

REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE

Honneur - Fraternité - Justice



MINISTERE DE L'EDUCATION ET DE LA REFORME DU
SYSTEME DE L'ENSEIGNEMENT
INSTITUT PEDAGOGIQUE NATIONAL

Sciences Naturelles

5^{ème} Année SN

Mohamed Mohamed Aly, Inspecteur

Modibo Boubacar keita, Inspecteur

Aichetou Ahmed Miské, Professeur

2025



IPN

PREFACE

Collègues Educateurs,

Chers élèves,

Dans le cadre des efforts visant à améliorer la qualité du système éducatif national et en accompagnement de la révision des programmes de l'Enseignement Secondaire opérée en 2020 et des innovations nationales et internationales, l'Institut Pédagogique National cherche à concrétiser cette tendance en élaborant et publiant un manuel scolaire de qualité occupant une place de choix dans l'amélioration des pratiques pédagogiques .

Dans ce contexte, Nous sommes heureux de mettre entre les mains des élèves de la 5^{ème} AS du Secondaire, le manuel de Sciences Naturelles dans sa version révisée.

Nous espérons que ce manuel constituera une aide précieuse pour améliorer l'efficacité de construction des savoirs chez les élèves.

Tout en souhaitant recevoir de la part des collègues professeurs , toute observation, suggestion ou proposition de nature à améliorer la version finale de cet ouvrage, nous ne pouvons qu'adresser nos vifs remerciements aux :

Concepteurs :

- Mohamed Mohamed Aly, Inspecteur
- Modibo Boubacar Keita, Inspecteur
- Aichetou Ahmed Miské, Professeur

Mise en page & Maquette :

- Nejdi Sid'Ahmed Ejjeyed, Maquettiste /IPN

***Le Directeur Général
Dr. Cheikh Mouadh Sidi Abdallah***

IPN

AVANT-PROPOS

Chers collègues Professeurs,

Chers élèves,

C'est dans le cadre des énormes efforts que fournit l'Institut Pédagogique National pour mettre à votre disposition, dans les meilleurs délais, un outil pouvant vous aider à accomplir respectivement votre tâche que s'inscrit l'élaboration de ce manuel intitulé : Sciences Naturelles 5^{ème} SN pour la cinquième année, série SN. Celui-ci est conçu conformément aux nouveaux programmes en vigueur révisés selon la vision holistique. Il vise à offrir aussi bien au professeur qu'à l'élève une source d'informations pour aider le premier à préparer son cours et le second à mieux assimiler son programme de l'année et même à élargir son horizon. Il importe, cependant, de souligner qu'il ne peut, en aucun cas, être le seul support, ni pour l'un, ni pour l'autre et doit être renforcé et enrichi à travers la recherche d'autres sources d'informations.

Le contenu de ce manuel est réparti en cinq chapitres intitulés respectivement : Les échanges cellulaires, Alimentation et digestion chez l'homme, La nutrition des plantes, Mobilité des plaques lithosphériques et Grands ensembles géologiques, potentialités minières et hydrogéologiques de la Mauritanie.

Chaque chapitre renferme tous les savoirs énoncés dans le programme dégagés à partir de l'étude d'exemples ou de situations décrites dans divers documents choisis pour leur adaptation à nos réalités. Chaque chapitre renferme les rubriques suivantes :

- **Je découvre:**

Cette rubrique renferme des activités qui mènent l'apprenant à cerner toutes les notions (savoirs) définies par le programme. L'objet de l'activité peut être :

- une expérience : protocole expérimental, étapes, analyse, conclusion ;
- un TP : préparation de l'animal, matériel dissection, étapes de la dissection, conclusion ;
- une étude d'un document : texte, schéma, photos, tableau (statistiques), courbes, histogramme... ;
- une sortie pédagogique sur le terrain / une visite à une boucherie, à une entreprise, à un laboratoire, à une institution... : préparation d'un questionnaire, inventaire du matériel nécessaire, dispositions à prendre, rédaction d'un compte-rendu, exploitation en classe ...

- **Je retiens :**

Il s'agit de résumer l'essentiel du chapitre en quelques phrases dans un langage simple, adapté au niveau des élèves et insistant sur les mots-clés.

- **Je m'exerce :** C'est l'ensemble des exercices proposés en vue d'une application des contenus véhiculés. Les exercices de difficulté graduelle, doivent toucher tous les aspects évoqués.

- **J'approfondis mes connaissances :**

Cette rubrique renferme un ensemble de documents qui

- donnent d'autres exemples pour offrir des choix divers au profit de la contextualisation ;
- parlent d'un ou de quelques aspects qui n'ont pas pu être abordés ;
- développent des notions évoquées plus haut pour permettre au lecteur (professeur ou élève) d'élargir son horizon ;

- **J'utilise mes connaissances :**

Elle consiste à décrire une application dans la vie courante, une activité lucrative, un petit projet ...

Nous attendons vos précieuses remarques et suggestions en vue d'améliorer ce manuel dans ces prochaines éditions.

Mohamed Mohamed Aly, Inspecteur

Modibo Boubacar Keita, Inspecteur

Aichetou Ahmed Miské, Professeur

Maquettiste:

Nejdi / Sid'ahmed Ejyidde

2024

IPN

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	05
CHAPITRE I: LES ECHANGES CELLULAIRES	11
Je découvre	
I- Les échanges d'eau	11
Activité 1	11
Activité 2	11
Activité 3	12
Activité 4	14
II- Les échanges de substances dissoutes.	15
Activité 5	15
III- Interprétation des échanges cellulaires	16
Activité 6	16
Activité 7	17
IV- Notion de diffusion libre, de transport actif, de diffusion facilitée et orientée	18
Activité 8	18
V- Notion et types de perméabilités	20
Activité 9	20
VI- Endocytose/Exocytose	21
Activité 10	21
Je retiens	22
Je m'exerce	23
J'approfondis mes connaissances	30
J'utilise mes connaissances	33
CHAPITRE II: ALIMENTATION ET DIGESTION CHEZ L'HOMME	35
Je découvre	35
I- Etude d'un aliment	35
Activité 1	35
Activité 2	37
II- Types d'aliments	38
Activité 3	38
III - Alimentation équilibrée	39
Activité 4	39
Activité 5	46
IV- La digestion	47
Activité 6	47
Activité 7	48
Activité 8	50

V- Devenir des nutriments	53
Activité 9	53
VI- Hygiène de l'appareil	55
Activité 10	55
Je retiens	61
Je m'exerce	63
J'approfondis mes connaissances	71
J'utilise mes connaissances	75
CHAPITRE III : LA NUTRITION DES PLANTES	77
Je découvre	77
I- Absorption d'eau et de sels minéraux	77
Activité 1	77
Activité 2	78
Activité 3	79
II- Besoins nutritifs des végétaux chlorophylliens	81
Activité 4	81
Activité 5	82
Activité 6	83
III- Echanges gazeux chlorophylliens	84
Activité 7	84
Activité 8	85
Activité 9	86
Activité 10	87
IV- La chlorophylle	88
Activité 11	88
Activité 12	89
Activité 13	90
Activité 14	92
V- Mécanisme de la photosynthèse	93
Activité 15	93
Activité 16	95
VI- Importance de la photosynthèse	96
Activité 17	96
Je retiens	99
Je m'exerce	100
J'approfondis mes connaissances	106
J'utilise mes connaissances	108

CHAPITRE IV : MOBILITE DES PLAQUES LITHOSPHERIQUES	111
Je découvre	111
I- Plaques tectoniques (lithosphériques	111
Activité 1	111
Activité 2	112
Activité 3	114
II- Déformations de la croûte terrestre	116
Activité 4	116
Activité 5	118
III- Séisme	119
Activité 6	119
Activité 7	121
IV- Volcanisme	123
Activité 8	123
Activité 9	124
Activité 10	128
V- Répartition des séismes et des volcans	130
Activité 11	130
VI- Structure du globe terrestre	131
Activité 12	131
Je retiens	134
Je m'exerce	137
J'approfondis mes connaissances	142
J'utilise mes connaissances	144
CHAPITRE V : GRANDS ENSEMBLES GÉOLOGIQUES, POTENTIALITES MINIERES ET HYDRO-GÉOLOGIQUES DE LA MAURITANIE	145
Je découvre	145
I- Les ères géologiques	145
Activité 1	145
II- Les ensembles géologiques	146
Activité 2	146
III- Ressources minières	149
Activité 3	149
Activité 4	154
IV- Pétrole et gaz en Mauritanie	155
Activité 5	155
V- Ressources hydrogéologiques	157
Activité 6	157

Activité 7	158
Je retiens	161
Je m'exerce	162
J'approfondis mes connaissances	165
J'utilise mes connaissances	168
Bibliographie	169
Références	170

Chapitre I : LES ECHANGES CELLULAIRES

Je découvre :

I- Les échanges d'eau

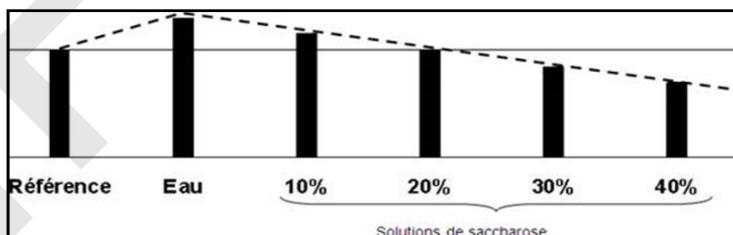
Activité

1

Comment mettre en évidence les échanges d'eau chez une cellule végétale, à l'œil nu ?

Expérience : Echange d'eau chez la pomme de terre.

- Préparer 6 cylindres de pomme de terre de 50mm de haut sur 5mm de diamètre ;
- Garder un cylindre pour référence et les cinq autres sont répartis dans cinq tubes à essai renfermant des solutions de concentrations croissantes : eau, solutions de saccharose à 10%, 20%, 30% et 40%.
- Après 1h, traduire graphiquement les résultats (document ci-contre) en ne considérant que la longueur des cylindres.



Analyser les résultats.

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.

Activité

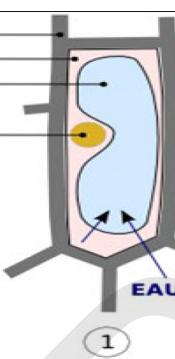
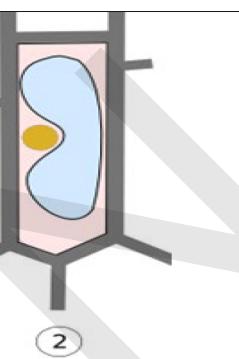
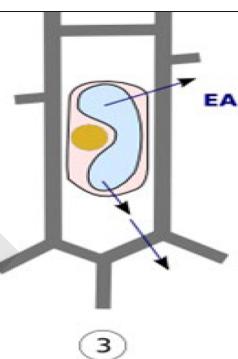
2

Comment mettre en évidence les échanges d'eau chez une cellule végétale, au microscope.

Expérience : Echange d'eau chez l'oignon.

- Prélever trois fragments d'épiderme d'oignon violet (cellules à vacuole naturellement colorée) ;
- Plonger chaque fragment dans une solution de chlorures de Sodium (NaCl) de concentration déterminée (2g/l, 9g/l et 20g/l) pendant 3minutes ;
- Monter chacun des fragments entre lame et lamelle dans une goutte de la solution correspondante ;
- Observer les préparations au microscope.

Les résultats se trouvent dans le tableau suivant :

Concentration des solutions	2g/l	9g/l	20g/l
Présentations schématiques de l'état des cellules observées	 paroi cytoplasme vacuole noyau EAU	 EAU	 EAU
Etat de la cellule	Les cellules présentent le même aspect : une vacuole un cytoplasme et une membrane plasmique	une vacuole un cytoplasme et une membrane plasmique	une vacuole un cytoplasme et une membrane plasmique
Interprétations des observations	Le mouvement d'eau Le milieu extracellulaire est Le milieu intracellulaire est La cellule est dite :	Le mouvement d'eau Les milieux extra et intracellulaire sont : La cellule est :	Le mouvement d'eau Le milieu extracellulaire est Le milieu intracellulaire est La cellule est dite :

Compléter le tableau.

- Le milieu extérieur est moins concentré que la vacuole de la cellule. 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 1).
- Le milieu extérieur a la même concentration que la vacuole. Il n'y a aucun échange d'eau. La vacuole n'exerce aucune pression sur la paroi. C'est la plasmolyse limite. La croissance ne se fait pas. C'est l'isotonie (cellule 2).
- Le milieu extérieur est plus concentré que la vacuole. L'eau sort de la cellule. 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 3).

Activité

3

Comment mettre en évidence les échanges d'eau chez une cellule animale, à l'œil nu.

Expérience : Echange d'eau chez les globules rouges.

Trois tubes à essais 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, faire arriver des gouttes de sang défibriné de

Mouton et agiter le mélange. Observer

les résultats (document ci-contre)

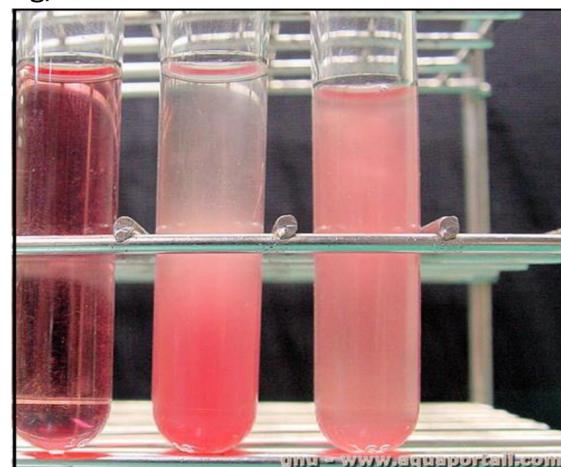
Analyser l'état des contenus

des tubes ci-contre.

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 : il y a hémolyse dans le tube 1.

Activité

4

Comment mettre en évidence les échanges d'eau chez une cellule animale, au microscope.

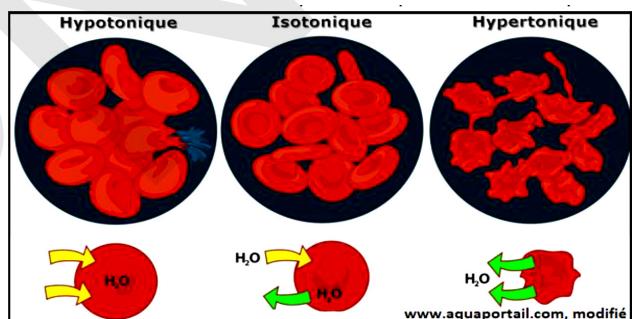
Expérience : Echange d'eau chez les globules rouges au microscope.

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.

Analyser le document ci-contre.

- 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 : il y a isotonie.
- 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.

Remarque : Si on remplace les hématies du tube 3 dans les conditions du tube 2, elles retrouvent leur aspect normal par suite d'une réabsorption d'eau : on parle de la déplasmolyse. La plasmolyse est donc réversible.

Conclusion: L'aspect des hématies dépend du milieu dans lequel elles se trouvent. Les variations de

volume sont essentiellement dues à des flux d'eau à travers la membrane des hématies.

De manière générale, la cellule vivante échange l'eau avec son milieu de vie.

II- Les échanges de substances dissoutes

Activité

5

Comment mettre en évidence les échanges de substances dissoutes chez une cellule ?

Expérience : Echange de substance dissoute chez le chou rouge.

- Placer un lambeau d'épiderme de choux rouge dans une goutte d'acétate d'ammonium à 4% ;
- Après quelques instants, constater que les cellules se plasmolysent puis deviennent turgescantes ;
- Observer aussi que la couleur des vacuoles qui était rouge, vire au bleu ;
- Pour expliquer le changement de couleur des vacuoles, extraire le pigment vacuolaire (en broyant quelques feuilles de choux rouge) puis lui ajouter quelques gouttes d'acétate d'ammonium : remarquer que le mélange prend une couleur bleue.

Interpréter ces résultats.

Au début, les cellules se plasmolysent par perte d'eau car la solution d'acétate d'ammonium à 4% est concentrée. Mais la vacuole devient bleue après l'entrée de l'acétate d'ammonium, et d'eau entraînant la déplasmolyse.

La substance dissoute passe du milieu extérieur dans la vacuole de la cellule.

De façon générale, la cellule vivante échange les substances dissoutes avec son milieu.

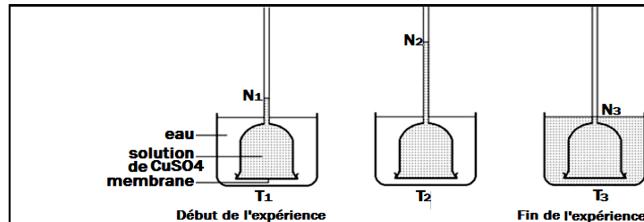
III- Interprétation des échanges cellulaires

Activité6

Comment réaliser l'expérience de Dutrochet et l'utiliser pour expliquer les échanges cellulaires.

Protocole expérimental :

L'osmomètre de DUTROCHET est un entonnoir dont la grande ouverture est fermée par une membrane de cellophane ou de vessie de porc.



Dans un cristallisoir contenant de l'eau distillée, on plonge l'extrémité élargie d'un entonnoir fermée par une membrane de cellophane (pellicule transparente fabriquée à partir d'un hydrate de cellulose).

L'entonnoir contient une solution de sulfate de cuivre (bleue).

On obtient les résultats du document ci-dessus.

Analyser puis expliquer ces résultats.

- Au temps T_1 , le niveau dans l'osmomètre atteint N_1 .
- Au temps T_2 , le niveau dans l'osmomètre monte pour arriver à N_2 car l'eau passe (à travers la membrane) du milieu le moins concentré ou hypotonique (eau du cristallisoir) au milieu le plus concentré ou hypertonique (solution de sulfate de cuivre).
- Au temps T_3 , le niveau dans l'osmomètre redescend jusqu'à atteindre N_3 (le même niveau que l'eau dans le cristallisoir). La couleur de l'eau dans le cristallisoir devient bleue (couleur du sulfate de cuivre) indiquant le passage du sulfate de cuivre du milieu hypertonique vers le milieu hypotonique. Ce passage fait augmenter la pression osmotique du liquide dans le cristallisoir et favorise la sortie d'eau de l'osmomètre et par conséquent la diminution du niveau.

A la fin de l'expérience, on atteint un équilibre entre la pression osmotique du liquide qui se trouve dans le cristallisoir et celui qui se trouve dans l'osmomètre : les deux solutions sont alors dites isotoniques.

Conclusion :

La loi de l'osmose fait que l'eau va toujours du milieu hypotonique vers le milieu hypertonique. Le milieu hypertonique étant celui qui a la plus forte molarité ; c'est-à-dire la plus forte concentration molaire en soluté. Le milieu hypotonique est celui qui a la plus faible molarité.

La loi de diffusion (dialyse) quant à elle, fait que les solutés (matières dissoutes) passent du milieu hypertonique au milieu hypotonique.

NB : La paroi en porcelaine poreuse ne laisse traverser que l'eau : elle est dite hém- ou semi-perméable.

Activité

7

Comment calculer la pression osmotique d'une solution.

- Sachant que la formule générale du saccharose est $C_{12}H_{22}O_{11}$ et que la température est de 20 °C,
- calculez la pression osmotique d'une solution de saccharose dont la concentration est de 100 g/L.
- Calculez la pression osmotique d'une solution de chlorure de sodium dont la concentration est de 9 g/L, sachant que la température est de 37 °C.

Atome	Carbone	Oxygène	Hydrogène	Sodium	Chlore
Masse atomique	12	16	1	23	35.5

■ Calcul de la pression osmotique de la solution de saccharose : $PO = R \cdot n \cdot C \cdot T$

$$R = 0.082 \quad C = 100 \text{ g/L} \quad T = 20 \text{ °C} = 20 + 273 = 293 \text{ K}$$

$$M = (12 \times 12) + (22 \times 1) + (11 \times 16) = 342 \text{ g/mol}$$

$$PO = 0.082 \cdot 100 / 342 \cdot 293 = 7,03 \text{ atm}$$

R= Constante des gaz parfaits
n= C/M
C= Concentration
M= Masse molaire
T= t°+273

■ Calcul de la pression osmotique de la solution de chlorure de sodium :

Le chlorure de sodium NaCl se dissocie en deux ions : Na^+ et Cl^- .

$$R = 0.082 \quad C = 9 \text{ g/L} \quad T = 37 \text{ °C} = 37 + 273 = 310 \text{ K}$$

$$M = (1 \times 23) + (1 \times 35.5) = 58.5 \text{ g/mol} \quad i=2$$

$$PO = 2 \times 0.082 \cdot 9 / 58.5 \cdot 310 = 7,57 \text{ atm}$$

La pression osmotique est fonction de la concentration en masse du corps dissous, de son ionisation, de sa masse molaire et de la température.

$$PO = \pi = R \cdot C/M \cdot T$$

PO : pression osmotique en atmosphère (1 atm = 10^5 Pa).

R : constante universelle des gaz parfaits (= 0.082).

C : concentration (g/L).

M : masse molaire (g/mol).

T : température de la solution ($^{\circ}$ K)

Remarque : Pour les substances ionisables, on doit prendre en compte le nombre d'ions dans le calcul de la pression osmotique.

$$PO=\pi=iR \cdot C/M \cdot T \quad \text{avec } i = \text{nombre d'ions}$$

IV- Notion de diffusion libre, de transport actif, de diffusion facilitée et de diffusion orientée :

Activité

8

Quelle(s) différence(s) existe-t-il entre ces différentes notions ?

- On se propose d'étudier la perméabilité d'une cellule au glucose et au mannitol. Pour cela, on utilise la technique de marquage isotopique.

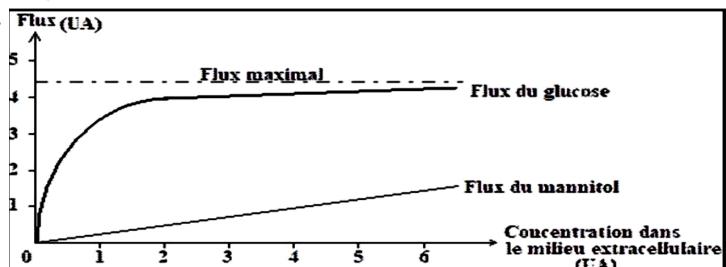
Le marquage isotopique consiste

à remplacer dans la molécule

que l'on désire étudier, un atome normal

(non radioactif) par un atome radioactif

de manière à pouvoir l'utiliser comme



traceur. Le graphique ci - contre résume les résultats obtenus :

Analyser ce document et déduire sachant que la masse molaire du glucose est de 180g/mol et celle du mannitol de 182 g/mol.

- Le flux du mannitol radioactif augmente linéairement en fonction de la concentration du milieu extracellulaire. Il atteint à peu près 1.5 UA pour une concentration extracellulaire de 6 UA.

Le flux du mannitol est proportionnel à la concentration de glucose extracellulaire : c'est une diffusion libre.

- Le flux du glucose augmente rapidement (il atteint 4UA) lorsque la concentration extracellulaire est inférieure à 2UA. Quand cette concentration dépasse 2UA, le flux du glucose continue à augmenter mais de façon moins rapide (il s'approche du flux maximal).

Pour une même concentration extracellulaire, le flux du glucose est toujours supérieur à celui du manitol bien que leurs masses molaires soient presque égales.

Le flux réel du glucose montre que la diffusion est plus efficace et accélérée. De plus elle est saturée à une certaine concentration de glucose extracellulaire : on dit que la diffusion du glucose est facilitée. On ne peut expliquer ces résultats que si on considère l'existence de facteurs facilitant le passage du glucose à travers la membrane cytoplasmique.

- L'étude de la plasmolyse des cellules d'épiderme d'oignon préalablement placées dans une solution de rouge neutre à 1 g/l, pH = 7,4; montre que les vacuoles sont de plus en plus colorées : l'eau sort mais le rouge neutre reste.

Interpréter les résultats obtenus.

Le rouge neutre ne traverse la membrane que dans un seul sens : sa diffusion est dite orientée.

Lorsqu'une substance traverse la membrane plasmique suivant un gradient décroissant, on peut considérer que sa diffusion à travers la membrane est une diffusion libre. C'est essentiellement le cas de l'eau, des gaz dissous et parfois de certaines substances dissoutes.

Lorsqu'une substance traverse la membrane contre un gradient décroissant, il s'agit d'un transport actif qui nécessite une dépense d'énergie par la cellule. C'est le cas de la plus part des substances dissoutes.

Les phénomènes de diffusion facilitée et de diffusion orientée s'expliquent par l'existence au niveau de la membrane des molécules particulières (protéines) ayant une activité qui dépend du type de molécule à transporter.

V- Notion et types de perméabilité

Activité

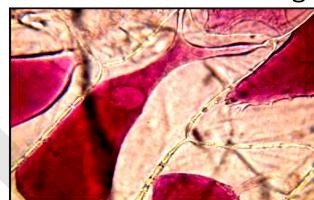
9

Quels sont les principaux types de perméabilité cellulaire ?

Manipulations :

- Si on dépose un lambeau d'épiderme d'oignon non coloré dans une solution de rouge neutre à 1%, pH= 7,4, on s'aperçoit au bout de quelques temps qu'il est coloré, les vacuoles paraissent plus colorées que ce liquide extérieur (document ci-contre).

Si ensuite, on place le lambeau coloré dans de l'eau, on constate qu'il n'y a pas sortie de rouge neutre quel que soit le temps.



- Monter un fragment d'épiderme de Tulipe rouge dans une goutte d'une solution de formamide ($\text{H}-\text{CONH}_2$) à 10%. Constater, 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. Constatер que les cellules placées dans la solution sucrée sont toujours plasmolysées. La quantité de saccharose absorbée est nulle ou négligeable.
 - Dans les conditions physiologiques, l'absorption de l'eau est plus rapide que celle des substances dissoutes.

Analyser respectivement ces observations.

- Le rouge neutre ne traverse la membrane que dans un seul sens : sa diffusion est dite orientée. Le cytoplasme est donc perméable au rouge neutre, mais il s'agit d'une perméabilité à sens unique : perméabilité orientée.
 - 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. On ne saurait donc parler de semi-perméabilité, mais de perméabilité différentielle.
 - L'absence d'absorption de saccharose montre que la perméabilité du cytoplasme est non seulement différentielle, mais aussi 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 : on parle de transport actif. L'origine de cette énergie doit être recherchée dans le métabolisme.

VI- Endocytose/Exocytose

Activité

10

Comment expliquer les échanges de substances solides et liquides entre une cellule et le milieu extérieur ?

Les schémas ci-dessous décrivent les étapes d'une endocytose et d'une exocytose.

Expliquer ces étapes.

