ou bleutée. Se rencontre souvent en masse isolée dans les massifs métamorphiques. Nom dérivant du latin "cipola" : oignon. Souvent employé par extension pour désigner tout calcaire cristallin.



4. Quartzite :

Roche métamorphique siliceuse dérivant des sables, grès, composée de cristaux de quartz. Très dure et compacte, formée de sable aggloméré par un ciment lui-même cristallisé, de couleur claire gris-brun. **Variété** : quartzophyllades (quartzite d'aspect feuilleté).



5. Marbre :

Roche métamorphique dérivant, par écrasement et élévation de température, de roches calcaires. Composé de calcite et de couleur blanche à l'état pur, mais renfermant souvent diverses impuretés qui forment des veines. **Variétés** : marbre blanc, marbre rouge, marbre noir, marbre vert, cipolin.



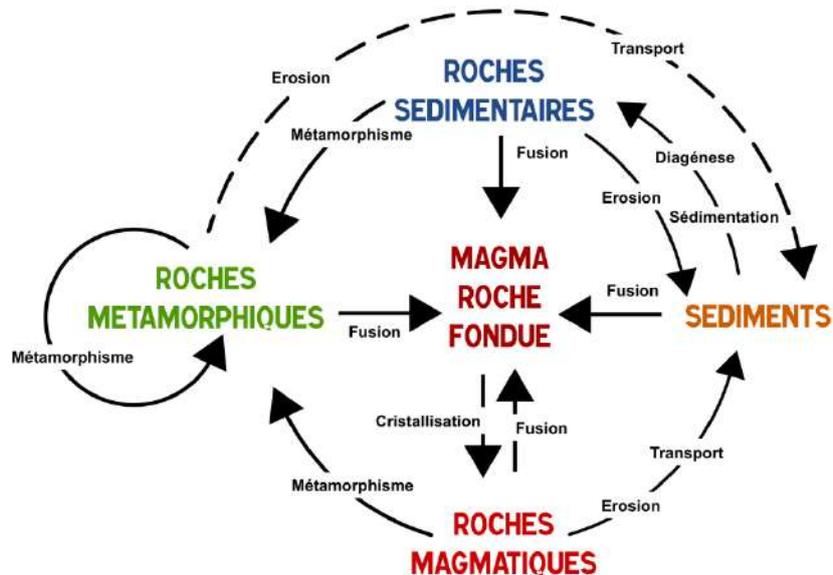
III. Cycle des roches

La matière des roches terrestres, d'origine interne est en mouvement perpétuel à l'échelle des temps géologiques. La croûte océanique naît au niveau des dorsales océaniques et disparaît en grande partie par subduction.

La croûte continentale est recyclée dans les zones d'affrontement des plaques. Erosion des roches continentales, transport, sédimentation, diagenèse donnent naissance, à la surface du globe, aux roches sédimentaires. Ce sont des roches d'origine externe, façonnées par l'atmosphère, la biosphère, l'hydrosphère.

Les roches sédimentaires sont transformées en roches métamorphiques et granitiques par des facteurs d'origine interne surtout : forces de compression et gradient géothermique.

Les roches volcaniques, issues du manteau, accroissent le volume des roches continentales. Elles sont la trace de l'activité interne du globe terrestre.



Exercices

Exercice 1

1° Soit le schéma ci-dessous :

- a) Coloriez en vert la croûte continentale, en violet la croûte océanique, en orange le manteau supérieur, en marron l'asthénosphère.
- b) Complétez les annotations, placez les flèches indiquant les mouvements et donnez un titre à ce schéma.

2° A l'aide de croix (x) indiquez la localisation des séismes.

3° Quels sont les moyens qui ont permis de connaître cette structure de la partie superficielle du globe ?

4° Définissez les particularités de la lithosphère et de l'asthénosphère.

5° Que se passe-t-il au niveau de la dorsale océanique ? Peut-il y avoir des volcans et des séismes ?

Exercice 2

Cette série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repère les affirmations correctes.

Le globe terrestre :

- a) est formé de couches concentriques ;
- b) possède un noyau totalement liquide formé d'un alliage fer-nickel en fusion ;
- c) évacue une partie de sa chaleur grâce à des mouvements de convection du manteau ;
- d) produit en permanence de la chaleur grâce à la radioactivité naturelle des roches ;
- e) est une planète active car il possède une énergie interne importante ;
- f) libère cette énergie uniquement de façon brutale et localisée lors des éruptions volcaniques et des séismes.

Exercice 3

A. Vrai ou faux ?

- a) Les zones d'écartement des plaques correspondent aux rifts océaniques.
- b) Les frontières de plaques sont des zones très sismiques.
- c) Les limites des plaques sont les mêmes que celles des continents.
- d) Au niveau des zones de subduction, il y a des séismes mais pas de volcanisme associé.

B. Explique pourquoi :

- a) Les sédiments qui recouvrent le plancher basaltique océanique sont de plus en plus épais quand on s'éloigne de l'axe de la dorsale.
- b) Une collision entre deux plaques donne naissance à une chaîne de montagnes.

Exercice 4

Cette série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repère les affirmations correctes.

La subduction :

- a) est un enfoncement vertical d'un panneau de lithosphère dans l'asthénosphère moins dense ;
- b) s'accompagne d'un magmatisme complexe à l'origine des manifestations volcaniques remarquables ;

- c) entraîne indifféremment dans le manteau le naufrage d'une croûte océanique ou d'un continent ;
- d) est en partie la conséquence d'une augmentation progressive de la densité de la plalithosphérique créée au niveau d'une dorsale ;
- e) provoque une fusion rapide de la plaque plongeante qui perd toute rigidité à partir d'une profondeur de 200-300 km.

Exercice 5

Cette série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repère les affirmations correctes.

Le magmatisme associé à la subduction :

- a) résulte initialement d'une fusion de la plaque océanique entrain de sombrer ;
- b) se caractérise par une « fusion hydratée » des péridotites du manteau surmontant la plaque plongeante ;
- c) est complexe car les magmas produits initialement subissent un appauvrissement plus ou moins important en silice ;
- d) se caractérise par la production fréquente de plusieurs types de magmas, les uns «basaltiques » provenant du manteau, les autres « granitiques » provenant de la croûte continentale ;
- e) peut engendrer soit des roches grenues, soit des roches microlitiques, selon les conditions de cristallisation d'un même magma.

Exercice 6

Cette série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repère les affirmations correctes.

La collision continentale :

- a) est liée à la mise en oeuvre de forces compressives colossales ;
- b) peut être précédée d'une phase de distension en relation avec l'ouverture d'un océan ;
- c) fait disparaître totalement le plancher océanique qui sépare les continents avant leur affrontement ;
- d) provoque fréquemment le chevauchement d'une des deux marges continentales sur l'autre.

Exercice 7

On observe de nos jours des coulées de lave s'épancher et se refroidir pour former des roches volcaniques sous nos yeux.

Pourrait-on voir du granite se former de la même façon ? Pourquoi ?

Exercice 8

Un refroidissement du magma permet la formation d'une roche volcanique, alors qu'un refroidissement donne naissance à une roche entièrement cristallisée comme le

L'enfouissement des sédiments à de grandes profondeurs expose ces roches à des.....et à des très élevées. Ces facteurs physiques provoquent leur.....en roches métamorphiques.

Recopie ce texte en remplaçant les points par les termes appropriés.

Exercice 9

Classe les roches dont les noms suivent dans l'une des trois catégories :

Micaschiste – granite – basalte – marbre – gneiss – rhyolite – cornéenne – grès - quartzite.

1. Roches métamorphiques.

2. Roches magmatiques plutoniques.
3. Roches magmatiques volcaniques.

Exercice 10 : Charade

- a) Mon premier est un minéral dont les minéraux forment des paillettes brillantes.
- b) Mon deuxième a la forme d'un parallélogramme et peut être altéré par l'eau.
- c) Mon troisième est un cristal qui peut t'indiquer l'heure.
- d) Mon tout est une roche qui, les contenant tous, peut se désagréger.

Exercice 11

On a mesuré les pourcentages de certains éléments chimiques contenus dans deux échantillons de granite, dont l'un, resté longtemps en surface, présentait des signes d'altération. L'autre, prélevé dans une carrière, n'a pas été altéré.

	Calcium %	Sodium %	Eau %	Fer %
Granite A	1,4	2,6	1	3,8
Granite B	0,2	0,1	4,3	3,8

- a) Compare les compositions chimiques des deux échantillons de roche.
- b) Lequel de ces deux échantillons de granite a été altéré? Justifie la réponse.
- c) Propose une explication aux différences observées pour le calcium et le sodium, en t'aidant des informations apportées par le document suivant :

Eléments en mg/litre d'eau	Aluminium	Potassium	Sodium	Calcium	Magnésium	Silicium
Eau de source	0,017	1,48	13	10	4,30	8,50
Eau de pluie	0	1,29	2,83	2,70	0,96	0

Exercice 12

Cette série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repère les affirmations correctes.

Le métamorphisme :

- a) est une transformation (métamorphose) affectant seulement des roches sédimentaires comprimées et réchauffées ;
- b) se traduit par l'apparition de nouveaux minéraux dans la roche transformée ;
- c) a pour conséquence une hydratation de la roche au cours de son enfouissement ;
- d) correspond à une série de réactions globalement isochimiques.

Exercice 13

Cette série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repère les affirmations correctes.

Les roches métamorphiques :

- a) qui proviennent d'une même roche anté-métamorphe ont la même composition chimique globale ;
- b) qui proviennent d'une même roche anté-métamorphe ont la même composition minéralogique ;
- c) présentent généralement une schistosité causée par les contraintes orientées subies par la roche ;

- d) subissent des transformations structurales et minéralogiques qui s'opèrent à l'état solide;
- e) possèdent des minéraux repères qui indiquent généralement les conditions maximales de température et de pression auxquelles elles ont été soumises.

Exercice 14

Les géologues parlent de déformations souples ou de déformations cassantes. Attribue à chacune des deux déformations suivantes : pli, faille, le qualificatif qui la caractérise (souple ou cassante).

Exercice 15

Dans quelles conditions une roche va-t-elle se plisser ou se failler ?

Pour répondre à cette question analysons d'abord les observations suivantes :

- a) Soumis à une même torsion, une barre de craie se brise tandis qu'un bloc d'argile se ploie.
- b) Soumis à un étirement, un bâton de pâte à modeler commence d'abord par s'allonger puis finit par se casser. Une canne de verre tordue à froid se brise tandis qu'elle plie dans la flamme d'un bec Bunsen.

CHAPITRE IV : HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA MAURITANIE

I. Les ères géologiques

L'échelle des temps géologiques est un système de classement chronologique utilisé, notamment en géologie, pour dater les événements survenus durant l'histoire de la Terre. Les premières échelles des temps géologiques trouvent leur source au XVIII^e siècle mais prennent une forme de datation précise avec Arthur Holmes, dans les années 1930.

LES ÈRES GÉOLOGIQUES

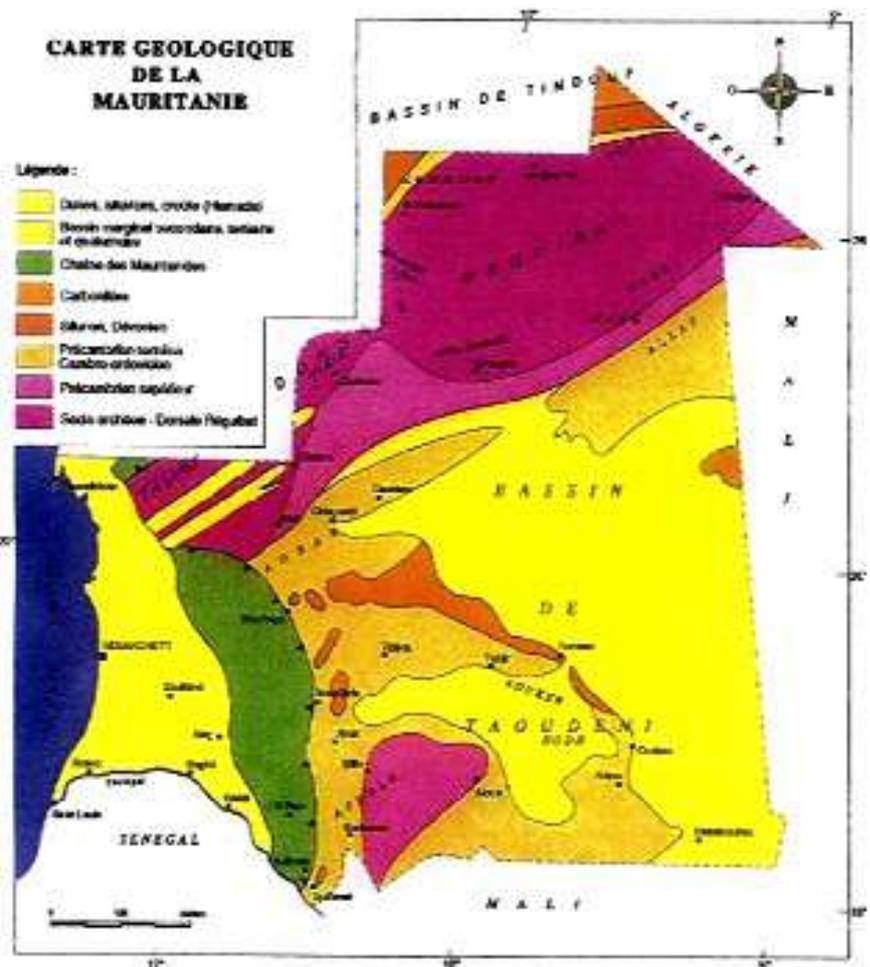
	ÈRE	PÉRIODE	ÉPOQUE	ÂGE ABSOLU (en MA)	CYCLE OROGÉNIQUE
CÉNOZOÏQUE	QUATERNAIRE		Holocène		ALPIN
			Pléistocène		
TERTIAIRE	NÉOGÈNE		Pliocène	2	
			Miocène	5	
	PALÉOGÈNE = NUMMULITIQUE		Oligocène	23	
			Éocène	35	
MÉZOZOÏQUE	CRÉTACÉ		supérieur	65	
			inférieur	100	
	JURASSIQUE		supérieur	130	
			moyen	150	
			inférieur	180	
	TRIAS		supérieur	205	
			moyen		
			inférieur		
PALÉOZOÏQUE	PRIMAIRE	PERMIEN		250	HERCYNIEN
		CARBONIFÈRE	supérieur = Houiller	290	
	inférieur		320		
		DÉVONIEN		360	
		SILURIEN		400	CALÉDONIEN
		ORDOVICIEN		420	
		CAMBRIEN		500	
PRÉPALÉOZOÏQUE				530	CADOMIEN
				4600	Plusieurs cycles mal connus

II. Aperçu sur l'histoire géologique de la Mauritanie

La Mauritanie comprend cinq provinces géologiques : la Dorsale Rgueibat, le Bassin de Taoudéni, le Bassin de Tindouf, la Chaîne des Mauritanides et le Bassin sédimentaire côtier.

A. Chaîne des Mauritanides :

«La chaîne des Mauritanides correspond à des collines, à des reliefs isolés (inselberg) et à des crêtes grés-quartzitiques N-S rectilignes, localisés à une zone arquée, ouverte vers l'ouest, d'orientation générale subméridienne et de 100 Km de large au maximum, qui s'étend à l'extrémité méridionale de la dorsale Rgueibat au fleuve Sénégal, entre les latitudes 20 et 15°N et les longitudes 12 à 15°W. Cette partie médiane de la zone mobile qui borde à l'ouest le craton ouest-africain est constituée de terrains cristallins, métamorphiques et sédimentaires du Précambrien et du Cambro-ordovicien qui ont été affectés par une tectonique tangentielle importante, à vergence est. Cette structuration est la résultante de trois phases principales de déformations survenues à la fin du Précambrien, avant le Silurien et après le Dévonien. La dernière phase, hercynienne, est à l'origine du plissement de la série sédimentaire de la bordure occidentale du bassin de Taoudéni correspondant à l'avant-pays de la chaîne, ainsi que des structures chevauchantes et des nappes de charriages qui se développent plus à l'ouest et dans lesquelles sont impliqués des granites précambriens ».



Géologie de la Mauritanie CRDP de Nice, 1991.

B. Dorsale Rgueibat :

«La dorsale Rgueibat correspond à un vaste bombement de socle cristallin et métamorphique précambrien que l'érosion a réduit à l'état d'une pénéplaine parsemée de buttes et pitons dénommés Eglab, surtout granitiques. Les auteurs distinguent de nombreux groupes lithostructuraux et il est encore difficile de se faire une idée claire de leur succession et de leurs rapports. Tandis que l'Archéen affleure à l'ouest (groupes de l'Amsaga, du Tasiast et de Ghallaman), le Protérozoïque inférieur domine à l'est où l'Archéen est toutefois représenté par les groupes de Chegga et de Chenachane. On distingue deux grands ensembles stratigraphiques et deux grands cycles tectorogéniques :

- l'ensemble inférieur ou groupe d'Aguelte Nebkha ou encore groupe de Yetti qui comprend des roches sédimentaires (arkoses, grauwackes, schistes, quartzites et cipolins) et des roches volcaniques. Il est affecté par deux phases majeures de déformation et métamorphisé dans le faciès des schistes verts, antérieurement à l'intrusion de granitoïdes tardi-orogéniques. C'est le cycle Yetti;
- l'ensemble supérieur qui rassemble les groupes d'Akilet Deilel et de l'ouest Souss (et leurs équivalents, les groupes d'Imourène, d'Aïoun Abde el Malek et d'el Naam). Cette série de couverture volcano-sédimentaire est charriée vers l'ouest avec formation de nappes.

- C'est le cycle Eglab qui se termine avec un plutonisme ultime à gabbros, diorites et granites et une puissante série volcanique, non plissée, d'ignimbrites et de rhyolites. Le groupe de Guelb el Hadid repose en discordance sur les roches plutoniques et volcaniques d'Aftout qui appartiennent à l'ensemble précédent. Il est recouvert en discordance par le premier super-groupe du Protérozoïque supérieur du Hank». Géologie de la Mauritanie CRDP de Nice, 1991.

C. Bassin de Taoudéni :

«Le Bassin de Taoudeni est un bassin de grande échelle qui occupe 2/3 du craton Ouest-Africain. Il est localisé au sud-est de la dorsale Rgueibat. Sa partie occidentale constitue plus de la moitié du territoire Mauritanien. Le bassin est composé de formations Protérozoïques Supérieures, de formations Cambro-Ordoviciennes, et de roches sédimentaires du Silurien au Carbonifère. Sa partie orientale est couverte de sédiments Mésozoïques à Cénozoïques.

La formation Protérozoïque Supérieure est caractérisée par des roches sédimentaires de plateforme côtière, composées de grès, d'argiles et de calcaires et incluant également des roches sédimentaires continentales. La formation du Protérozoïque Supérieur est épaisse de 600 m à 1400 m dans la région du Hank et de 1400 m dans la région d'Adrar. L'épaisseur augmente vers la partie centrale du bassin.