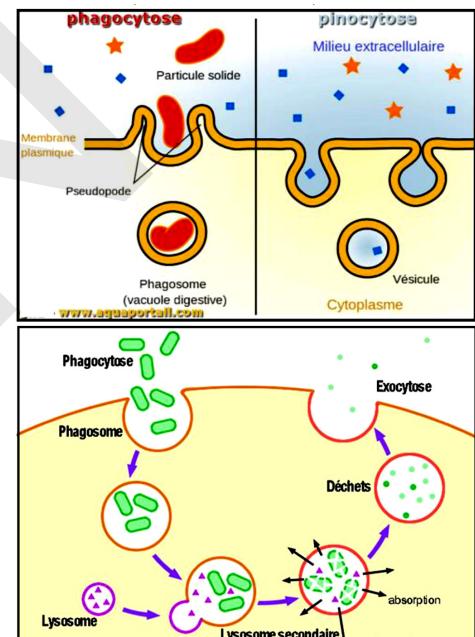
La perméabilité membranaire présentée précédemment correspond à un transport individuel (molécule après molécule).

La cellule présente aussi des échanges en masse de substances solides ou liquides de l'intérieur vers l'extérieur (exocytose) ou de l'extérieur vers l'intérieur (endocytose).

La phagocytose est l'ingestion et la digestion des particules solides par la cellule.

C'est un mécanisme permettant aux cellules d'internaliser des particules et des micro-organismes dans une vésicule appelée phagosome où les enzymes des lysosomes digèrent la particule. Contrairement à la phagocytose, la pinocytose consiste en l'entrée de fluides par invagination de la membrane cytoplasmique, avec détachement vers l'intérieur de la cellule d'une vésicule qui contient un liquide avec des molécules éventuellement dissoutes ou des particules solides en suspension. Ces vésicules spéciales sont appelées pinosomes ou vésicules pinocytaires.

NB: Les deux mécanismes font intervenir la fluidité et la déformation membranaire (invagination), travail qui nécessite une dépense d'énergie. En effet la présence d'un poison métabolique tel que le dinitrophénol (DNP) bloque les deux processus.



Je retiens :

La cellule vivante entretient des échanges avec son milieu de vie. Elle échange des molécules individuellement ou en masse.

Les échanges d'eau se font du milieu le moins concentré (milieu hypotonique) au milieu le plus concentré (milieu hypertonique) : c'est le phénomène de l'osmose.

Une cellule placée dans un milieu hypotonique gagne de l'eau : elle est dite turgesciente. Placée dans un milieu hypertonique, elle perd de l'eau : elle est plasmolysée.

Les échanges d'eau s'arrêtent quand les concentrations de part et d'autre de la membrane cellulaire deviennent égales : c'est l'isotonie.

La membrane plasmique permet l'échange de substances dissoutes du milieu hypertonique vers le milieu hypotonique : c'est le phénomène de diffusion (dialyse).

Il s'agit d'un transport passif (osmose et diffusion) où la cellule ne dépense pas d'énergie.

Dans le cas où elle dépense de l'énergie, on parle de transport actif.

Dans le cas de la diffusion libre, les échanges des solutés se font suivant le gradient de concentration et la vitesse des échanges est liée à la taille des molécules (ou des ions) et à leurs concentrations.

La diffusion facilitée se fait aussi suivant le gradient de concentration mais dans ce cas la membrane facilite le passage de certaines substances.

La membrane cellulaire laisse passer certaines substances et bloque d'autres : on parle de perméabilité sélective. Parmi les substances absorbées par la cellule, certaines traversent la membrane plus rapidement que d'autres : c'est la perméabilité différentielle. Si la substance passe dans un seul sens, on parle de perméabilité orientée.

Une membrane semi-perméable (ou hémipermeable) ne laisse passer que de l'eau et arrête le passage de toutes les molécules dissoutes ainsi que des ions.

La pression osmotique est la pression minimale qu'il faut exercer pour empêcher le passage d'un solvant (l'eau de façon générale) d'une solution moins concentrée à une solution plus concentrée au travers d'une membrane semi-perméable (hémipermeable). Elle peut être calculée selon la formule suivante :

$$PO = \pi = iR C/M T \quad \text{avec } i = \text{nombre d'ions.}$$

Le milieu hypertonique est celui qui a la plus forte molarité c'est-à-dire la plus forte concentration molaire en soluté. Le milieu hypotonique est celui qui a la plus faible molarité.

Je m' exerce

Exercice 1

Après avoir rappelé la définition de la notion d'osmose, décrivez une expérience de mise en évidence du phénomène d'osmose. Votre exposé sera structuré et illustré.

Exercice 2

Dans un exposé structuré et illustré, présentez les différents modes de transport de substances dissoutes à travers la membrane de la cellule vivante.

Exercice 3

On veut calculer la pression osmotique des cellules d'épiderme de feuilles de chou rouge dans les solutions de saccharose de concentrations différentes (tableau ci-dessous).

Au bout d'une demi-heure, on compte les cellules plasmolysées.

Concentration molaire des solutions	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Nombre de cellules plasmolysées sur 100 cellules observées	8	75	95	100	100

- ① Représentez, par un dessin précis, une cellule végétale plasmolysée.
- ② Construisez le graphe représentant le nombre de cellules plasmolysées en fonction de la concentration de la solution en saccharose.
- ③ Analysez puis interprétez méthodiquement ce graphe.
- ④ Pourquoi les cellules de l'échantillon ne se plasmolysent-elles pas simultanément pour une concentration donnée ?
- ⑤ Calculez la pression 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.

La température de la salle d'expérimentation est de 27°C.

Exercice 4

On laisse séjourner des cellules de pétales colorées de canna dans des solutions d'urée de concentrations différentes : Solution n°1 =12g/l ; Solution n°2 =13,5g/l ; Solution n°3 =15g/l.

On monte ensuite ces cellules entre lame et lamelle dans la solution où elles ont séjourné et on les observe au microscope, les pétales sont colorées en rouge. On a obtenu:

- dans la solution n°1 : vacuole très développée, occupant toute la surface de la cellule, décoloration rose.
 - dans la solution n°2 : vacuole plus petite et plus colorée, léger décollement de la membrane cytoplasmique.
 - dans la solution n°3: vacuole très rétractée, rouge très ...foncé... et le cytoplasme suivant la même modification.
- ① Représenter schématiquement une cellule de chaque préparation et annoter soigneusement.
- ② Interpréter chacun de ces résultats.
- ③ Calculer la pression osmotique du contenu cellulaire.
- ④ Quelle est la concentration exprimée en g/l d'une solution de Na Cl qu'il faudra utiliser pour obtenir sur les cellules de canna les mêmes phénomènes observés dans la solution n°1 d'urée ?

Exercice 5

① Les affirmations suivantes sont-elles VRAIES ou FAUSSES. Dans ce dernier cas, donner la réponse juste :

- a) La diffusion des substances dissoutes à travers une membrane perméable prend le nom de dialyse.
- b) On appelle exocytose la sortie des particules non dissoutes hors de la cellule.
- c) En arrosant des plantes fanées, nous faisons la mise en évidence de la déplasmolyse spontanée.
- d) La perméabilité est différentielle si la membrane laisse passer certaines substances dissoutes et non d'autres.
- e) Le passage des gouttelettes lipidiques lors de l'absorption intestinale est un exemple de pinocytose.
- f) La membrane cellulosique ne peut pas résister à une entrée excessive d'eau. Elle peut s'éclater.

② Des feuilles de salade sont placées dans une solution de vinaigrette.

Après une demi-heure, les feuilles de salade deviennent flasques ou molles, le volume de la solution de vinaigrette augmente.

a) Expliquer ce phénomène.

b) Faire le schéma annoté d'une cellule de ces feuilles de salade devenues flasques.

③ Dans un tube à essai contenant une solution de Na Cl à 0,1%, on ajoute quelques gouttes de sang incoagulable.

- a) Convertir la concentration de la solution de Na Cl à 0,1% en gramme par litre.
- b) Calculer la concentration massique (exprimée en g/l) d'une solution de Na Cl (corps électrolyte) isotonique à la solution d'urée $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ à 0,5 (corps non électrolyte)

On donne : C = 12 ; O = 16 ; N = 14 ; Na = 23 ; Cl = 35,5

- c) Après un certain moment, on remarque que le liquide surnageant devient rouge et au fond du tube se dépose un culot incolore qui renferme des débris de membranes globulaires.

Interpréter ces résultats observés et en conclure.

Exercice 6

On a plongé les cellules épidermiques de pétales d'une fleur, préalablement ...colorées..., dans des solutions d'urée de concentrations différentes :

- **solutions 1** : urée 1 %
- **solution 2** : urée 1,8%
- **solution 3** : urée 6 %

Ainsi, après l'observation au microscope optique, toutes les vacuoles deviennent rouges,

- dans la solution 1 : vacuole de grande taille
- dans la solution 2 : cellule normale
- dans la solution 3 : vacuole petite, rouge

① Quel colorant utilise-t-on dans ce cas ?

- ② a - Indiquer les phénomènes des échanges dans la solution 1 et la solution 3.
b - Représenter à l'aide de schémas annotés les aspects des cellules dans la solution 1 et 3.

③ Dans la solution 2, on peut calculer la pression osmotique du milieu interne de la cellule.

Calculer cette pression osmotique sachant que la température ambiante est 20°C.

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

Exercice 7

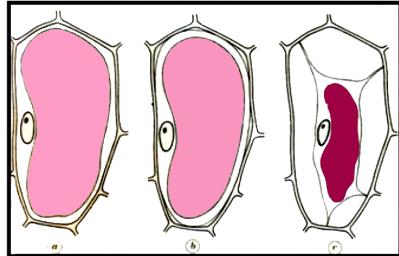
I- On monte entre lame et lamelle des cellules végétales, colorées par du rouge neutre dilué, dans des solutions d'urée de concentrations différentes, et on les observe immédiatement au microscope. La figure suivante représente l'aspect des cellules dans les différents milieux de montage :

- 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 8

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

- 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.
- 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 9

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 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 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. ($\text{C} = 12 ; \text{H} = 1 ; \text{O} = 16 ; \text{Na} = 23 ; \text{Cl} = 35,5.$).

Exercice 10

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

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).

- Représenter par un dessin précis une cellule végétale plasmolysée.
- 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.

Exercice 11

① Expliquer les mécanismes des échanges cellulaires en reliant par des flèches les phénomènes et les éléments échangés suivants :

PHENOMENES

a- OSMOSE

b- DIALYSE

c- PINOCYTOSE

d- PHAGOCYTOSE

ELEMENTS ECHANGES

1- Liquide

2- Solide

3- Substances dissoutes

4- Eau

② Comparer dans un tableau la différence entre les transports ACTIFS et les transports PASSIFS,

③ L'eau peut entrer dans la cellule par un phénomène A qui peut être spontané ou provoqué.

a- Déterminer A.

b- Compléter le tableau suivant :

Phénomènes	A spontané	A provoqué
Etat de la cellule initiale		
Condition(s) de l'expérience		
Type de milieu extracellulaire		
Mouvement de l'eau		

Exercice 12

Pour étudier la pression osmotique, on a pratiqué des expériences avec des Cylindres de pomme de terre de 50 mm de haut et de 5 mm de diamètre. On a préparé 6 cylindres ; on place les 5 cylindres dans 5 tubes à essai contenant des solutions différentes à concentrations croissantes.

Tubes	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
Solutions	Eau distillée	Solutions de saccharose			
		à 10%	à 20%	à 30%	à 40%
Longueurs des cylindres après 1h en mm	53	51,5	50	48,5	47

- ① Calculer la concentration molaire de chaque tube (représenter les réponses sous forme de tableau).
- ② Représenter graphiquement ces résultats en fonction de la concentration de la solution de chaque tube.
(En abscisse : les concentrations - en ordonnée : les longueurs).
- ③ Analyser ces expériences et ces résultats pour préciser la concentration du suc vacuolaire des cellules des pommes de terre.
- ④ En déduire la pression osmotique au niveau des cellules de pomme de terre.

On donne : C = 12 O = 16 H=1 Glucose C₆H₁₂O₅ Saccharose C₁₂H₂₂O₁₁.

Exercice 13

On découpe 8 morceaux de pomme de terre de même dimension (30 mm de longueur). Chaque morceau est plongé dans un tube à essai contenant une solution de saccharose. Quelques heures plus tard on mesure la longueur de ces morceaux. Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

Concentration de la solution de saccharose (en mol/L)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Longueur des morceaux de pomme de terre (en mm)	31.6	30.5	29.7	29.1	28.5	28.4	28.4	28.4

- ① Réalisez l'histogramme représentant l'évolution de la longueur des morceaux de pomme en fonction de la concentration de la solution de saccharose.

Echelle : Concentration : 0.1 mol/L → 1 cm.

Longueur des morceaux de pomme de terre : 0.5 mm → 1 cm.

- ② Analysez l'histogramme obtenu.

- ③ Donnez une hypothèse (ou des hypothèses) pour expliquer la variation de la longueur des morceaux de pomme de terre.

J'approfondis mes connaissances :

Document 1 : La membrane plasmique

«La membrane plasmique est une structure appropriée aux échanges. Son analyse chimique montre qu' elle est essentiellement formée de protéines et de lipides (75 lipides pour 1 protéine).

L' observation au ME montre l'architecture de la membrane plasmique : c'est une double couche de lipides dans laquelle sont imbriquées des protéines globuleuses et volumineuses. Ces molécules bougent les unes par rapport aux autres, conférant à la membrane sa fluidité et son aptitude aux déformations, base des échanges en masse.

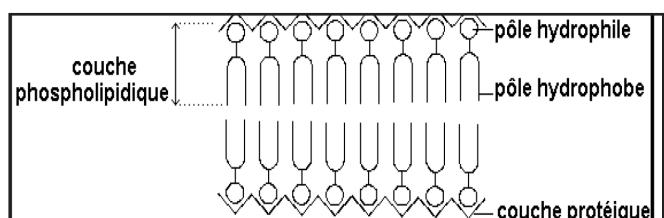
Les molécules liposolubles passent à travers les lipides ; les substances hydrosolubles de faible poids moléculaire passent par les protéines de transport. Certaines substances protéiques ou polypeptides de grande taille se fixent sur une protéine membranaire à l'extérieur et engendrent un signal que la cellule perçoit.

Par sa composition et sa structure, la membrane est ainsi adaptée aux échanges individuels et en masse entre la cellule et les cellules voisines ou l'environnement » tcsvt.pressbooks.com.

«La membrane cytoplasmique est formée de deux couches sombres (de 20 Å d'épaisseur) séparées par une couche claire (de 35 Å d'épaisseur).

Les analyses chimiques ont montré que les membranes cellulaires sont essentiellement composées de phospholipides (lipides contenant un acide phosphorique H_3PO_4) et de protéines. Elles contiennent aussi du cholestérol et des polysaccharides.

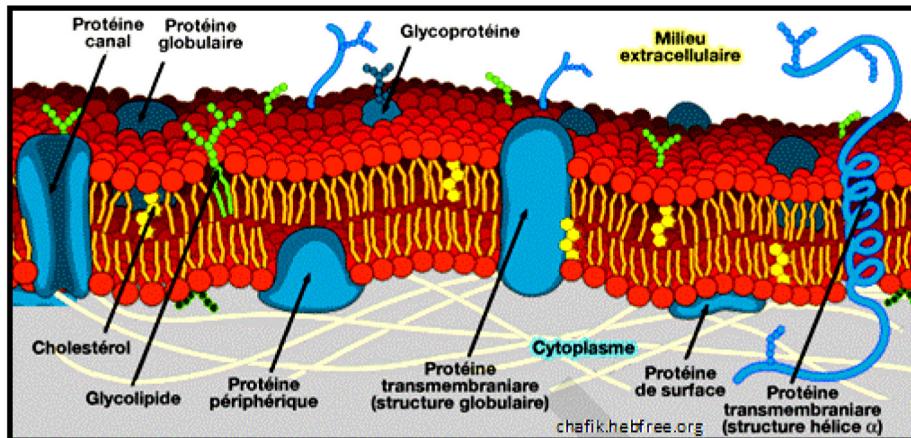
Les phospholipides sont des molécules qui ont deux pôles, une « tête » hydrophile (qui a une affinité pour l'eau) et deux « queues » hydrophobes (qui repoussent l'eau).



En 1935, James Frederic Danielli et Hugh Davson, formulent l'hypothèse selon laquelle les membranes cellulaires sont composées de deux couches de lipides prises en sandwich entre deux couches de protéines.

En 1972, Jonathan Singer et Garth Nicholson repensent l'hypothèse de Danielli et Davson et décrivent le modèle de la mosaïque fluide. La membrane est toujours organisée en bicouche mais les têtes polaires

des phospholipides sont directement en contact avec l'eau. Les protéines membranaires « flottent » dans ou en surface des lipides.



La paroi pecto-cellulosique est formée de deux couches claires de cellulose (un polysaccharide) et une couche sombre de pectine (un polysaccharide) qu'on appelle la lamelle moyenne. Les plasmodesmes sont des canaux traversant la paroi pectocellulosique des cellules végétales et qui relient les membranes plasmiques et les cytoplasmes des cellules adjacentes permettant ainsi les échanges intercellulaires. Leurs diamètres font entre 20 et 40 nm. »chafik.hebfree.org

Document 2 : La dialyse, un processus de filtration

« La dialyse est un processus de filtration par lequel les déchets sont séparés des substances indispensables au fonctionnement de l'organisme. Ce processus de filtration a lieu à travers une cloison partiellement perméable (membrane dite biocompatible, c'est-à-dire compatible avec le sang et exposant donc le patient à un très faible risque d'effets secondaires). Les déchets contenus dans le sang s'écoulent à travers la membrane dans le liquide de dialyse (de l'autre côté de la membrane). Ce liquide a une composition proche de celle du plasma sanguin. La membrane à travers laquelle se réalise la filtration est dite semi-perméable car elle laisse passer les petites molécules comme le sodium ou le potassium, mais retient les globules rouges et les protéines, par exemple.

Dans le cas de l'hémodialyse, le sang du patient est envoyé par un petit tuyau vers le rein artificiel, qui renferme les membranes de filtration et la solution de dialyse. Le sang, une fois filtré, est renvoyé vers

le patient. L'hémodialyse a lieu à l'hôpital, dans un centre d'autodialyse ou à domicile.

De plus en plus répandue, l'hémodiafiltration est une technique très proche de l'hémodialyse.

Elle se pratique soit dans un centre de dialyse hospitalière soit dans un centre d'autodialyse.

Elle a l'avantage d'améliorer la tolérance à la perte d'eau et de sel (ultrafiltration) et permet un meilleur contrôle des paramètres biologiques et une épuration de certaines toxiques urémiques

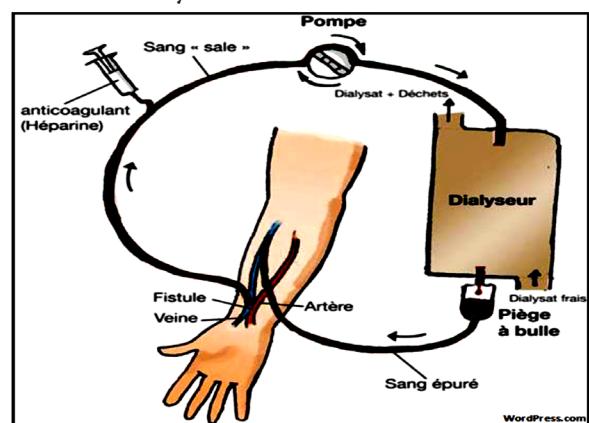
(meilleur contrôle de la kaliémie, du taux de phosphates, de l'acidose...).

Les patients peuvent également opter pour la dialyse nocturne de longue durée (6 à 8 heures 3 fois par semaine). Cette technique permet à certains patients de poursuivre leur activité professionnelle. Comme l'hémodiafiltration, elle offre l'avantage de garantir une meilleure tolérance ainsi qu'un meilleur contrôle des différents paramètres.

Dans le cas de la dialyse péritonéale, le sang n'est pas conduit à l'extérieur du corps, mais c'est le péritoine du patient, c'est-à-dire la membrane qui recouvre les organes de l'abdomen, qui sert de membrane de filtration. La solution de dialyse est amenée jusque dans le ventre par un tube ou cathéter. La dialyse péritonéale a lieu à domicile. » Dr Peter Mareen in fr.medipedia.be

Document 3 : Quelques définitions

- Un milieu hypertonique, par opposition à hypotonique, a une pression osmotique plus élevée qu'un fluide particulier, typiquement un fluide corporel ou un fluide intracellulaire.
- L'équilibre de la concentration des solutés est dit isotonique.
- La solution hypertonique est la solution qui présente le plus de concentration de soluté qu'une autre solution dont elle est séparée par une membrane semi-perméable.
- L'osmolarité est la concentration totale de tous les solutés dans la solution. Une solution à faible osmolarité a moins de particules de soluté par litre de solution, à l'inverse d'une solution à osmolarité élevée.
- La tonicité d'une solution extracellulaire est sa capacité à faire entrer ou sortir de l'eau d'une cellule par osmose.



- Un gradient est une variation progressive et continue, d'un facteur physique (température) ou chimique (ions), d'une valeur maximale vers une valeur minimale (gradient décroissant) ou inversement (gradient croissant). Les substances non ionisées suivent un gradient de concentration, les ions un gradient électrochimique, les gaz dissous un gradient de pressions partielles.

J'utilise mes connaissances :

Projet de classe :

A la fin du chapitre 1, les élèves en sous-groupes réalisent une investigation montrant l'interdisciplinarité des sciences :

- Un groupe explique les échanges cellulaires à partir de la Physique : lois physiques, osmomètre etc.
- Un groupe explique l'échange cellulaire à partir de la Chimie : formules chimiques, concentration, molarité. etc.
- Un groupe explique l'échange cellulaire à partir des Mathématiques : calcul de la pression osmotique, etc.
- Un groupe explique l'échange cellulaire à partir de la biologie.

Chaque groupe rédige un rapport en concertation avec le professeur de français.

IPN

CHAPITRE II : ALIMENTATION ET DIGESTION CHEZ L'HOMME

Je découvre :

I- Etude d'un aliment

Activité

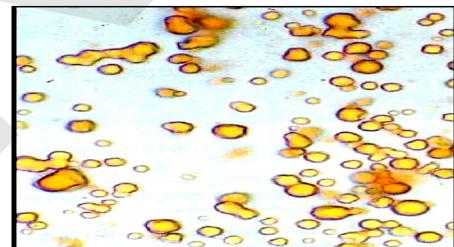
1

Comment mettre en évidence les constituants organiques du lait ?

Manipulations :

Expérience 1 : Mise en évidence des lipides :

- Ajouter une pointe de Soudan III (colorant électif des lipides) à une goutte de lait;
- Monter entre lame et lamelle puis observer au microscope ;
- Observer les résultats obtenus (voir document ci-contre).
- Abandonner du lait entier frais dans un récipient ;
- Observer quelques heures plus tard, à la surface, une couche de crème qui s'épaissit progressivement.



Expérience 2 : Mise en évidence des protides :

- Faire bouillir du lait cru puis le laisser refroidir;
- Prélever la frangipane (mince pellicule formée à sa surface) ;
- Fragmenter la frangipane en petites boulettes que l'on place respectivement dans deux tubes à essais:
 - dans le premier, réaliser la réaction du biuret, consistant à verser dans le tube une solution de soude puis ajouter deux gouttes d'une solution de sulfate de cuivre.
 - dans le second, réaliser la réaction xanthoprotéique qui consiste à verser dans le tube de l'acide nitrique puis chauffer. Ensuite rincer boulettes de frangipane jaunies avant d'ajouter de l'ammoniaque.

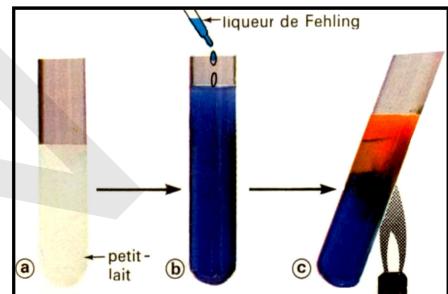


- Observer les résultats obtenus (voir documents ci-contre).
- Dans un tube à essai contenant du lait, ajouter quelques gouttes d'acide acétique ;
- Constater que le lait ...caillé... (coagulation). Il se forme un caillot et du petit-lait ;
On sépare le caillé en le filtrant : le liquide recueilli est appelé, le petit-lait,
- Réaliser la réaction du biuret sur le caillot. Elle se révèle positive. Le caillot est donc de nature protéique.

NB. Le lait peut « cailler », ou « tourner ». On peut faire cailler du lait en lui ajoutant de la présure ou des fermentations comme dans la fabrication des yaourts.

Expérience 3 : Mise en évidence des glucides :

- Mettre quelques cm³ de petit-lait dans un tube à essai (a);
- Ajouter quelques gouttes de soude pour neutraliser ;
- Ajouter le même volume de liqueur de Fehling (b)
puis porter à ébullition (c);
- Observer les résultats obtenus (voir document ci-contre).



Analyser respectivement ces expériences et déduire.

- On remarque la présence de nombreuses gouttelettes sur un fond homogène : ce sont des globules de crème en émulsion dans le lait écrémé.

Ce sont ces gouttelettes qui remontent en surface et forment la crème.

On constate que cette crème est onctueuse au toucher et donne sur le papier une tâche translucide qui ne disparaît pas à la chaleur. Le lait est donc une émulsion stable de lipides dans un liquide aqueux. Ces lipides constituent la crème avec laquelle on fabrique le beurre (Expérience 1).



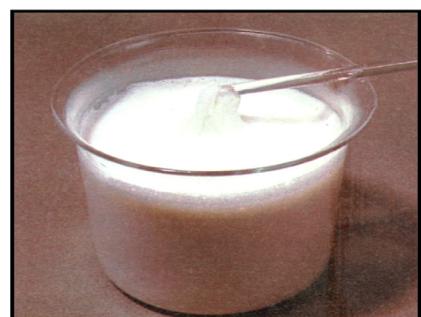
- Les boulettes de frangipane se colorent alors en violet. La réaction biuret est positive.

Les boulettes de frangipane se colorent en jaune.

Quand on ajoute de l'ammoniaque, la coloration passe à l'orange.

La réaction xanthoprotéique est encore positive.

Le fait que la réaction du biuret soit positive indique que la frangipane renferme des protéines.



La réaction xanthoprotéique étant également positive, on peut dire que des acides aminés particuliers entrent dans la composition de ces protéines. Celles-ci sont la lactoglobuline et l'albumine du lait ou lactalbumine. Comme la quasi-totalité des protéines, elles coagulent sous l'action de la chaleur, d'où la formation de la frangipane (Expérience 2).

Le lait renferme en effet un second protide qui exceptionnellement n'est pas coagulable par la chaleur. Il s'agit d'une phosphoprotéine appelée caséinogène. Sous l'action de l'acide, celui-ci se transforme en deux molécules de caséine qui coagule (Expérience 2).