Les formations Cambro-Ordoviciennes, composées de conglomérats, de mudstones, de grès, de siltstones, couvrent en discontinuité le Protérozoïque Supérieur. Elles atteignent 1000 m d'épaisseur. Les systèmes Siluriens-Carbonifères sont constitués de grès, d'argiles et de calcaires. La succession Paléozoïque est due à des mouvements tectoniques faibles, et présente une structure plate avec quelques failles, révélant une structure simple. Cependant, il existe quelques failles de direction ENE-WSW dans la région sud, accompagnées d'intrusions doléritiques d'âge Permo-Triassique». (BRGM, 1975). Website Supported by JICAOMRG © copyright 2005 - Info@omrg-mining.mr

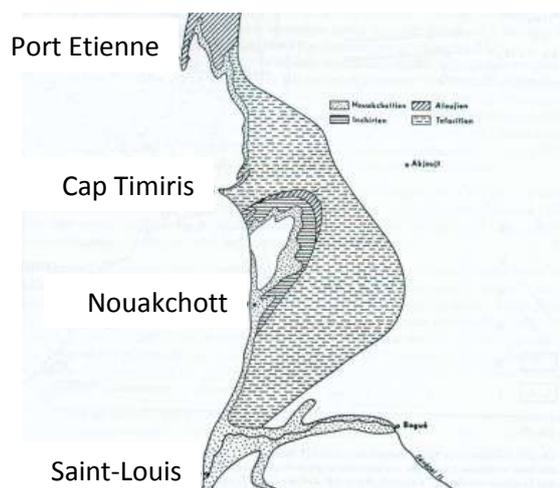
D. Bassin sédimentaire côtier :

«Le Bassin Sédimentaire Côtier Atlantique est situé à l'ouest des Mauritanides. Il est constitué par des sédiments et des roches sédimentaires du Crétacé inférieur au Quaternaire, les plus anciens dépôts disparaissant progressivement vers l'est.

La série Paléocène consiste en calcaires argileux avec quelques couches de grès et correspond à une régression marine de près de 100 m.

La série intermédiaire à supérieure est composée de grès argileux à glauconite, colorés en rouge par la présence d'oxydes de fer. Les lits siliceux et des couches de phosphate ont également été observés.

La série Oligo-Miocène est composée d'argiles ou d'argiles marneuses. Le faciès représentatif est un grès argileux de couleur rouge due à la présence d'oxydes de fer. Le quaternaire est composé de quatre transgressions marines : grès argileux à glauconies (Tafaritien), grès (Aioujien), calcaires clastiques (Inchirien), sable et coquillages (Nouakchottien) ». Les dunes côtières se développent entre les transgressions. (BRGM, 1975). Website Supported by JICA OMRG © copyright 2005 - Info@omrg-mining.mr



E. Bassin de Tindouf :

«Le bassin de Tindouf, au nord, est constitué par un remplissage sédimentaire dont les termes de base, discordants sur le socle, sont progressivement plus anciens vers l'ouest. Il dessine un vaste synclinal E-W dont les pendages peuvent atteindre la verticale. Les auréoles sédimentaires de sa bordure sud forment par érosion différentielle une succession de cuestas qui longent la Dorsale Rgueibat, alors que dans le reste du bassin les plaines, les plateaux et reliefs tabulaires dominent largement. Ce remplissage sédimentaire comprend plusieurs ensembles discordants entre eux. Le plus ancien est formé de terrains qui, à l'ouest, vont du Précambrien supérieur au Dévonien supérieur marin ou, à l'est, de l'Ordovicien supérieur au Stéphanien continental (au centre du bassin). [...].

Le Zemmour, dans l'extrême nord-ouest de la Mauritanie, représente à la fois la bordure sud-occidentale du bassin de Tindouf et, sur le plan structural, la zone externe et l'avant-pays plissé du tronçon nord de la chaîne hercynienne des Mauritanides ». Géologie de la Mauritanie CRDP de Nice, 1991

III. Potentialités minières de la Mauritanie

A. Gisements miniers :

1. Gisements du fer du Tiris :

« La Kédia d'Idjil est un massif montagneux qui domine très distinctement la pédiplaine du socle du Tiris (Dorsale Rgueibat). Ce relief est essentiellement constitué de roches métamorphiques très plissées (quartzites, schistes, itabirites, brèches...). Le métamorphisme est bien moins poussé que celui du socle environnant, dans lequel le développement des migmatites et granite est fréquent. Elle s'en distingue également par une fréquence remarquable des formations ferrugineuses. Le minerai présente deux types principaux :

- le minerai en plaquettes, souvent friable, parfois induré, est formé d'un empilement de petits lits très riches en hématite, minéral de formule Fe_2O_3 qui confère à la roche un pourcentage de 65-66% de fer.

- le minerai massif, à l'aspect d'un grès gris-bleuté dont les grains sont constitués d'hématite. Il se présente en amas lenticulaires, épousant les structures tectoniques et ayant des dimensions souvent importantes (plusieurs centaines de mètres). Le pourcentage en fer est de l'ordre de 68%.

Dans les deux cas, le minerai est très riche en hématite, minéral dense ; le quartz est l'impureté principale.

Les carrières d'exploitation ont été ouvertes dans la Kédia, aux endroits les plus concentrés. Certaines sont déjà abandonnées, tandis que d'autres continuent d'être exploitées alors que l'exploitation des guelbs prend le relais.

Le minerai est abattu à l'explosif, chargé dans des camions, concassé, trié puis transporté par train jusqu'à Nouadhibou où il est exporté.

Les guelbs sont des hauteurs isolées, des montinsules, dispersés dans un rayon de 50 km autour de Zouerate. Ils dominent de 100 à 200 m la pédiplaine environnante et sont constitués de quartzites ferrugineux intégrés dans des roches métamorphiques, des gneiss pour la plupart. Le Guelb El Rhein est l'objet d'une exploitation. Le minerai est un quartzite à magnétite (Fe_3O_4) avec, principalement dans la partie supérieure des affleurements, de l'hématite (Fe_2O_3) et de la goethite ($FeOOH$). Le quartz est l'impureté principale : le pourcentage en fer est de l'ordre de 37%».

Géologie en Mauritanie 4e AS Edisud, 1989

2. Gisements du Cuivre d'Akjoujt :

Le territoire mauritanien renferme de nombreux indices de cuivre. La majorité d'entre eux est localisée dans la chaîne des Mauritanides, là où se situe le **gisement d'Akjoujt**.

A quatre kilomètres à l'Ouest du chef-lieu de l'Inchiri, la colline occidentale du guelb Moghreïn (mont de la corne) a connu une exploitation de cuivre dès l'époque protohistorique.

Le gisement est encaissé dans des formations peu métamorphisées, qui sont d'anciennes roches sédimentaires détritiques (schistes siliceux) ou carbonatées (dolomies), ou bien des émissions volcaniques basiques. Bien qu'étant métamorphisées ces dernières, des chloritoschistes notamment, conservent leur composition initiale de laves ou de tufs basiques.

Le gisement est un amas lenticulaire, de pendage 30° en surface et qui constitue le cœur d'un synclinal faillé. De bas en haut, deux zones principales sont à distinguer :

- le minerai profond, sulfuré.
- le minerai superficiel, oxydé.

Le **minerai sulfuré** (1,8 % de cuivre) occupe la partie inférieure du gisement. C'est un amas de carbonates magnésiens et ferrifères avec un peu de calcium. La **chalcopirite** est l'espèce minérale la plus intéressante de cette zone, car elle contient le cuivre.

Le **minerai oxydé** (2,7 % de cuivre) occupe l'essentiel de la partie supérieure du gisement. Les oxydes de fer y sont très abondants et les minéraux cuprifères sont représentés principalement par la **malachite** et le **chrysocolle**.

L'ensemble est coiffé par un « **chapeau de fer** », croûte ferrugineuse d'une épaisseur de 0 à 15 m qui résulte de l'oxydation superficielle du gisement.

L'origine des deux minerais peut être reconstituée. Le minerai sulfuré, formé en premier (= minerai primaire), a une **origine volcano-sédimentaire**. Des émanations hydrothermales issues de laves basiques océaniques sont très vraisemblablement à l'origine de l'apport de métaux, et en particulier du cuivre, au sein des roches sédimentaires : ce modèle existe dans les fonds océaniques actuels. Par la suite, la série géologique a été déformée et métamorphosée durant l'érection de la chaîne des Mauritanides. Enfin, l'érosion a remis l'ensemble à la surface et le minerai a connu une **altération superficielle** (minerai oxydé secondaire, c'est-à-dire formé en second). Ce processus a donné lieu à une concentration plus importante des éléments moins mobilisés dans les solutions, notamment le fer et le cuivre.

3. Gisements du phosphate de Bofal :

«Les reliefs tabulaires des regs et des plateaux latéritiques, et les cordons dunaires masquent la plupart des affleurements de phosphate de la région de Bofal-Loubboïra. La série éocène phosphatée est essentiellement connue par sondages et puits. La série de l'Eocène moyen regroupe trois grandes formations qui sont, par ordre de dépôts :

- la formation arénitique. Elle est caractérisée par un faciès grossier, parfois conglomératique, avec au sommet des sables et grès fins jaunes (P. Elouard, 1975) ;

- la formation phosphatée. Elle est constituée, à la base, d'un membre argileux jaune à enclaves phosphatées ; un membre phosphaté 'ss), à base ravinante, constitué, de sables ou grès phosphatés, en position intermédiaire, est surmonté par un membre carbonaté (calcaire et dolomie) qui passe latéralement à des dépôts détritiques grossiers et dont le toit est souvent raviné, voire karstifié ;

- la formation jaune. Elle est composée d'un terme inférieur argileux, à enduit manganésifère, et d'un terme supérieur grés-argileux jaune qui passe progressivement aux grès et argiles du Continental terminal (oligo-miocène).[...].

Les réserves globales des gisements de Bofal-Loubboïra sont estimées à environ 100 Mt titrant à 20% P₂O₅. Une exploitation à ciel ouvert pourrait être envisagée par dégagement des terrains de recouvrement, extraction des sédiments et traitement du minerai en usine, en éliminant les substances inutiles (silice, oxydes divers dont ceux du fer, de l'aluminium : Fe₂O₃ + Al₂O₃). Les éléments traces (sous-produits quelques fois utiles) sont en proportion faible (U = 80 ppm et Y = 76 ppm) donc actuellement inexploitable».

Géologie de la Mauritanie, CRDP de Nice, 1991.

B. Indices miniers :

« Outre le fer et le cuivre, les métaux trouvés sur le territoire mauritanien sont très divers. Jusqu'à présent, les minéralisations métallifères observées ne constituent que des indices et, par conséquent, ne sont pas exploitables. La vaste dorsale Rgueibat, est une zone intéressante. En effet, la nature des roches qui affleurent dans cette région est très favorable à la présence de métaux divers (plomb, zinc, cuivre, étain, molybdène, or, uranium...). Dans l'éventualité de découvertes nouvelles, **la rareté de l'eau et l'éloignement par rapport à l'atlantique** constitueront des obstacles importants pour leur exploitation.

En revanche, de réelles possibilités existent dans le domaine des substances utiles. En premier lieu, il faut considérer l'immense gisement de **gypse** qui constitue la majeure partie de la sebkha de N'Drhamcha, à 70 km au nord de Nouakchott. La cuisson de ce gypse a d'ores et déjà permis de bâtir des maisons expérimentales. Une usine plâtre a été construite à Nouakchott par la SAMIA.

Par ailleurs, l'exploitation du phosphate de Bofa, près de Boghé, est à l'étude ainsi que celle du **soufre** de la sebkha de Drhamcha.

L'exploitation du **falun** des environs de Nouakchott pourrait permettre de fabriquer du ciment. Cependant, la mise en carrières de surfaces considérables rendrait indispensable la réimplantation des espèces végétales. Pour l'instant, cette exploitation reste artisanale : la production est essentiellement destinée à la construction (mortier) et aux remblais divers.

Le **sel** (NaCl) est extrait traditionnellement sous de barres dans le Tiris (Idjil) et dans le Trarza (N'Terert). Il existe également quelques salines dans les zones basses proches de l'océan (N'Terert, Nouakchott). En considérant l'évaporation intense que connaît la région, la création de grandes salines artificielles pourrait permettre de produire des quantités importantes de sel à partir de l'eau de mer.

Par ailleurs, il faut rappeler l'existence de la **tourbe**, roche combustible des environs de keur Massène.

D'autres substances utiles sont signalées çà et là en Mauritanie mais ce ne sont, pour la plupart, que de petits indices. N'étant pas exploitables par des moyens industriels, ils pourront parfois l'être de façon artisanale, surtout dans le domaine des **roches ornementales** :

- cipolins, dont le sciage pourrait permettre de créer des plaques de marbre ;
- stromatolithes ;
- pierres semi-précieuses comme les tourmalines, ainsi que les variétés de quartz ;
- roches pour élaborer des compositions artistiques diverses.

La réalisation de nombreuses petites exploitations pourrait permettre la création d'emplois dans des endroits très variés du pays.

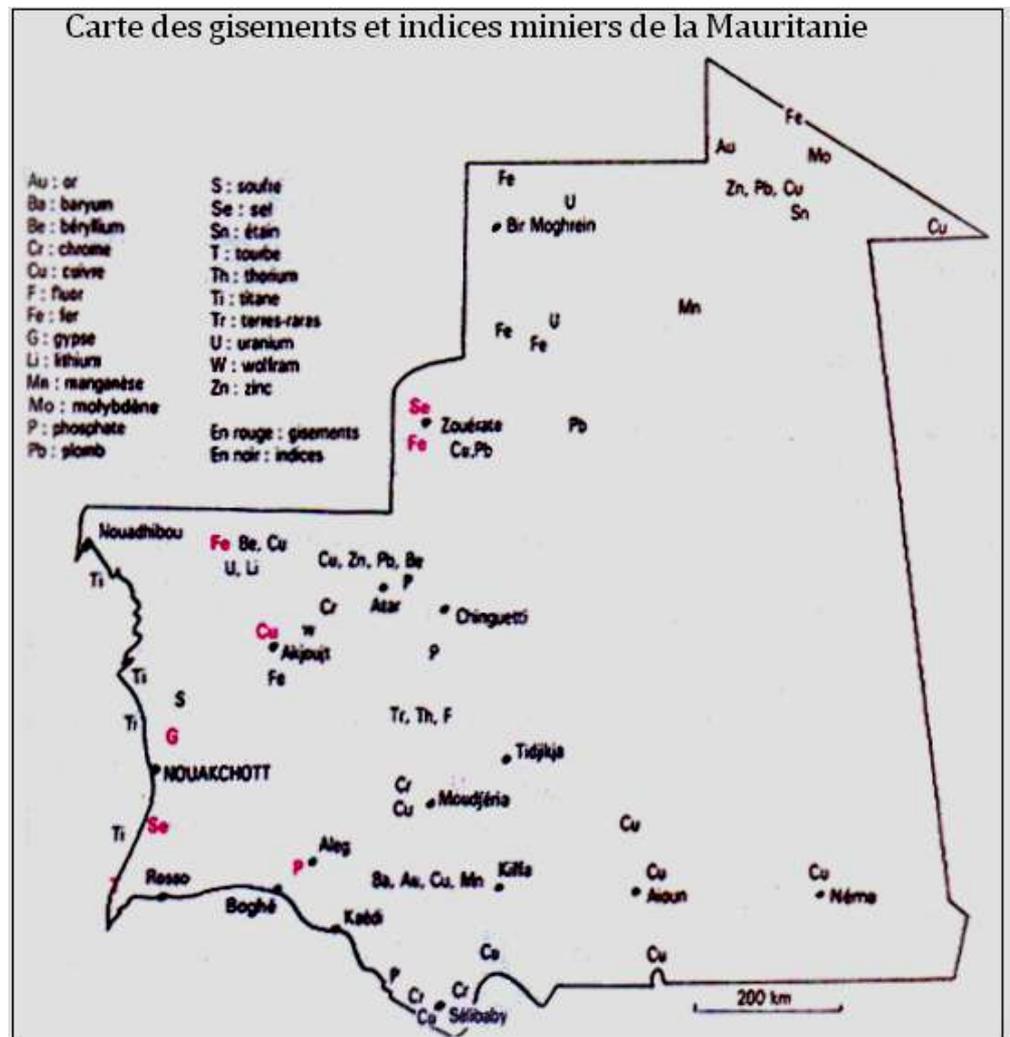
Par ailleurs, il faut signaler l'intérêt touristique de nombreux sites géologiques du territoire national ».

Géologie en Mauritanie 4° AS Edisud. 1989.

IV. Pétrole et gaz en Mauritanie

Malgré une superficie de 1 085 000 km², l'exploration en Mauritanie se limite aux deux bassins sédimentaires : le bassin Côtier et le bassin de Taoudenni. Plusieurs contrats de partage de production ont été signés avec des sociétés pétrolières individuelles ou en groupement d'entreprises dans les deux bassins qui ont été découpés en plusieurs blocs.

- Le bassin Côtier comprend 56 blocs, dont 7 en ultra-profond, 8 off-shore profonds et 4 côtiers.
- le bassin de Taoudenni porte sur 75 blocs. Cependant, une intensification des activités d'exploration a été enregistrée et dont les résultats pourraient être prometteurs. Depuis 2006, la Mauritanie est devenue un pays producteur de pétrole. Le champ pétrolier Chinguetti dont la production a démarré début 2006 à raison d'environ 75.000 barils/jour pour une



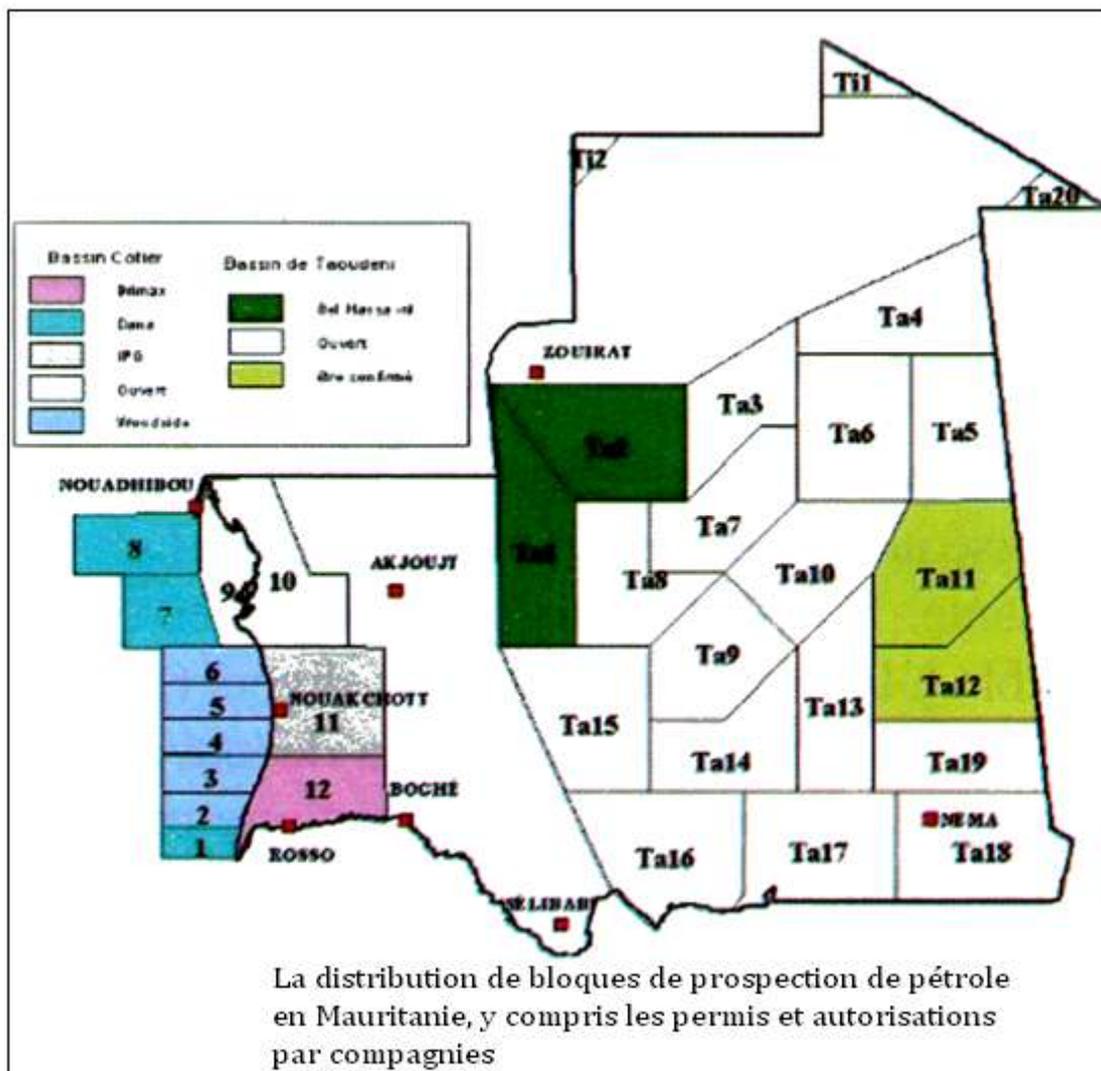
période estimée à 10 ans est situé à environ 80 km au nord ouest de la zone de la réserve de biosphère du delta du fleuve Sénégal.