Lors de la rétraction du caillot, le petit-lait en est expulsé.

- On note l'apparition d'un précipité rouge brique. La réaction met en évidence la présence d'un sucre réducteur dans le petit-lait : le lactose (Expérience 3).

Le lait contient des lipides, des protides et des glucides.

Activité

2

Comment mettre en évidence les constituants minéraux du lait ?

Manipulations :

Expérience 1 : Mise en évidence de l'eau :

- Chauffer du lait de vache dans un tube à essai ;
- Observer les résultats.



Expérience 2 : Mise en évidence de quelques sels minéraux

- Prendre 4 tubes à essais A, B, C et D ;
- Mettre quelques ml de petit-lait dans chacun des 4 tubes :

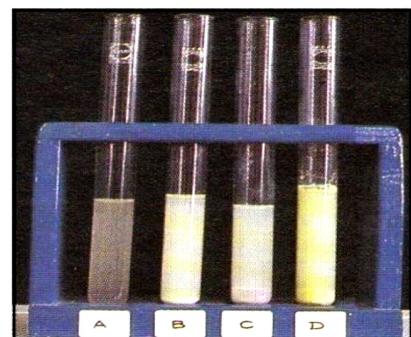
Tube A : Témoin ;

Tube B : ajouter quelques gouttes d'oxalate d'ammonium ;

Tube C : ajouter quelques gouttes de nitrates d'argent ;

Tube D : ajouter quelques gouttes de réactif molybdique ;

- Observer les résultats obtenus (document ci-contre).



Analyser respectivement ces expériences et déduire.

On constate l'apparition de gouttelettes d'eau dans la partie interne du tube mettant en évidence la présence de l'eau dans le lait (Expérience 1).

Tube B : un précipité blanc d'oxalate de calcium se dépose au fond du tube et décèle la présence de sels de calcium (Ca^{2+}) dans le petit-lait.

Tube C : un précipité blanc de chlorure d'agent qui noircit lentement à la lumière se dépose au fond du tube et décèle la présence de chlorures (Cl^-) dans le petit-lait.

Tube D : un précipité jaune serin de phospho-molybdate d'ammonium se forme au fond du tube et décèle la présence de phosphates (PO_4^{3-}) dans le petit-lait (Expérience. 2).

Le tableau suivant donne quelques réactifs caractérisant les principaux sels minéraux.

Réactifs ajoutés au filtrat	Réactions obtenues	Sels mis en évidence
Solution de nitrate d'argent	Précipité blanc de chlorure d'argent	Chlorures
Solution de chlorure de baryum	Précipité blanc de sulfate de baryum	Sulfates
Réactif ammoniaco-magnésien	Précipité blanc de phosphates ammonia-co-magnésiens	Phosphates
Acide picrique à saturation	Précipité en aiguilles jaunes de picrate de potassium	Sels de potassium
Solution d'oxalate d'ammonium	Précipité blanc d'oxalate de calcium	Sels de calcium
Solution d'acide chlorhydrique	Effervescence avec dégagement de CO_2	Carbonates

Le lait contient donc l'eau et plusieurs sels minéraux (chlorures, sels de calcium, phosphates...).

II- Types d'aliments

Activité

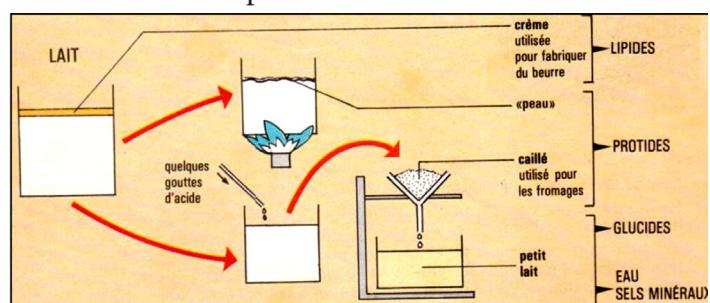
3

Comment peut-on distinguer les différents types d'aliments et leurs rôles ?

Le lait est sécrété par les glandes mammaires de la femme ou d'autres Mammifères : c'est un aliment d'origine animale.

Le document suivant résume la séparation de ses différentes composantes.

Au cours d'une journée, chaque aliment apporte des nutriments. Selon les aliments choisis, les quantités apportées ne sont pas les mêmes. Les glucides et les lipides sont



surtout source d'énergie. Les protides, les sels minéraux et l'eau sont source de matières. Les autres nutriments comme les vitamines et les oligoéléments sont nécessaires au bon fonctionnement des cellules.

Analyser brièvement le document pour dégager :

- la notion d'aliment simple et d'aliment composé ;
- les rôles des aliments.

L'eau, les sels minéraux, les glucides, les lipides, les protides et les vitamines sont pour l'Homme des aliments simples. Le lait, qui contient plusieurs aliments simples, est un aliment composé.

Un aliment simple est composé d'un seul type de substance.

Exemple : glucides, lipides, protides, vitamines, eau, sels minéraux...

Un aliment composé est un aliment constitué de plusieurs types de substances (composantes) organiques et minérales. Exemple : le lait et le pain.

On distingue ainsi différents groupes alimentaires :

- des éléments de synthèse comme les protéines et certains minéraux, qui ont un rôle au niveau des cellules en assurant leur croissance et leur développement ainsi que l'entretien du corps.
- des substances énergétiques, comme les glucides et les lipides, qui fournissent l'énergie utilisée dans la fabrication des cellules, dans la digestion et le maintien de certaines fonctions telles la régulation de la température entre autres.
- des substances régulatrices, comme l'eau, les vitamines et les sels minéraux, permettant l'utilisation efficace des substances énergétiques par le corps.

III-Alimentation équilibrée

Activité

4

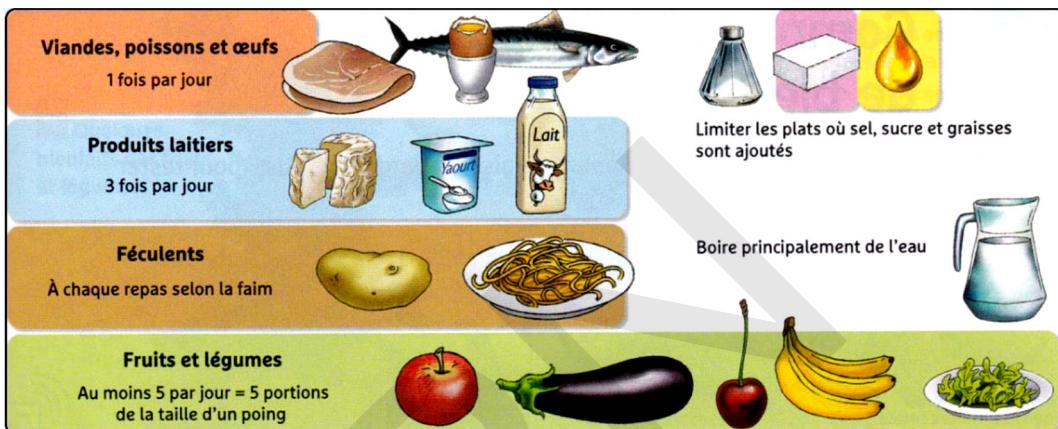
Quelles sont les caractéristiques d'une alimentation équilibrée ?

Document 1 : L'équilibre alimentaire.

«Un régime alimentaire peut être déséquilibré en raison d'une part de la mauvaise qualité des aliments

(trop de graisses, de sucres et d'alcool ou manque de vitamines ou de minéraux) et, d'autre part, de la qualité du régime alimentaire comme la répartition des repas, l'absence de petit-déjeuner, le grignotage ou l'excès de certains aliments. Dans ce dernier cas, cela veut dire que les aliments apportent plus d'énergie que l'organisme n'en dépense : le bilan énergétique est déséquilibré. Les capacités de stockage du « tissu gras » sont alors perturbées. L'individu prend du poids puis, s'il ne fait rien, devient obèse.

L'équilibre alimentaire ne peut se voir sur un seul repas.



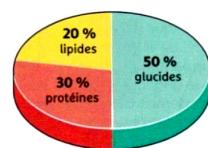
C'est plutôt sur une semaine que l'on peut faire un bilan. Il est possible d'avoir une alimentation équilibrée en suivant quelques conseils alimentaires élaborés par les médecins nutritionnistes».

Tiré de SVT cycle 4, Belin

Document 2 : Proportion de l'énergie alimentaire devant être apportée par les glucides, lipides et protides.

De nombreuses céréales sont riches en amidon, glucide complexe le plus courant.

Il existe également des glucides simples (comme le sucre) dont la consommation doit être limitée et qui ne sont pas nécessaires.

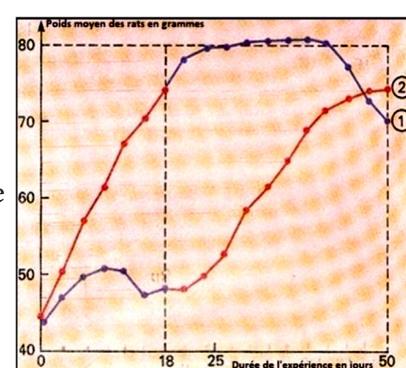


Document 3 : Alimentation carencée.

Manipulation :

■ **Expérience 1 :** Apport d'autres éléments

- Nourrir 2 lots identiques de jeunes rats avec une ration alimentaire équilibrée en glucides, protides et lipides ;
- Fournir aux rats du lot (1) en plus 3 cm³ de lait frais par jour, mais



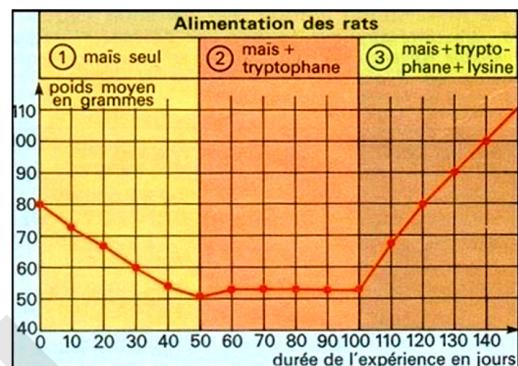
seulement jusqu'au 18^{ème} jour ;

- Inversement, donner aux rats du lot (2) ces 3 cm³ de lait frais à partir du 18^{ème} jour.

- Observer les résultats (voir document ci-contre).

■ **Expérience 2 : Acides aminés indispensables:**

- Nourrir de jeunes rats uniquement avec une protéine extraite du maïs (Zéine) ;
- Ajouter à cette alimentation un acide aminé, le tryptophane (présent dans le lait) ;
- Ajouter un deuxième acide aminé (présent aussi dans le lait), la lysine ;
- Observer les résultats (document ci-contre).



Document 4 : Les vitamines.

Une vitamine est une substance organique, nécessaire en faible quantité (moins de 100mg/jour, voir tableau ci-dessous) au métabolisme d'un organisme vivant et que l'organisme ne peut pas synthétiser.

Elles sont :

- nécessaires à son fonctionnement et à sa croissance,
- efficaces à très faible dose,
- dépourvues de valeur calorique,
- présentes en très faible quantité dans les aliments.

L'absence totale de vitamines ou leur présence en quantité insuffisante dans l'alimentation est responsable de maladies par carence ou avitaminoses.

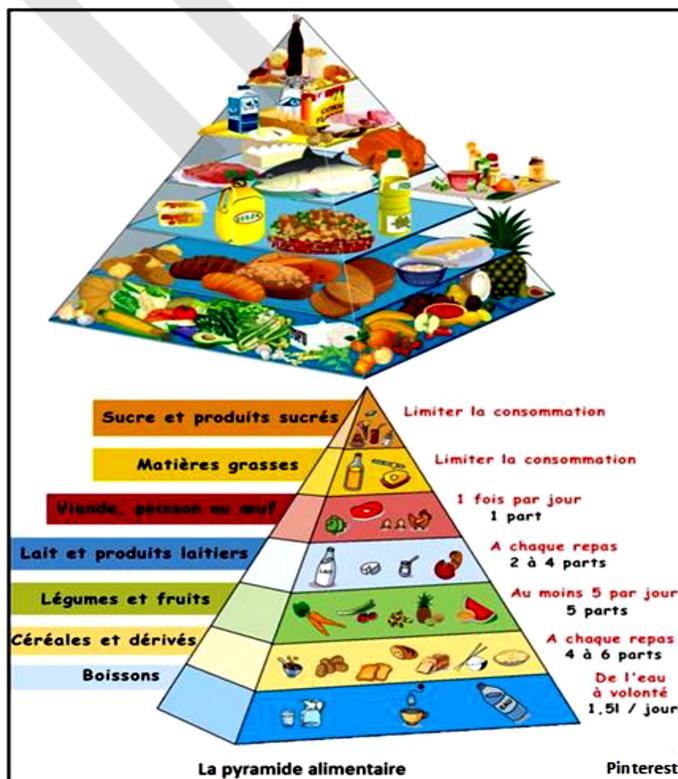
Les vitamines sont le plus souvent des cofacteurs de réactions enzymatiques mais leur lieu d'intervention au niveau moléculaire est encore, pour la plupart, mal connu.

Le tableau ci-dessous présente les principales vitamines.

Certaines sont solubles dans les lipides (vitamines A, D, E...); d'autres sont solubles dans l'eau (vitamines B, C, PP...).

	Dénomination	Conséquences de la carence	Rôle principal dans l'organisme	Besoins	Principales sources
Vitamines liposolubles	vitamine A (rétinol)	<ul style="list-style-type: none"> baisse de la vision crépusculaire perte de poids, arrêt de croissance trouble de l'édition osseuse chez l'enfant lésions de la cornée (xérophthalmie) 	<ul style="list-style-type: none"> formation du pourpre rétinien croissance développement normal des tissus 	0,75 mg/24 h	lait, œufs, foie d'animaux carottes (sous forme de provitamine A)
	vitamine D (calciférol)	rachitisme	métabolisme du phosphore et du calcium	0,01 mg/24 h	beurre, œufs, foie, poisson gras
	vitamine E (tocophérol)	troubles de la fonction de reproduction		10 à 25 mg/24 h	huiles d'origine végétale œufs, lait
	vitamine K	hémorragies	synthèse de la prothrombine (facteur essentiel de la coagulation du sang)	4 mg/24 h	légumes verts, peau d'orange, foie, œufs
Vitamines hydrosolubles	vitamine C (acide ascorbique)	scorbut	métabolisme cellulaire	30 à 60 mg/24 h	fruits, crudités
	vitamine B ₁ (thiamine)	béri-béri	respiration cellulaire (décarboxylation)	1,3 mg/24 h	légumes secs, céréales viande, lait, œufs
	vitamine B ₂ (riboflavine)	<ul style="list-style-type: none"> dermatoses lésions oculaires 	respiration cellulaire	1,5 à 2 mg/24 h	levure, céréales, lait, foie, œufs, viande
	vitamine B ₁₂ (cyanocobalamine)	<ul style="list-style-type: none"> mauvaise croissance de l'enfant anémie 	<ul style="list-style-type: none"> croissance formation des globules rouges 	0,001 à 0,002 mg/24 h	abats (foie, rein) viande
	vitamine PP (nicotinamide)	pellage	respiration cellulaire	15 à 20 mg/24 h	légumes secs, viande, abats, poissons

Document 5 : Alimentation variée et équilibrée.



Les besoins matériels sont satisfaits :

- Si les protéines sont par moitié d'origine animale (viande, poisson, laitages et œufs) et d'origine végétale (céréales et dérivés, légumes secs). Une telle variété aiguise l'appétit, facilite la digestion et apporte une solution au problème de la supplémentation des protéines (acides aminés indispensables). Elle établit un équilibre entre les aliments à déchets acides (viande, dérivés des céréales) et les aliments à déchets alcalins (légumes, lait et fromage), équilibre nécessaire au maintien de la réaction acido-basique du sang.
- Si les lipides sont par moitié d'origine animale (beurre, surtout source de vitamines A et D) et d'origine végétale (huile et oléagineux, sources d'acides gras indispensables).
- Si la ration comporte des légumes verts et des fruits frais (source de sels minéraux, vitamine C et de cellulose), du sel (ajouté aux aliments) et de l'eau (boissons).

Voici une ration-type exprimée en grammes par 24heures (d'après R. Lalanne) :

Lait :	200	Fromage :	30-50
Légumes cuits	500-800	Viande, poisson, œufs	80-100
Sucre :	10-20	Confiture :	25
Légumes crus	100-150	Beurre, huile, graisse :	30-50
Pain :	400-600	Fruits :	100 - 200
Pâtes :	30-50		

Document 6 : Exemple de ration alimentaire et facteurs influents.

Une alimentation rationnelle doit satisfaire les besoins de l'organisme, tout en ménageant les organes digestifs (estomac, intestin) et les organes excréteurs (foie, rein).

La ration dépend de l'âge, du sexe, de l'état physiologique et de l'activité du sujet ; elle varie également suivant les saisons et les climats.

La ration d'entretien est valable pour un Homme adulte en bonne santé, au repos relatif (vie sedentaire), dans un milieu à température moyenne. Dans ces conditions, le poids du sujet doit demeurer constant.

Pour un homme de 70 Kg, les besoins énergétiques sont de l'ordre de 2 300 kilocalories par jour.

Ces besoins peuvent être satisfaits par :

$$70 \text{ g de protides :} \quad 4 \times 70 = 280 \text{ kcal ;}$$

$$50 \text{ g de lipides :} \quad 9 \times 50 = 450 \text{ kcal ;}$$

$$400 \text{ g de glucides :} \quad 4 \times 400 = 1600 \text{ kcal.}$$

A partir de l'analyse des différents documents, définir :

- les principes d'une alimentation équilibrée ;

- la notion de ration alimentaire ;

- la notion de métabolisme de base.

● Une alimentation peut contenir plusieurs sortes d'aliments sans être équilibrée et provoquer par conséquent des troubles à l'organisme. Il faut varier les aliments et adopter une bonne répartition des repas quotidiens (Document 1).

● La nature des substances organiques sources des besoins en énergie doit être respectée dans des proportions bien précises (Document 2).

● Les glucides, protides et lipides, à eux seuls, ne suffisent pas pour permettre une croissance optimale des rats. Il faut donc d'autres éléments apportés par d'autres aliments comme le lait (Document 3, expérience 1).

Il existe des acides aminés indispensables à la croissance ne pouvant pas être synthétisés par le corps et qui doivent être apportés obligatoirement par l'alimentation (Document 3, expérience 2) : ce sont les acides aminés indispensables (essentiels). C'est le cas de la lysine et du tryptophane pour les rats.

● Les vitamines sont aussi des substances organiques indispensables à l'organisme même à faibles doses et qui doivent être apportées par l'alimentation journalière. Une carence en vitamine (avitaminose) peut porter préjudice au fonctionnement de l'organisme (document 4).

● Une alimentation équilibrée est une alimentation qui doit à la fois couvrir les besoins quantitatifs (dépenses énergétiques de l'organisme) et apporter les matériaux indispensables au son bon fonctionnement (c'est-à-dire satisfaire les besoins qualitatifs).

Pour cela, il faut donc :

- Connaitre les besoins de l'organisme à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif.

- Connaitre la composition des aliments et leurs valeurs énergétiques (Document 5).

- La ration alimentaire est la quantité d'aliments nécessaires à couvrir les besoins d'un individu pendant une journée. Les besoins énergétiques varient selon l'âge, l'activité physique, la température extérieure ... (Document 6).
- Un sujet allongé, immobile moyennement vêtu, à la température de 20°C et à jeun, a une dépense énergétique appelée métabolisme de base que l'on exprime en kilojoules. Ce métabolisme de base correspond au service physiologique minimal (contraction du cœur et des muscles respiratoires, vie des cellules ...). A ces besoins énergétiques de base s'ajoutent les dépenses exigées par les différentes activités du sujet (activités musculaires, maintien de la température du corps ...).

1g de glucide → 4 kcal

1g de protide → 4 kcal

1g de lipides → 9 kcal.

Les besoins qualitatifs ont été étudiés par différents moyens (méthode des bilans, expériences sur les animaux, analyse de carence alimentaires...). On a pu ainsi définir :

- Les besoins en eau :
- Les besoins en sels minéraux (et notamment en oligo-éléments, comme l'iode, le manganèse, le zinc ... dont les besoins bien que très faibles sont indispensables) ;
- Les besoins en protides (avec notamment la découverte des acides aminés indispensables). Des chercheurs ont obtenu une croissance normale de rats en remplaçant les protéines alimentaires par un mélange en proportion convenable des dix acides aminés indiqués dans le tableau suivant :

Rat	Homme
Valine	Valine
Leucine	Leucine
Isoleucine	Isoleucine
Phénylalanine	Phénylalanine
Tryptophane	Tryptophane
Histidine	Thréonine
Thréonine	Lysine
Arginine	Méthionine
Lysine	
Méthionine	

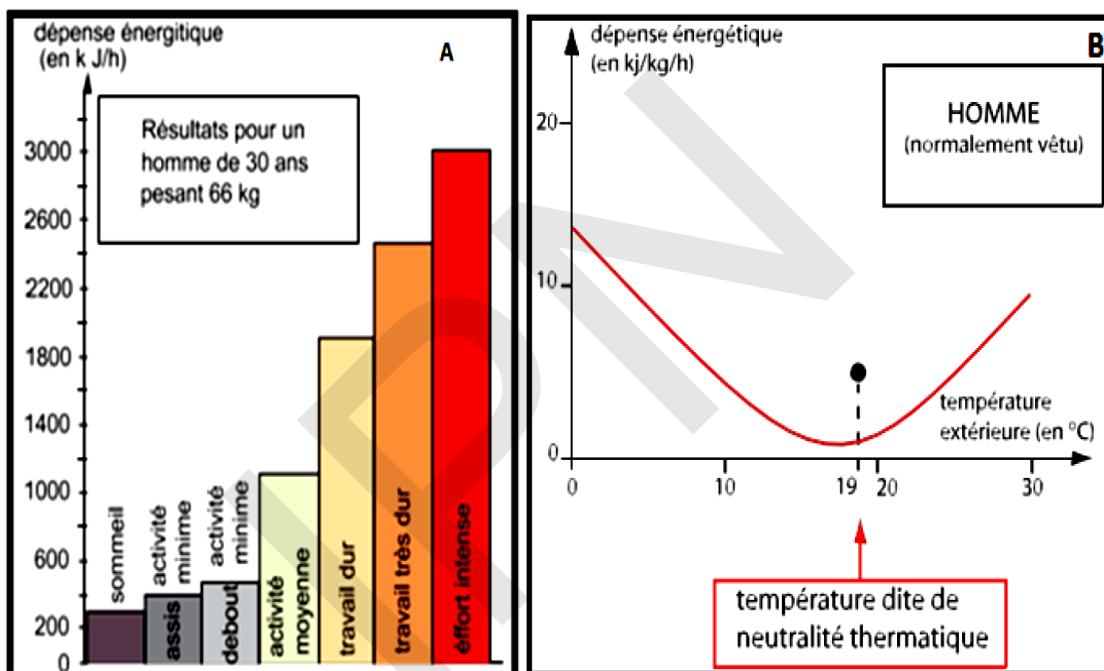
- Les besoins en lipides ;
- Les besoins en vitamines (voir tableau des vitamines).

Activité

5

Quels sont les facteurs qui influent la ration alimentaire?

Les documents A et B suivants représentent les dépenses énergétiques de différentes personnes dans différentes situations.



Analyser ces documents pour déduire des facteurs qui influent la ration alimentaire.

- Le document A montre que la dépense énergétique augmente avec l'activité physique.
- Le document B montre que cette dépense énergétique diminue avec la baisse des températures jusqu'à la température de neutralité thermique où elle est minimale, puis augmente avec la hausse des températures extérieures.

Une alimentation rationnelle doit satisfaire les besoins de l'organisme, tout en ménageant les organes digestifs (estomac, intestin) et les organes excréteurs (foie, rein).

La ration dépend de l'âge, du sexe, de l'état physiologique et de l'activité du sujet ; elle varie également suivant les saisons et les climats.

IV- La digestion

Activité

6

Comment réaliser une digestion in vivo et in vitro .

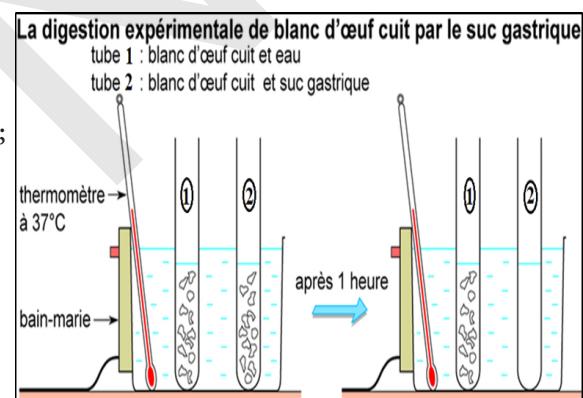
Manipulations :

Expérience 1 : Digestion du pain in vivo.

- Introduire un morceau de pain dans la bouche ;
- Noter le goût du pain au départ ;
- Malaxer le morceau de pain lentement et longuement ;
- Noter le goût de la pâte longuement mâchée.

Expérience 2 : Digestion de l'albumine par le suc gastrique in vitro.

- Préparer de l'albumine en versant de l'eau bouillante sur du blanc d'oeuf puis filtrer ;
- Prévoir un tube témoin sans suc gastrique (tube 2) ;
- Maintenir les 2 tubes à 37°C ;
- L'albumine étant insoluble dans l'eau, constater l'aspect blanchâtre des tubes à essais ;
- Observer le contenu des deux tubes après quelques minutes (document ci-contre).



Analyser l'expérience et conclure en définissant la notion d'enzyme.

- Imprégné par la salive, et écrasé par les dents, le morceau de pain devient une pâte.

Le pain est composé d'eau, de sels minéraux, de lipides (graisses), d'amidon cuit (glucides), de gluten (protides), de vitamines et de levure. Longuement mâché et imprégné de salive, le pain prend un goût plus ou moins sucré alors qu'avant il ne l'avait pas. Un constituant du pain a subi une transformation : l'amidon cuit du pain a été transformé en maltose dans la bouche grâce à une enzyme appelée amylase salivaire (expérience 1).

- En quelques minutes, le contenu du tube 1 s'éclaircit, celui du tube 2 conserve le même aspect. Sous l'action du suc gastrique, à la température de 37 °C, l'albumine a été transformée en substances solubles dans l'eau. C'est une substance présente en très petite quantité dans le suc gastrique qui est active. Cette

substance est une enzyme digestive : la pepsine.

La pepsine favorise des réactions chimiques qui fragmentent les chaînes d'albumine en molécules plus simples et plus courtes : les polypeptides (expérience 2).

Il s'agit de reconstituer *in vitro* les conditions auxquelles l'albumine est soumise dans l'estomac : présence de suc gastrique et température d'environ 37°C (tube 1).

Cette réaction chimique qui nécessite la présence d'eau, s'appelle une hydrolyse.

Activité

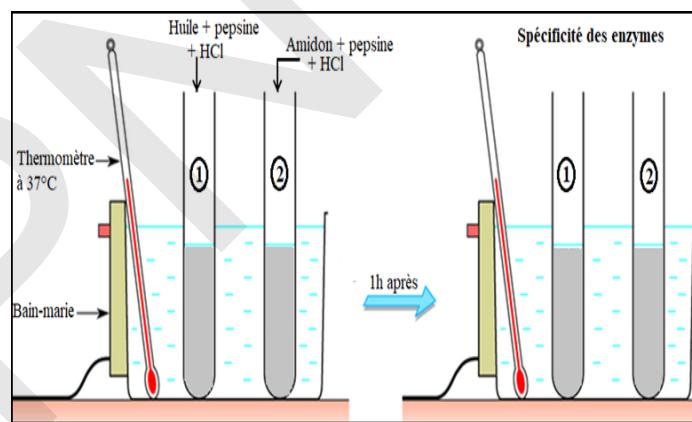
7

Quelles sont les conditions optimales d'action d'une enzyme ?

Manipulations :

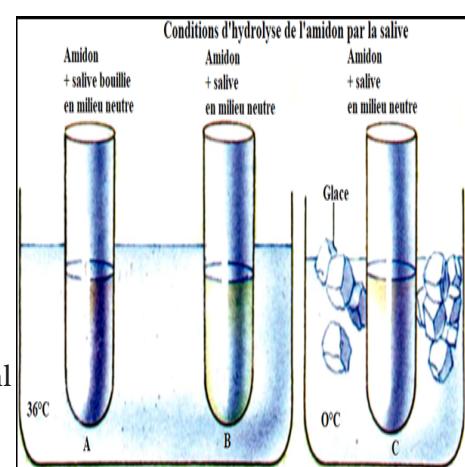
Expérience 1 : Spécificité des enzymes.

- Disposer de deux tubes à essais ;
- Mettre dans le premier un peu d'huile, de la pepsine et quelques gouttes de (HCl) ;
- Mettre dans le second un peu d'amidon, de la pepsine et quelques gouttes de (HCl) ;
- Placer les deux tubes à 37°C ;
- Au bout de 30 minutes, observer le résultat (voir document ci-contre).



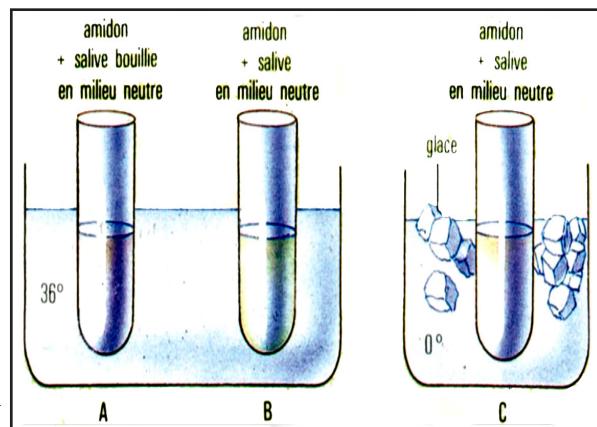
Expérience 2 : Activité enzymatique.

- Disposer de 3 tubes à essais ;
 - Mettre dans le tube A : 10 ml de solution d'amidon à 1% + 1ml de solution d'amylase salivaire ;
 - Mettre dans le tube B : 10 ml de solution d'amidon à 1% + 1 ml de solution d'amylase salivaire + quelques gouttes de HCl ;
 - Mettre dans le tube C : 10 ml de solution d'amidon à 1% + 1 ml de solution d'amylase salivaire + NaOH ;
 - Observer les résultats (voir le document ci-contre).
- Une demi-heure plus tard, pratiquer le test à la liqueur de Fehling sur le contenu des trois tubes : Le précipité rouge brique caractéristique d'un sucre réducteur apparaît seulement dans le tube A.



Expérience 3 : Activité enzymatique (suite).

- Disposer de 3 tubes à essais ;
- Mettre dans le tube A : 10 ml de solution d'amidon à 1% + 1ml de salive bouillie en milieu neutre ;
- Mettre dans le tube B : 10 ml de solution d'amidon à 1% + 1ml de salive en milieu neutre ;
- Mettre dans le tube C : 10 ml de solution d'amidon à 1% + 1ml de salive en milieu neutre ;
- Placer les tubes A et B dans une température de 36°C et le tube C à 0°C ;
- Observer les résultats (voir le document ci-contre) ;
- Pratiquer au bout de 15 minutes, le test à l'eau iodée sur des prélèvements des trois tubes : les prélèvements des tubes A et C se colorent en bleu.



Analyser les trois expériences puis déduire quant aux caractères des enzymes.

- L'aspect du contenu des tubes est inchangé. La pepsine n'agit pas sur les glucides (expérience 1). Elle exerce son action uniquement sur les protéines. Comme la pepsine, les autres enzymes digestives agissent de façon spécifique. Elle exerce leur action soit sur les protides, soit sur les glucides, soit sur les lipides en fractionnant ces grosses molécules organiques en molécules organiques plus simples.
- Dans le tube A, il y a eu hydrolyse de l'amidon en sucre réducteur (le maltose) ;
Dans les tubes B et C, il n'y a pas eu hydrolyse de l'amidon : l'amylase salivaire n'agit ni en milieu acide (tube B) ni en milieu basique (tube C) : elle agit surtout en milieu neutre (expérience 2).
- Dans les tubes A et C, il y a présence d'amidon : l'amidon n'a pas été hydrolysé car l'amylase salivaire est détruite par la chaleur (tube A) et n'agit pas à basse température (tube C). Son action exige une température de 36° à 37°C (expérience 3).

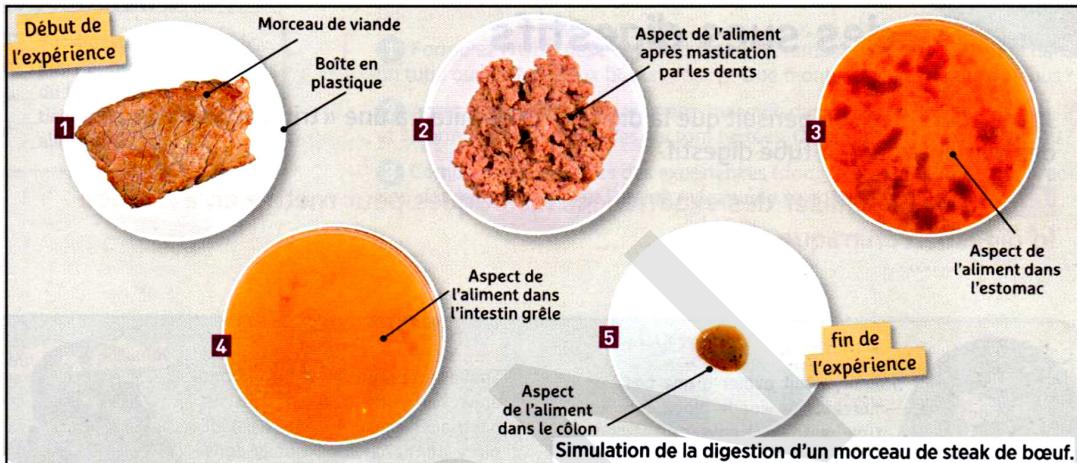
Une enzyme digestive est une protéine qui catalyse une réaction chimique de digestion des aliments, c'est-à-dire de destruction d'un aliment complexe en fractions d'aliments, puis en nutriments essentiels. Elle agit sur un substrat spécifique dans des conditions de température et de pH définies.

Activité

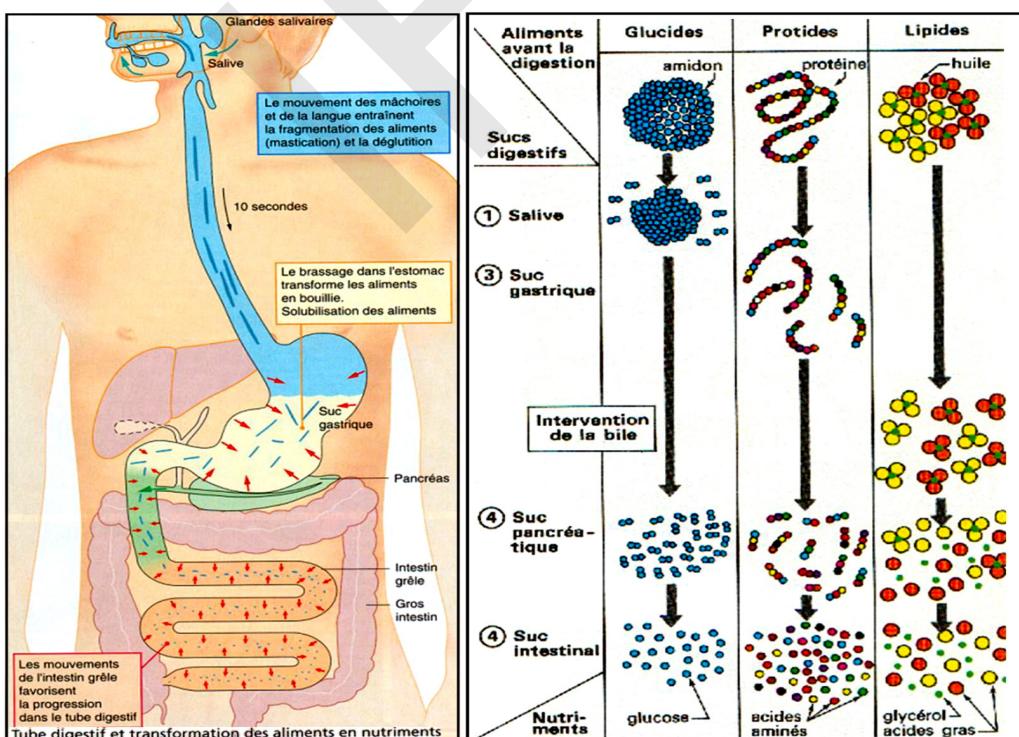
8

Comment peut- on définir la digestion et ses étapes avec leurs caractéristiques ?

Document 1 : Simulation de la digestion d'un morceau de steak de bœuf.



Document 2 : La transformation des aliments en nutriments dans les différents niveaux du tube digestif humain et action des succs digestifs des organes digestifs.



Analyser ces différents documents pour expliquer la digestion et ses étapes.

- Lors de leur transit dans les différents organes de l'appareil digestif, les aliments sont mastiqués, triturés et brassés : c'est la digestion mécanique.

Les phénomènes mécaniques de la digestion (mastication, brassage des aliments dans l'estomac puis dans l'intestin) sont importants : ils

- réduisent les aliments en une bouillie très fine et assurent son mélange avec les enzymes ;
- sont responsables de la lente progression des aliments dans le tube digestif.

- Dans l'appareil digestif, les constituants des aliments subissent des transformations chimiques sous l'action d'enzymes digestives : c'est la digestion chimique (Document 1).

Les phénomènes chimiques, qui se produisent sous l'action des enzymes des divers sucs digestifs, se complètent et s'enchaînent de manière coordonnée. Les enzymes digestives sont contenues dans les sucs digestifs secrétés par différents organes (glandes salivaires, estomac, pancréas, intestin grêle). Elles sont également produites par les nombreuses bactéries qui vivent dans l'appareil digestif. Ces bactéries constituent le microbiote.

- Chaque enzyme a un rôle précis, mais toutes, ensemble, réalisent un véritable « travail à la chaîne ».

Ainsi l'amylase salivaire commence la fragmentation des macromolécules d'amidon. Celle-ci sera complétée par l'action conjointe d'enzymes du suc pancréatique et du suc intestinal (amylase et maltase). La fragmentation des macromolécules de protéines, commencée dans l'estomac sous l'action de protéases gastriques, sera complétée dans l'intestin par l'action de protéases du suc pancréatique et intestinal (Document 2).

La digestion est l'ensemble des transformations qui assurent la fragmentation des aliments en nutriments utilisables par l'organisme. Ces transformations, réalisées par l'appareil digestif, sont le résultat de phénomènes mécaniques et de phénomènes chimiques.

Il est à noter que :

- L'amylase intervient au niveau de la bouche pour transformer une partie de l'amidon en dextrine, puis en maltose. Le résultat forme le bol alimentaire (étape buccale).
- La pepsine intervient au niveau de l'estomac pour simplifier les protéines en polypeptides. La présure coagule les protéines. Le liquide résultant de l'étape gastrique est appelé chyme.

- La trypsine, la protéase, la lipase interviennent au niveau de l'intestin grêle.
- La digestion des glucides commence dans la bouche et se termine dans l'intestin grêle.
- La digestion des protides commence dans l'estomac et se termine dans l'intestin grêle.
- La digestion des lipides commence et se termine dans l'intestin grêle.

A la fin de l'étape intestinale, le contenu de l'intestin est très fluide. Tous les aliments ingérés (à l'exception d'une partie des fibres cellulosiques) sont transformés en un liquide blanchâtre appelé chyle et formé d'eau et de substances dissoutes :

- l'eau et les sels minéraux (existant dans les aliments ; ne subissant pas de transformation) ;
- les sucres simples (surtout le glucose) résultant de la digestion des glucides ;
- les acides aminés provenant de la digestion des protides ;
- les acides gras et alcools (glycérol) provenant de la digestion des lipides, ainsi que des lipides finement émulsionnés.

Toutes ces substances sont directement utilisables par l'organisme : ce sont des nutriments.

C'est au niveau du colon que se termine la digestion. Le microbiote du colon digère les fibres du bol alimentaire.

Des bactéries et les restes non digérés des aliments sont stockés dans le rectum, à l'extrémité du colon formant les selles (ou **excréments**).

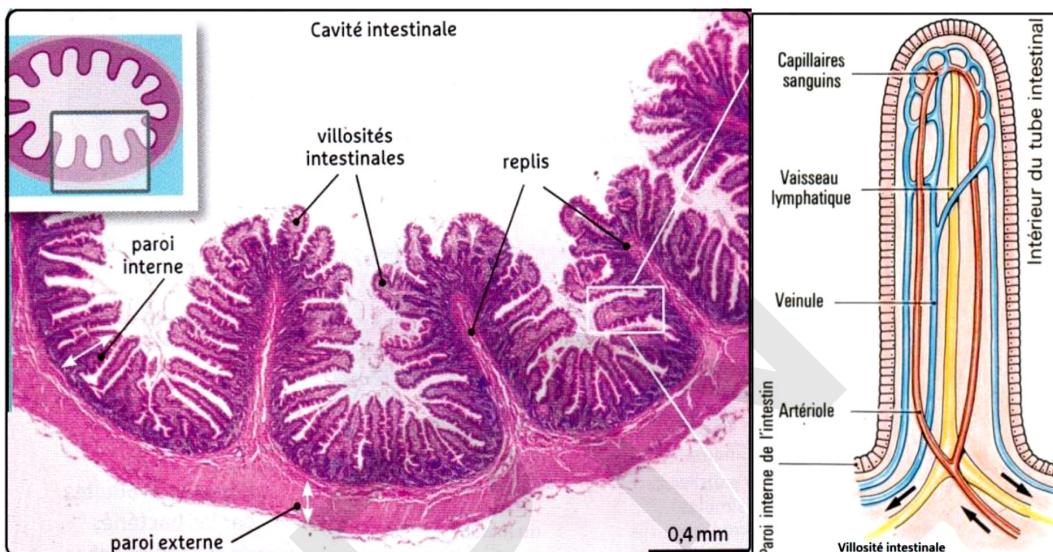
V- Devenir des nutriments

Activité

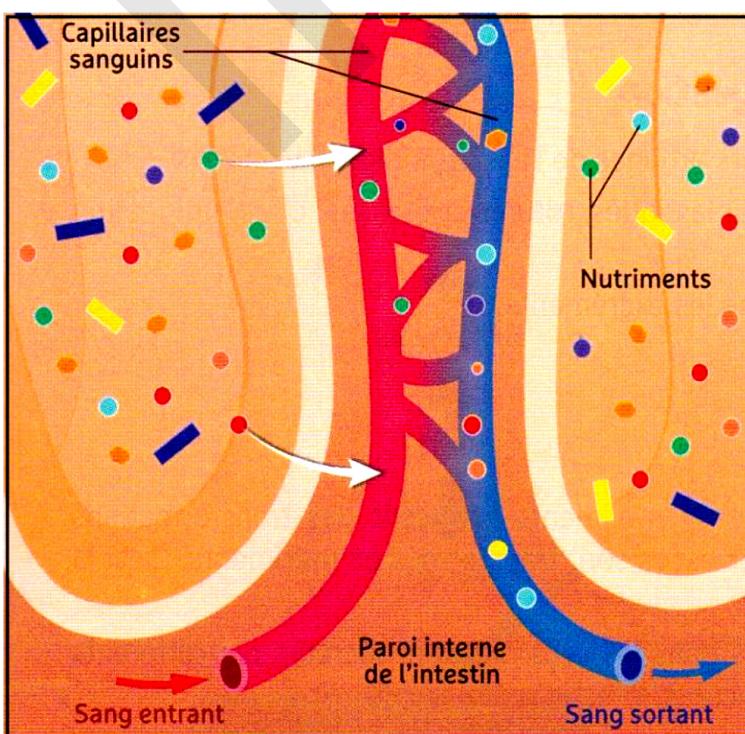
9

Quel est le devenir des nutriments ?

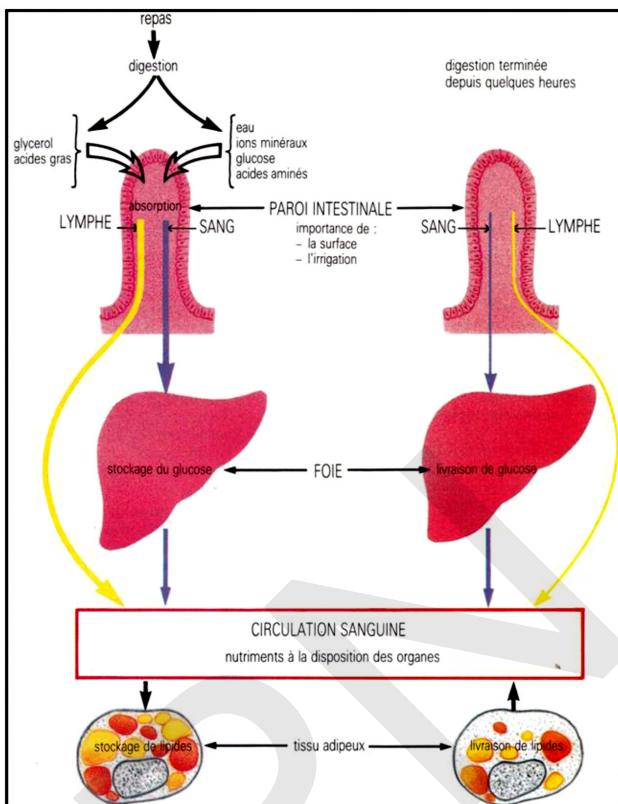
Document 1 : L'intestin grêle vu en coupe et détail d'une villosité.



Document 2 : Absorption et distribution des nutriments.



Document 3 : Bilan



A partir de l'analyse des documents, expliquer comment les nutriments regagnent le milieu intérieur.

- L'intestin grêle relâché d'un être humain mesure 7 à 8 mètres de long pour 3 cm de diamètre. La paroi interne de cet organe creux comporte 10 millions de villosités avec une surface d'environ 25 mm^2 chacune et qui augmentent la surface en contact avec les nutriments. Elle est également irriguée par de très nombreux capillaires sanguins. La surface de chaque villosité est recouverte de microvillosités. La combinaison des plis internes, des villosités et des microvillosités, fait que la surface interne de l'intestin est 600 fois plus grande que sa surface externe. On estime à plus de 100 m^2 la surface totale développée de l'intestin grêle de l'Homme (document 1).

- Au niveau de l'intestin grêle, les nutriments passent dans le sang (milieu intérieur) : c'est **l'absorption intestinale**.

L'intestin grêle présentant intérieurement de nombreux replis lamelleux recouverts de millions de petites saillies (villosités) forme une surface considérable au niveau de laquelle les aliments digérés vont passer :

- soit dans le sang (eau, sels minéraux, sucres simples, acides aminés, vitamines hydrosolubles...) ;
- soit dans la lymphé (acides gras, alcools, vitamines liposolubles).

L'absorption est à peu près terminée lorsque le contenu intestinal arrive dans le gros intestin. Celui-ci reçoit donc une bouillie liquide qui contient des aliments ayant échappé à la digestion : quelques traces de protides, de glucides et de cellulose que les sucs digestifs ne peuvent pas transformer. Le gros intestin sera donc le siège :

- d'une importante absorption d'eau : ainsi les résidus de la digestion deviennent de plus en plus solides et forment la matière fécale ;
- de transformations chimiques d'une partie de la cellulose (la moitié environ) sous l'action de bactéries de la flore intestinale (ces fermentations bactériennes produisent du glucose qui est absorbé).

Après avoir gagné le sang contenu dans les capillaires, les nutriments sont distribués dans l'ensemble de l'organisme grâce à l'appareil circulatoire (documents 2 et 3).

VI- Hygiène de l'appareil

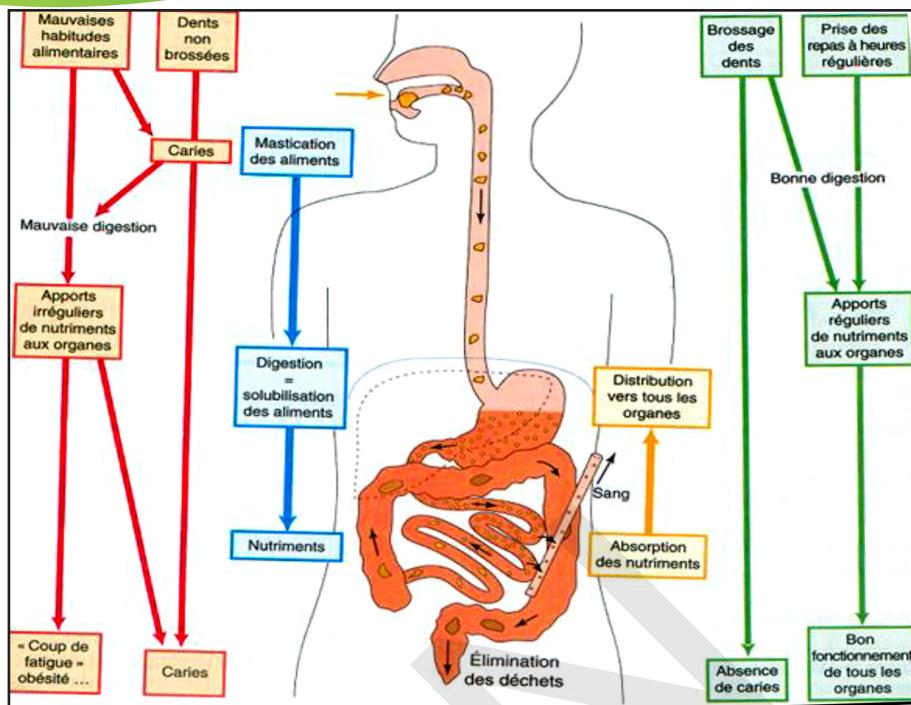
Activité

10

Comment assurer une bonne hygiène de l'appareil digestif ?

Document 1 : Quelques mauvaises habitudes alimentaires.

De mauvaises habitudes	Conséquences sur le fonctionnement de l'appareil digestif et des autres organes	Pour rester en bonne forme
* Supprimer un ou plusieurs repas, notamment le petit déjeuner	* Risque de prise de poids par stockage de « réserves » la nuit * Creux à l'estomac vers 11 h	*
* Repas irréguliers * Grignotage à toute heure	* Risque important de prise de poids * Acidification permanente de la salive : risque de caries	*
* Repas trop copieux, notamment en matières grasses animales	* Ralentissement de la digestion dans l'estomac * Somnolence	*
* Ne pas se brosser les dents après chaque repas	* Formation de caries	*

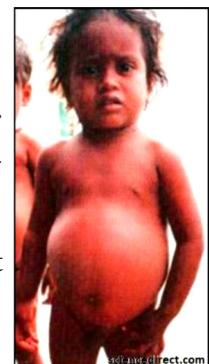


Document 2 : Fréquence de certaines maladies du tube digestif en fonction de l'alimentation.

Type de maladie	Alimentation pauvre en fibres (pays occidentaux)	Alimentation riche en fibres (Afrique, Asie)
Diverticules du colon Appen- dicide – constipation Cancer du colon	Maladies très fréquentes	Maladies très rares
Durée du transit (en moyenne)	80 heures (3 jours et demi)	35 heures (1 jour et demi)

Document 3 : Quelques maladies de carence

- La kwashiorkor est une maladie fréquente chez les enfants de populations rurales, alimentés correctement pendant 18 mois à 2 ans grâce à l'allaitement maternel et qui, après sevrage, ne se nourrissent plus que de patates douces, de manioc ou de mil. Le corps présente des oedèmes importants (ventre et membres inférieurs gonflés, visage bouffi) ; la peau craquelée pèle facilement. Ces enfants sont craintifs, apathiques, repliés sur eux-mêmes. L'arrêt de croissance est constant.



La maladie est absente des populations qui fournissent à leurs enfants, même en faible quantité, de la viande ou du poisson. Cette maladie est essentiellement due à une déficience quantitative et qualita-

tive en protéines. Dans la forme grave de malnutrition protéino-énergétique, connue sous le nom de kwashiorkor, le régime peut être suffisant pour calmer la faim, mais il est en général très déficient en protéines et en énergie. Le lait écrémé en poudre constitue souvent la base du traitement.

● **Le marasme :** C'est une autre forme grave de la malnutrition protéino-énergétique. Une autre cause rencontrée dans certaines parties d'Afrique est un allaitement prolongé auquel on n'ajoute pas, ou trop peu, d'autres aliments.

Alors que la kwashiorkor est due surtout à une carence en protéines, le marasme tient principalement au manque de nourriture et, par conséquent, d'énergie. Cette maladie est due à une carence globale en aliments, non seulement en aliments protéiques mais aussi en aliments énergétiques.



Elle peut se manifester à n'importe quel âge jusqu'à trois ans et demi environ. Mais c'est au cours de la première année qu'il est le plus fréquent. La maladie se manifeste par une maigreur extrême, l'absence de graisse sous-cutanée, une véritable fonte de masses musculaires qui laisse voir les os. On constate toujours un arrêt de croissance. Le poids peut descendre jusqu'à 60% de la valeur normale. Il y a presque toujours anémie due à une carence en fer, protéines et autres éléments nutritifs.