« Les réserves de pétrole (confirmée uniquement pour le gisement Chinguetti) dans les champs de Chinguetti, Walata (ex-Tiof) et Tevet sont de l'ordre de 400 millions de barils. Ces champs sont tous situés dans le bloc 4 et opérés par Petronas.

Les réserves de gaz des champs Banda (situé dans le bloc 4 et opéré par Petronas) et Pélican (situé dans le bloc 7 et opéré par Dana) sont estimées à 3 TCF (Trillion Cubic Feet) ou 84 milliards m³. [...].

Le gisement de Pélican (gaz) n'a pas encore été évalué. Au niveau de celui de Banda (gaz), 2 forages ont été effectués en plus de celui qui a abouti à sa découverte ».

Ismail Abdel Vetah Ingénieur spécialiste en Développement et Exploitation des Gisements d'hydrocarbures et en Finance.



Exercices

Exercice 1

Fais un tableau comparatif des grandes données géologiques des bassins de Taoudéni et sénégalomauritanien : situation, géomorphologie, stratigraphie et pétrographie.

Exercice 2

La Dorsale Rgueibat

« La dorsale Rgueibat couvre le nord de la Mauritanie. Elle est composée de roches métamorphiques et de granites archéens et Paléoprotérozoïques qui forment la bordure nord ouest du craton ouest-Africain (Cahen et al., 1984).

L'Archéen est constitué de roches métamorphiques et granitiques. Les roches métamorphiques sont constituées de quartzites ferrugineux, des micaschistes, des gneiss (incluant les leptynites), et des amphibolites. Ces formations sont souvent migmatisées. Il existe quelques massifs de roches basiques qui varient d'anorthosites aux gabbros et aux roches ultrabasiques telles que les serpentinites, se présentant comme roches intrusives de petite taille. Le Protérozoïque inférieur consiste en roches volcano-sédimentaires et en granites, et est posé en couches discordantes. Les roches volcano-sédimentaires sont constituées par la série inférieure d'Aguelt Nebkha au sommet, et la série supérieure d'Imourene à la base. La série d'Aguelt Nebkha est composée de grès et de schistes à la base, et de tuff rhyolitique et de méta-andésite au sommet. La série d'Imourene est composée de grès et de conglomérats et se dépose en discontinuité sur la série d'Aguelt Nebkha. Les granites du Protérozoïque inférieur affleurent à l'est de la Dorsale Rgueibat. Ils sont constitués par des granites alcalins, des syénites et des gabbros (BRGM, 1975).

L'Archéen dans le sud-ouest de la Dorsale Rgueibat est appelé socle d'Amsaga qui est divisé en complexe du Rag el Abiod et en série de la Saouda. Le complexe de Rag el Abiod est composé de migmatites et de granites. La série de la Saouda consiste en une formation inférieure composée de charnockites, d'amphibolites et d'anorthosites, une formation centrale composée de gneiss et de granulites, et une formation supérieure composée d'amphibolites et de quartzites ferrugineux (BRGM, 1975).

La formation Archéenne représente une direction N-S dans la région de Chegga à l'est, une direction NW-SE dans la région de Ghallaman dans le centre et une direction NNW-SE dans la région de l'Amsaga au sud-ouest du bouclier».

Website Supported by JICA OMRG © copyright 2005 - Info@omrg-mining.mr

Dégage les caractéristiques principales de cette région.

Exercice 3

La Chaîne des Mauritanides

«La chaîne des Mauritanides, appelée "Greenstone Belt", et caractérisée par des plis et des chevauchements formés par l'orogénèse Hercynienne du Paléozoïque, et se situe à la marge occidentale du craton Ouest-Africain. Elle s'étire sur plus que 2.500km, du Sénégal au Maroc en passant par la Mauritanie. Elle montre une direction NNW - SSE en Mauritanie et en atteint une largeur de 150km. Elle est constituée par les roches sédimentaires, des roches éruptives et métamorphiques du Précambrien au Paléozoïque (BRGM, 1975).

Dans la région d'Inchiri au nord, les Mauritanides sont l'objet de chevauchements majeurs sur la Dorsale Rgueibat.

Les Mauritanides sont divisées en trois unités d'est en ouest : la zone externe, la zone axiale et l'arrière-pays. Dans la zone externe, les formations sédimentaires de Sangrave et la série de Kiffa affleurent et sont formées de la manière suivante : La série de Sangrave est constituée de grès, de quartzites, de conglomérats et siltstones et correspond au groupe Précambrien; tandis que la série de

Kiffa comprend des tillites, des grauwackes et des dolomies et correspond au système Cambro-Ordovicien (BRGM, 1975).

La zone axiale est caractérisée par un complexe volcano-sédimentaire et par des roches plutoniques. Le complexe volcano-sédimentaire est divisé en quatre groupes : le Groupe de Gadel, composé de micaschistes, de carbonates siliceux, de serpentinites et d'amphibolites ; le groupe d'El Aouidja, constitué de chloritoschistes, de metabasites ; le Groupe de Ouechkech, représenté par des rhyolites, des tuffés acides et des conglomérats ; et le Groupe de Rhabra, composé de porphyres andésitiques et de brèches pyroclastiques. Les roches plutoniques sont composées de granodiorite de Guidimakha et de granite d'Aftout. La granodiorite du Guidimakha est accompagnée de granites à biotite-muscovite. Les roches plutoniques pourraient être d'âge Protérozoïque inférieur, tandis que les roches volcano-sédimentaires situées sur la zone axiale sont plus anciennes (BRGM, 1975). L'arrière-pays renferme le groupe de Oua-Oua. Il est constitué de quartzites, de schistes à muscovite, chloritoschistes et de grès.

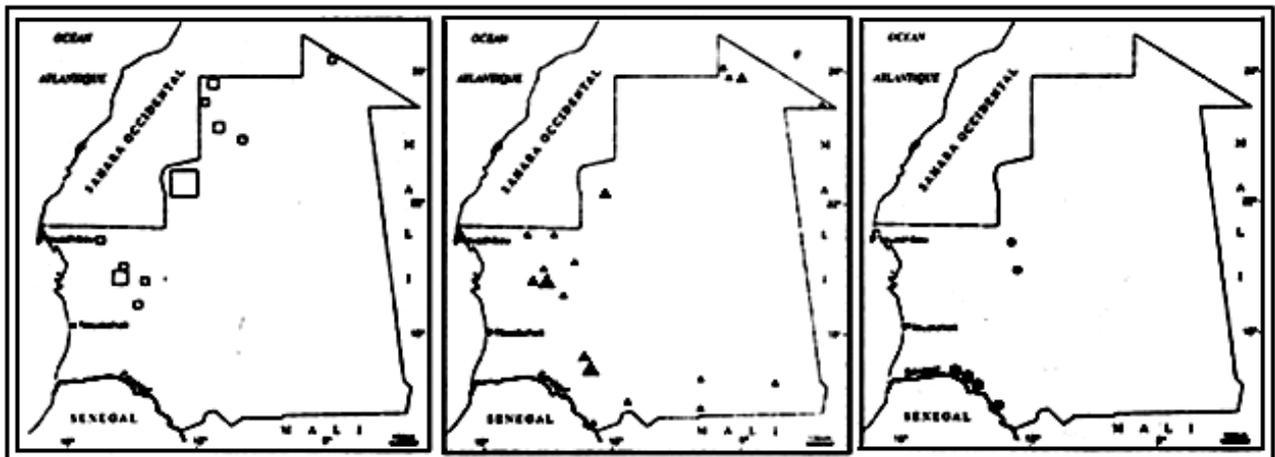
Les Mauritanides sont affectées de plis déversés vers l'est (vers le bassin de Taoudeni) dûs au métamorphisme de la période la plus récente du Protérozoïque supérieur et à l'orogénèse Hercynienne, avec quelques plis couchés par chevauchement ».

Website Supported by JICA OMRG © copyright 2005 - Info@omrg-mining.mr

Dégage les caractéristiques principales de cette région.

Exercice 4

Les trois cartes suivantes donnent la répartition de trois minerais (P, Fe et Cu). Fais correspondre à chacune des cartes l'un des trois minerais cités.



Exercice 5

Sur un fond de carte de la Mauritanie et en utilisant des figurés bien précis, localise les éléments suivants : chrome, titane et or.

DEUXIEME PARTIE: BIOLOGIE

CHAPITRE I : ORGANISATION DE LA CELLULE

I- Cellule vue au microscope optique

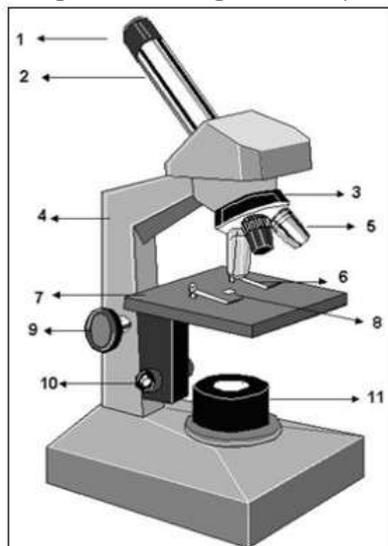
A- Microscope optique

«La plupart des cellules sont trop petites pour être observées à l'œil nu. Le microscope optique permet d'obtenir des grossissements de l'ordre de 1000 à 1500 fois. Dans le cadre de la microscopie optique classique, la préparation observée est déposée sur la **platine** du microscope. Posée sur une plaquette de verre appelée "porte objet" et couverte d'un "couvre objet", la préparation est maintenue en place par deux **pincès valets**. La lumière fournie par une **lampe ou un miroir**, est concentrée par une lentille appelée "**condensateur**" avant de traverser l'objet. La lumière transmise est captée par l'un des **objectifs** du microscope (qui en compte généralement plusieurs, de puissances différentes). Ces objectifs sont montés sur une pièce tournante appelée **revolver**.

Finalement, l'image agrandie par l'objectif parcourt le **tube porte-oculaire** et est encore magnifiée par l'**oculaire** sur lequel l'observateur pose son œil. Le grossissement de l'oculaire multiplié par celui de l'objectif fournit le grandissement total de l'image par le microscope. La mise au point s'effectue à l'aide d'une ou plusieurs vis de réglage: **vis micrométrique** pour le réglage grossier, **vis micrométrique** pour le réglage fin. L'ensemble des pièces qui constituent le microscope est fixé à la **potence**, par laquelle il est aisé de le saisir».

<http://cell.sio2.be/moyens/4.php>.

Le pouvoir séparateur d'un microscope peut être défini par la distance minimale en deçà de laquelle il n'est plus possible de percevoir l'écartement de deux points : œil normal, 100 μ ; microscope optique, 0,2 μ ; microscope électronique, 0,004 μ .



1. Oculaire
2. Tube porte-oculaire
3. Revolver
4. Potence
5. Objectif
6. Objectif
7. Platine
8. Pincès valets
9. Vis macrométrique
10. Vis micrométrique
11. Lampe.

Microscope optique

La **cytologie** est la science qui étudie la **cellule**.

Le microscope montre l'existence de cellules chez tous les êtres vivants animaux et végétaux. Il permet aussi d'observer des êtres vivants microscopiques (protozoaires, bactéries, virus...).

Le microscope optique (photonique) fonctionne grâce à un faisceau de lumière qui traverse la préparation donnant une image de l'objet à observer. Pour observer au microscope optique, il faut :

- fixer l'objet à observer par des fixateurs tels le formol, l'acide acétique... ;
- le colorer en utilisant des colorants caractéristiques comme le rouge neutre (pour la vacuole), le vert Janus (pour la mitochondrie), le vert de Méthyle (pour le noyau)... ;
- durcir le matériel à observer en le congelant ou en utilisant la paraffine ;
- réaliser des coupes minces avec une lame de rasoir ou à l'aide d'un microtome.

L'organisation d'une cellule comporte :

- une enveloppe appelée **membrane plasmique** ;

- un ou plusieurs **noyaux** : les êtres vivants dont les cellules ont un noyau sont dits **eucaryotes** et ceux dont les cellules n'en ont pas sont appelés **procaryotes** ;
- un **cytoplasme** formé d'une substance fondamentale appelée **hyaloplasme** et d'**organites** comme la mitochondrie, l'appareil de Golgi, le chloroplaste, le centrosome...

B - Cellule végétale

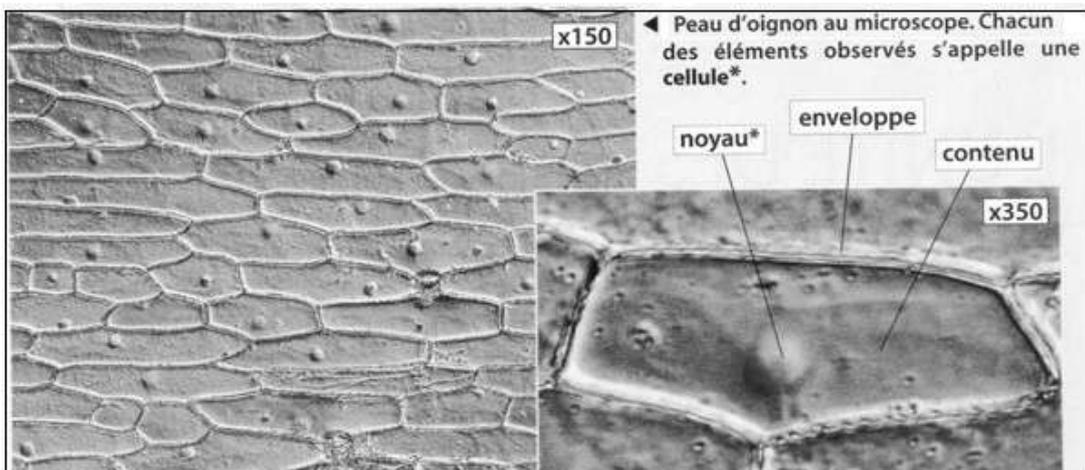
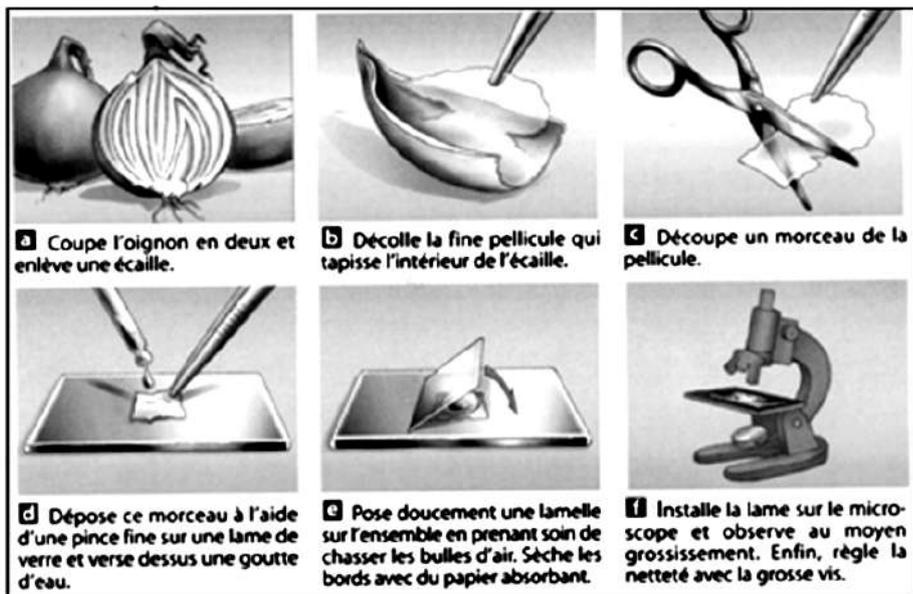
1. Au faible grossissement

Le bulbe d'oignon est constitué de l'extérieur à l'intérieur par des écailles sèches, des écailles charnues et un bourgeon central, le tout portant une tige très courte appelée plateau, qui porte aussi des racines. Les écailles charnues sont des feuilles gorgées de substances de réserves.

Un fragment d'épiderme d'oignon est placé dans une goutte d'eau et observé au faible grossissement du microscope.

Plaçons-le dans une goutte d'une solution de saccharose à 6%. Observons ce fragment d'épiderme sans mettre de lamelle. Nous voyons des éléments polyédriques, parfaitement accolés les uns aux autres sans la moindre solution de continuité : ce sont des cellules (du latin, cellula). Chaque cellule a l'aspect d'une boîte dont les parois sont transparentes.

Recouvrons maintenant la préparation d'une lamelle. Au grossissement 100 nous ne distinguons guère que les contours des cellules et, parfois, un corpuscule plus réfringent, le noyau. une cellule a de 200 à 300 microns de long sur une cinquantaine de large.



2. Au fort grossissement

- **sans coloration** : La cellule apparaît limitée par un cadre percé de pores ou ponctuations ; ce cadre, essentiellement constitué de cellulose, a été appelé **membrane cellulosique**. Celle-ci paraît commune à deux cellules voisines. En réalité une mince lame ou **lamelle moyenne**, faite de composés pectiques (glucides) sépare la membrane en deux.

Le noyau, qui mesure de 10 à 15 μ de diamètre, est bien délimité ; il existe en effet une **membrane nucléaire**. A l'intérieur, on distingue seulement une ou plusieurs sphérules brillantes : les **nucléoles**. La masse du noyau, apparemment homogène, est constituée, en réalité, de **chromatine** baignant dans le **nucléoplasme**. La chromatine présente une grande affinité pour les colorants d'où son nom.