Contrairement à la kwashiorkor, il n'y a ni œdème ni dermatose avec peau craquelée. Les enfants atteints de marasme sont anxieux mais cependant ouverts sur le monde extérieur.

L'utilisation d'huile végétale avec le lait écrémé en poudre revêt une grande importance dans le traitement car elle assure un apport énergétique élevé.

● **Le béribéri** est une maladie grave qui était très répandue à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e, surtout dans les populations pauvres d'Asie vivant de riz.

Le béribéri est dû à une insuffisance en apport alimentaire en vitamine B₁ (thiamine) ou secondaire à des troubles chroniques de l'absorption intestinale. Il résulte d'une carence en vitamine B₁. Il se manifeste sous nombreuses formes cliniques dont le béribéri humide (forme cardiaque) et le béribéri sec (forme neurologique).



La forme « sèche » est caractérisée par une paralysie progressive des membres inférieurs provoquée par une dégénérescence des nerfs ; la forme « humide » par une infiltration d'eau dans les tissus. Les deux formes peuvent provoquer la mort.

• L'obésité : L'obésité résulte du fait d'ingérer plus de substances caloriques que l'organisme n'en dépense sur le long terme, ce qui conduit à une augmentation de la masse adipeuse et à un excès de poids pour une stature donnée. En clinique, on considère un sujet comme obèse dès qu'il présente un excès pondéral de 20% par rapport au poids idéal théorique correspondant à son sexe, son âge, sa taille. L'obésité est très fréquente dans les « pays riches ». Elle est plus fréquente chez les femmes que chez les hommes.



Dans les deux cas, sa fréquence augmente non seulement avec l'âge mais aussi à l'intérieur de chacune des tranches d'âge.

De nombreux facteurs génétiques, psychologiques, métaboliques, nutritionnels, sociaux... expliquent son développement, mais de nombreuses inconnues persistent.

L'étude épidémiologique de l'obésité présente des difficultés méthodologiques qui doivent inciter à la prudence dans l'interprétation des données statistiques.

Divers résultats sont cependant établis :

- ✓ L'obésité constitue un facteur de risque pour d'autres maladies (diabète, hypertension artérielle, excès de cholestérol) elles-mêmes responsables des maladies cardio-vasculaires.
- ✓ Dans les affections coronariennes, l'obésité doit être considérée comme un facteur de risque indépendant aussi important que le tabagisme ou l'hypertension artérielle.
- ✓ Les effets néfastes de l'obésité s'observent même pour des surcharges pondérales faibles.
- ✓ La durée de l'exposition au risque « obésité » joue un rôle important.

Le traitement précoce des surcharges pondérales, même modestes, apparaît donc plus que jamais indispensable. Il se limite à une alimentation soigneusement réduite tout en maintenant un apport relativement élevé en aliments indispensables (protéines, vitamines, certains minéraux et oligo-éléments).

Un exercice physique modéré permet en outre d'accroître le déficit énergétique et donc la perte de poids.

A partir de l'analyse des documents :

- compléter le tableau du document 1 ;

- classer ces maladies selon qu'elles soient dues à des excès ou des carences ou manques (documents 2 et 3) ;
- citer parmi ces maladies et ces mauvaises habitudes alimentaires celles qui sont fréquentes en Mauritanie.

■ Tableau du document 1 :

De mauvaises habitudes	Conséquences sur le fonctionnement de l'appareil digestif et des autres organes	Pour rester en bonne forme
* Supprimer un ou plusieurs repas, notamment le petit déjeuner	* Risque de prise de poids par stockage de « réserves » la nuit * Creux à l'estomac vers 11 h	* Ne pas sauter de repas, en particulier le petit déjeuner
* Repas irréguliers * Grignotage à toute heure	* Risque important de prise de poids * Acidification permanente de la salive: risque de caries	* Répartition traditionnelle: quatre repas * Eviter le grignotage entre les repas
* Repas trop copieux, notamment en matières grasses animales	* Ralentissement de la digestion dans l'estomac * Somnolence	* Eviter les repas trop riches en graisses
* Ne pas se brosser les dents après chaque repas	* Formation de caries	* Brossage des dents après chaque repas pour enlever les débris d'aliments

■ Classification des maladies :

Maladies	Excès	Carence ou manque
- Diverticules du colon		+
- Appendicite		+
- Constipation		+
- Cancer du colon		+
- kwashiorkor		+
- Marasme		+
- Béribéri	+	+
- Obésité		

■ **Maladies et habitudes alimentaires fréquentes en Mauritanie :**

Maladies	Habitudes alimentaires
- Appendicite	- Supprimer un ou plusieurs repas, notamment le petit déjeuner
- Constipation	- Repas irréguliers
- Cancer du colon	- Grignotage à toute heure
- Obésité	- Repas trop copieux, notamment en matières grasses animales
	- Ne pas se brosser les dents après chaque repas.

■ Il faut respecter quelques règles d'hygiène se rapportant à l'appareil digestif, à la digestion et aux aliments :

- Eviter les repas pris trop rapidement ou debout. Cela entraîne une fatigue nerveuse et perturbe les mouvements du tube digestif ;
- Eviter les vêtements ou ceintures trop serrées qui perturbent la digestion ;
- Eviter aussitôt après les repas, les exercices trop violents, les stations penchées ;
- Eviter le grignotage à tout moment, de mastiquer sans cesse. Cela coupe l'appétit et fatigue le tube digestif ;
- Adopter des heures de repas régulières. Cela permet aux organes d'avoir des temps de repos ;
- Soigner la présentation des plats. Elle favorise la sécrétion des sucs digestifs ;
- Respecter les règles d'hygiène alimentaire dans la composition des menus. C'est indispensable pour le bon équilibre de l'organisme ;
- La digestion commence par une bonne mastication ;
- Pendant les repas, éviter les sujets de contrariété, les ambiances trop bruyantes ;
- Une marche facilitera la digestion ;
- Eviter les bains froids et les refroidissements après le repas. Ils arrêtent la digestion et peuvent provoquer une hydrocution ;
- « - Se brosser les dents au réveil pour enlever le tartre et après chaque repas afin d'éliminer les débris alimentaires car la bouche est un milieu favorable au développement des microbes ;

- Consommer les aliments riches en calcium et en phosphore indispensables à la minéralisation des dents ;
- Eviter de casser les noix, les noisettes, d'ouvrir les boîtes des conserves et les bouteilles avec les dents ;
- Eviter les abus des aliments sucrés qui provoquent la carie dentaire ;
- Bien mâcher les aliments avant de les avaler ;
- Boire peu d'eau pendant les repas, car une trop grande quantité d'eau dilue les sucs digestifs les rendant moins efficaces ainsi. Cette eau doit être potable;
- Eviter de manger crus trop de fruits et de légumes qui provoquent une fermentation au niveau de l'intestin. Pour cela, on peut les cuire légèrement car une longue cuisson détruit les vitamines;
- Favoriser l'évacuation des déchets de la digestion en allant régulièrement à la selle, en consommant les aliments riches en cellulose, et en faisant des exercices de gymnastique abdominale.»

svt3eme.pressbooks.com.

Je retiens :

Le lait est composé de substances organiques (glucide, protides, lipides) et des substances minérales (eau, sels minéraux). Le petit-lait ou sérum contient une grande proportion d'eau, de sels minéraux (sels de calcium en particulier, chlorures, sels de potassium, phosphates...), le lactose.

La légère coloration du petit-lait est due à la vitamine B₂.

L'eau, les sels minéraux, les glucides, les lipides, les protides et les vitamines, sont pour l'Homme des aliments simples. Le lait, qui contient plusieurs aliments simples, est un aliment composé.

Les aliments jouent trois principaux rôles dans l'organisme:

- Aliments énergétiques qui fournissent à l'organisme l'énergie nécessaire. Ce rôle est joué par les glucides et les lipides.
- Aliments bâtisseurs ou plastiques qui servent de matériaux de construction pour les différents organes. Il s'agit des protides, de l'eau et des sels minéraux.
- Aliments protecteurs ou fonctionnels qui assurent un rôle catalyseur, un rôle protecteur contre certaines maladies nutritionnelles assuré par les vitamines ou les oligoéléments.

La ration alimentaire est la quantité minimale et équilibrée d'aliments qu'un organisme doit consommer chaque jour pour être en bonne santé (aliments nécessaires pour couvrir les besoins d'un individu pendant une journée).

Pour fournir toutes les substances utiles en quantité suffisante et équilibrée (alimentation équilibrée), les rations alimentaires doivent comporter des aliments variés. Les nutritionnistes élaborent des propositions selon la situation physiologique du moment (âge, grossesse, activité physique, ...) et selon les habitudes alimentaires locales.

L'équilibre entre apport alimentaire et dépense énergétique définit la ration alimentaire d'entretien de chacun. La ration de croissance apporte à la fois des matériaux bâtisseurs du corps et des aliments énergétiques. Le premier principe d'une alimentation équilibrée consiste à couvrir sans excès ni défaillir les dépenses énergétiques de l'organisme.

Un adulte moyen (70kg), à jeun depuis 10 heures environ, au repos (immobile, allongé), à neutralité thermique ...(20°C)... et moyennement vêtu, a une dépense énergétique minimale de 6 700kJ (= 1 600kcal) par jour appelée métabolisme basal ou de base. Ce minimum d'énergie est nécessaire pour assurer le maintien des fonctions essentielles de la vie.

Au cours de leur progression dans le tube digestif, les aliments subissent :

- une fragmentation mécanique par humidification, broyage et brassage.
- des transformations chimiques sous l'action des enzymes des sucs digestifs qui hydrolysent les grosses molécules en molécules plus simples et de plus petite taille.

Les enzymes sont des protéines qui catalysent spécifiquement des réactions chimiques variées. Pour agir, elles nécessitent un substrat donné, une température et un pH convenables.

La digestion commence dans la bouche par une transformation au cours de laquelle les dents coupent et écrasent les gros morceaux (mastication) et se prolonge dans l'estomac (brassage). Ainsi, la salive agit par l'intermédiaire de l'amylase qui hydrolyse l'amidon cuit en maltose. Elle aboutit, dans l'intestin grêle, à la formation de petites molécules (glucose, acides aminés, acides gras, sels minéraux, eau...) appelés nutriments. Ces derniers sont capables de traverser la paroi de l'intestin pour passer dans le sang (absorption) et d'être ...utilisés... par les organes (assimilation).

L'absorption a lieu au niveau d'une surface d'échange particulièrement adaptée constituée par les villosités intestinales.

Les nutriments sont distribués à toutes les cellules par le sang (eau, sels minéraux, glucose, acides aminés) et par la lymphe (acides gras, alcool).

Le gros intestin évacue les résidus : excréments ou matières fécales (selles).

Les carences alimentaires ont deux aspects différents : l'alimentation peut être qualitativement inadaptée (malnutrition) ou quantitativement insuffisante (sous-alimentation).

Parmi les carences, on distingue :

- la kwashiorkor : résulte d'une carence en protéines chez l'enfant lorsqu'il passe d'une alimentation

lactée à une alimentation à base de bouillies de céréales et de tubercules.

- le marasme : dû à une carence globale en aliments. La ration est insuffisante non seulement en aliments énergétiques mais aussi en aliments protéinés.
- l'obésité due à une ingestion de plus de substances caloriques que l'organisme n'en dépense sur le long terme, ce qui conduit à une augmentation de la masse adipeuse et à un excès de poids pour une stature donnée.

Une digestion convenable de nos aliments sera assurée, entre autres, par:

- une bonne dentition, qui sera préservée de la carie par une alimentation riche en sel de calcium et en vitamine D et par une scrupuleuse hygiène bucco-dentaire ;
- une présentation appétissante des menus ;
- une mastication lente et complète ;
- la sobriété, la régularité et une répartition convenable des heures de repas (petit déjeuner vrai repas);
- augmenter la ration de lait et des produits laitiers, des fruits et des légumes verts riches en fibres végétales ;
- laver soigneusement les aliments consommés crûs ;
- bien cuire les aliments susceptibles de contenir des agents pathogènes ;
- se laver les mains avant chaque repas.

Je m'exerce :

Exercice 1

Afin d'identifier la présence de certaines substances dans le pain, on réalise les expériences suivantes (figure ci-contre). On dépose:

- en haut, à droite, une goutte d'eau iodée,
- en bas, à droite, une goutte de sulfate de cuivre puis une de soude,
- en bas, à gauche, une goutte d'acide nitrique concentré puis une goutte d'ammoniaque.



Noter les résultats obtenus et donner le nom des substances ainsi mises en évidence.

Exercice 2

Décrire la succession chronologique des transformations subies par une molécule d'ovalbumine (albumine de l'œuf) le long du tube digestif. Pour chaque transformation, vous préciserez la région du tube digestif où elle se produit, la nature du substrat qui a subit, le produit de la réaction, la nature de l'enzyme qui intervient.

Exercice 3

1- Définissez les mots ou expressions :

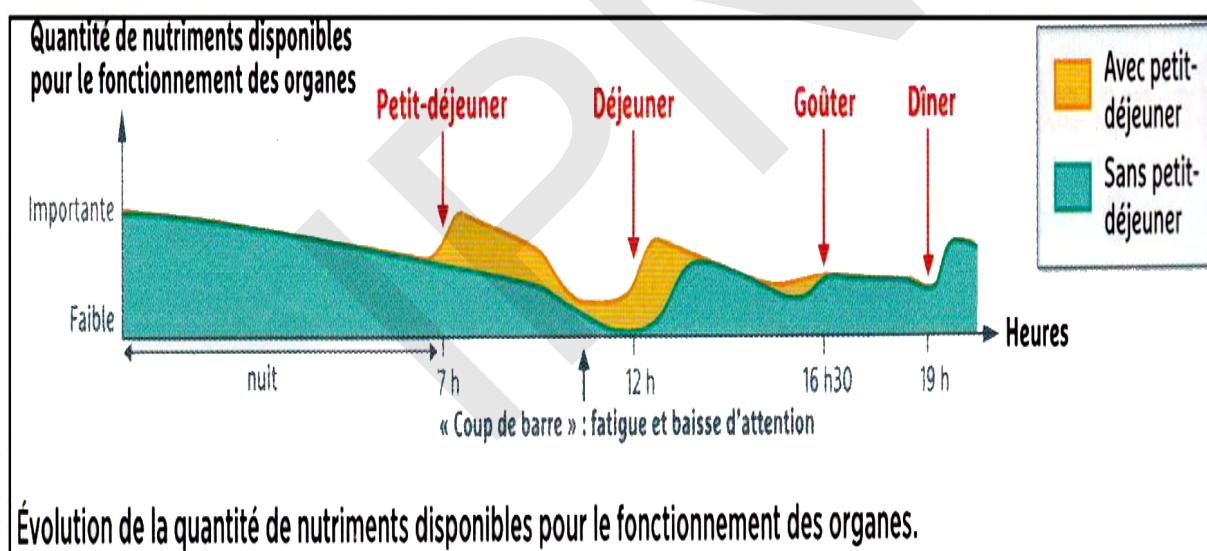
Phénomènes mécaniques, phénomènes chimiques, suc digestif, nutriments, digestion, absorption, villosités.

2- Vrai ou faux ?

- a- Le gros intestin produit plusieurs sucs digestifs qui digèrent la cellulose.
- b- La bile joue un rôle essentiel dans la digestion : elle contient une protéase qui digère les protides.
- c- L'action de l'amylase salivaire se poursuit un certain temps dans l'estomac.

Exercice 4

Pour couvrir les besoins énergétiques tout au long de la journée, trois repas sont conseillés. Un goûter est même recommandé pour les jeunes.



1. Décrivez la quantité de nutriments disponibles au cours de la journée, selon si une personne a pris ou non un petit-déjeuner.
2. Indiquez quel est le risque si on ne prend pas de petit-déjeuner.
3. Donnez un conseil à un ami qui dit qu'il ne veut ou ne peut pas prendre de petit-déjeuner.

Exercice 5

Vrai ou faux ?

Repérer les phrases exactes et corriger celles qui sont fausses.

- a. Les aliments passent dans tous les organes de l'appareil digestif.
- b. La fragmentation des aliments n'a pas d'effet sur leur digestion.
- c. L'eau que nous buvons passe directement de l'intestin à la vessie puis est rejetée à l'extérieur.
- d. Tous les aliments qui entrent dans la bouche ressortent en totalité par l'anus sous forme de déchets.
- e. Tous les organes ont besoin de nutriments.
- f. Pour être utilisables par les organes, les aliments doivent être dissous dans l'eau, on les appelle alors nutriments.
- g. Les nutriments passent dans le sang au niveau de l'estomac.

Exercice 6

1- Voici une liste de propositions. Relever les phrases qui contribuent à une bonne alimentation.

- a. Je mange lentement en mâchant mes aliments.
- b. Je mange chaque fois que j'ai faim.
- c. Je mange beaucoup le soir et plus légèrement le matin.
- d. Je varie le contenu des plats que je mange.

2- Rédiger une réponse courte à chaque question.

- a. Quelle est l'importance d'une bonne mastication ?
- b. Quelles sont les conséquences de l'action des succs digestifs sur les aliments ?
- c. Que deviennent les nutriments au niveau de l'intestin grêle ?

Exercice 7

On place au bain-marie (37 °C) deux tubes à essais A et B. On introduit :

- en A de l'empois d'amidon ;
- en B de l'empois d'amidon avec un peu de salive fraîche.

Toutes les cinq minutes, on effectue un prélèvement dans chacun des deux tubes, et on réalise les tests à l'eau iodée et à la liqueur de Fehling. Les résultats sont consignés dans les tableaux (A et B).

Tableau A :

Réactifs/temps (min)	0	5	10	15	20
Eau iodée	+	+	+	+	+
Liqueur de Fehling	-	-	-	-	-

Tableau B :

Réactifs/temps (min)	0	5	10	15	20
Eau iodée	+	+	Rouge - violet	-	-
Liqueur de Fehling	-	-	-	+	+

- a) Que représente le tube A ?
- b) Que devient l'amidon au cours de l'expérience ?
- c) Quel est l'élément qui est à l'origine de ces résultats ?

Exercice 8

Voici différents noms d'organes appartenant à l'appareil digestif :

Foie – intestin grêle – pancréas – bouche – estomac – rectum – œsophage – glandes salivaires – gros intestin.

Complète le tableau à l'aide des noms ci-dessus.

	Noms des organes
Organes par où passent les aliments (tube digestif) - inscrire dans l'ordre	
Organes où ont lieu des transformations chimiques des aliments. - inscrire dans l'ordre	
Organes produisant des sucs digestifs - inscrire dans l'ordre d'action des sucs digestifs)	

Exercice 9

A. Relève parmi ces affirmations la seule correcte.

La digestion est un phénomène :

- a) Qui consiste en une dissolution des aliments simples dans l'eau des sucs digestifs.
- b) Où tous les aliments simples subissent des transformations chimiques.
- c) Où les nutriments sont transformés par les enzymes digestives.
- d) Où l'amidon est transformé en molécules plus petites, les acides aminés.
- e) Où interviennent de nombreuses enzymes.

B. Relève parmi ces affirmations celle qui te paraît meilleure.

L'estomac :

- a) est l'endroit où se termine la digestion des glucides.
- b) est l'endroit où commence la digestion des protéines.
- c) est l'endroit où débute la digestion des lipides.
- d) régule, contrôle le passage des aliments dans l'intestin grêle.
- e) est un endroit où l'amylase salivaire continue à agir.

Exercice 10

Porte un jugement sur l'exactitude d'une affirmation, d'une explication.

Chacun des exercices comprend une affirmation suivie d'une explication. Lis l'affirmation, dis si elle est correcte ou fausse. Lis l'explication, dis si elle est correcte ou fausse. Si les deux sont correctes, dis si l'explication justifie ou non l'affirmation.

a) Les phénomènes mécaniques de brassage des aliments ont peu d'importance	car	la digestion est un phénomène chimique.
b) Après un repas, de l'eau traverse le pylore pendant plusieurs heures	car	l'eau de boisson et celle contenue dans les aliments sont évacuées lentement par l'estomac.
c) Les produits de la digestion des protéines de la viande sont reconnaissables de ceux des protéines du poisson	car	les acides aminés sont différents d'une espèce à une autre.
d) La salive et le suc gastrique n'ont pas la même action sur l'amidon	car	l'un est un suc digestif acide et l'autre non.
e) Le glucose est digéré dans l'intestin grêle	car	comme l'amidon, c'est un glucide.
f) La bile est un suc digestif très important	car	elle sert à la digestion des lipides.
g) La cellulose et l'eau sont des aliments simples qui ne subissent pas la digestion	car	aucun des sucs digestifs ne contient une enzyme susceptible de les attaquer.
h) Les différents sucs digestifs n'ont pas la même action sur les aliments	car	ils ne sont pas sécrétés au même endroit dans le tube digestif.

Exercice 11

On compare le rejet de lipides et de substances azotées dans les matières fécales, chez un homme normal et chez un homme qui, pour des raisons médicales, a subi l'ablation du pancréas (ce dernier suit un traitement à l'insuline afin d'éviter l'apparition du diabète). Les résultats figurent dans le tableau ci-dessous.

	Pourcentage des substances ingérées rejetées dans les fèces		Nature des substances azotées retrouvées dans les fèces
	Lipides	Azote	
Homme normal	5	15	essentiellement des substances azotées non protidiques
Homme privé de pancréas	16 à 60	40 à 80	beaucoup de protéines

Exercice 12

1- Relevez parmi ces affirmations, la seule fausse.

Au cours de leur passage dans l'intestin grêle, les substances suivantes sont absorbées :

- a. l'eau.
- b. l'amidon.
- c. les ions minéraux.
- d. les acides aminés.
- e. le glucose.

2 - Relevez parmi les affirmations suivantes celle(s) qui est(sont) fausse(s).

L'absorption est un phénomène :

- a. qui a surtout lieu dans l'estomac.
- b. qui assure la transformation de l'amidon en glucose.
- c. qui assure la progression des nutriments dans l'intestin.
- d. où les nutriments doivent traverser la couche de cellules de l'épithélium intestinal avant de passer dans le sang.
- e. qui permet la récupération par l'organisme de l'eau contenue dans les sucs digestifs.

Exercice 13

Chacun des exercices comprend une affirmation suivie d'une explication.

Lisez l'affirmation ; dites si elle est correcte ou fausse. Lisez l'explication ; dites si elle est correcte ou fausse.

Si les deux sont correctes, dites si l'explication justifie ou non l'affirmation.

a. L'amidon contenu dans les aliments mangés ne se retrouve pas dans les excréments	car	il est absorbé au niveau de l'intestin grêle.
b. La paroi des villosités intestinales sépare le milieu intérieur du milieu extérieur	car	cette paroi est très fine.
c. L'eau contenue dans les sucs digestifs est perdue pour l'organisme	car	elle est rejetée dans le milieu extérieur.
d. Le plasma du sang de la veine porte contient toujours à l'état dissous la même quantité de glucose	car	la veine porte draine le sang ayant irrigué l'intestin grêle.
e. A la suite d'un jeûne de 12 heures, le sang ne contient plus de glucose	car	l'absorption du glucose fourni par le dernier repas est terminée.

Exercice 14

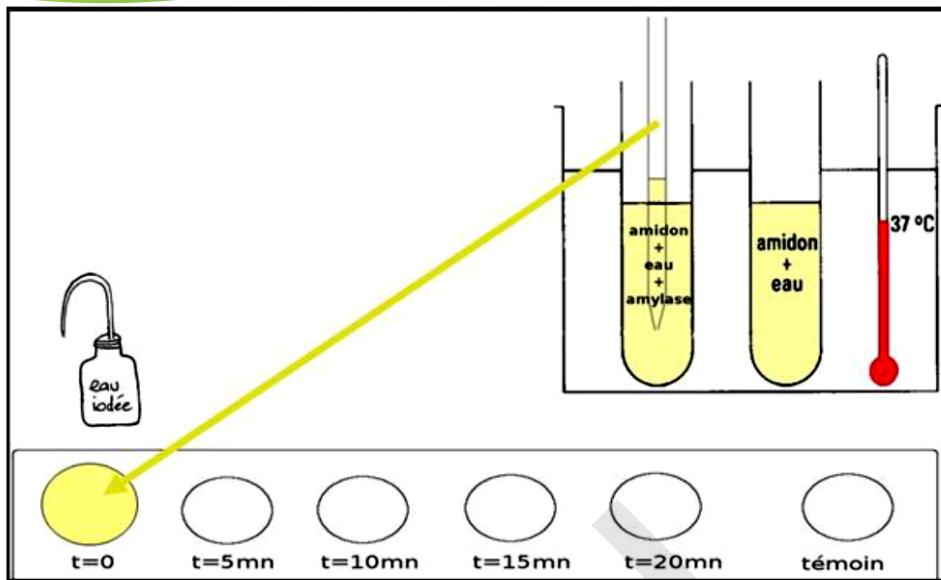
Pour chaque ensemble a, b, c, d, e, rédigez un texte reliant de façon logique des notions exprimées selon un ordre précis.

a. L'absorption intestinale Nutriments	c. Dix millions de villosités intestinales Absorption	d. Amidon Digestion	e. Lipides Digestion
Milieu extérieur	Sang	Absorption	Intestin grêle
Milieu intérieur		Veine porte	Lymphe
b. Duodénum intestin grêle Digestion Absorption		Foie	

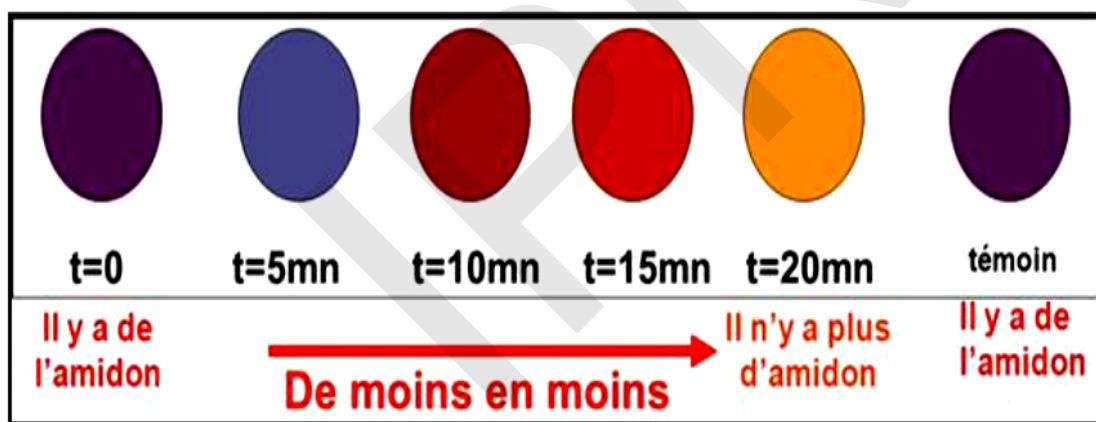
Exercice 15

Expérience de l'action de l'amylase salivaire sur l'amidon :

- Au temps t=0, mélanger l'empois d'amidon et quelques gouttes d'amylase salivaire ;
- Toutes les 5 min prélever quelques gouttes du tube expérimental et tester à l'eau iodée.