En faisant varier la mise au point du microscope, une plage granuleuse se dessine autour du noyau. Cette substance granuleuse, qui représente le **cytoplasme**, apparaît dans les angles de la cellule, s'étire en une mince couche sur son pourtour. Elle peut former des travées recoupant la partie centrale homogène, mal délimitée sans coloration.

- **Après coloration** : deux petits fragments sont placés quelques minutes dans une solution de rouge neutre à 0,5 gramme par litre. Après rinçage dans l'eau distillée, l'un est monté entre lame et lamelle dans une goutte d'eau, l'autre est immergé dans une solution de saccharose concentrée, à 40% par exemple.

Le premier lambeau permet d'observer une vaste cavité centrale, colorée en rouge : la **vacuole**. Elle correspond à la région apparemment homogène limitée par le cytoplasme. Ce dernier non coloré, est bien visible dans les angles de la cellule et autour du noyau s'il se trouve dans le plan de l'observation. Sur la même préparation, le rouge neutre a pu colorer le cytoplasme et le noyau ; dans ce cas, la cellule est morte. Sur une cellule vivante, le rouge neutre est un colorant spécifique de la vacuole ; employé à faible dose, il ne tue pas la cellule : c'est un colorant vital.

Le lambeau coloré au rouge neutre et placé dans la solution de saccharose concentrée est monté entre lame et lamelle dans une goutte de saccharose. Les cellules vivantes présentent une vacuole rétractée, bordée d'une couche de cytoplasme. Entre membrane cellulosique et cytoplasme, il y a absence de constituants cellulaires. On en déduit que pour suivre la vacuole, le cytoplasme doit être relativement indépendant de la membrane cellulosique. Cependant, il reste toujours attaché à la membrane cellulosique par quelques points. Ceci suppose une membrane, la **membrane cytoplasmique** que la microdissection a mise en évidence mais qui est très fine pour être visible.

Dans le cytoplasme, apparaissent des bâtonnets plus ou moins flexueux longs de 5 à 15 μ . Ces différenciations appelées **mitochondries**, n'ont rien à voir avec les granulations cytoplasmiques déjà mentionnées.

Plaçons un lambeau d'épiderme dans une goutte de réactif iodo-ioduré concentré et recouvrons d'une lamelle. Dans chaque cellule, on observe, coloré en jaune, un noyau renfermant un ou parfois trois nucléoles colorés en brun. Le contour du noyau est net. En effet, il est limité par la membrane nucléaire.

Le cytoplasme, coloré lui aussi en jaune, est bien visible dans les angles de la cellule, le long de la membrane cellulosique et autour du noyau. On y retrouve non colorées, les granulations lipidiques, mais elles sont immobiles : les courants cytoplasmiques ont totalement disparu ; en effet, le cytoplasme est coagulé : la cellule est morte.

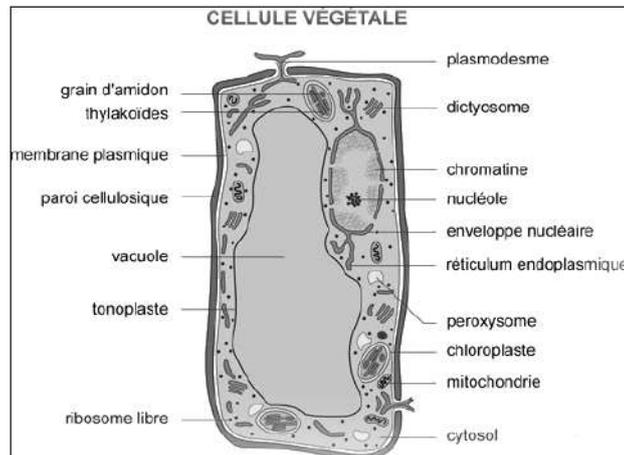
Le réactif iodo-ioduré a donc tué la cellule sans trop la déformer : c'est un fixateur, et, de plus, un colorant. Mais la vacuole n'est plus visible.

Avec un bon microscope, on distingue dans le cytoplasme, autour du noyau par exemple, des filaments, n'ayant que quelques microns de long, colorés en jaune : ce sont les **mitochondries** et les **plastés**, qu'on ne peut, dans ces conditions, distinguer les uns des autres. Pour le faire, il est nécessaire d'utiliser d'autres techniques de colorations et un très fort grossissement. Les mitochondries ne dépassent guère 1,5 μ de large, alors que les plastés peuvent atteindre 3 μ .

3. Conclusion

En résumé, nous avons mis en évidence dans la cellule épidermique de l'oignon les éléments suivants :

- la membrane cellulosique ;
- la membrane cytoplasmique ;
- le cytoplasme, avec des mitochondries, des plastes, des granulations lipidiques ;
- le noyau, renfermant quelques nucléoles, limité par une membrane nucléaire ;
- la vacuole, vaste poche liquide.



C – Cellule animale

Dans le règne animal, l'observation de la cellule est rendue délicate par la consistance molle des organes, consistance qui exige des coupes très fines après inclusion dans la paraffine. Il existe cependant des cellules isolées : ce sont les animaux unicellulaires, ou Protozoaires ; les animaux pluricellulaires, ou Métazoaires, permettent aussi quelques observations sans avoir recours à la coupe.

1. Epithélium buccal

a- Sans coloration

Après avoir nettoyé l'extrémité d'un doigt à l'aide d'un tampon de coton hydrophile imbibé d'alcool à 90°, raclons doucement avec l'ongle la face interne de la joue, et déposons dans une goutte d'eau placée sur une lame porte-objet les débris grisâtres ainsi recueillis. Recouvrons d'une lamelle et observons au microscope, d'abord à un grossissement voisin de 100, puis au fort grossissement (500 à 600).

Nous découvrons une série d'éléments incolores, isolés ou groupés. Chacun de ces éléments est une cellule. On distingue dans chaque cellule un corpuscule de forme circulaire ou ellipsoïdale : le noyau. La substance qui entoure le noyau est appelée cytoplasme. Nous voyons qu'il contient des granulations. Une fine pellicule, la membrane cytoplasmique limite le cytoplasme. Les différentes parties de cette cellule sont incolores. Nous les distinguons grâce à des indices de réfraction différents.

b- Avec coloration

Le produit de grattage est déposé sur une lame dans une goutte de bleu de méthylène. Le cytoplasme est coloré en bleu clair et présente de grosses granulations plus foncées, visibles au voisinage du noyau. Ce dernier, de forme très régulière, a fixé intensément le colorant. Au sein du noyau, on distingue une ou deux sphérules très réfringentes, les nucléoles.

2. Frottis sanguin humain

Observe au fort grossissement un frottis de sang humain, fixé et coloré. Un tel frottis peut être préparé de la façon suivante : à l'aide d'une aiguille stérilisée, piquer, d'un coup sec, la peau bien nettoyée du lobule de l'oreille ou de l'extrémité du doigt. Essuyer les premières gouttes de sang. Recueillir les suivantes sur une lame bien propre. Étaler aussitôt à l'aide d'une lame rodée inclinée à 20-30°. Agiter à l'air (10 à 15 secondes) pour dessécher.

Colorer au May- Grünwald, puis au Giemsa, mélanges colorants dissous dans un liquide fixateur (alcool méthylique). Pour cela :

- Verser sur le frottis 10 à 15 gouttes de May-Grünwald ; recouvrir avec une demi-boîte de pétri ; laisser agir 3 minutes.
- Verser sur le colorant 10 à 15 gouttes d'eau distillée neutre ; mélanger en agitant ; laisser agir 1mn.

Jeter le colorant et, sans laver, verser sur la lame une solution de Giemsa fraîchement préparée (3 gouttes de Giemsa dans 2ml d'eau distillée) ; laisser agir 5 minutes.

Distinguer les trois types de globules :

- les globules rouges, ou hématies. Nombreux colorés en rose, discoïdes, biconcaves et anucléés
- les globules blancs, ou leucocytes. ils sont plus grands que les globules rouges puisqu'ils mesurent 10 à 25 μ de diamètre. On retrouve les constituants déjà observés : un cytoplasme, granuleux ou non, limité par une membrane cytoplasmique, renferme un noyau entier ou lobé.
- les globulins, ou plaquettes. Cellules anucléées, très petites, souvent rassemblées en amas.

3. autres constituants cellulaires

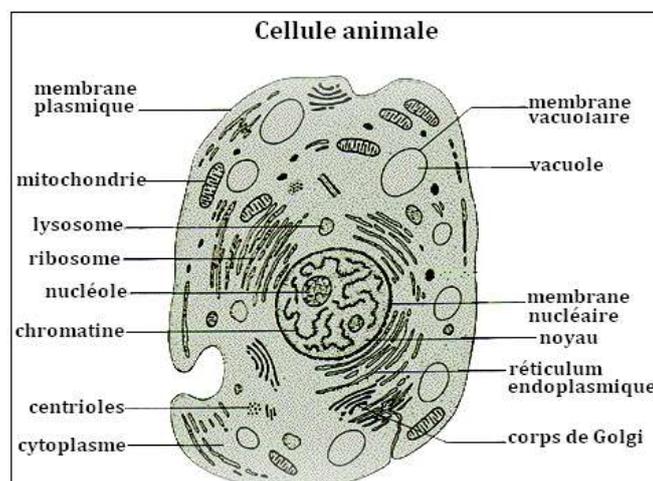
En plus des constituants cellulaires que nous venons d'observer (noyau, vacuole, etc.), il existe dans la cellule d'autres organites dont la mise en évidence nécessite l'emploi de techniques plus délicates que celles employées au cours des observations précédentes.

- Les mitochondries.** Il s'agit de minuscules filaments ayant quelques microns de long sur 0,5 à 1 micron de large. Leur forme peut varier dans une même cellule et d'une cellule à l'autre : granulations et bâtonnets. Les mitochondries existent dans toutes les cellules.
- Appareil de Golgi.** Dans de nombreuses cellules animales, il existe des éléments ayant la forme de croissants, avec une partie sombre, sur laquelle s'est fixé le colorant, et une partie claire non colorée : c'est l'appareil de Golgi. Il n'a pas toujours cette forme. Comme les mitochondries, l'appareil de Golgi se trouve chez toutes les cellules.
- Le centrosome.** Dans de nombreux types de cellules, se trouve, à une faible distance du noyau, un organite d'aspect sphérique : le centrosome. Au centre, on trouve le centriole qui joue un rôle important au moment de la division cellulaire.
- Les inclusions diverses.** On peut trouver dans le cytoplasme des inclusions inertes : gouttelettes de lipides, grains de glycogène, pigments divers, etc.

4. Conclusion

Nous avons retrouvé chez toutes les cellules animales observées :

- une membrane cytoplasmique ;
- du cytoplasme renfermant des inclusions, ou enclaves, que l'on peut diviser en deux groupes, les inclusions vivantes (mitochondries, appareil de Golgi, centrosome) et les inclusions non vivantes, constituées par des substances chimiques (vacuoles, grains de glycogène, cristaux, etc.) ;
- un noyau entouré d'une membrane nucléaire et contenant un ou plusieurs nucléole(s) ainsi qu'une substance colorée par le bleu de méthylène et le vert de méthyle : la chromatine. Nucléoles et chromatine baignent dans le nucléoplasme.



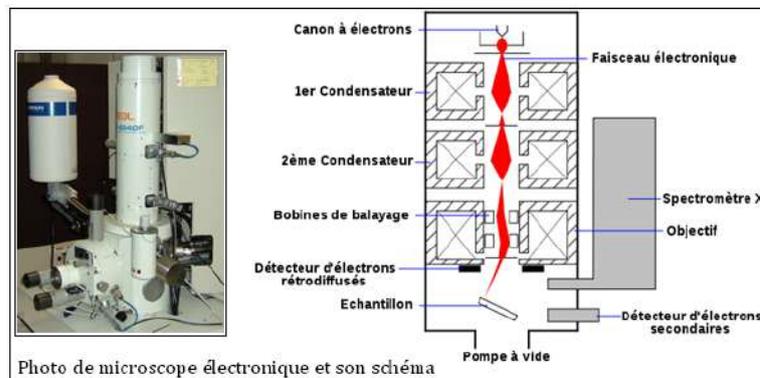
II- Cellule vue au microscope électronique

A- Principe du microscope électronique

«La microscopie électronique à balayage (MEB ou SEM pour Scanning Electron Microscopy en anglais) est une technique de microscopie basée sur le principe des interactions électrons-matière. Un faisceau d'électrons balaie la surface de l'échantillon à analyser qui, en réponse, réémet certaines particules. Différents détecteurs permettent d'analyser ces particules et de reconstruire une image de la surface. Dans la pratique, au XXI^e siècle, un grand nombre de constructeurs proposent des microscopes à balayage de série équipés de détecteurs d'électrons secondaires et dont la résolution se situe entre 1nm à 20 nm.

Un microscope électronique à balayage est essentiellement composé d'un canon à électrons et d'une colonne électronique dont la fonction est de produire une sonde électronique fine sur l'échantillon, d'une platine porte-objet permettant de déplacer l'échantillon dans les 3 directions et de détecteurs permettant de détecter et d'analyser les rayonnements émis par l'échantillon. En outre l'appareil doit nécessairement être équipé d'un système de pompes à vide». Il peut agrandir jusqu'à 500 000 fois. »

fr.wikipedia.org/wiki/Microscopie_électronique_à_balayage



B- Ultrastructure cellulaire

1. Membrane plasmique

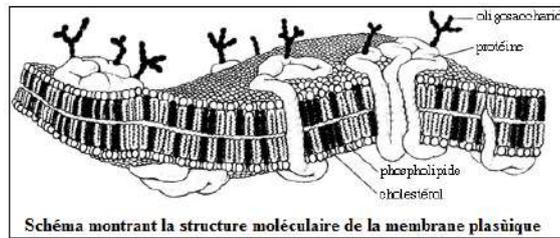
En biologie cellulaire, la membrane désigne un assemblage de molécules en un double feuillet séparant la cellule de son environnement et délimitant le cytoplasme cellulaire, ainsi que les organites à l'intérieur de celui-ci. La membrane est un ensemble complexe de lipides, de protéines et de sucres (ou oses) régulant les échanges de matière entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule ou entre deux compartiments cellulaires. Les composants-clé de la membrane biologique sont les phospholipides.

Comme toutes les membranes biologiques, elle est globalement organisée selon le modèle de la "mosaïque fluide" proposé dès 1972 par Singer et Nicholson. Dans ce modèle toute membrane est constituée de deux monocouches ou feuillettes de phospholipides, la bicouche, dans laquelle les chaînes hydrophobes se font face. Les têtes polaires sont orientées vers les phases aqueuses. Les protéines intégrales ou intrinsèques, traversent la membrane de part et d'autre. Leurs séquences hydrophobes leur permettent d'être dissoutes au cœur de la bicouche. Les protéines périphériques, ou extrinsèques, sont quant à elles liées par des liaisons faibles en énergie soit aux têtes polaires des phospholipides soit aux protéines intrinsèques sur l'une ou l'autre face de la membrane.

Les membranes plasmiques des cellules eucaryotes jouent de multiples rôles dans la vie cellulaire :

- ◆ ce sont des barrières imperméables séparant les milieux externes et internes de la cellule mais permettant cependant des échanges contrôlés entre les deux compartiments.
- ◆ leurs surfaces externes comportent des sites de reconnaissances spécifiques qui permettent la réception de signaux moléculaires de différentes origines.
- ◆ elles contiennent des enzymes, sites d'activités biochimiques.

- ♦ elles sont parfois capables d'adapter leur forme, comme dans le cas des globules rouges, ou de résister à des cycles de contraction-relaxation, comme dans le cas des cellules musculaires.



2. Membrane squelettique

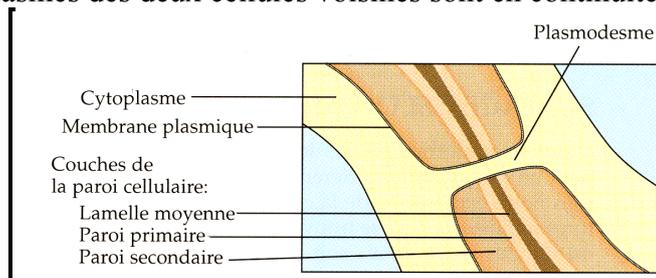
La paroi pecto-cellulosique est un élément de structure cellulaire qui protège chaque cellule végétale. Elle constitue le squelette et l'enveloppe de la cellule; elle protège la cellule, prévient une absorption excessive d'eau, assure le maintien et définit la taille et la forme de la cellule végétale. Elle participe à la régulation des relations avec les autres cellules et l'extérieur, de manière passive, au transport, à l'absorption, et à la sécrétion de multiples substances. Elle est spécifique aux cellules végétales (sauf quelques cellules comme les gamètes mâles n'en possèdent pas. Elle est périphérique par rapport à la membrane plasmique, et comportant, de l'extérieur vers l'intérieur :

-la lamelle moyenne : elle est commune à deux cellules contiguës. Elle colle les cellules les unes aux autres et est constituée de pectines.

- la paroi primaire : elle est de nature pecto-cellulosique et extensible permettant la croissance cellulaire.

- la paroi secondaire : elle est constituée de cellulose et est enrichie en composés comme la lignine (pour renforcer la rigidité), la cutine et la subérine (pour l'imperméabiliser).

La paroi pectocellulosique est percée de fins canaux, ou plasmodesmes, par lesquels les membranes plasmiques et les cytoplasmes des deux cellules voisines sont en continuité.



3. Mitochondrie

Les mitochondries s'observent chez tous les êtres vivants, à l'exception peut-être des bactéries.

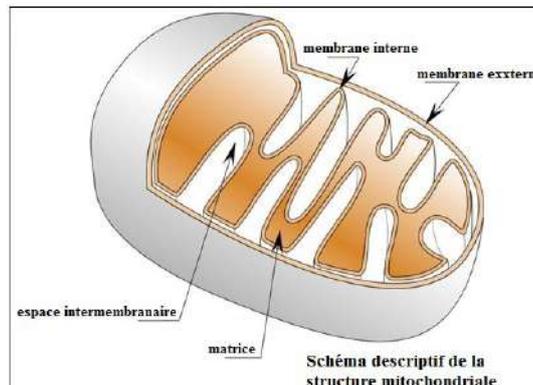
Le microscope électronique montre que chaque mitochondrie est limitée par une membrane double d'où partent, dirigés vers l'intérieur, soit des tubes sinueux, soit des crêtes irrégulières, longitudinales ou transversales, formant autant de cloisons incomplètes. ces cloisons sont d'autant plus nombreuses que l'activité chimique de la cellule est plus intense.

L'intérieur de la mitochondrie est occupé par une substance d'aspect homogène : matrice.

La membrane interne très développée de la mitochondrie ne ressemble pas à une membrane ordinaire. A un très fort grossissement elle montre la présence de petits grains pédicellés riches en ATP (substance énergétique).

La mitochondrie est le siège d'oxydations cellulaires, expression même de la respiration.

La matrice renferme des granules ressemblant à des ribosomes, des inclusions et un filament d'ADN.



4. Plastes

Ce sont des organites propres à la cellule végétale.

Ils ont en commun certaines propriétés;

* Ils contiennent de multiples copies d'un petit génome.

* Ils sont entourés d'une enveloppe formée d'une double membrane.

Les différents types de plastes sont :

- **Les proplastés** : tous les plastes dérivent de proplastés ou protoplastés, petits organites présents dans les jeunes cellules méristématiques.

Les proplastés se développent selon les besoins des cellules.

- **Les leucoplastés** : Plastés non pigmentés de forme irrégulière, qui synthétisent des essences et des résines.

- **Les Protéoplastés** : Accumulent des protéines.

- **Les Oléoplastés** : Accumulent des Lipides.

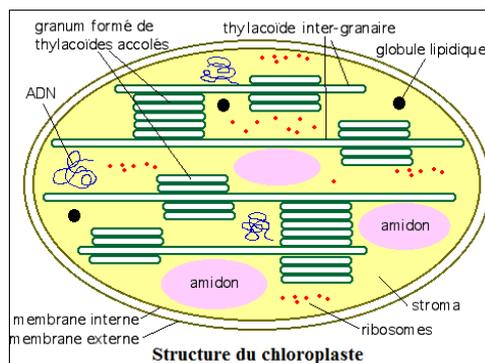
- **Les Chromoplastés**. Dépourvus de chlorophylle, mais contiennent des pigments caroténoïdes. (Jaune, orangé, rouge).

- **Les Amyloplastés**. Ce sont des plastés spécialisés dans le stockage de produits de la photosynthèse sous forme d'amidon.

Les plastés ont une structure voisine de celle des mitochondries, mais avec lamelles plus développées et disposées de manières différentes suivant les types considérés.

Alors qu'au microscope optique, les plastés présentent seulement des granulations riches en chlorophylle appelées grana, disséminées dans une substance d'apparence homogène nommée stroma, ils présentent au microscope électronique un grand nombre de lamelles parallèles formant des sacs aplatis. La lumière des sacs a une largeur de l'ordre d'une cinquantaine d'angströms.

Un granum paraît être constitué par un empilement de quelques dizaines de sacs aux parois épaisses chargées de chlorophylle. Dans le stroma, les membranes sont plus minces et sans doute dépourvues de pigment.



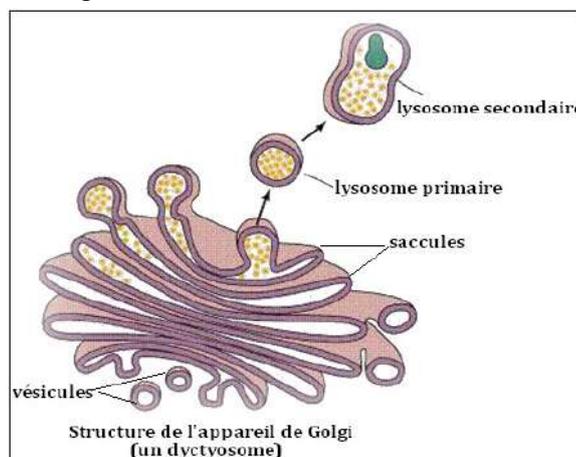
5. Appareil de Golgi

Il est constitué par des unités appelées dictyosomes. Un dictyosome est formé de cavités ou saccules, limitées par des membranes simples, d'une épaisseur de 40 à 60 angströms.

Il n'y a jamais de ribosomes accolés à ces membranes.

Vers les extrémités, on voit nettement se former des vésicules qui peuvent se détacher et s'éloigner des saccules, ainsi qu'on a pu le vérifier au microscope optique. On pense que ces vésicules contiennent des produits de sécrétion.

L'appareil de Golgi permet la concentration des protéines et peut également effectuer la synthèse de polysaccharides (polyholosides). C'est ainsi que la cellule végétale sécrète la cellulose nécessaire à la formation de sa paroi cellulosique.



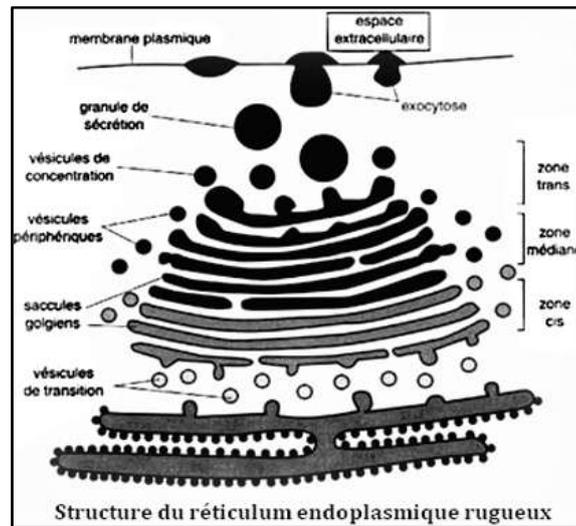
6. Réticulum endoplasmique

Il est formé de saccules anastomosés, parfois groupés grossièrement parallèles, et présentant en période d'activité des dilatations, ou citernes.

Il existe deux types de réticulum endoplasmique :

- **Le réticulum endoplasmique rugueux** est lié à la membrane nucléaire et recouvert sur sa surface externe de ribosomes. Les protéines formées par les ribosomes sont déplacées vers les citernes et triées. Elles formeront des enzymes qui servent au maintien des membranes ou elles seront excrétées dans des vésicules de transport vers l'appareil de Golgi.

- **Le réticulum endoplasmique lisse** est formé de tubules agencés en réseau. Il joue un rôle important dans la synthèse des lipides et des stéroïdes, au métabolisme des glucides, ainsi que la désintoxication des médicaments, des drogues et des poisons.



7. Vacuole

Les vacuoles sont des cavités remplies d'eau et de substances dissoutes absorbées par la cellule ou élaborées par elle. Ce sont des enclaves hydrophiles que l'on oppose aux enclaves hydrophobes renfermant des graisses (cellules animales), des huiles, des essences ou des résines (cellules végétales).

Limitées par une membrane simple, les vacuoles peuvent être considérées comme des vésicules dilatées provenant, soit du réticulum endoplasmique, soit de la membrane plasmique, soit des dictyosomes.

8. Centrosome

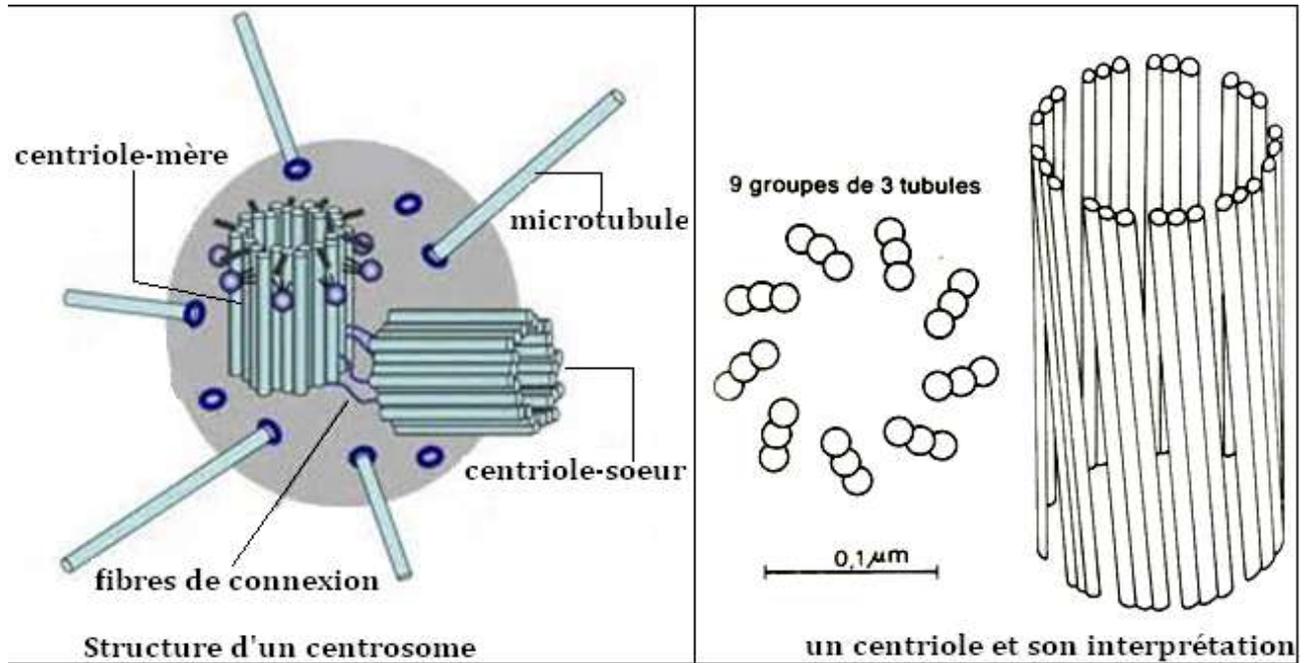
Il s'observe chez toutes les cellules animales et chez certaines cellules végétales, mais il est toujours absent chez les plantes supérieures (Angiospermes).

Situé au voisinage du noyau, il est formé d'un amas sphérique de hyaloplasme dense (sans réticulum, ni mitochondries) dont le centre est occupé par un (ou deux) granules colorables : le (ou les) centrioles.

Le microscope électronique montre que le nucléole est un cylindre de 5000 angströms de long et de 1500 angströms de diamètre dont la paroi est formée de 9 tubes parallèles, régulièrement espacés. Chaque tube est souvent double, rarement simple ou triple. Lorsqu'un centrosome renferme deux centrioles, ces derniers sont toujours disposés en position orthogonale.

Certaines cellules présentent des organites moteurs tels que cils (Protozoaires ciliés, cellules épithéliales ciliées de la trachée de l'homme, de l'œsophage de la grenouille, des branchies de la moule), ou flagelle (Protozoaires flagellés, spermatozoïdes humains). A la base de chaque organite, est situé un granule colorable dont la structure est identique à celle d'un centriole. Quant à l'organite lui-même, c'est un cylindre dont la paroi est formée de 9 tubes et dont l'axe est occupé par un dixième tube, souvent double.

Les cils et les flagelles, les granules qui leur sont associés et les centrioles constituent l'appareil cinétique de la cellule.



9. Noyau

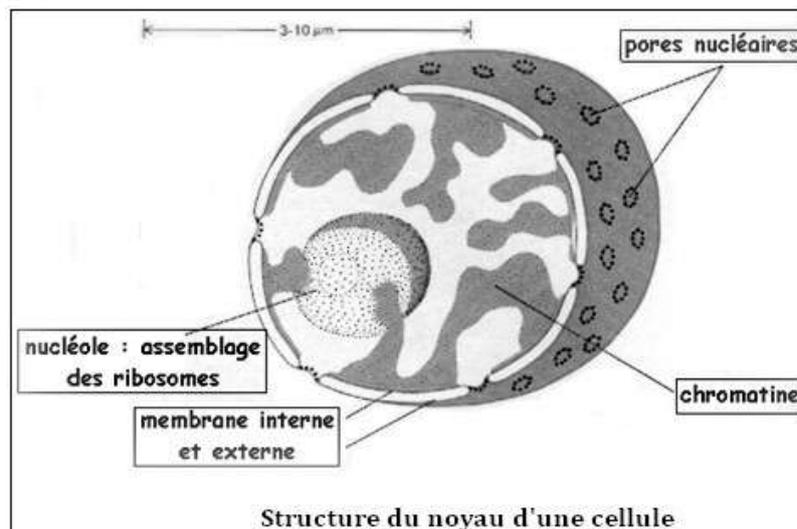
Le microscope électronique a fourni des renseignements intéressants sur l'enveloppe nucléaire qui est formée de deux membranes. Elle présente des pores qui ne sont pas de simples trous. Il y en a environ une cinquantaine par micron carré mais le nombre varie avec l'activité cellulaire.

L'enveloppe nucléaire peut être en relation avec le réticulum et c'est d'ailleurs aux dépens de ce dernier qu'elle se reforme à la fin d'une division cellulaire.

Le nucléole est formé surtout d'ARN et de protéines. Il n'est pas limité par une membrane.

Le reste du contenu du noyau : la chromatine (ADN et protéines) présente un aspect finement granuleux. Elle peut paraître claire (chromatine active) ou sombre (chromatine de réserve).

Le noyau a un rôle dans le métabolisme de la cellule, dans sa division et dans le maintien des caractères héréditaires.



Exercices

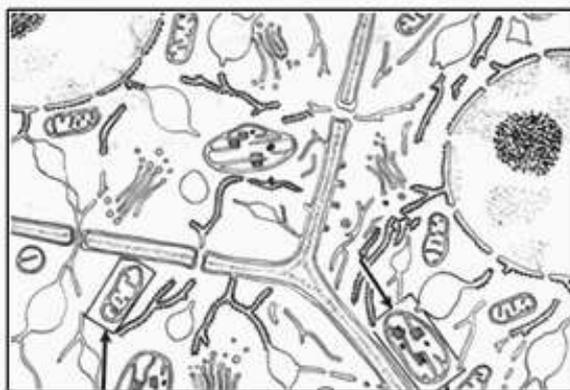
Exercice 1

Le document ci-après représente un fragment de tissu, vu au microscope électronique.

1°) Mettre une légende précise à chacun des éléments représentés.

2°) S'agit-il d'un tissu végétal ou animal ? Justifier votre choix.

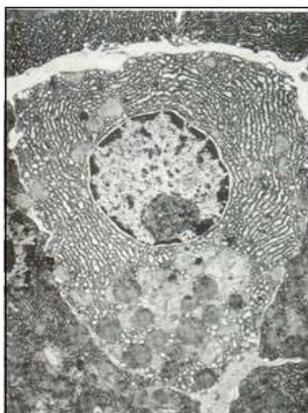
3°) Préciser l'ultrastructure et le rôle des organites encadrés et indiqués par une flèche.



Exercice 2

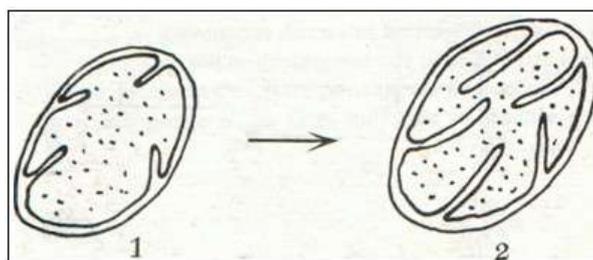
La photographie ci-après représente une cellule vue au microscope électronique.

Faire un schéma très simplifié de l'ensemble et donner une brève description des organites identifiés.



Exercice 3

La levure peut vivre en milieu normalement oxygéné où elle respire (= aérobiose), ou en milieu très pauvre en oxygène où la respiration est suspendue (= anaérobiose). En anaérobiose, certains organites présentent l'ultrastructure dessinée en 1 sur la figure suivante. Si les cellules sont transportées en aérobiose, ces organites se modifient et se présentent alors comme le montre le dessin 2.



1) De quels organites s'agit-il ? Justifie ta réponse.

2) Comment peux-tu interpréter cette modification.

CHAPITRE II : LES ECHANGES CELLULAIRES

I- Echanges d'eau

A- A l'œil nu

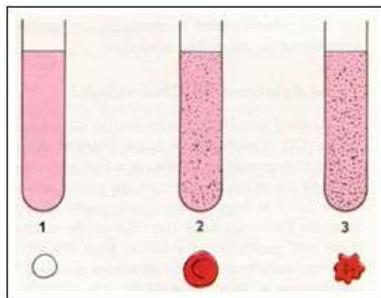
1. Cellule animale

«Trois tubes à essai contiennent respectivement les solutions suivantes :

- Tube 1 : eau distillée ;
- Tube 2 : solution de chlorure de sodium à 8 g/litre ;
- Tube 3 : solution de chlorure de sodium à 100 g/litre.

Dans chaque tube, on fait arriver deux gouttes de sang défibriné de Mouton et on agite le mélange. Le contenu du tube 1 est rose mais parfaitement transparent, celui des deux tubes 2 et 3 est rose mais opaque. En laissant reposer les tubes, on voit apparaître un culot surmonté d'un liquide clair dans les tubes 2 et 3, le contenu du tube 1 restant uniformément coloré en rose. Les tubes 2 et 3 renferment donc une suspension dont la phase «solide» est représentée par les globules rouges qui sédimentent ; le tube 1 renferme une solution qui par sa couleur ne peut être qu'une solution d'hémoglobine».

Sciences Naturelles 6^e année secondaire, el-Atlassi, 1984.

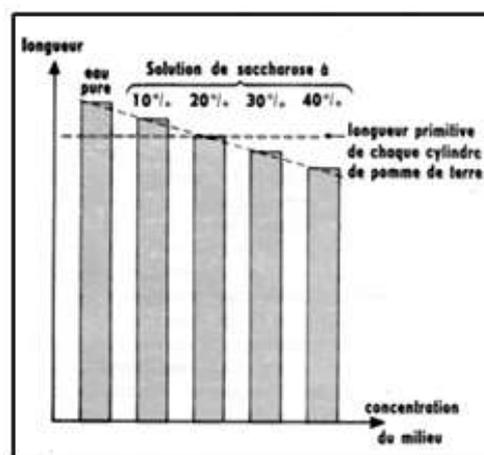


2. Cellule végétale

«A l'aide d'un perce-bouchons de 5 millimètres de diamètre, on taille dans une grosse pomme de terre 5 cylindres de 50 millimètres de haut. Chaque cylindre est plongé dans une des cinq solutions suivantes réparties dans des tubes à essai : eau distillée, solutions de saccharose à 10%, 20%, 30%, 40%. Après une heure environ, on mesure les cylindres en ne considérant que la grande dimension.

Le cylindre placé dans l'eau distillée a augmenté de longueur, celui immergé dans la solution de saccharose de 10% présente une variation plus faible ; la solution à 20% n'a provoqué aucune modification ; dans les solutions concentrées (30%, 40%), la longueur des cylindres a diminué et ils sont moins fermes».

Sciences Naturelles 6^e année secondaire, el-Atlassi, 1984.



Ces variations de longueur des cylindres représentent une somme de petites variations au niveau de chaque cellule constituant la « chair » de la pomme de terre. Suivant la concentration du milieu, il y a gain ou perte de matière, au profit ou aux dépens des cellules.

B- Au microscope

1. Cellule animale

Une goutte du contenu de chacun des trois tubes de l'expérience précédente est placée entre lame et lamelle. Le prélèvement est fait après agitation pour que les globules rouges se trouvent en suspension.

- Les globules rouges restent invisibles dans le prélèvement du tube 1. Ils ont été profondément altérés. Cette altération des globules rouges, qui prend le nom d'hémolyse, ne peut s'expliquer que par pénétration d'eau.

- Les globules rouges sont visibles dans le prélèvement du tube 2 et ne semblent pas avoir changé de forme.

- Les globules rouges du troisième prélèvement ont pris un aspect étoilé et diminué de volume : on parle de globules rouges crénelés. Les cellules ont perdu de l'eau.

2. Cellule végétale

On place trois fragments d'épiderme de pétale d'anémone entre lame et lamelle dans des solutions de saccharose de concentration décroissante.