Résultats : le résultat est la couleur :



Interpréter ces résultats.

J'approfondis mes connaissances :

Document 1 : Le bon et le mauvais cholestérol.

Le cholestérol est un corps gras indispensable à la vie car il assure plusieurs fonctions. Il entre dans la composition de la membrane cellulaire comme il entre dans la synthèse de certaines hormones et de la vitamine D. Il y a deux types de cholestérol :

- Le HDL (High Density lipoprotein) qui joue le rôle de nettoyeur, il draine les tissus et revient au foie pour y être détruit, on parle alors de bon cholestérol.
- Le LDL (Low Density Lipoprotein) qui se dépose sur les artères, il fait le lit des maladies cardio-vasculaires, on parle alors de mauvais cholestérol. Il a été largement démontré que l'hypercholestérolémie, c'est à dire l'excès en cholestérol, est en partie liée à la composition du régime alimentaire, en particulier à sa teneur en lipides et à la composition en acides gras. Pour augmenter le bon cholestérol on recommande de :

- diminuer les graisses ;
- choisir les viandes pauvres en graisses ;
- consommer régulièrement surtout les poissons gras (thon, maquereau, sardine...) ;
- utiliser les huiles d'olive, de tournesol ou de maïs ;
- user du beurre très modérément ;
- faire attention aux fromages, aux abats et aux œufs (surtout le jaune) ;
- consommer régulièrement les fruits, légumes, féculents, riches en fibres car les fibres alimentaires (cellulose, pectine) entraînent une diminution des taux sanguins de cholestérol. Certains aliments tels que l'huile d'olive, l'ail et l'oignon sont capables de faire baisser le taux sanguin de cholestérol LDL (mauvais cholestérol) et d'augmenter le taux du cholestérol HDL (le fameux bon cholestérol).

Document 2 : Quelques types de rations alimentaires.

- La ration d'entretien : C'est la quantité d'aliments devant satisfaire au besoin matériel et au besoin énergétique de l'Homme adulte, au repos, c'est-à-dire ne travaillant pas physiologiquement;

il a seulement à entretenir son organisme et à réparer l'usure de ses organes. Cette ration doit couvrir les pertes matérielles soit : 2 500 g d'eau ,25 g de sels minéraux, 280 g de carbone et 16 g d'azote, ainsi que les dépenses énergétiques qui sont de l'ordre de 2 000 à 2 400 calories par 24 heures (production de chaleur, dont un certain nombre de calories correspondant au travail musculaire du cœur et des muscles respiratoires).

On a pu dire, avec raison, qu'une heure de vie dépense environ 100 calories.

Au total, les besoins énergétiques et matériels seront satisfaits pour un adulte de 70 kg s'il trouvera, dans sa ration alimentaire d'entretien, quotidiennement les aliments suivants :

Aliments simples	Poids en g pour un adulte de 70 kg
Eau 500	2
Sels minéraux	20
Protides	70
Lipides	50 à 60
Glucides	450 à 500
Vitamines A + Provit. A	0,002
B ₁ + B ₂	0,003
C	0,07
D	0,00001

Bien entendu, cette ration d'entretien varie avec le poids : plus le poids est élevé, plus la ration devrait être forte. Mais plus la taille est petite, plus est grande proportionnellement la surface corporelle, donc la perte de chaleur par rayonnement ; aussi, pour un même poids, les individus petits mangent-ils relativement plus que les grands.

La ration d'entretien varie aussi avec le sexe : celle de la femme est les 4/5 de celle de l'homme.

- Autres sortes de rations

■ Ration de croissance :

L'enfant construit son organisme ; aussi, chez lui, la ration journalière sera-t-elle proportionnellement plus élevée que celle de l'adulte, la croissance exigeant par kilogramme de poids et par jour, 2,5 fois plus de protides (aliments plastiques) que l'entretien d'un adulte. L'enfant a besoin de viande et, si son

appétit l'y incite, il pourra en consommer deux fois par jour. La ration de croissance sera également riche en lipides (aliments calorifiques), ainsi qu'en lait frais, fruits, légumes et œufs apportant sels minéraux et vitamines.

■ Ration de travail :

Si l'homme effectue un travail musculaire, la dépense énergétique est plus grande, d'où nécessité de combler celle-ci en augmentant la ration alimentaire.

Pour un travail modéré demandant une dépense énergétique de 2 600 à 3 000 calories l'appoint sera fourni surtout par les glucides (sucres et féculents).

Pour un travail dur, comme celui des mineurs exigeant 3 000 à 5 000 calories, ainsi que pour un travail maximum, comme celui des bûcherons et soutiers, où la dépense peut s'élever jusqu'à 7 000 calories, il faut non seulement un supplément de glucides mais encore de lipides et de protides .

- Pour répondre aux variations des besoins selon l'âge, l'activité, l'état physiologique les diététiciens distinguent différents types des rations alimentaires par exemple : ration d'entretien de l'adulte, ration de travail, ration de la femme enceinte ou de celle qui allaité, ration des personnes âgées, ration de l'enfant ...

Ainsi, des situations physiologiques particulières : (Gestation, allaitement) justifient une adaptation du régime alimentaire. Chez la femme enceinte aucun régime spécifique n'est justifié. Un léger complément (lait + un laitage par exemple) suffit à faire face à l'accroissement des besoins.

Toutefois, pendant cette période, l'alcool, les boissons excitantes, le tabac, certains médicaments sont formellement déconseillés.

UNE FORMULE SIMPLE : 421 = GPL

Dans cette formule :

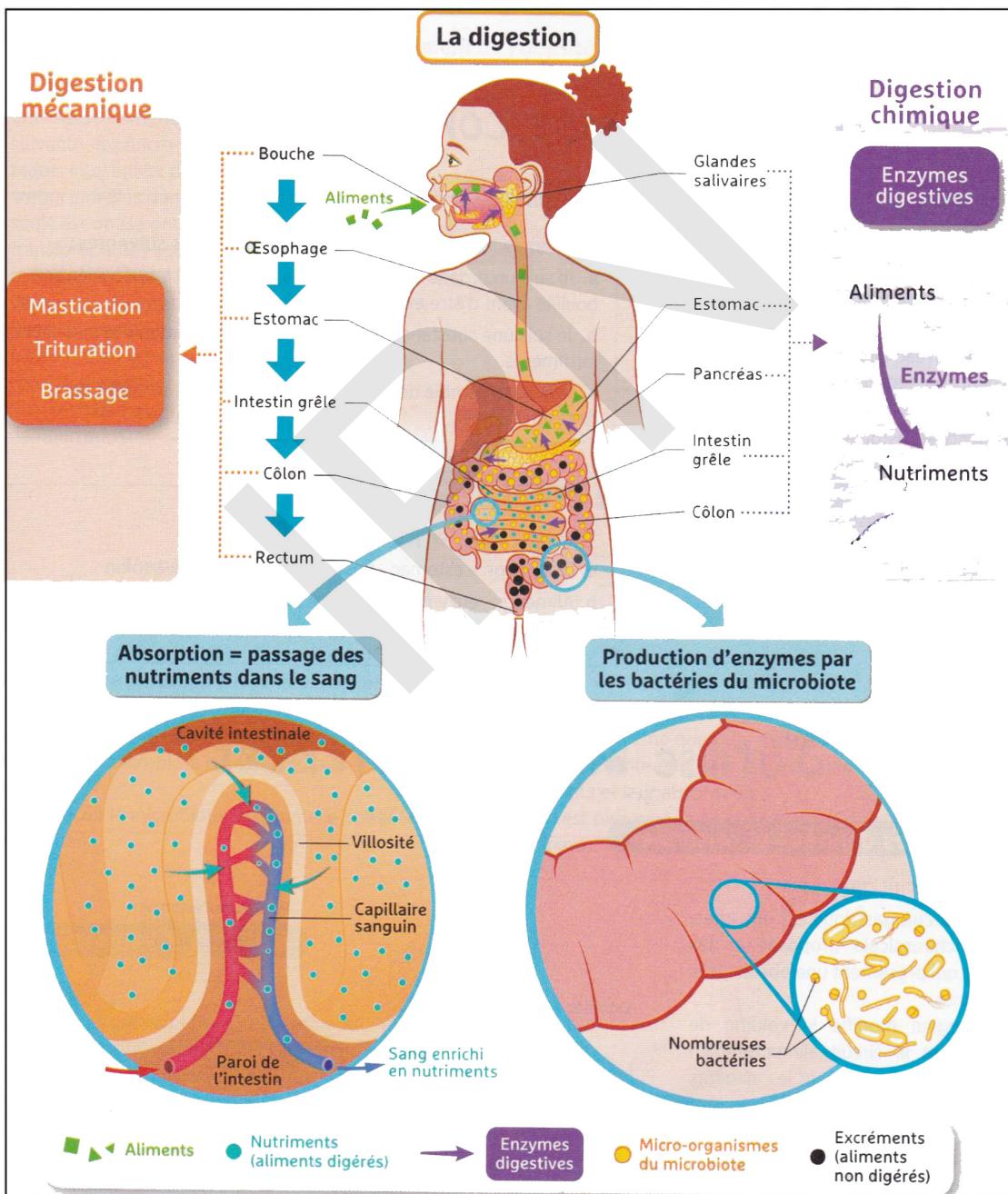
- G représente la famille des glucides,
- P représente la famille des protides
- L représente la famille des lipides

Les chiffres 4,2 et 1 représentent le nombre de portions de chacune des familles G, P et L qui doivent obligatoirement rentrer dans la composition de chacun des trois repas, y compris et surtout l'indispensable petit-déjeuner qui est souvent un repas délaissé.

La formule 421 = GPL n'est peut-être pas idéale, mais elle a l'avantage d'être simple. Elle permet d'éviter les erreurs d'hygiène alimentaire les plus fréquentes et les plus grossières car elle est fondée sur la diversification, donnée essentielle de l'équilibre alimentaire.

Elle est depuis le 20 septembre 1985 approuvée et recommandée par l'Unesco ...

Document 2 : Bilan.



Source : SVT – cycle 4- 5e, 4e 3e Belin-2017

J'utilise mes connaissances:

Elaborer un menu :

Document : Exemples de menus.

A Les menus d'un villageois en forêt (Côte d'Ivoire)			
Menu	Petit déjeuner au village ou repas des champs	Repas principal (vers 17 h)	Entre les repas
Aliments composant les plats	Bouillie de bananes plantain, avec sauce au poisson <ul style="list-style-type: none"> ● Aubergines douces séchées ● Bananes plantain ● Poisson salé ou séché ● Eau ● Sel 	Foutou d'igname ou de banane ou attiééké ou riz avec sauce graine <ul style="list-style-type: none"> ● Manioc, igname, riz ● Banane plantain ● Graines de palme ● Légumes, piments ● Sel ● Eau ● Viande ou poisson séché 	<ul style="list-style-type: none"> - Fruits (ananas...) - Arachide - Eau - Oranges <ul style="list-style-type: none"> ● Arachide ● Ananas ● Eau ● Oranges
B Les menus d'un villageois en savane (Koupéla, Haute Volta)			
Menu	Petit déjeuner au village ou repas des champs Bouillie de mil au lait Pâte de mil Sauce de bœuf aux gombos <ul style="list-style-type: none"> ● Mil ● Lait ● Sucre (ou miel) ● Farine de mil ● Eau ● Beurre de karité ● Bœuf ● Gombos, tomates, épices ● Piments 	Repas principal (vers 17 h) Beignets de haricots Sauce tomate <ul style="list-style-type: none"> ● Haricots secs ● Levure de mil ● Œufs ● Sel ● Eau ● Beurre de karité ● Tomate, oignon, piment, ● épices 	Entre les repas Fruit (variable selon la saison) Eau <ul style="list-style-type: none"> ● Fruits du méné ou ● fruits du karité ● Mangue, etc. ● Eau

Source: Biologie Classe de 6e- Hatier

En t'inspirant du document proposé, fais un modèle valable pour un habitant de la zone sahélio-saharienne prenant comme exemple un mauritanien.

Pour cela :

- fais l'inventaire de tout ce que tu as mangé et bu hier ;
- indique, pour une journée, les menus de plusieurs élèves de ta classe ;
- note avec des signes colorés ce qui compose chaque plat ;
- porte alors un jugement en utilisant tes connaissances sur une alimentation équilibrée.

Projet de classe :

A la fin du chapitre, les élèves en sous-groupes réalisent :

- un protocole nutritif équilibré d'une journée utilisant la disponibilité nutritive du milieu.

- une investigation montrant l'interdisciplinarité des sciences :

- Physiques : Aspects mécaniques de la digestion ;
- Chimie : Aspects chimiques de la digestion, composition des aliments, les réactifs ;
- Instruction religieuse : Aliments prohibés,
- Instruction civique : Campagnes de sensibilisation

- Une fiche métier décrivant le métier de nutritionniste (Activités, compétences, formation, carrière..).

IPN

CHAPITRE III : NUTRITION DES VÉGÉTAUX CHLOROPHYLLIENS

Je découvre :

I- Absorption d'eau et des sels minéraux

Activité

1

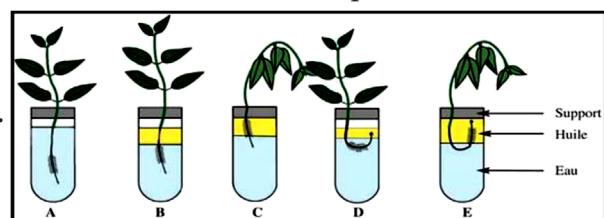
Détermination de la zone d'absorption de l'eau et des sels minéraux par la plante.

Expérience de Rosène : Mise en évidence de la zone d'absorption de l'eau.

- Disposer de cinq jeunes plants ;
- Préparer cinq tubes à essais A, B, C, D et E ;
- Remplir le tube A avec de l'eau et les tubes B, C, D et E avec de l'eau et de l'huile ;
- Plonger les racines des jeunes plants dans les cinq tubes comme suit :
 - Dans le tube A, plonger toute la racine dans l'eau ;
 - Dans le tube B, plonger la coiffe et la zone pilifère dans l'eau, la zone subéreuse dans l'huile ;
 - Dans le tube C, plonger la coiffe dans l'eau, la zone pilifère dans l'huile ;
 - Dans le tube D, plonger la zone pilifère dans l'eau, la coiffe et la zone subéreuse dans l'huile ;
 - Dans le tube E, plonger la zone subéreuse dans l'eau, la coiffe et la zone pilifère dans l'huile.

- Observer le résultat de l'expérience au bout de 24h (voir document ci-contre).

Analyser l'expérience et proposer une hypothèse sur la zone responsable de l'absorption de l'eau et des sels minéraux.



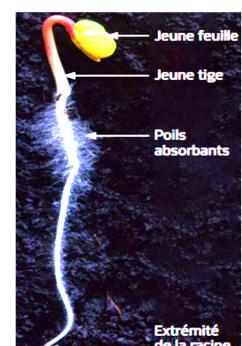
La plante se développe normalement dans les tubes

A, B et D où la zone pilifère plonge dans l'eau. Elle se fane dans les tubes C et E où la zone pilifère plonge dans l'huile.

L'expérience montre donc que la zone des racines responsable de l'absorption de l'eau et des sels minéraux est la zone pilifère, riche en poils absorbants.

La racine d'une plante est formée de trois zones distinctes :

- la zone subéreuse : partie supérieure de la racine formée de liège ;
- la zone pilifère riche en poils absorbants (jusqu'à 2000/ cm²) ;
- la coiffe : enveloppe protectrice de la racine.

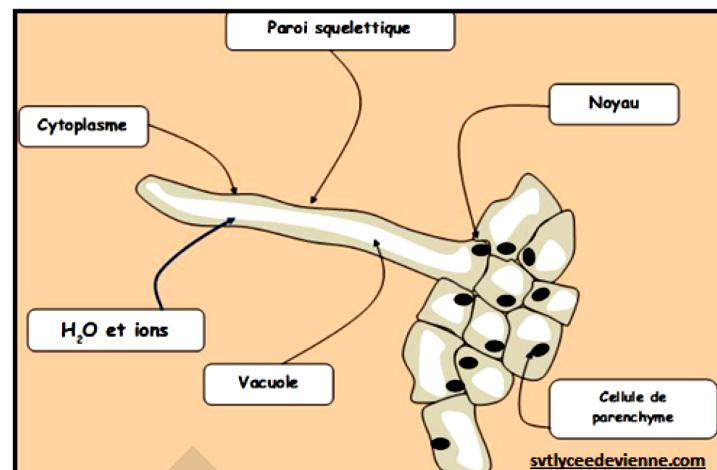


Chez de nombreuses plantes terrestres, particulièrement les plantes herbacées, l'entrée d'eau se fait au niveau des poils absorbants localisés dans la zone subterminale des jeunes racines appelée zone pilifère. Ils augmentent considérablement la surface de contact entre la plante et le milieu extérieur.

Une coupe transversale de racine montre que les poils absorbants sont des prolongements des cellules de la couche la plus externe de la zone corticale.

Un poil absorbant adulte a une forme tubulaire très fine (quelques micromètres de diamètre) et très longue à l'échelle cellulaire (quelques millimètres). Sa paroi mince et hydrophile permet la circulation de l'eau et des éléments minéraux jusqu'à la membrane et vers les cellules adjacentes. La vacuole occupe presque tout l'espace intracellulaire.

NB. Chez la plupart des arbres, ainsi que chez certaines plantes herbacées, des filaments mycéliens de champignons forment autour des petites racines des sortes de manchons appelés mycorhizes.



Activité 2

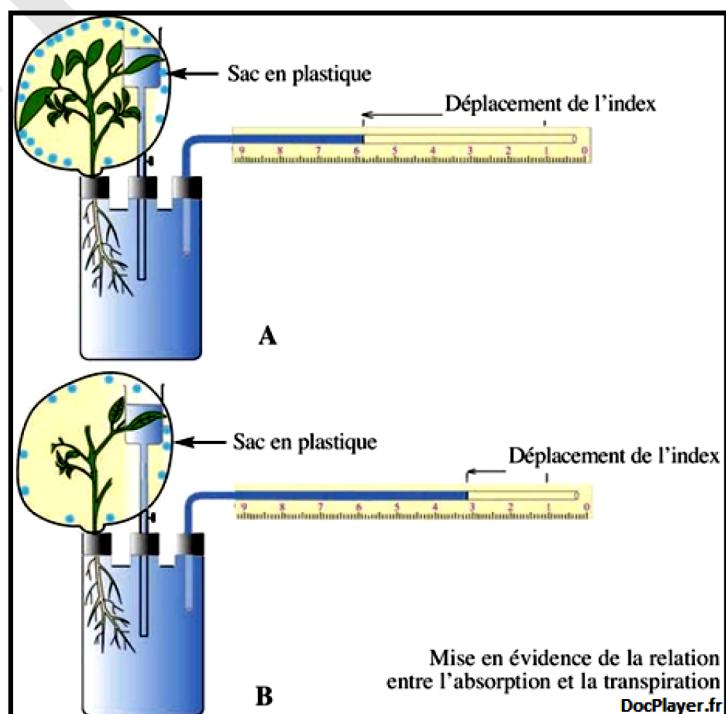
Comment mettre en évidence la transpiration.

Expérience : Mise en évidence de la transpiration.

- Préparer deux potomètres A et B ;
- Disposer de deux plantes herbacées P_1 et P_2 ;
- Installer la plante P_1 dans le potomètre A ;
- Enlever quelques feuilles de la plante P_2 , l'installer ensuite dans le potomètre B ;
- Couvrir la partie aérienne de chacune des plantes P_1 et P_2 par un sac en plastique ;
- Noter les résultats obtenus toutes les 5 minutes (voir document ci-contre).

A partir de l'analyse de l'expérience, montrer la relation entre l'absorption d'eau et la transpiration. Quel est l'organe qui permet la transpiration ?

Une plante ou un rameau de plante enfermé dans un sac en plastique donne lieu à un



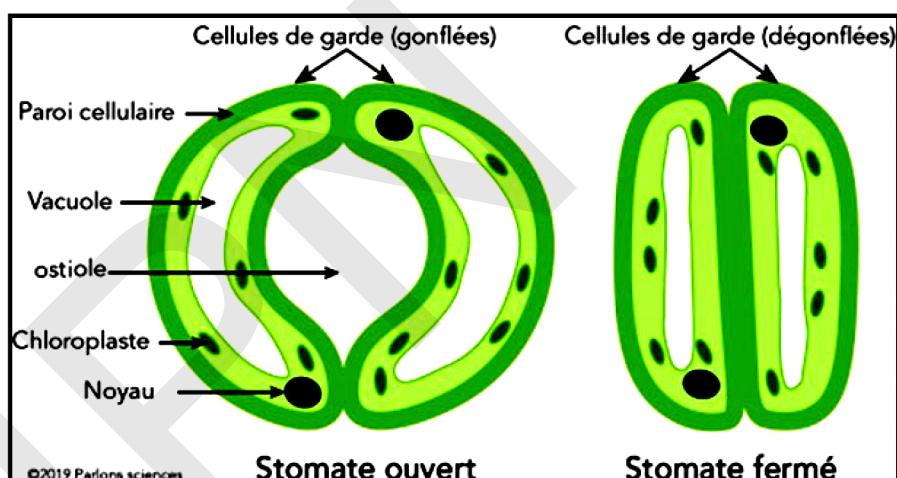
dépôt de gouttelettes sur la surface interne du sac ; cela ne se produit pas si la plante est effeuillée. On utilise un potomètre pour mesurer la quantité d'eau émise par la plante. La montée d'eau résulte d'une aspiration au niveau des feuilles, en conséquence. Le déplacement du niveau du liquide dans le tube fin concrétise la transpiration de la plante. La vapeur d'eau sort par des trous situés dans les feuilles et parfois sur les tiges : c'est l'évapotranspiration. L'évapotranspiration foliaire est le moteur principal de la montée de la sève brute.

C'est principalement un phénomène actif au niveau des feuilles dont des cellules spécialisées régulent l'entrée et la sortie des gaz et donc de la vapeur d'eau par des petits orifices : les ostioles des stomates des feuilles.

Chaque stomate est formé de :

- deux cellules épidermiques appelées cellules stomatiques ou cellules compagnes ;
- un orifice appelé ostiole, qui change de diamètre selon les conditions du milieu.

Une plante est en permanence traversée par un flux hydrique : poussée racinaire et aspiration foliaire sont les deux forces impliquées dans ce phénomène.



Activité

3

Comment se fait l'absorption de l'eau et des sels minéraux par la plante verte ?

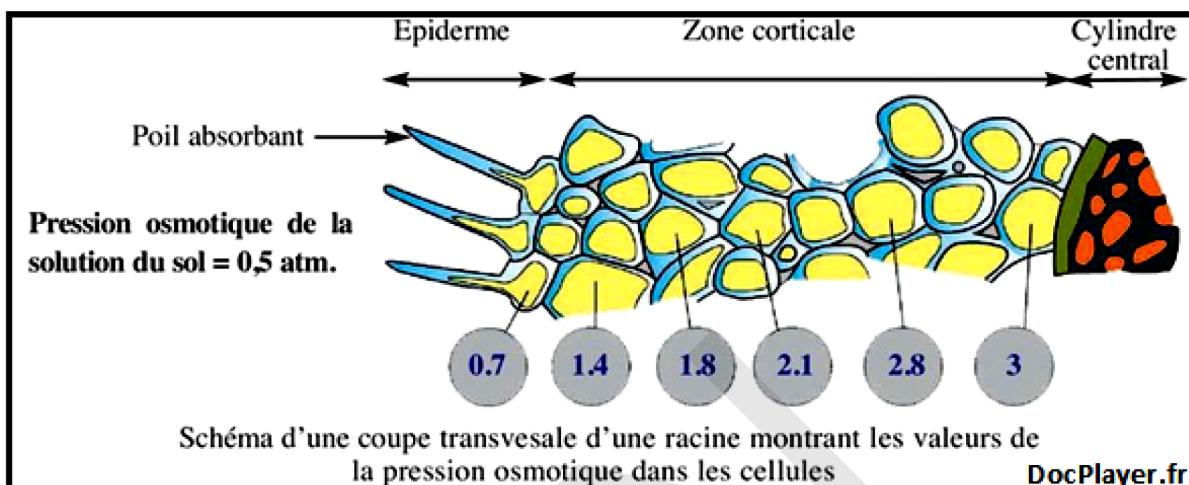
Document 1 : Mise en évidence de la circulation de la sève brute.

Si on coupe un rameau de vigne au printemps, de la sève s'écoule au niveau de la section de la tige : on dit que la vigne « pleure ».



Document 2 : Circulation de la sève brute.

Les chiffres inscrits dans les cercles de la figure du document ci-dessous indiquent des valeurs de la pression osmotique en atmosphère dans les différentes cellules d'une racine de plante verte situées entre le poil absorbant et le cylindre central.



Analyser ces résultats pour déduire le mécanisme de l'absorption au niveau du poil absorbant.

■ Ce phénomène est dû au fait que la sève brute ascendante circule sous pression dans les vaisseaux du bois. La montée de la sève s'effectue au prix d'une dépense d'énergie de la part de certaines cellules de la racine : c'est la poussée racinaire.

■ Dans les conditions naturelles, la cellule du poil absorbant (ou celle du mycélium des mycorhizes) est toujours hypertonique par rapport à la solution du sol : elle吸ue donc l'eau passivement par osmose.

L'eau de la vacuole de la cellule-poil étant plus concentrée en sels minéraux que l'eau du sol, l'eau extérieure passe dans le poil par osmose.

Les cellules situées vers le centre de la racine ont des vacuoles de plus en plus concentrées ; l'eau pénètre donc dans la racine. Elle arrive ainsi jusqu'à l'endoderme, tissu de la racine formé de cellules où la concentration est faible ; la pompe osmotique ne peut fonctionner. L'eau poursuit cependant son chemin vers le centre, ce qu'on explique par un travail cellulaire avec dépense d'énergie. Un transport actif remplace le transport passif par osmose. Ce courant ascendant est entretenu par la perte d'eau au niveau des feuilles. A cette aspiration, s'ajoute une poussée radiculaire. En effet, si on coupe les feuilles, de l'eau continue à monter dans la tige. Les tissus conducteurs de la sève brute sont constitués de cellules mortes (vaisseaux du bois) dont la paroi est imprégnée d'une substance rigide et imperméable : la lignine.