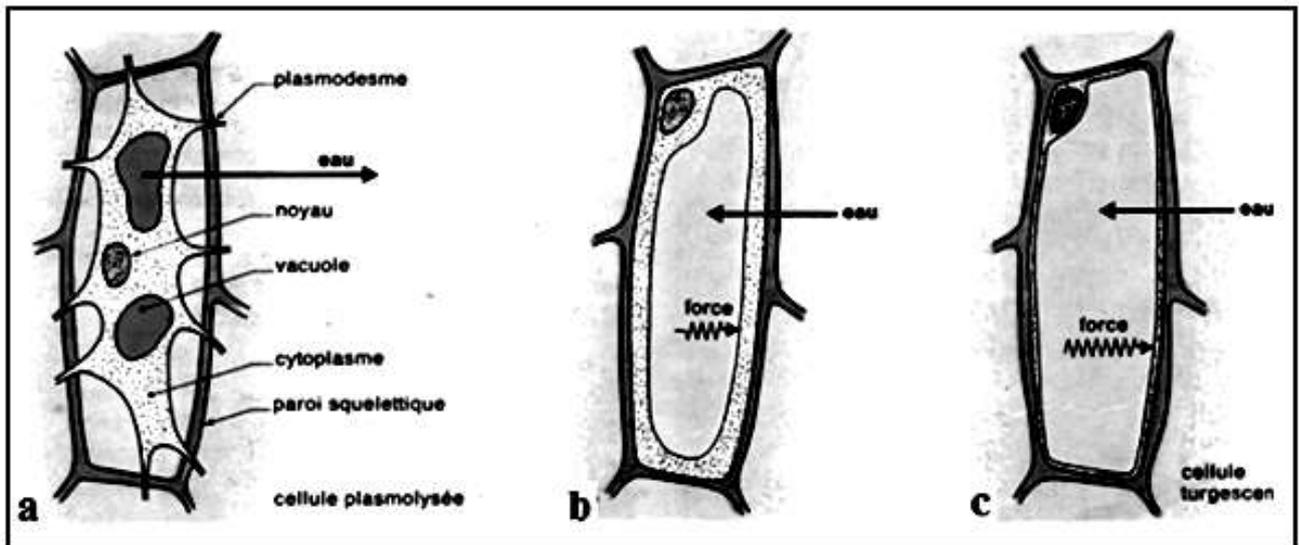
- Cellule dans une solution de saccharose à 200g/l = 600 milliosmoles.

Les vacuoles ont diminué de volume, elles sont fragmentées et n'exercent plus de forces sur les parois du cadre pecto-cellulosique.

La cellule est flasque : elle est plasmolysée (**cellule a**).

- Cellule dans une solution à 100g/l de saccharose = 300 milliosmoles. De l'eau a pénétré dans la vacuole. La vacuole a augmenté de volume : elle exerce des forces sur les parois du cadre pecto-cellulosique : la cellule est turgescente (**cellule b**).

- Cellule dans l'eau distillée (concentration nulle). L'eau a pénétré dans la vacuole qui atteint son volume maximal. La cellule est turgescente (**cellule c**).



II- Echanges de substances dissoutes

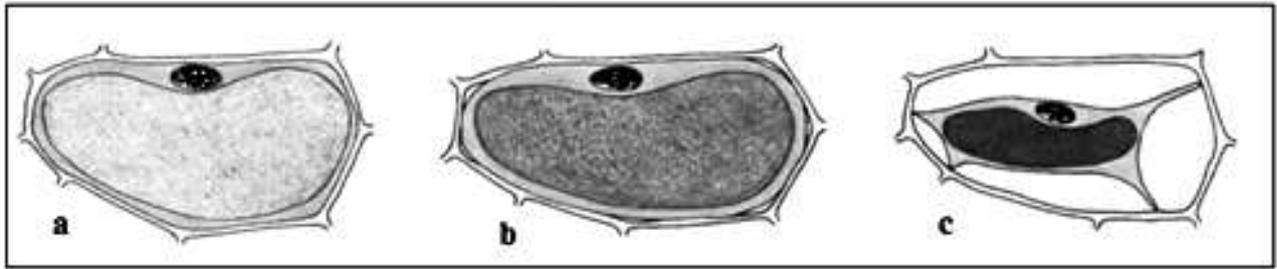
On réalise diverses expériences sur des cellules végétales dont la vacuole est naturellement colorée par des pigments rouges

• Expérience 1

Les cellules sont montées entre lame et lamelle dans des solutions d'urée de concentrations différentes et leur aspect est schématisé environ trois minutes plus tard. Les cellules représentées par les schémas **a**, **b** et **c** ont été placées respectivement dans une solution d'urée à 1%, 1,8% et 6%.

• Expérience 2

Les cellules de l'expérience 1 sont laissées 15 minutes dans la solution d'urée puis observées à nouveau. On constate que la majorité des cellules des trois montages **a**, **b** et **c** présentent le même aspect que la cellule schématisée en **a**.



Des fragments d'épidermes sont montés entre lame et lamelle dans des solutions de saccharose de concentrations 0, 0,1 0,2 ... , 0,9, 1M. En milieu dilué (hypotonique), les cellules absorbent de l'eau, leurs parois se distendent : les cellules sont dites alors turgescentes. En milieu concentré (hypertonique), au contraire, les cellules perdent de l'eau, le cytoplasme se décolle de la paroi pecto-cellulosique, sauf peut être au niveau des plasmodesmes, la vacuole devient plus petite et plus intensément colorée, parfois elle se fragmente : c'est la plasmolyse.

Pour une certaine concentration du milieu, la cellule n'est ni turgescente ni plasmolysée : tout au plus note-t-on un léger décollement du cytoplasme dans les angles : c'est la plasmolyse commençante. Dans ce cas, les liquides interne et externe ont même concentration : ils sont isotoniques. Il devient alors facile de calculer la pression osmotique normale du liquide vacuolaire. Naturellement, l'isotonie se trouve à tous les degrés de la plasmolyse, mais on ne saurait dire autant pendant la turgescence car la paroi cellulaire est élastique :

- milieu hypotonique : pression osmotique interne = pression osmotique externe + tension de la paroi ;

- milieu isotonique : pression osmotique interne = pression osmotique externe.

Si des cellules turgescentes sont placées en milieu hypertonique, elles se plasmolysent. Si des cellules plasmolysées sont placées en milieu hypotonique, elles redeviennent turgescentes : c'est la déplasmolyse provoquée. Turgescence et plasmolyse sont donc réversibles.

III- Interprétation

1. Expérience de Dutrochet

Le dispositif expérimental présenté ci-dessous est comparable à celui construit par Dutrochet en 1827 : la seule différence est l'emploi d'une feuille de cellophane à la place de la vessie de porc utilisée à l'époque.

Au début de l'expérience, les niveaux dans les récipients A et B coïncident. Ensuite on observe les faits suivants :

- Dans un premier temps le niveau du liquide s'élève dans le tube et cette ascension peut durer plusieurs jours.
- Le niveau tend ensuite à se stabiliser puis redescend jusqu'à l'état initial : la descente dure également plusieurs jours.
- Pendant toute la durée de l'expérience, on peut constater, en le goûtant ou par des tests adéquats, que le liquide B contient du glucose. A l'équilibre final, un dosage montrerait que les concentrations en glucose sont égales de part et d'autre de la membrane.

La différence de niveau représente la différence de pression exercée sur la membrane, cette pression est appelée pression osmotique et est liée à la concentration de la solution présente dans l'osmomètre par la relation suivante :

$$\Pi = n k T \text{ avec } n = \frac{C}{M}$$

C ← Concentration massique en g/l
M ← Masse molaire du soluté
k = Constante des gaz parfaits = 0,082
T = Température absolue (en degré Kelvin).

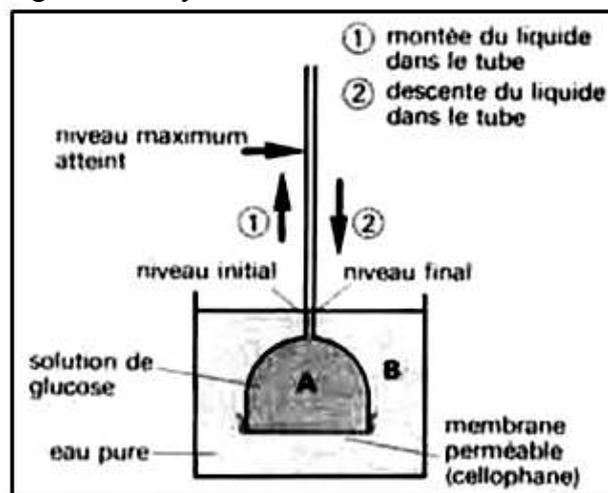
Dans un tube à entonnoir dont la grande ouverture a été fermée à l'aide d'une membrane de cellophane, introduire une solution glucosée additionnée d'un colorant (éosine, par exemple). Immerger l'appareil dans une cuve à eau de façon que les deux liquides soient au même niveau. Au bout de quelques instants, la membrane se bombe vers l'extérieur et le liquide coloré s'élève dans le tube.

Prélever un peu d'eau de la cuve et porter à l'ébullition avec de la liqueur de Fehling. La réaction est négative : la membrane de cellophane s'est donc laissée traverser par l'eau, mais non par la substance dissoute ; c'est une membrane **semi-perméable**.

Le phénomène qui vient d'être décrit a reçu le nom d'**osmose** ; la pression développée est appelée pression osmotique ; quant à l'appareil utilisé, c'est un **osmomètre**.

Le phénomène s'observe aussi si la membrane semi-perméable sépare deux solutions glucosées de concentrations différentes : un courant d'eau va de la solution la moins concentrée (hypotonique) à la solution la plus concentrée (hypertonique) jusqu'à égalisation des concentrations (solutions isotoniques).

Si l'expérience ci-dessus se poursuit pendant plusieurs jours, l'ascension ralentit, puis s'arrête, et le liquide revient lentement à son niveau initial. Un essai à la liqueur de Fehling montre alors que l'eau de la cuve contient du glucose : il y a **diffusion**.



2. Types de perméabilités

Une membrane **semi-perméable** (ou hémiperméable) ne laisse passer que de l'eau et arrête le passage de toutes les molécules dissoutes ainsi que des ions. La pénétration d'un colorant (rouge neutre) a déjà été observée dans divers cas : cellules épidermiques de l'Oignon.

Dans les exemples cités, la substance dissoute s'est accumulée dans les vacuoles pour n'en plus ressortir, même si le montage est fait dans de l'eau pure. Le cytoplasme est donc perméable au rouge neutre, mais il s'agit d'une perméabilité à sens unique : **perméabilité orientée**.

Monter un fragment d'épiderme de Tulipe rouge dans une goutte d'une solution de formamide ($\text{H}-\text{CONH}_2$) à 10%. Constaté, au microscope, que les cellules se plasmolysent aussitôt, mais que cet état va en s'atténuant progressivement. En 2 à 5 minutes, la déplasmolyse spontanée est totale.

Ainsi, la cellule absorbe lentement la formamide, et cette absorption entraîne le retour dans la vacuole d'une quantité équivalente d'eau : d'où la déplasmolyse constatée. Dans les conditions physiologiques, l'absorption de l'eau est plus rapide que celle des substances dissoutes : on ne saurait donc parler de semi-perméabilité, mais de **perméabilité différentielle**.

Constaté que les cellules placées dans la solution sucrée sont toujours plasmolysées. La quantité de saccharose absorbée est nulle ou négligeable. La perméabilité du cytoplasme est non seulement différentielle, mais **sélective**.

Ainsi, les phénomènes physiques (osmose, diffusion) ne sauraient expliquer la pénétration des substances dissoutes dans la cellule. Dans certains cas, cette pénétration s'accomplit même à l'encontre des phénomènes physiques et nécessite, de la part de la cellule, une **dépense d'énergie**. L'origine de cette énergie doit être recherchée dans le métabolisme.

Exercices

Exercice 1

I- On monte entre lame et lamelle des cellules végétales, colorées par du rouge neutre dilué, dans des solutions d'urée de concentrations différentes, et on les observe immédiatement au microscope. La figure suivante représente l'aspect des cellules dans les différents milieux de montage :

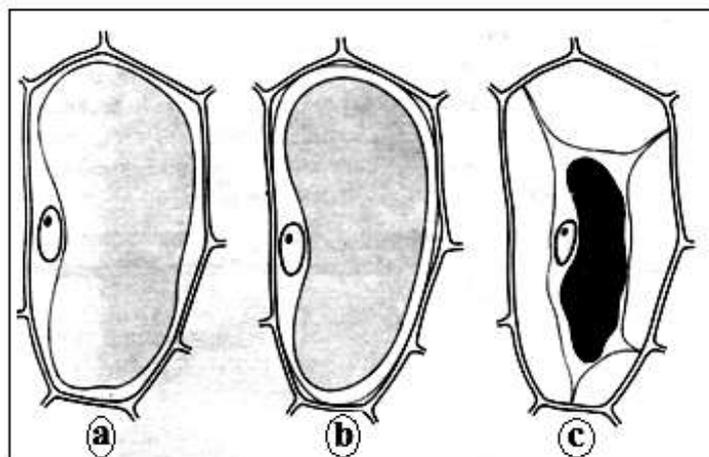
- le schéma **a** correspond au milieu **(a)** = solution d'urée à 1% ;
- le schéma **b** correspond au milieu **(b)** = solution d'urée à 1,8% ;
- le schéma **c** correspond au milieu **(c)** = solution d'urée à 6%.

1°) Commenter brièvement les schémas a, b et c. l'une des trois cellules permet d'évaluer la pression osmotique du liquide vacuolaire ; dire laquelle et préciser pourquoi. Calculer cette pression sachant que la température ambiante est 20°C.

(Urée = $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$; O = 16 ; H = 1 ; N = 14 ; C = 12.)

2°) Au bout de quinze jours, on constate que la majorité des cellules des trois montages réalisés dans l'urée (**a**, **b** et **c**) présente le même aspect correspondant au schéma **a**. Quelle conclusion peut-on en tirer ?

II- Une deuxième expérience est conduite avec une solution de saccharose à 17,1%. Quel aspect présenteront alors les cellules observées au microscope ? Justifie ta réponse. Contrairement à ce qui se passe avec l'urée, les cellules montées dans la solution de saccharose conservent le même aspect quel que soit le temps d'expérience. Quelle conclusion en tirer ? (Saccharose : $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$).



Exercice 2

On fait séjourner des cylindres de 30 mm de longueur découpés dans de la chair de pomme de terre dans huit milieux de concentrations différentes pendant douze heures et à température constante de 17°C. Les cylindres contenus dans chacun des milieux sont alors retirés, examinés et mesurés avec précision. (Tableau ci-dessous).

Concentrations en mol. l^{-1}	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Longueurs en mm	31,6	30,5	30,2	29,2	28,5	28,4	28,4	28,4

- a) Construire la courbe exprimant, en fonction de la concentration du milieu, les variations de la longueur des cylindres par rapport à la longueur initiale. Commenter cette courbe.
- b) Déterminer graphiquement la concentration de la solution qui se trouve isotonique de celle des tissus de la pomme de terre et calculer sa pression osmotique.

Exercice 3

A la température du corps humain (37°C), une solution dite «physiologique» (solution de NaCl à 8,8g/l) respecte l'aspect, la couleur et le volume des hématies. Il en est de même d'une solution de glucose (C₆H₁₂O₆) à 54g/l, utilisée en injection intraveineuse.

- 1°) Expliquer pourquoi ces deux solutions, malgré des teneurs en grammes par litre différentes, exercent la même influence (on rappelle que le glucose est une substance moléculaire et le sel, une substance ionique).
- 2°) Calculer la pression osmotique du plasma à 37°C
- 3°) Pourquoi préfère-t-on utiliser en physiologie expérimentale le liquide de Ringer dont la composition est la suivante :

Eau.....	1 000
Chlorure de sodium.....	6,5
Chlorure de potassium.....	0,15
Chlorure de calcium.....	0,12
Hydrogénocarbonate de sodium.....	0,20
Phosphate mono-sodique.....	0,20.

plutôt que le liquide «physiologique» indiqué ci-dessus, alors que ces deux solutions exercent le même effet apparent sur les hématies. (C = 12 ; H = 1 ; O = 16 ; Na = 23 ; Cl = 35,5).

Exercice 4

On veut calculer la pression osmotique des cellules d'épiderme de feuilles de Tradescantia. On plonge les lambeaux d'épiderme dans des solutions de saccharose de concentration connue. Au bout d'une demi-heure, on compte les cellules plasmolysées (voir tableau).

Concentrations des solutions (mole/litre)....	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Nombre de cellules plasmolysées (pour 100 cellules observées)....	8	75	95	100	100

- a) Représenter par un dessin précis une cellule végétale plasmolysée.
- b) Construire le graphe représentant le nombre de cellules plasmolysées en fonction de la concentration de la solution de saccharose. Interpréter ce graphe le plus complètement possible. Pourquoi les cellules de l'échantillon ne se plasmolysent-elles pas simultanément pour une concentration donnée ?
- c) Calculer la pression osmotique moyenne des cellules de l'échantillon, en considérant qu'il y a équilibre osmotique entre l'ensemble de l'échantillon et le milieu quand il y a 50% de cellules plasmolysées.

TROISIEME PARTIE: ECOLOGIE

CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES D'UN ECOSYSTEME

I- Notions préliminaires

A- Domaine d'étude de l'écologie

«L'**écologie** (du grec οίκος, oikos, « maison »; et λόγος, logos, « sciences », « connaissance ») est l'étude scientifique des interactions qui déterminent la distribution et l'abondance des organismes vivants. Ainsi, l'écologie est une science biologique qui étudie deux grands ensembles : celui des êtres vivants (biocénose) et le milieu physique (biotope), le tout formant l'écosystème (mot inventé par Tansley). L'écologie étudie les flux d'énergie et de matières (réseaux trophiques) circulant dans un écosystème. L'écosystème désigne une communauté biotique et son environnement abiotique».

fr.wikipedia.org/wiki/Écologie

B- Composantes d'un écosystème

«En écologie, un **écosystème** désigne l'ensemble formé par une association ou communauté d'êtres vivants (ou biocénose) et son environnement géologique, pédologique et atmosphérique (le biotope). Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'interdépendances permettant le maintien et le développement de la vie.

Un écosystème est l'interaction entre les facteurs biotiques et abiotiques.

Dans l'écosystème, le rôle du sol est de fournir une diversité d'habitats, d'agir comme accumulateur, transformateur et milieu de transfert pour l'eau et les autres produits apportés.

En 2006, les auteurs du rapport commandité par l'ONU et intitulé l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, ont explicitement intégré la nécromasse en définissant un écosystème comme un « complexe dynamique composé de plantes, d'animaux, de micro-organismes, et de la nature morte environnante agissant en interaction en tant qu'unité fonctionnelle ».

Le rapport entre biosphère et écosphère est le même qu'entre communauté et écosystème.

On peut parler d'écosystème naturel, naturellement équilibré: à chaque niveau, la biomasse est stabilisée grâce aux interactions avec les autres niveaux. Le terme fut défini par Arthur George Tansley en 1935.

Système dynamique

L'écosystème est un système naturel qui tend à évoluer vers un état théorique stable, dit climacique, tout en étant capable d'évolution et d'adaptation au contexte écologique et abiotique. On parle de régression écologique lorsque le système évolue d'un état vers un état moins stable. Les écosystèmes, comme la biosphère sont toujours en état d'équilibre instable, sans cesse corrigés par de complexes boucles de rétroactions. fr.wikipedia.org/wiki/Écosystème.

1. Biocénose

La biocénose est l'ensemble des êtres vivants, animaux et végétaux, occupant un milieu déterminé appelé biotope et entretenant des rapports directs ou indirects entre eux.