La sève brute circulant par le xylème arrive au niveau des feuilles par les nervures. Elle irrigue les cellules de la feuille et passe pour une bonne part sous forme de vapeur d'eau dans les espaces situés entre les grosses cellules du parenchyme de la feuille (lacunes aérifères).

C'est l'eau pompée par les poils absorbants qui apporte à la plante ses substances minérales qui sont

pour elle des aliments.

L'absorption des ions se fait par les mêmes voies que l'eau, c'est-à-dire essentiellement au niveau des poils absorbants ou des mycorhizes.

La plupart des ions ont une concentration dans le milieu intracellulaire de la racine supérieure à celle de la solution du sol ; leur absorption se fait donc contre le gradient de concentration et donc en sens inverse de la diffusion passive : la cellule vivante opère un pompage actif de molécules ou d'ions, de l'extérieur vers l'intérieur.

En effet, c'est par une activité biologique des cellules que s'effectue l'entrée des ions, (avec dépense d'énergie).

Des oxydations cellulaires produisent cette énergie, d'où la nécessité d'un sol aéré. C'est la membrane plasmique qui capte les ions et les dirige vers le cytoplasme.

L'eau et les sels minéraux gagnent le cylindre central, traversent l'endoderme et se déversent dans les vaisseaux du xylème qui forment le bois dans les tiges et racines âgées. La sève brute ainsi formée ne contient que des sels minéraux et de l'eau.

La sève brute monte dans la racine, puis dans la tige jusqu'aux feuilles et à tous les organes aériens.

Les substances organiques synthétisées par la plante passent dans la sève élaborée. La sève élaborée contient de l'eau, des sels minéraux mais aussi de nombreuses substances organiques nutritives (du saccharose principalement) mais aussi des vitamines, des acides aminés (qui servent à construire les protéines) ou informatives (hormones...).

La sève élaborée circule dans des cellules vivantes : les tubes criblés qui forment le phloème. Dans une tige âgée, les tubes du phloème forment le liber. Le phloème est situé au voisinage du xylème et forme des faisceaux conducteurs aussi bien dans les tiges (et les nervures de feuilles) que dans les racines.

II- Besoins nutritifs des végétaux chlorophylliens

Activité

4

Comment établir un milieu de culture convenable à une plante verte ?

Méthode analytique : C'est la recherche des éléments présents dans le végétal. Il suffit d'incinérer une masse déterminée de végétaux, de recueillir les cendres et les gaz provenant de la combustion, d'en faire l'analyse élémentaire.

Méthode synthétique : C'est, après la recherche des éléments présents, celle des éléments indispensables. On utilise pour cela des cultures sur solution nutritive. Cette recherche se fait évidemment par tâtonnement.

■ Il convient d'abord de réaliser un milieu nutritif contenant les éléments reconnus précédemment, éléments présentés dans une combinaison soluble qui peut entrer dans le corps de la plante.

■ Il faut ensuite faire varier les proportions jusqu'à ce que la culture obtenue sur cette solution soit optimum au rendement.

La dernière opération consiste alors à retirer tel ou tel élément de la solution afin de déterminer son

rôle dans la nutrition.

Le résultat est l'établissement de la formule d'un milieu nutritif. Le plus fréquemment proposé est celui de Knop dont voici la composition :

	grammes
Eau	1000
Nitrate de calcium	1
Nitrate de potassium	0,25
Phosphate monopotassique	0,25
Sulfate de magnésium	0,25
Phosphate de fer	traces.

Activité

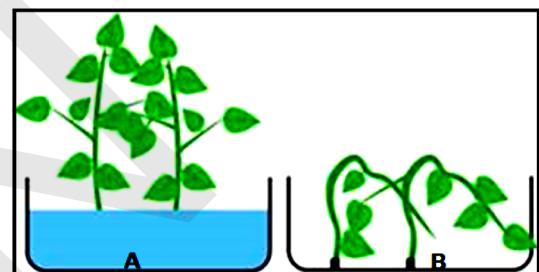
5

Détermination des besoins nutritifs minéraux des végétaux chlorophylliens.

Manipulations :

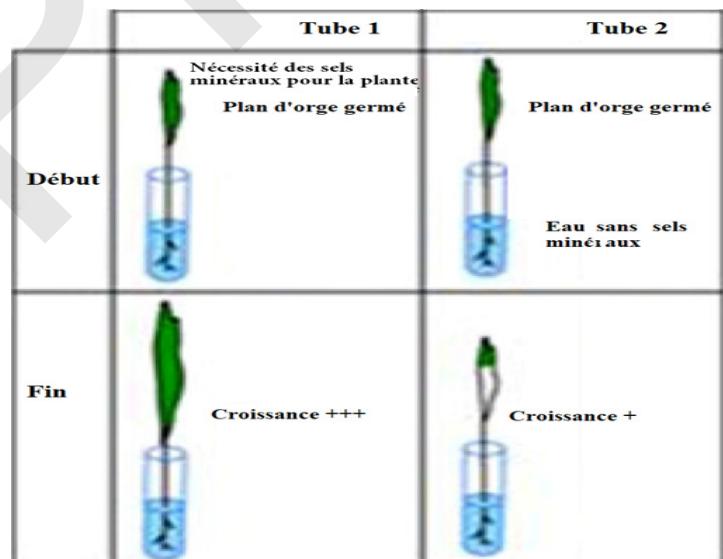
Expérience 1 : Nécessité de l'eau pour la plante.

- Prendre deux récipients : un récipient A contenant de l'eau, un autre B vide ;
- Placer une plante verte dans chaque récipient ;
- Observer les résultats au bout de quelques temps (voir document ci-dessus).



Expérience 2 : Nécessité des sels minéraux pour la plante.

- Dans le tube 1, placer un plant d'orge germé dans de l'eau additionnée à des sels minéraux (ou liquide Knop) ;
- Dans le tube 2, placer un plant d'orge germé dans de l'eau déminéralisée ;
- Observer les résultats au bout de quelques jours (voir document ci-contre).



Interpréter les résultats de cette expérience.

- La plante A se développe alors que la plante B flétrit (expérience 1). L'eau est essentielle à la survie de la plante.
- Dans le tube 1, la croissance de la plante est importante tandis qu'elle reste limitée dans le tube 2 (expérience 2).

Les sels minéraux sont indispensables à la croissance de la plante.

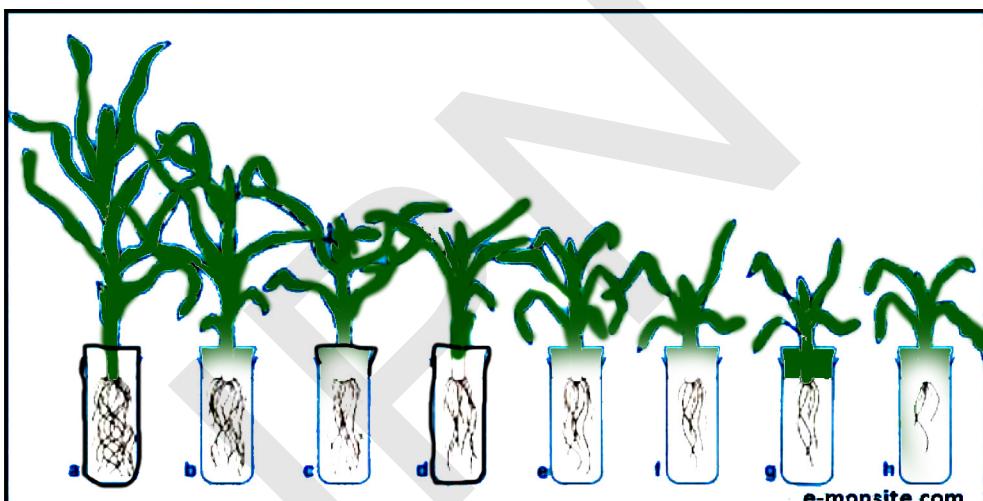
Activité

6

Quels sont les éléments dont la carence se fait sentir sur la croissance d'une plante verte ?

La culture hors sol ou culture sur milieux carencés de jeunes plantules permet de vérifier expérimentalement les types d'éléments minéraux indispensables à la croissance des plantes : Test de croissance comparative de jeunes plantules de même âge sur des milieux avec diverses solutions nutritives artificielles de composition carencée tour à tour à certains ions : a = milieu nutritif complet ; b = milieu privé de fer ; c = milieu privé de magnésium; d= milieu privé de phosphore; e= milieu privé d'azote ; f = milieu privé de calcium ; g= milieu privé de potassium h = eau distillée.

Les résultats se trouvent sur le document suivant :



Analyser ces résultats pour identifier le facteur limitant la croissance de cette plante.

- Les milieux établis expérimentalement permettent le développement complet jusqu'à la floraison et la fructification des végétaux chlorophylliens ; on peut donc penser qu'ils satisfont complètement aux besoins nutritifs.
- On remarque qu'ils ne renferment pas de carbone (les plantes chlorophylliennes utilisent comme aliment carboné le CO₂ de l'atmosphère). Elles se nourrissent par ailleurs à partir d'un petit nombre de combinaisons minérales : on appelle autotrophie ce mode de nutrition qui n'a pas besoin de matière organique préexistante.
- Les éléments dont la carence se fait principalement sentir dans la croissance et la formation de la chlorophylle sont le potassium, le phosphore, l'azote, le fer et le calcium.
- S'il y a un déséquilibre nutritif, la plante en souffre et, si certains éléments sont en quantité suffisante et d'autres déficients, c'est de l'élément déficient que dépend son développement ; en d'autres termes, il est inutile de vouloir améliorer une culture par l'introduction d'un élément si un autre est en quantité insuffisante : loi du minimum.

La croissance normale de plante verte nécessite la présence simultanée de tous les éléments minéraux tels que : eau, N, P, Fe, Ca, K dans le milieu de culture.

III- Echanges gazeux chlorophylliens

Activité

7

Comment peut-on montrer qu'une plante verte absorbe le CO₂ ?

Manipulations :

- Expériences témoins : Absorption du CO₂ par le KOH.

Le Rouge de créosol est un indicateur de pH permettant de détecter les variations de teneur du milieu en dioxyde de carbone (CO_2) ; le KOH est absorbeur de CO_2 (Voir document ci-contre).

- **Expériences utilisant des fragments de végétaux** : Mise en évidence de l'absorption de CO_2 par une feuille verte.

- Mettre du rouge de crésol dans 4 tubes à essai numérotés de 1 à 4 et hermétiquement fermés par un bouchon;

- Fermer les tubes 1 et 3 à l'aide d'un bouchon auquel est suspendue une feuille verte ;

- Fermer les tubes 2 et 4 à l'aide d'un bouchon auquel est suspendu un fragment de carotte :

- Placer les tubes 1 et 2 à la lumière et les tubes 3 et 4 à l'obscurité :

- Observer les résultats au bout de quelques heures (voir document suivant).



	Lumière	Obscurité
Début de l'expérience	 	 
Quelques heures plus tard	 	 
	Feuille verte	Tranche de carotte

En se référant à l'expérience 1, comparer ces résultats puis déduire.

En comparant les résultats de ces expériences, on constate que la feuille verte ou chlorophyllienne exposée à la lumière appauvrit le milieu en dioxyde de carbone ; c'est-à-dire qu'elle absorbe le CO_2 .

du milieu. Le fragment de carotte (non chlorophyllien) et la feuille verte maintenue à l'obscurité ne pratiquent pas cette absorption de CO_2 , par contre ils en rejettent : ils pratiquent donc la respiration. A la lumière, la plante chlorophyllienne absorbe le CO_2 .

Activité 8

Comment peut-on montrer qu'une plante verte rejette l' O_2 ?

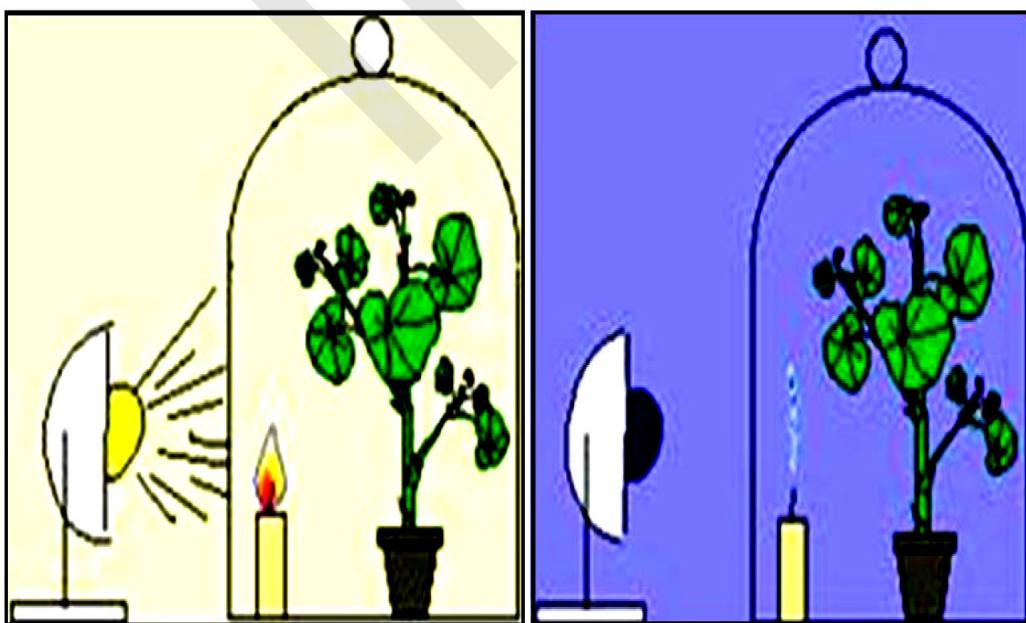
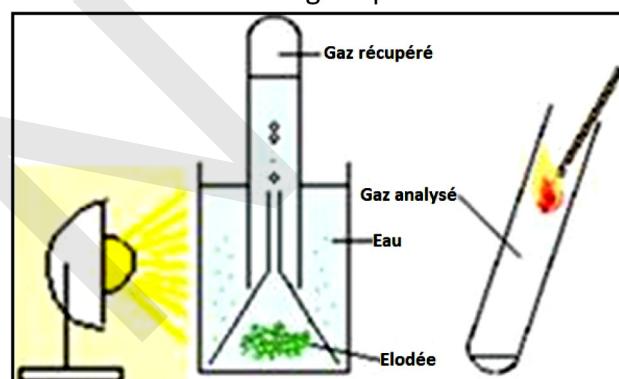
Manipulations :

Expérience 1: Mise en évidence du dégagement du dioxygène.

- Placer un fragment d'éladée (plante aquatique) pendant plusieurs heures dans de l'eau hydrogénocarbonatée à 1% très légèrement et régulièrement agitée, à la température de 20°C et bien éclairer.
- Constater que le fragment d'éladée se recouvre de bulles de gaz qui remontent à la surface.
- Recueillir grâce à un entonnoir dans une éprouvette, ce gaz ;
- Remarquer qu'il entretient les combustions.

Expérience 2 : Dégagement d' O_2 à la lumière.

- Introduire une bougie allumée dans une cloche hermétique où une plante verte terrestre est éclairée ;
- Constater qu'elle continue toujours à s'allumer ;
- Si la plante n'est pas éclairée, la bougie s'éteint.



Analyser ces expériences et déduire.

Une bougie allumée introduite dans une cloche hermétique où une plante verte terrestre est éclairée continue toujours à s'allumer. Tandis que, si la plante n'est pas éclairée, la bougie s'éteint. Le dioxygène nécessaire à la combustion est produit par la plante verte éclairée.

La plante verte dégage de l' O_2 à la lumière.

Rejet de dioxygène et absorption de dioxyde de carbone forment le phénomène biologique associé à la synthèse de la première substance organique par la plante verte : C'est l'échange gazeux chlorophyllien.

Activité

9

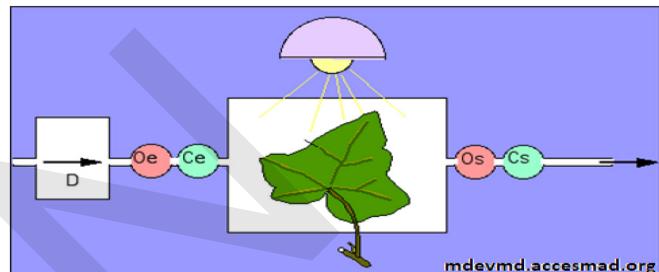
Comment peut-on définir l'intensité et le quotient chlorophylliens ?

Expérience : Mesure de l'intensité et du quotient chlorophylliens.

La mesure de la concentration en CO_2 est réalisée par spectroscopie infrarouge. La mesure de la concentration en dioxygène est réalisée par dosage paramagnétique :

- Placer une feuille dans une enceinte parcourue par un courant continu de gaz dont le débit D est connu ;

- Les concentrations en dioxygène et en dioxyde de carbone sont déterminées à l'entrée (Oe et Ce) et à la sortie de la chambre (Os et Cs). Voir document ci-dessus.
- Les mesures doivent être faites respectivement à la lumière et à l'obscurité.



Analyser cette expérience pour définir l'intensité et le quotient chlorophylliens.

A la lumière, la photosynthèse et la respiration se déroulent simultanément, donc les quantités mesurées sont la résultante des deux processus pour lesquels les échanges gazeux sont opposés (photosynthèse : CO_2 absorbé et O_2 dégagé ; respiration : CO_2 dégagé et O_2 absorbé). A l'obscurité, la plante pratique seulement la respiration (CO_2 dégagé et O_2 absorbé), il est nécessaire de déterminer les échanges gazeux respiratoires : on doit faire deux mesures pendant deux temps égaux :

- quand la plante est placée à l'obscurité, seul le phénomène respiratoire est mesuré : volume de CO_2 dégagé (VCO_2 dégagé) et volume d' O_2 absorbé (VO_2 absorbé) ;
- quand la plante est placée à la lumière, on mesure simultanément des échanges gazeux respiratoires et chlorophylliens : on obtient donc les volumes des échanges gazeux chlorophylliens (photosynthèse brute ou réelle) en retranchant le volume des échanges respiratoires à l'obscurité du volume gazeux obtenu à la lumière (respiration + photosynthèse).

L'intensité chlorophyllienne est le volume de dioxyde de carbone absorbé ou le volume de dioxygène rejeté par unité de temps et par unité de masse du végétal.

La mesure peut être réalisée par la détermination des échanges gazeux : libération d'oxygène ou absorption de CO_2 .

L'absorption de CO_2 et le rejet d' O_2 se font à une vitesse directement proportionnelle à celle de la photosynthèse.

Des mesures précises montrent que le rapport volume de CO_2 absorbé sur volume d' O_2 dégagé est sensiblement égal à l'unité : c'est le **quotient chlorophyllien** :

$$\text{QC} = \frac{\text{Volume de } \text{CO}_2 \text{ absorbé}}{\text{Volume d'}\text{O}_2 \text{ dégagé}}$$

Activité 10

Quels sont les facteurs externes qui influencent l'intensité chlorophyllienne ?

Document 1 : Influence de l'éclairement.

Les plantes sont éclairées avec une source lumineuse permettant de réaliser une gamme d'intensités (flux de photons) comprises entre 0 et 600 à 800 mmoles (photons). $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

La photosynthèse nette est alors mesurée soit par le dégagement d'oxygène soit par la consommation de dioxyde de carbone.

Le document ci-contre montre la variation de l'intensité chlorophyllienne en fonction de l'éclairement. On détermine ainsi l'éclairement au point de compensation (I_c), l'éclairement saturant (I_s), la respiration à l'obscurité (R_o) et le rendement quantique (Φ). Voir document 1.

Document 2 : Influence de la température.

Le document ci-contre montre la variation de l'intensité chlorophyllienne (exprimée par le taux d' O_2 rejeté) en fonction de la température ambiante.

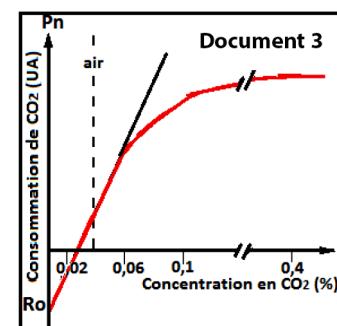
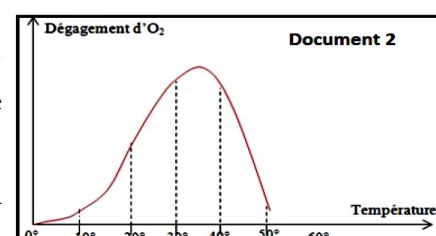
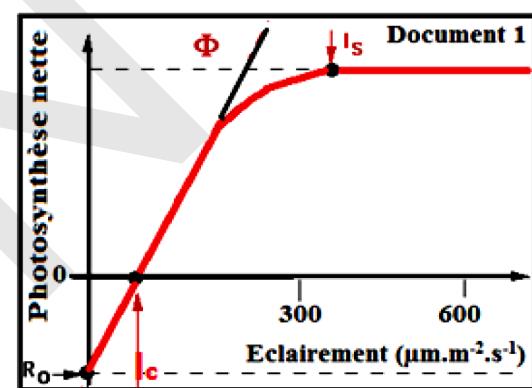
Document 3 : Influence de la teneur du milieu en CO_2 .

Le document ci-contre montre la variation de l'intensité chlorophyllienne (exprimée par le taux de CO_2 absorbé) en fonction de la teneur du milieu en dioxyde de carbone (CO_2).

Analyser ces documents pour dégager les facteurs externes qui influencent la photosynthèse.

■ L'éclairement a une influence directe sur l'intensité de la photosynthèse (document 1) :

- partie linéaire de pente (coefficients directeur) équivalente à Φ dans cette gamme d'éclairement, la lumière est limitante et Φ mesure le rendement de l'absorption des photons (= rendement quantique foliaire).
- un plateau obtenu pour des valeurs d'éclairement plus ou moins élevées (I_s = éclairement saturant ou optimal). Au delà, la capacité d'absorption des photons dépasse la capacité de leur utilisation. Les réactions d'assimi-



lation du CO₂ deviennent limitantes et la photosynthèse présente une intensité maximale.

● Il existe une valeur de l'éclairement pour laquelle la photosynthèse nette (Pn) est nulle : la photosynthèse compense juste la respiration. Cette valeur est appelée point de compensation pour la lumière (IC).

■ La température est un autre facteur limitant important. Le maximum est atteint entre 30° et 40°. Aux basses températures, le dégagement est très faible, mais au-dessus de 40°, le dégagement devient plus faible et s'annule vers 50°C (document 2).

■ L'intensité de la photosynthèse augmente avec la teneur du milieu en dioxyde de carbone (CO₂). Des expériences précises montrent que pour les plantes aériennes, l'optimum est atteint vers 0,1 et 0,2 % de dioxyde de carbone. La teneur normale dans l'atmosphère (0,03) étant très inférieure à cet optimum, le dioxyde de carbone est un facteur limitant de la photosynthèse pendant le jour (document 3).

Les plantes aériennes assimilent le CO₂ atmosphérique (0,035% de CO₂) tandis que les plantes aquatiques absorbent le CO₂ dissous. Une augmentation de la photosynthèse est observée lorsqu'on augmente la concentration de CO₂.

■ Selon l'origine des plantes, l'optimum de température de leur activité photosynthétique est différent. Les plantes des régions tempérées ont un maximum se situant entre 15°C et 25°C, alors que celles d'origine tropicale peuvent avoir un maximum qui se situe entre 30 et 45°C. De même, les limites à la tolérance au froid et au chaud sont différentes : -2°C à 0°C et 40 - 50°C, pour les plantes des régions tempérées, +5°C à 7°C et +50 à 60°C, pour les plantes tropicales.

La photosynthèse est un processus complexe affecté de manière différente par les facteurs de l'environnement. De ce fait, les facteurs externes agissent indépendamment les uns des autres et le phénomène global obéit à la loi du «facteur limitant»: lorsqu'un processus est contrôlé par plusieurs facteurs agissant indépendamment, son intensité est limitée par le facteur qui présente la valeur minimum.

Conclusion : La photosynthèse est influencée par les facteurs de l'environnement : la lumière (source d'énergie), le CO₂ (source de carbone) et la température (qui affecte l'ensemble des réactions biochimiques).

IV- La chlorophylle

Activité

11

Où trouve-t-on la chlorophylle dans les cellules des plantes vertes ?

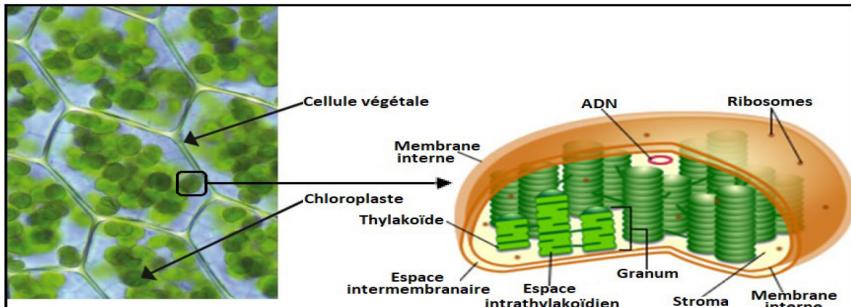
Expérience : Localisation de la chlorophylle.

- Prendre des feuilles vertes fraîches ;
- Faire des coupes minces ;
- Les placer entre lame et lamelle puis observer au microscope à fort grossissement ;
- Puis observer au microscope électronique la partie encadrée ;
- Les résultats se trouvent dans le document ci-contre.

Commenter le document puis déduire la localisation de la chlorophylle.

La chlorophylle est le principal pigment assimilateur des végétaux supérieurs.

Ce pigment, situé dans les chloroplastes des cellules végétales, intervient dans la photosynthèse pour intercepter l'énergie lumineuse. Il est responsable de la couleur verte des végétaux.



Les chloroplastes ont deux membranes (interne et externe) bordant une zone aqueuse appelée stroma. Celui-ci contient la membrane thylacoïde plissée en un réseau de nombreuses vésicules aplatis prenant la forme :

- soit d'empilements compacts appelés grana (granum) ;
- soit de vésicules isolées et libres dans le stroma et réunissant plusieurs grana.

La membrane thylacoïde contient les pigments de la chlorophylle.

Activité 12

Comment extraire la chlorophylle brute ?