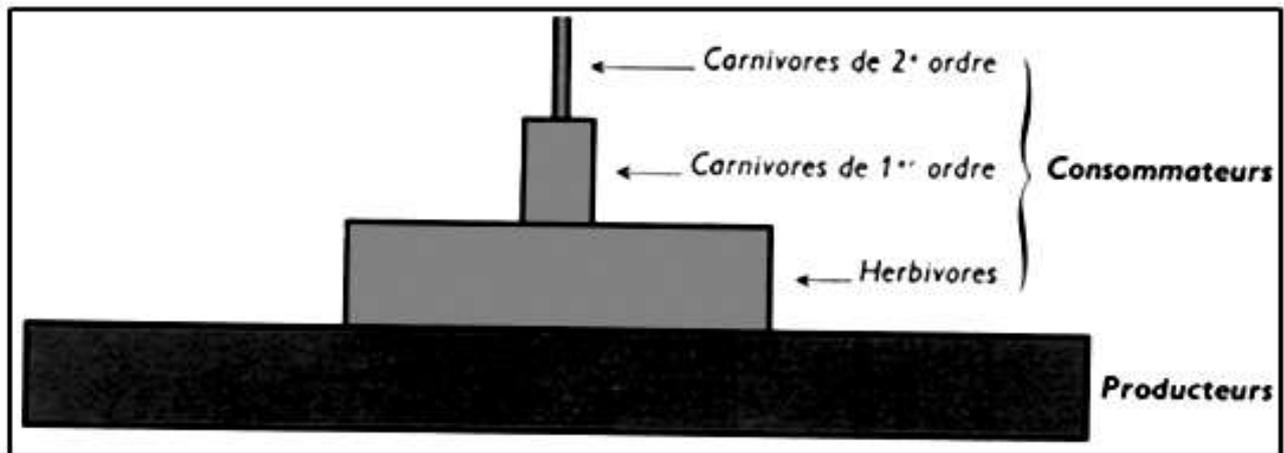
Toute biocénose comprend des espèces correspondant à trois grandes catégories de régimes alimentaires :

- les producteurs : ce sont les végétaux chlorophylliens. Ils transforment l'énergie solaire en énergie chimique potentielle. Les producteurs sont des autotrophes.
- les consommateurs : ce sont principalement des animaux. Ces organismes se nourrissent des substances organiques élaborées par les producteurs. Les consommateurs sont des hétérotrophes. Ainsi, se forment à partir des producteurs, des chaînes alimentaires suivant lesquelles des êtres vivants mangent les autres avant d'être mangés à leur tour.
- les décomposeurs : ce sont des organismes vivant aux dépens des cadavres et des déjections. Ils forment la faune et la flore du sol dont l'abondance, la diversité et l'activité sont remarquables.

La biomasse est la masse totale de matière vivante correspondant aux êtres vivants d'une biocénose. Dans un écosystème, il est possible d'estimer la biomasse de chaque espèce présente. On peut alors construire une pyramide écologique des biomasses soit par espèce, soit par catégorie trophique (producteurs primaires, producteurs secondaires, consommateurs, décomposeurs).

La *biomasse* est exprimée, soit en grammes par mètre carré, soit en kilogrammes ou en tonne à l'hectare.

A chaque niveau, la biomasse tend à s'accroître sans cesse. On appelle *productivité primaire* l'accroissement de biomasse réalisée au niveau des producteurs pendant l'unité de temps (le jour ou l'année). On appelle *productivité secondaire* l'accroissement de biomasse réalisée dans le même temps au niveau des consommateurs.



2. Biotope

un biotope est un milieu biologique déterminé offrant des conditions d'habitat stables à un ensemble d'espèces animales ou végétales appelé biocénose (biocoenose).

Les caractéristiques d'un biotope peuvent être classées de la manière suivante :

- climatiques (caractéristiques des influences du climat) ;
- pédologiques (caractéristiques physico-chimiques du sol) ;
- géologiques (caractéristiques du sous-sol) ;
- hydrographiques (distribution des eaux dans l'espace) ;
- hydrologiques (caractéristiques et mouvements des eaux) ;
- topographiques (caractéristiques altimétriques).

II- Facteurs abiotiques

A- Facteurs climatiques

1. Lumière

La luminosité varie avec l'altitude : elle est plus forte sur le sommet que dans les plaines basses, car l'épaisseur de la couche atmosphérique traversée est plus faible. Elle varie également avec la latitude.

Dans une région donnée, la luminosité varie avec les facteurs topographiques (pente du terrain, exposition), météorologiques (ciel clair ou temps couvert) et biotiques (couverture végétale). Dans des conditions par ailleurs identiques, elle est plus forte en été qu'en hiver.

En milieu aquatique, l'intensité lumineuse diminue rapidement avec la profondeur, surtout si l'eau n'est pas parfaitement limpide.

2. Température

La température, comme la luminosité, varie avec l'altitude et la latitude. Dans une région donnée, elle dépend des facteurs topographiques et météorologiques, et suit naturellement le double rythme quotidien et saisonnier.

Les êtres vivants ne peuvent subsister que dans un intervalle de températures compris entre 0 et 50°C, ces températures étant compatibles avec une activité biologique normale. Mais il existe un certain nombre d'exceptions (exemple : les bactéries thermales). Pour chaque espèce on définit une température létale inférieure ou température de mort par froid et une température létale supérieure ou de mort par chaleur. La température préférentielle ou **préférendum thermique** varie beaucoup suivant les espèces et suivant leur stade de développement (par exemple : le pou chez l'homme a son préférendum entre 24 et 32° C, la mouche domestique vers 42° C).

3. Eau

Si l'eau, douce ou salée, constitue le milieu normal de vie d'un grand nombre d'organismes, son importance, en milieu terrestre, n'est pas moins considérable. Fournie en grande partie par les précipitations, elle entretient l'humidité de l'air et celle du sol. La hauteur et, plus encore, le régime des pluies jouent un rôle de premier plan dans le maintien ou l'évolution des équilibres biologiques. L'eau est le constituant fondamental des êtres vivants. C'est le milieu dans lequel se réalisent toutes les réactions métaboliques. Toutes les fonctions biologiques exigent un milieu aqueux. Il intervient comme facteur limitant de la productivité des écosystèmes. L'approvisionnement en eau et la défense contre les pertes possibles constituent les problèmes écologiques fondamentaux.

4. Vent

En assurant la dissémination du pollen et des semences, le vent est utile à la plante. Mais ses effets destructeurs sont importants : branches brisées, arbres déracinés, fruits et graines tombés avant maturité...

De plus, il exagère les effets de la température (variations brutales dues au déplacement rapide des masses d'air), de la sécheresse (évaporation plus active), du sel (embruns)...

Enfin, il participe dangereusement à l'érosion des sols.

Dans les régions très ventilées, près des côtes ou sur les sommets élevés, la végétation arborescente est réduite. Certains arbres restent nains. Les autres présentent une dissymétrie remarquable.

B- Facteurs édaphiques

Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre modifiée par les agents atmosphériques (pluie, vents, température etc...) et par les êtres vivants qu'il abrite (flore, faune, microorganismes). Dans n'importe quel sol les constituants suivants (solides, liquides, gazeux) peuvent être rencontrés. La texture du sol précise la proportion des divers éléments du sol.

La nature du sol est un facteur décisif dans la répartition des végétaux.

Les particularités d'un sol exercent le plus souvent une action négative, en éliminant les plantes qui ne peuvent s'en accommoder. Ces particularités sont parfois d'ordre physique : ainsi, il existe une végétation spéciale capable de coloniser les rochers, les éboulis, les sables mouvants... Mais, le plus souvent, elles sont d'ordre chimiques : tels sont les groupements caractéristiques des sols salés, des décombres, des sols trop exclusivement calcaires.

L'étude du sol mobilise différentes disciplines, en particulier physique, chimie, minéralogie, biologie. Elle examine les constituants de la terre (minéraux, matières organiques), leur agencement (granulométrie, structure, porosité), leurs propriétés physiques (transfert de l'eau et de l'air), leurs propriétés chimiques (rétention des ions, pH). Elle porte des diagnostics sur les types de sols (classification) et sur leur dynamique (types de genèse: pédogenèse). Elle en déduit des applications (fertilité).

Les processus fongiques et bactériens liés à la faune et à la flore sont importants à considérer. Par exemple, beaucoup d'antibiotiques ont été découverts dans les sols.

La cartographie des sols se développe, avec notamment les cartes de pédo-paysages.

III- Facteurs biotiques

A- Relations entre êtres vivants

La biocénose se caractérise par des facteurs écologiques biotiques, de deux types : les relations intraspécifiques et interspécifiques.

1. Relations intraspécifiques (homotypiques)

Les relations intraspécifiques sont celles qui s'établissent entre individus de la même espèce, formant une population. Il s'agit de phénomènes de coopération ou de compétition, avec partage du territoire, et parfois organisation en société hiérarchisée.

Les réactions homotypiques se produisent entre les individus de la même espèce : l'effet de groupe, l'effet de masse.

- **L'effet de groupe** désigne les modifications physiologiques, morphologiques ou comportementales qui apparaissent lorsque plusieurs individus de la même espèce vivent ensemble dans un espace raisonnable et avec une quantité de nourriture suffisante. Exemple : chez les têtards du crapaud l'effet du groupe fait que la croissance est plus rapide et le poids plus élevé chez les individus élevés par 2 ou 5 que chez les individus élevés isolément.
- **L'effet de masse** apparaît lorsque l'espace est limité et il se caractérise par ses effets néfastes pour les animaux, alors que l'effet de groupe a des conséquences bénéfiques.

2. Relations interspécifiques (hétérotypiques)

Les relations interspécifiques, c'est-à-dire celles entre espèces différentes, sont nombreuses et décrites en fonction de leur effet bénéfique, maléfique ou neutre.

Les réactions hétérotypiques se produisent entre les individus d'espèces différentes. Les relations qui s'établissent alors entre ces individus sont étroites et bénéfiques ou non pour les partenaires ou l'un d'eux. La cohabitation de deux ou plusieurs espèces peut donner les combinaisons suivantes :

- **Neutralisme** : les deux espèces sont indépendantes et elles n'ont aucune influence l'une sur l'autre.
- **Compétition** : chaque espèce agit défavorablement sur l'autre. Elle consiste dans la recherche active d'une même ressource du milieu ; celle-ci pouvant être la nourriture, un abri, lieu de reproduction etc.
- **Amensalisme** : dans ce type de cohabitation, une espèce est inhibée dans sa croissance pendant que l'autre est inhibitrice. Dans le cas des végétaux l'amensalisme est le plus souvent appelé **allélopathie**.
- **Mutualisme** ou **symbiose** : on entend par symbiose toute forme d'association, profitable à tous ceux qui la composent ne pouvant vivre qu'ensemble ; il y a là un échange permanent de substances entre les différents partenaires.
- **Coopération** : elle apparaît lorsque deux espèces forment une association qui n'est pas indispensable car les partenaires peuvent vivre isolément.
- **Commensalisme** : dans ce cas l'espèce commensale tire profit sans porter préjudice à l'espèce hôte qui n'en tire aucun avantage. Le commensal et son hôte partage la même source de nourriture. On remarque qu'il y a tolérance réciproque.
- **Parasitisme** : on entend par les parasites les êtres vivants qui s'installent à demeure et prélèvent leur nourriture sans tuer leurs hôtes ; Le parasitisme, phénomène répandu dans la nature est un équilibre instable entre deux organismes associés de façon plus ou moins permanente. On remarque que l'action du parasite sur l'hôte est toujours défavorable.
- **Prédation** : l'espèce prédatrice attaque et tue l'espèce proie pour s'en nourrir.

B- Les adaptations

Les principales adaptations des végétaux qui caractérisent le milieu sont liées au substrat.

- **Adaptation au substrat sableux** : peu d'espèces colonisent les côtes sableuses particulièrement difficiles. Les plantes des côtes sableuses sont caractérisées par : des racines longues et profondes et une multiplication végétative active grâce à des stolons ou des rhizomes.
- **Adaptation au milieu salé et sec** : les plantes de bord de mer, de marais salants comme *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salsola baryosma*, *Sueda mollis* etc. supportent des teneurs élevées en NaCl. Ces végétaux, dits **halophytes** présentent des caractères adaptatifs analogues à ceux des xérophytes.

Ils sont doués d'une pression osmotique élevée ce qui leur permet d'absorber de l'eau dans un sol salé. Parmi les adaptations au milieu salé et sec on peut citer les formes suivantes :

- feuilles succulentes : *Zygophyllum waterlotii* ;
- feuilles crassulescentes : *Calotropis procera* ;
- feuilles en forme d'aiguille : *Sporobolus spicatus* ;
- feuilles réduites : *Tamarix senegalensis* ;
- cuticule épaisse : *Calotropis procera*.

► Adaptation des animaux :

- Adaptation par **enfouissement** dans des terriers humides :
 - *Donax rugosus* ;
 - Ocyptide.
- Les lézards qui présentent une couleur en parfaite **harmonie** avec le sable se **réfugient** dans les terriers pour échapper à la chaleur excessive de certaines heures de la journée.
- Les becs et les pattes des oiseaux qui expliquent leur adaptation aux modes de **déplacement** et **d'alimentation**.
- L'adaptation du chameau à la sécheresse : il peut fabriquer de l'eau par oxydation des graisses de sa bosse et peut en outre réduire son excrétion urinaire à 5 l/j. En hiver quand il mange les végétaux verts riches en eau, il peut rester 60 jours sans boire et en été il peut subsister pendant deux semaines en mangeant uniquement des végétaux secs

IV- Diversité des écosystèmes

Les écosystèmes sont souvent classés par référence aux biotopes concernés. On parlera

- d'**écosystèmes continentaux** (ou terrestres), tels que les écosystèmes forestiers (forêts), les écosystèmes prairiaux (prairies, steppes, savanes), les agro-écosystèmes (systèmes agricoles) ;
- d'**écosystèmes des eaux continentales**, pour les écosystèmes lenthiques (lacs, étangs) ou écosystèmes lotiques (rivières, fleuves) ;

- d'écosystèmes océaniques (les mers, les océans).

Une autre classification pourra se faire par référence à la biocénose (par exemple, on parlera d'écosystème forestier, ou d'écosystème humain).

En fonction des caractéristiques climatiques, la Mauritanie peut être subdivisée en cinq zones écologiques (BAD, 1997) :

- **Zone aride** : elle couvre toute la zone située au nord de l'isohyète 150 mm à l'exclusion de la bande du littoral. Elle correspond au climat saharien.

- **Zone sahélienne Est** : elle est comprise entre l'isohyète 150 mm au nord et la frontière des deux Hodhs avec la Mali. Cette zone renferme 50% des potentialités sylvo-pastorales du pays.

- **Zone sahélienne Ouest** : elle est comprise entre l'isohyète 150 mm au nord et la vallée du Fleuve Sénégal au Sud.

- **Zone du Fleuve** : c'est dans cette zone que se concentre l'essentiel de l'activité agricole mauritanienne.

- **Façade maritime** : c'est une étroite bande de 50km de profondeur en moyenne qui s'étend de Nouadhibou à N'Diago.

En Mauritanie, les écosystèmes les plus connus sont celui du **Parc National du Banc d'Arguin** (12000 Km²) et le **Parc National de Diawling** (500 Km²).

Le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA)

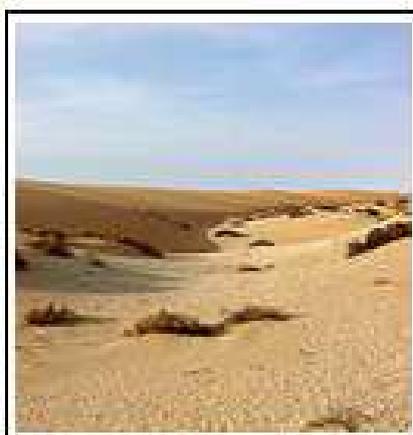
«Situé de part et d'autre du 20^{ème} parallèle, longe le littoral mauritanien sur plus de 180 km et couvre une superficie de 12 000 km² composée à parts presque égales de zones maritimes et terrestres.

* Cet écosystème côtier exceptionnel est baigné par des remontées d'eaux profondes, froides et riches en éléments nutritifs ("upwelling"). La présence simultanée d'herbiers et d'un upwelling important engendre une productivité biologique élevée et explique la présence de populations denses d'oiseaux d'eau, de poissons, d'invertébrés et de mammifères marins.

* C'est dans le but de protéger ce milieu unique et la biodiversité qu'il abrite que le Gouvernement mauritanien a créé, en 1976, le Parc National du Banc d'Arguin, reconnu, en 1982, comme Zone humide d'importance internationale (Convention de Ramsar) et déclaré, en 1989, site du patrimoine mondial dans le cadre du Programme l'Homme et la Biosphère de l'UNESCO.

* L'importance du Parc au niveau national est bien mise en évidence par le rattachement direct de son administration au Secrétariat Général du Gouvernement.

Le domaine terrestre



Le Parc National du Banc d'Arguin fait partie du Sahara océanique, combinaison de désert de sable, à dunes vives et de regs pierreux. La végétation clairsemée est composée de rares plantes annuelles dépendantes de la pluviométrie et d'arbustes sahéliens. La reprise des pluies depuis 1998 a marqué le retour d'une couverture végétale plus abondante. Il faut noter que, malgré des conditions géoclimatiques difficiles, le PNBA recèle plus de 200 espèces végétales.

À l'approche de la côte, apparaissent des plantes halophiles, adaptées à la salure des sols. Les sebkhas, cuvettes d'évaporation au sol argileux sursalé, des dalles gréseuses ou calcaires ainsi que des dunes vives ou fossiles rompent la monotonie du paysage.

Le domaine côtier et maritime

Ce parc présente une plus grande diversité de faciès. Dans la zone sud du Parc, entre les caps Timiris et Tafarit, il est intéressant de noter l'ensemble d'îles gréseuses et/ou sableuses dont la plus grande, Tidra, abrite la plus septentrionale des mangroves à palétuviers blancs (*Avicenia africana*) - relique d'un passé lointain où les apports fluviaux étaient importants - et les prairies à spartines (*Spartina maritima*) les plus méridionales de la côte ouest africaine.

Ceci souligne le caractère de charnière biogéographique du Banc d'Arguin que confirme la présence simultanée d'espèces de plantes, d'oiseaux et de poissons caractéristiques de milieux tempérés et tropicaux.

* Au sud du Parc, le caractère dominant de ce domaine littoral est la vaste étendue de hauts fonds parcourus de chenaux dont l'aspect change au gré des marées. À marée basse, la faible profondeur entraîne l'émersion de plus de 450 km² de vasières où se sont développés des herbiers dominés par les zostères (*Zostera noltii*) et les cymodocées, fondements de l'écosystème du Banc d'Arguin et base d'un réseau alimentaire complexe.

* C'est la présence d'un Upwelling pratiquement permanent qui explique la richesse de cette zone. Les remontées d'eaux profondes, froides et riches en nutriments minéraux provoque une explosion de la production primaire sous forme d'algues microscopiques unicellulaires (phytoplancton), base d'une chaîne alimentaire complexe. Bien que l'upwelling n'agisse pas directement au niveau des hauts fonds du Banc d'Arguin, le déplacement des masses d'eau océanique entre le large et la frange côtière agit indirectement sur la productivité de la zone ».

www.linternaute.com/voyager/unesco/afrique/mauritanie/parc-banc-arguin.shtml

Exercices

Exercice 1

Donne la signification des mots suivants :

Coopération – compétition – prédation – symbiose – parasitisme.

Exercice 2

Le mildiou de la pomme de terre est un champignon parasite.

- Relève dans le texte ci-dessous «le mildiou de la pomme terre», la phrase qui le montre.
- Une caractéristique de ce végétal explique un tel mode de vie. Relève-la.

Le mildiou de la pomme de terre

Le mildiou est une grave maladie de la pomme de terre. Les dommages se caractérisent par des dégâts importants du feuillage, une diminution du rendement et même une destruction totale des cultures. On estime que dès que 10 % de la surface des feuilles est détruite, la formation des tubercules est ralentie et leur contamination dommageable aux cultures.

L'agent de la maladie.

L'observation de préparations microscopiques de feuilles, de tubercules malades montre à l'intérieur des tissus vivants, des filaments incolores, donc dépourvus de chlorophylle. Il s'agit d'un champignon qui se nourrit de la matière vivante qui constitue la pomme de terre. La multiplication asexuée s'effectue par des spores.

Exercice 3

Tu sais que les aliments des végétaux chlorophylliens ont une origine minérale. Tu sais que chez la cuscute dépourvue de chlorophylle les aliments ont une origine organique : la cuscute est un parasite. Qu'en est-il chez le Gui, végétal chlorophyllien qui pousse sur certains arbres et qu'on qualifie d'hémi-parasite ? La lecture du texte ci-dessous et l'utilisation de tes connaissances vont te permettre de le préciser.

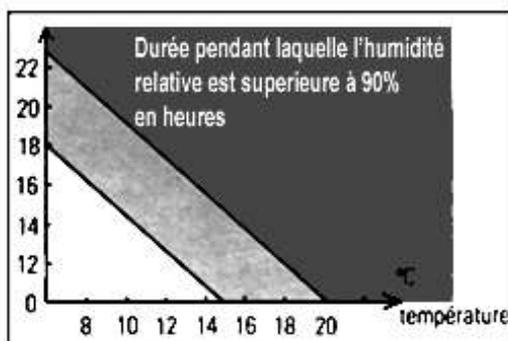
«Dans le suçoir du gui, enfoncé dans le bois de la branche, on trouve des vaisseaux conducteurs de sève brute en contact étroit avec les vaisseaux conducteurs de sève brute de l'arbre».

- que prélève le gui dans l'arbre ?
- que prélève le gui dans l'air ?
- comprends-tu maintenant pourquoi le gui est qualifié d'hémi-parasite ?

Exercice 4

Le graphique suivant évalue les risques de contamination par le mildiou en fonction de l'humidité et de la température.

- Si la température est de 12° C et la période d'humidité (supérieure à 90 %) comprise entre 18 et 23 heures, quels seront les risques ?
- Quelles sont les conditions climatiques les plus favorables à l'extension du mildiou ?
- Quand l'agriculteur devra-t-il traiter son champ ?



Exercice 5

Le phytoplancton comme tous les végétaux chlorophylliens est autotrophe et sa productivité peut donc dépendre de facteurs climatiques (lumière, température), de facteurs nutritifs (ions minéraux), de facteurs biotiques. Les tableaux A et B renseignent sur l'évolution de ces différents facteurs au cours de l'année.

Mois de l'année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Energie lumineuse par cm ²	77	795	1335	1175	2601	2858	2736	1417	1719	1125	345	421

Tableau A

Mois de l'année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Densité du zooplancton en cm ² par m ³ d'eau.	0,89	0,95	0,25	1,50	3,74	10,39	9,98	8,31	5,20	4,57	1,66	3,33

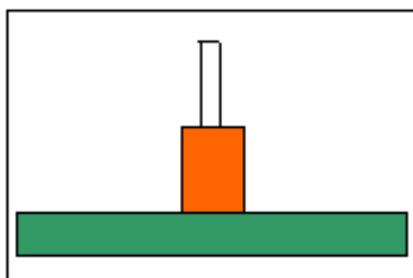
Tableau B

Tire de ces tableaux les informations qui te permettent d'expliquer les variations d'un phénomène biologique : la productivité du phytoplancton.

Exercice 6

Chaque rectangle du schéma ci-dessous représente le nombre d'êtres vivants des maillons d'une chaîne alimentaire de la forêt.

- Découpe ce schéma.
- Indique en face de chaque rectangle le nom général donné à chaque maillon.
- Indique pourquoi les rectangles sont de plus en plus petits vers le sommet ?
- Ne manque-t-il pas dans ce schéma un élément qui a un rôle important dans le cycle de la matière ?

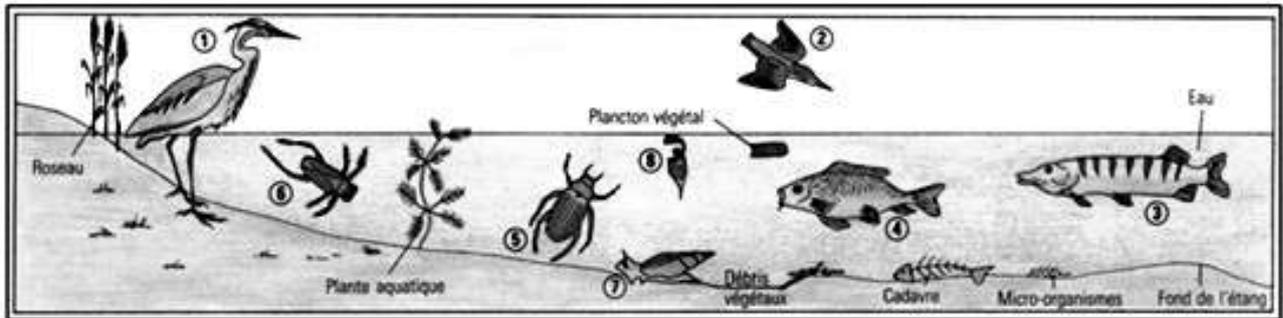


Exercice 7

Découpe l'ensemble du dessin. Lire le tableau. D'après le régime alimentaire de chaque animal, schématise sur ton dessin les chaînes alimentaires.

Que constates-tu ? A quel niveau de consommation se trouvent le brochet et l'homme qui le consomme ?

Animaux	1 Héron	2 Martin pêcheur	3 Brochet	4 Carpe	5 Dytique (insecte)	6 Notonecte (insecte)	7 Limnée	8 Plancton (animal)
Taille	100 cm	16 cm	50 cm	35 cm	3 cm	7,5 cm	4 cm	microscopique
Régime alimentaire	Carpe Grenouille Insecte	Carpe Grenouille Notonecte Limnée	Carpe Grenouille	Notonecte Limnée Plancton animal	Notonecte Plancton animal	Têtard Larve	Plante aquatique	Plancton végétal



Etres vivants de l'étang

CHAPITRE II : LES GRANDS PROBLEMES ECOLOGIQUES ACTUELS

I- Destruction des écosystèmes

«La désertification, la mauvaise gestion des terres, la dégradation forestière (surpâturage, destruction des habitats, déboisement) et le braconnage de la grande faune ont entraîné la dégradation des écosystèmes déjà fragilisés par des intempéries liées aux stress climatiques et aux actions de l'homme. Certaines espèces animales ont disparu avant la sécheresse (girafes, hippopotames), d'autres depuis (autruches, félins) ou sont en voie de disparition (crocodiles). L'abattage des arbres sur pied (pour satisfaire la demande en bois de feu, bois de service ou alimentation du bétail) a contribué directement à la disparition ou la raréfaction de certaines espèces végétales (*Bombax costatum*, *Ceiba pentandra*, *Pterocarpus erinaceus*, etc.).

La pêche artisanale et industrielle illégales conduisent à une dégradation de l'écosystème marin. Les zones humides, les zones de conservation du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) et du Parc National de Diawling (PND) et les zones boisées du fleuve renferment une biodiversité importante. La richesse biologique du (PNBA) se remarque à travers sa richesse faunistique (avifaune variée, dauphins, requins, raies, tortues marines, phoques moines etc.) et floristique (vastes herbiers de Zostères, mangroves à *Avicennia africana* etc.).

Documents de formation continue des professeurs de Sciences Naturelles (2002-2003).

II- Pollution

«La pollution est l'introduction de substances chimiques, substances génétiques ou énergie sous forme de bruit, de chaleur, ou de lumière dans l'environnement à un point que ses effets deviennent nuisibles à la santé humaine, à celle d'autres organismes vivants, à l'environnement ou au climat.

L'introduction de substances nocives à des doses inférieures à des normes se nomme scientifiquement contamination.

Définitions :

Une définition contemporaine du terme pollution est un phénomène ou élément perturbateur d'un équilibre établi et plus particulièrement si cet élément est nuisible à la vie. La pollution peut être anthropique (c'est à dire créée par l'Homme), ou d'origine non humaine

[...]. Les termes normalisés de l'AFNOR définissent le polluant comme un altéragène biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développe des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général.

La notion de pollution appelle donc celle de contamination d'un ou plusieurs compartiments des écosystèmes (air, eau, sol), d'un organisme (qui peut être l'Homme) ou d'un groupe d'organismes, ou ayant une incidence sur l'écosystème, au delà d'un seuil ou norme. La contamination peut notamment s'étendre ou se modifier via le réseau trophique (chaîne alimentaire).

Pollution d'origine humaine

Les pollutions d'origine humaine, dites aussi anthropiques, ont de nombreuses formes et pouvant être locales, ponctuelles, accidentelles, diffuses, chroniques, génétiques, volontaires, involontaires, etc.

Cette pollution est une diffusion directe ou indirecte dans l'environnement de polluants. Ce sont souvent des sous-produits involontaires d'une activité humaine, comme les émissions des pots d'échappement. Les déchets de produits de consommation courante (emballages, batteries usagées) jetés sans précautions dans l'environnement constituent également une source de pollution très fréquente.

Il peut aussi s'agir de phénomènes physiques (comme la chaleur, la lumière, la radioactivité, l'électromagnétisme, etc.), dont le caractère impur ou malsain est généralement relatif car dépendant

de la dose, de la durée d'exposition, d'éventuelles synergies, etc. Il est relatif : soit à leur nature de « poison » pour l'Homme ou l'environnement (exemple : mercure de la baie de Minamata ; smog londonien généré par la combinaison d'un phénomène climatique naturel et d'émissions causées par le chauffage urbain) ; par extension, le simple caractère désagréable, même sans danger, peut suffire à invoquer le qualificatif de pollution là où le mot "nuisance" est souvent préféré ; soit à leur nature tératogène (provoquant des malformations chez les nouveau-nés), même non associée à un caractère toxique pour l'adulte (exemple type : dioxines, radioactivité, éthers de glycol) ; soit à leur nature de perturbateur endocrinien ; soit, en dépit de leur caractère non directement toxique pour l'homme et les êtres vivants, à leur capacité éventuelle à changer ou perturber le fonctionnement d'un écosystème ou de la biosphère, soit en détruisant la vie (exemple : insecticides) ou ses conditions (exemple : chlorofluorocarbones détruisant la couche d'ozone), soit au contraire en surfavorisant certaines expressions (exemple : nitrates ou phosphates agricoles, favorisant une flore nitrophile au détriment des autres espèces, voire l'eutrophisation ou la dystrophisation des zones humides, baies marines, évoluant vers des zones mortes dans les cas les plus graves). Il peut aussi s'agir d'introduction d'espèces ou de pollution génétique pouvant perturber le fonctionnement des écosystèmes, c'est-à-dire l'introduction d'espèces ou de gènes dans un biotope d'où ils étaient absents (p. ex. rat musqué ou OGM) ou de pollution par des gaz à effet de serre tels que le gaz carbonique ou le méthane, cf. infra.

Pollution d'origine non humaine

Ces pollutions peuvent être:

- les conséquences directes ou indirectes de catastrophes naturelles, tels que le volcanisme;
- une pollution liée à des phénomènes naturels, tels que les éruptions solaires; une pollution d'un captage d'eau potable par un animal qui fera ses besoins à proximité, ou qui serait mort et en décomposition dans l'eau». fr.wikipedia.org/wiki/Pollution.

Parmi les causes d'origine humaines, l'exploitation du pétrole.

Le pétrole déversé en mer constitue une pollution importante et préoccupante à l'échelle globale. Sachant que le cinquième de la production provient des gisements offshore, des accidents surviennent pendant l'extraction et le transport des hydrocarbures. On estime à six millions de tonnes par an la quantité d'hydrocarbures introduite dans les océans par l'activité humaine ce qui constitue par conséquent une cause fondamentale de la pollution des océans.

Sachant que l'on estime à 6 millions de tonnes d'hydrocarbures introduites tous les ans dans les océans et qu'une tonne peut recouvrir environ une surface de 12 kilomètres carré; les océans sont donc contaminés de façon quasi permanente par un film d'hydrocarbures. Cette pollution a des effets pernicieux sur les ressources vivantes et on a démontré une baisse de l'activité photosynthétique des algues et du phytoplancton.

III- Dégradation de l'atmosphère

La liste des **polluants atmosphériques** est longue : poussières, SO₂, CO₂, CO, métaux lourds, composés organiques volatiles (COV), CH₄, CFC, ozone...

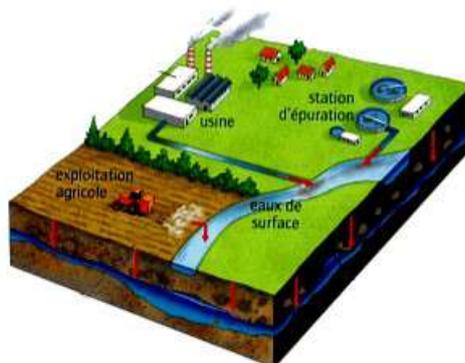
Ces polluants sont à l'origine de l'**effet de serre** et de l'**appauvrissement de l'ozone atmosphérique** entre autres. Ils peuvent avoir des effets sur la santé (au niveau de la peau, des muqueuses, de l'appareil respiratoire...), sur les écosystèmes forestiers (déperissement des forêts...), sur les écosystèmes d'eau douce (acidification des cours d'eau et des lacs),

L'atmosphère mauritanienne déjà très chargée de poussières est susceptible d'être polluée par l'émission de gaz à effet de serre ou substances appauvrissant la couche d'ozone produite par les installations frigorifiques des industries de pêche, les climatiseurs et les dégagements des véhicules...

Exercices

Exercice 1

En partant du dessin proposé, explique diverses sources de pollution d'un puits.



Exercice 2

Les affirmations suivantes sont toutes inexactes. Modifie les phrases pour les rendre exactes.

- 1- La couche d'ozone nous protège contre les radiations infrarouges émises par le soleil.
- 2- L'effet de serre est dû au réchauffement de l'atmosphère terrestre par les radiations ultraviolettes émises par le soleil.
- 3- L'effet de serre est un phénomène récent dont l'existence est due aux activités humaines.
- 4- Le dioxyde de carbone est le seul gaz à effet de serre.

Exercice 3

Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repérer les affirmations correctes.

- 1 - L'effet de serre correspond à un réchauffement de l'atmosphère dont l'origine est à rechercher dans :
 - a) la chaleur dégagée par les plantes et les animaux ;
 - b) la chaleur provenant du centre de la terre ;
 - c) le piégeage par des gaz atmosphériques de radiations renvoyées par la terre.
- 2- La teneur atmosphérique en dioxyde de carbone est en principe équilibrée par :
 - a) une augmentation des rejets industriels, urbains et agricoles ;
 - b) une régulation assurée par les êtres vivants de la biosphère continentale ;
 - c) un double flux de carbone entre les deux réservoirs continental et océanique ;
 - d) une fenêtre ouverte dans le bouclier d'ozone laissant passer une quantité accrue de rayonnement ultraviolet.

Exercice 4

L'apport d'engrais permet d'augmenter la production d'une culture de blé. Des chercheurs ont étudié ce qui se passait si on augmentait beaucoup les doses d'engrais utilisées. Voici les résultats dans le tableau ci-dessous :

Quantité d'engrais apportée à une culture de blé (en kg d'engrais/hectare de culture)	Quantité de blé récoltée (en kg de grains de blé/hectare de culture)
100 kg/ha	8 000 kg/ha
150 kg/ha	8 200 kg/ha
200 kg/ha	8 000 kg/ha
250 kg/ha	6 000 Kg/ha

1 - Décris l'évolution de la production de blé en fonction de la dose d'engrais au-dessus de 100 kg/ha d'engrais.

2 - Donne un conseil aux cultivateurs de blé à partir de ce tableau.

BIBLIOGRAPHIE

- A. Duco : SVT 6^e, Belin, 2000.
- BRGM : Notice explicative de la carte géologique à 1/1 000 000 de la Mauritanie, 1975.
- C. Bridier & Ghislaine Clisson : Sciences de la vie et de la terre 6^e, Hatier, 1996.
- C. Calamand & J. Arrighi : Biologie Géologie 1^{re} S, Hachette Education, 1993.
- C. Calamand : Biologie Géologie 2^{de}, Hachette Education, 1993.
- C. Calamand : Sciences de la vie et de la terre 2^{de}, Hachette Education, 1997.
- C. Leroy : Géologie Biologie 4^e, Belin, 1988.
- D. Carité : Géologie en Mauritanie 4^e AS, Edisud, 1989.
- D. Darmedru : Biologie Géologie Seconde, Hachette Lycées, 1990.
- G. ET G. Menant : Géologie 4^e, Hatier, 1980.
- G. Godet & B. Kern : La vie et la terre 2^e, istra, 1987.
- G. Godet & J. Ferguson : Nature et science 5^e, istra, 1987.
- IPN : Documents de formation en Sciences Naturelles, IPN, 2002-2003.
- J. C. Hervé : Sciences et techniques biologiques géologiques 4^e Hatier, 1988.
- J. Escalier : Biologie Terminale D, Fernand Nathan, 1980.
- J. Lamarque & C. Lizeaux : Géologie Biologie 4^e, Bordas, 1988.
- J. Lauerjat : Biologie Géologie 4^e, Hachette Collèges, 1988.
- J-C. Hervé : Sciences et techniques biologiques et géologiques seconde, Hatier, 1987.
- M. LE Bellegard : Science de la vie et de la terre 5^e, Hatier, 1997.
- MEPS- Maroc : Sciences Naturelles 6^e année secondaire, Atlassi, 1976.
- Oria : Biologie Terminale D, Hatier, 1980.
- P. Bellair & C. Pomerol : Eléments de Biologie, Armand Colin, 1984.
- P. Vincent : Biologie Terminale D, Vuibert, 1980.
- p. Vincent : Sciences Naturelles Classe de Première D, Vuibert, 1976.
- PNBA : Le Parc National du Banc d'Arguin (RIM), PNBA, 1994.
- R. Caruba & R. Dars : Géologie de la Mauritanie, CRDP de Nice, 1991.
- R. Demounem & J. Gourlaouen : Biologie Géologie 2^e, Nathan, 1990.
- R. Djakou & S. Y. Thanon : Géologie Biologie 4^e, Bordas, 1988.
- R. Tavernier & C. Lizeaux : Sciences de la vie et de la terre, 1^{re} S, Bordas, 1993.
- R. Tavernier : Biologie Géologie Première S, Borbas, 1988.
- S. Chabrol & J. Escalier : Sciences de la vie et de la terre 6^e, Hachette Education, 1998.