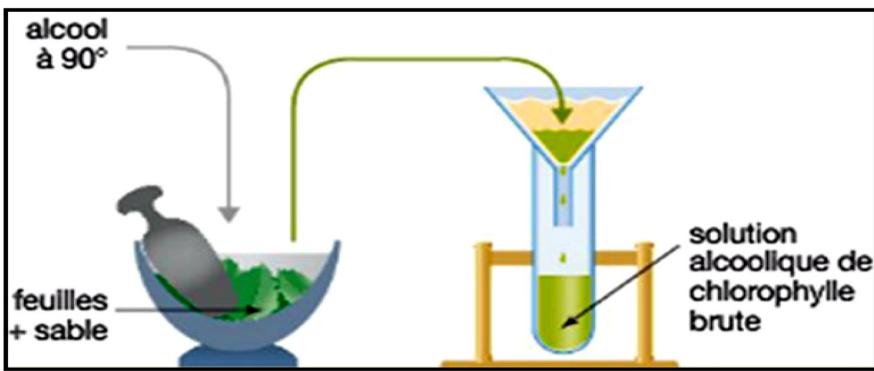
Expérience : Extraction de la chlorophylle.

Pour extraire la chlorophylle des feuilles, on procède en plusieurs étapes :

- Peser 10g de feuilles de haricot (Niébé) dans un bêcher et les hacher grossièrement à l'aide d'une paire de ciseaux ;
- Placer les feuilles hachées dans un mortier et les broyer avec du sable et 10ml d'éthanol absolu ;
- Filtrer le broyat dans un Erlenmeyer à l'aide d'un coton cardé ;
- Récupérer la pulpe dans le coton cardé et la placer dans un bêcher ;
- Ajouter 12ml de dichlorométhane et agiter pendant deux minutes ;
- Filtrer à nouveau le mélange de la même manière que précédemment et récupérer le filtrat (Liquide vert contenant de la chlorophylle) ;
- Observer le résultat (document ci-contre).

Analyser l'expérience.

Les feuilles de la plante sont mises en contact avec de l'éthanol absolu qui va les léser mécaniquement et va détruire les membranes des cellules dans le but d'en extraire les organites (les lipides et les lipoprotéines sont solubles dans l'éthanol).



Les grains de sable aident à déchirer les tissus pour libérer les pigments chlorophylliens qui passent à l'état de solution dans l'alcool.

Le broyat ainsi obtenu est filtré pour éliminer les débris cellulaires et la chlorophylle est extraite grâce au dichlorométhane, solvant d'extraction. Après une seconde filtration, le filtrat est chauffé afin de garder uniquement les pigments de la chlorophylle. On obtient ainsi une solution alcoolique de chlorophylle brute.

La chlorophylle est un pigment présent dans toutes les plantes vertes sur Terre. On estime que près d'un milliard de tonnes de chlorophylle sont synthétisées par les plantes chaque année sur toute la surface de la Terre.

Activité 13

Comment peut-on séparer les pigments de la chlorophylle brute ?

Manipulations :

Expérience 1 : Séparation des pigments de la chlorophylle brute par solubilité différentielle.

- Verser 1 volume de solution alcoolique de chlorophylle brute dans une ampoule à décanter ;
- Ajouter 1/5 de volume du benzène à la solution précédente ;
- Agiter et laisser reposer ;
- Observer les résultats obtenus (voir document ci-contre).

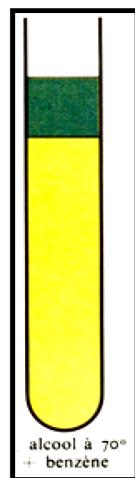
Expérience 2 : Séparation des pigments de la chlorophylle brute par chromatographie.

- Découper un rectangle de papier chromatographique (papier Whatman n°1) ;
- Suspendre le papier à chromatographie à l'aide d'un crochet fixé sur un bouchon, le placer dans l'éprouvette pour repérer le niveau du solvant à mettre (le papier doit tremper d'un demi-cm dans le solvant) ;

- Veiller à prendre le papier uniquement par les bords sans poser vos doigts sur la zone de migration.
- La bande de papier ne doit pas toucher les bords de l'éprouvette.
- Retirer le papier, verser le solvant jusqu'au niveau repéré et fermer l'éprouvette sans le papier ;
- Repérer le bas de la bande de papier à chromatographie (Whatman) : extrémité opposée à l'orifice de suspension de la bande ;
- Tracer un trait très léger au crayon à 2 cm du bas de la bande de papier « Whatman » pour marquer l'emplacement du dépôt ;
- Faire un dépôt de pigments selon l'une ou l'autre méthode indiquée ci-dessous :
 - Déposer la solution brute de pigments à étudier avec la micropipette (ou équivalent). Superposer une dizaine de gouttes de la solution en séchant entre chaque goutte à l'aide du sèche-cheveux.

- Écraser, à l'aide d'un agitateur, un petit morceau de feuille à l'emplacement prévu. Répéter 5 fois l'opération sur le même emplacement, en renouvelant le morceau de feuille.

- La tache d'un dépôt doit être aussi petite et foncée que possible.



- Faire un dépôt toujours au même endroit demande de la concentration et de la précision.
- Suspendre le papier à chromatographie, le placer dans l'éprouvette contenant 5 ml d'un solvant organique (Ether de pétrole 85 % ; Acétone 10 % ; Cyclohexane 5 %) ;
- Les dépôts des pigments doivent impérativement être situés au-dessus du niveau du solvant.
- Recouvrir l'éprouvette d'un cache noir ;
 - La lumière détruit les pigments.
- Laisser migrer le solvant à l'obscurité pendant 30 minutes au maximum ;
- Retirer le papier et laisser sécher ;
- Observer le résultat (voir document ci-contre).

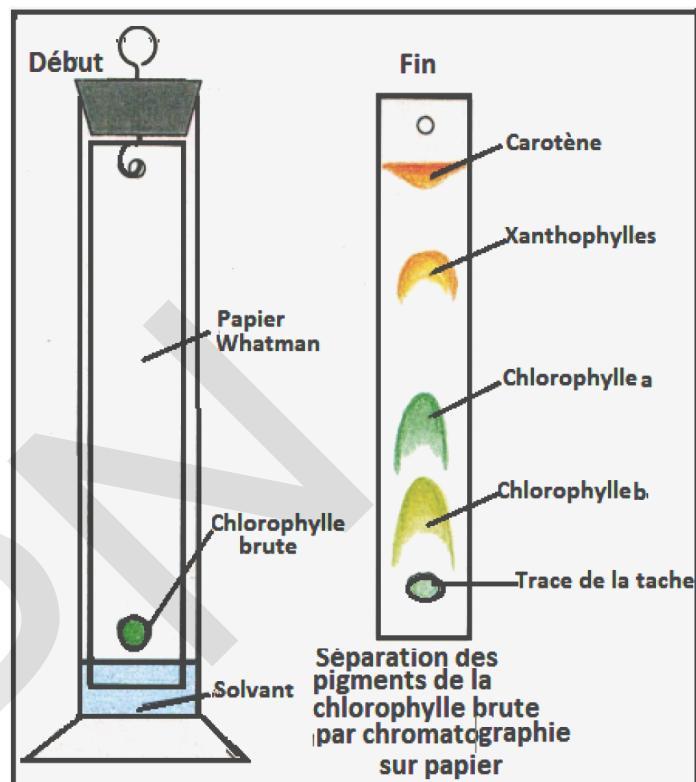
Analyser ces expériences.

- La solution se sépare en 2 phases :
 - la phase éthérée, verte, contient la plupart des pigments ; la chlorophylle étant plus soluble dans le benzène que dans l'alcool, on trouvera dans la couche supérieure le benzène coloré en vert (chlorophylle) ;
 - la phase hydro-alcoolique (ou hydro-acétique) jaune contient une partie des xanthophylles seulement.

Les chlorophylles et les caroténoïdes sont solubles dans des solvants organiques et peuvent donc être séparés à l'aide de solvants ou de mélanges de solvants des lipides. Ces molécules sont dites liposolubles (expérience 1).

- Le solvant monte dans la feuille par capillarité en entraînant les pigments de manière différentielle selon leur affinité avec le solvant. Les différentes tâches représentent les différents pigments chlorophylliens qui constituent la chlorophylle brute. Ils diffèrent par la vitesse de migration. On peut distinguer ainsi deux catégories principales de pigments : les chlorophylles (vertes) et les caroténoïdes (jaunes).

On distingue plusieurs formes de chlorophylles (a, b, c, d et f) qui n'ont pas la même structure chimique. Les plus courantes sont les chlorophylles a et b que l'on retrouve chez les plantes supérieures et chez les algues.



Activité

14

Comment se fait l'absorption des radiations par les pigments de la chlorophylle ?

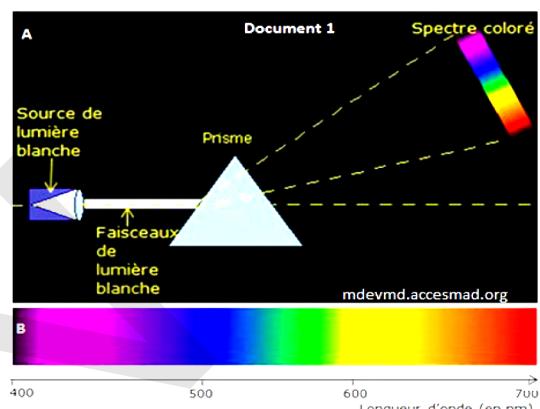
Manipulations :

Expérience 1 : Décomposition de la lumière blanche.

Les couleurs ne sont visibles que lorsque les objets sont éclairés ; c'est-à-dire quand ils nous renvoient de la lumière.

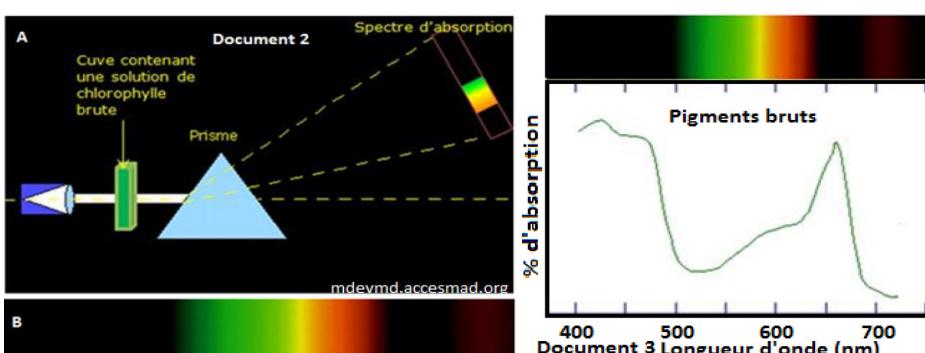
Un objet est blanc parce qu'il nous renvoie l'ensemble des radiations composant la lumière blanche.

- Disposer d'une source de lumière blanche et d'un prisme ;
- Faire passer un faisceau de lumière blanche à travers le prisme ;
- Recueillir les radiations visibles de la lumière décomposée sur un écran (document 1A) ;
- Observer les résultats sur le document ci-contre (document 1B).



Expérience 2 : Spectre d'absorption de pigments bruts.

- Reprendre le dispositif de l'expérience 1 (document 1A) ;
- Intercaler une cuve à faces parallèles contenant une solution de chlorophylle brute entre la source de lumière blanche et le prisme décomposeur de la lumière blanche (document 2A);
- Observer les résultats sur le document ci-dessous (document 2B);
- On a pu tracer la courbe d'absorption en fonction de la longueur d'onde (document 3).



A partir de l'analyse de ces deux expériences, déduire le spectre d'absorption de la chlorophylle brute.

- La lumière blanche est constituée de diverses radiations visibles qui forment le spectre de la lumière blanche ou spectre coloré. Ces radiations ont des longueurs d'onde comprises entre 400 nanomètres

environ pour le violet et 700nm pour le rouge.

Les couleurs ne sont visibles que lorsque les objets sont éclairés; c'est-à-dire quand ils nous renvoient de la lumière. Une solution alcoolique de chlorophylle brute, apparaît verte parce qu'elle laisse surtout passer les radiations vertes. La lumière blanche correspond à un ensemble d'ondes électromagnétiques allant de 420 nm à 720 nm de longueur d'onde. La réfraction qui a lieu au niveau du prisme dépend de la longueur d'onde. Ainsi, on peut recueillir sur un écran les différentes radiations étalées. Pour notre œil, cela se traduit par une sorte d'arc-en-ciel allant du rouge au violet : c'est un spectre d'émission (document 1B).

■ Si l'on interpose sur le trajet du rayon lumineux incident une cuve de chlorophylle (document 2A), le spectre présente alors des bandes sombres, ce qui signifie que certaines radiations ont été absorbées par la chlorophylle. Sur l'écran, on obtient cette fois, un spectre d'absorption (document 2B). Les chlorophylles et les caroténoïdes absorbent certaines radiations dites actives pour la photosynthèse, dans la gamme de longueurs d'onde visibles comprises entre 400 et 700 nm. Certaines radiations de la lumière blanche disparaissent, elles sont absorbées par la solution de chlorophylle ; ceci se traduit par des bandes sombres sur le spectre appelé spectre d'absorption : Le rouge et le bleu sont totalement absorbés, le jaune et l'orange partiellement, la radiation verte n'est pas du tout absorbée. Ce sont les chlorophylles qui semblent les plus efficaces, complétées par l'action des carotènes.

On peut aussi représenter par une courbe l'intensité d'absorption des différentes longueurs d'onde par les chlorophylles (document 3).

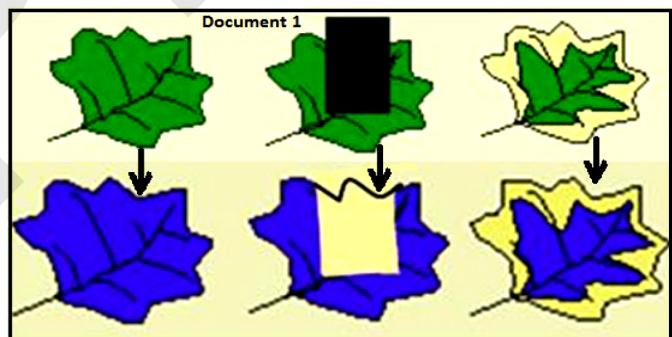
V- Mécanisme de la photosynthèse

Activité 15

Qu'est-ce que la photosynthèse et quelles sont ses étapes?

Manipulations :

Expérience 1 : Nécessité de la lumière et de la chlorophylle.



- Disposer de trois feuilles : une feuille normalement verte, une feuille verte dont une partie a été cachée par du papier noir et une feuille panachée (dont la partie périphérique blanche ne contient pas de chlorophylle) ;

- Exposer ces feuilles à la lumière pendant quelques heures ;

- Détacher les feuilles, les décolorer par de l'éthanol bouillant pendant 5 minutes,

- Les recouvrir de Lugol (réactif spécifique de l'amidon) dans une boîte de Pétri ;

- Observer les résultats obtenus (document1).

Expérience 2 : Nécessité du CO₂.

- Mettre une plante de Pélargonium dans l'obscurité pendant 48 h ;

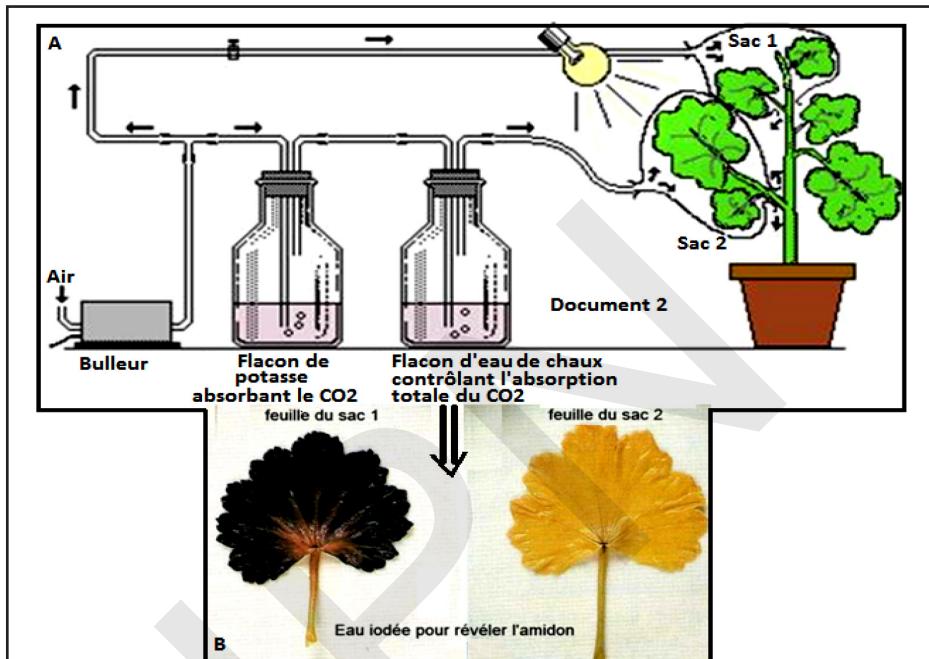
- Placer des feuilles de cette plante dans deux sacs transparents où l'air est mis en circulation grâce à une pompe d'aquarium : l'air ambiant circule dans le sac 1 ; l'air du sac 2 est débarrassé de son CO₂ qui

est absorbé par la potasse et l'eau de chaux (document 2A);

- Après l'avoir fait fonctionner pendant une journée avec un éclairage uniforme, une feuille de chacun des sacs est traitée de la manière suivante :

- traitement à l'eau bouillante pour arrêter le fonctionnement physiologique ;
- traitement à l'alcool bouillant pour dissoudre les pigments ;
- immersion dans le Lugol qui colore spécifiquement l'amidon en bleu violacé sombre.

- Le résultat se trouve sur le document 2B.



Analyser ces expériences pour définir la photosynthèse et ses conditions.

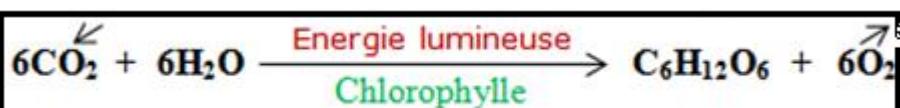
■ Les parties chlorophylliennes éclairées présentent de l'amidon ; alors que les parties non chlorophylliennes ou maintenues à l'obscurité n'en présentent pas.

Chlorophylle et lumière sont alors nécessaires pour obtenir la synthèse de l'amidon par les végétaux verts.

En effet, cette synthèse nécessite, non seulement des matières premières minérales (eau, sels minéraux) mais aussi une source d'énergie lumineuse captée par la chlorophylle : c'est la photosynthèse (synthèse grâce à l'énergie des photons).

La photosynthèse est le processus qui permet aux plantes vertes de synthétiser de la matière organique en exploitant la lumière du soleil.

Photosynthèse et échanges gazeux chlorophylliens sont deux aspects d'une même réaction chimique que l'on peut résumer par l'équation-bilan suivante :



Activité

16

Distinguer les deux phases de la photosynthèse.

Ce document résume les différentes phases de la photosynthèse ainsi que leur localisation et leurs produits.

Analyser ce document pour déduire :

- le nombre de phases composant la photosynthèse ;
- le lieu précis où se déroule chacune d'elles ;
- les principaux produits de chacune.

Une analyse plus fine montre que la photosynthèse comprend, en réalité, deux ensembles de réactions chimiques :

- Les unes sont qualifiées de photochimiques (phase lumineuse ou claire) car elles dépendent directement de la lumière. Elles se déroulent dans les membranes des thylakoïdes. Dans la cellule, la chlorophylle communique l'énergie issue de la lumière à d'autres molécules par transfert d'électrons portés à un haut niveau énergétique. Ainsi, l'énergie lumineuse des radiations absorbées se trouve convertie en énergie chimique, finalement stockée dans les molécules d'ATP (adénosine triphosphate) et les molécules du NADP (transporteur d'hydrogène).

La première réaction photochimique de la photosynthèse est la dissociation de l'eau, encore appelée photolyse de l'eau:

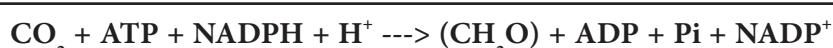


L'oxygène libéré par la photolyse de l'eau est dégagé au cours de la photosynthèse.

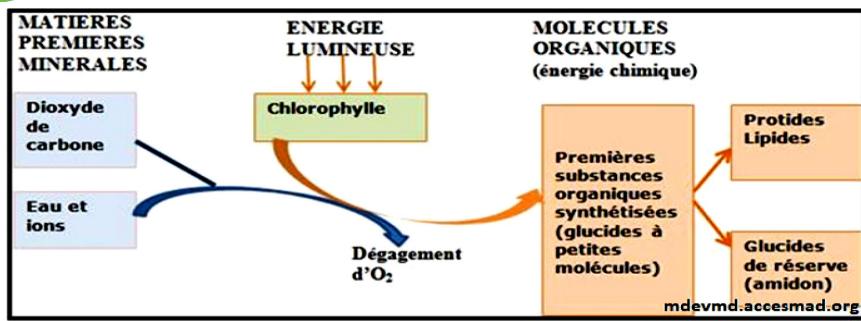
Les autres sont dites réactions sombres ou cycle de Calvin (phase sombre). L'intervention de la lumière n'étant pas directement nécessaire à leur déroulement.

Elles se déroulent dans le stroma du chloroplaste.

L'incorporation du dioxyde de carbone et la synthèse de substances organiques sont assurées par un ensemble de réactions chimiques qui utilisent l'énergie chimique stockée au cours de la phase photochimique dans les molécules d'ATP et de transporteur d'hydrogène. Les premières substances organiques synthétisées au cours de ces réactions sont des sucres à trois atomes de carbone à partir desquels se forment les autres glucides (glucose, fructose, amidon...).



Le bilan global de la photosynthèse est simple : à partir de matières minérales (eau, ions et dioxyde de carbone), la plante synthétise des substances organiques représentant une importante source potentielle d'énergie chimique. Cette synthèse se fait grâce à la chlorophylle qui capte l'énergie lumineuse et la convertit en énergie chimique.



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

VI- Importance de la photosynthèse

Activité 17

Quelle est l'importance écologique de la photosynthèse ?

Document 1 : La production primaire.

Les plantes chlorophylliennes occupent une place importante dans les écosystèmes et les agrosystèmes. En effet, grâce à la photosynthèse, ils sont capables de synthétiser la matière organique (production primaire). Ces plantes ont besoin d'un certain nombre d'éléments nutritifs, notamment l'eau et les sels minéraux. Lors de la réaction de photosynthèse, l'énergie lumineuse captée par la chlorophylle est convertie en énergie chimique, sous forme de matière organique.

A l'échelle de la planète, les végétaux verts utilisent pour la photosynthèse environ 0,1 % de la puissance solaire totale disponible.

La production primaire est la quantité de matière organique produite par unité de temps. Elle est réalisée par la photosynthèse, essentiellement par le phytoplancton dans les océans et par les végétaux terrestres sur les continents.

L'indice foliaire, ou indice de surface foliaire est une grandeur sans dimension, qui exprime la surface foliaire d'un arbre, d'un peuplement, d'un écosystème ou d'un biome par unité de surface de sol.

Le tableau suivant donne une comparaison de la productivité primaire et de l'indice foliaire dans différents écosystèmes :

Lieu / Écosystème	Forêt tempérée	Forêt tropicale	Désert
Productivité primaire (gc/m ² /an)	1 200	1 600	3
Indice foliaire	3	5	0

Document 2 : Données énergétiques sur la productivité primaire à l'échelle du globe.

« L'objectif est ici de fournir des données chiffrées montrant l'importance de la photosynthèse à l'échelle de la planète. Les organismes chlorophylliens sont des producteurs primaires : ils utilisent l'énergie solaire et la matière minérale pour fabriquer de la matière organique stockant de l'énergie sous forme chimique.

A l'échelle de la planète, les organismes chlorophylliens utilisent pour la photosynthèse environ 0,1% de la puissance solaire totale disponible[...].

L'utilisation par la photosynthèse d'une très faible partie de l'énergie solaire reçue par la planète fournit l'énergie nécessaire à l'ensemble des êtres vivants (à l'exception de certains milieux très spécifiques où l'énergie est fournie par chimiosynthèse).

Le pouvoir calorifique du carbone est le suivant : 1 Kg de Carbone équivaut à 32 Mégajoules.

On peut donc déduire de l'étude de Field et al. les données suivantes qui sont exprimées en quantité d'énergie (kJ/an/m²) :

- puissance énergétique solaire annuelle : $5,4 \times 10^6$ kJ/an/m² ;
- productivité primaire brute océanique et continentale : $3,34 \times 10^4$ kJ/an/m² ;
- perte par décomposition dans le sol : $1,1 \times 10^4$ kJ/an/m² ;
- perte par respiration des êtres-vivants : $1,5 \times 10^4$ kJ/an/m² ;
- productivité primaire nette océanique et continentale : $6,6 \times 10^3$ kJ/an/m². ». eduscol.education.fr

Analyser les données des deux documents pour dégager l'importance de la photosynthèse.

La biomasse végétale est la masse totale de matière végétale présente dans un milieu donné à un moment donné. Elle s'exprime en masse de matière sèche par unité de surface de sol (kg.m⁻²). Les végétaux verts sont les producteurs primaires indispensables. Ce sont les seuls êtres vivants capables d'élaborer des substances organiques à partir d'éléments minéraux. Il y a, à peu près chaque année, 20 milliards de tonnes de carbone qui sont fixés par les végétaux terrestres à partir du dioxyde de l'atmosphère et 15 milliards par les algues. Grâce à des pigments comme la chlorophylle, les végétaux absorbent une partie de la lumière visible, le reste de la lumière les éclairant étant transmis ou réfléchi. Au final, c'est la synthèse de matière organique à partir de dioxyde de carbone, d'eau et de sels minéraux. Tel est le bilan durant toute la croissance de la plante, produisant sa propre substance en rejetant du dioxygène. À l'échelle planétaire, ce sont les algues et le phytoplancton marin qui produisent le plus dioxygène, suivi des forêts (document 1).

À l'échelle de la planète, la photosynthèse permet la production primaire de matière organique, qui sert ensuite d'énergie chimique à toute la biosphère. Les végétaux verts utilisent de cette manière environ 0,1 % de la puissance solaire totale disponible et convertissent ainsi une partie de l'énergie solaire en énergie chimique utilisable par les êtres vivants. Le flux d'énergie capté par la photosynthèse (à l'échelle planétaire) est immense, approximativement 100 térawatts, qui est environ de 10 fois plus élevé que la consommation moyenne énergétique mondiale. Ce qui signifie qu'environ un peu moins du millième de l'insolation reçue par la terre est capté par la photosynthèse et fournit toute l'énergie de la biosphère (document 2).

La photosynthèse est à l'origine des combustibles fossiles : le charbon, le pétrole et le gaz.

Elle est donc source d'énergies renouvelables.

A l'échelle du globe, la photosynthèse joue un rôle essentiel puisqu'elle permet l'entrée de la matière minérale et de l'énergie dans l'ensemble du monde vivant : la biosphère.

Je retiens :

L'absorption de l'eau et des sels minéraux se fait au niveau de la zone pilifère de la racine composée de très nombreux poils absorbants. Il existe deux types de vaisseaux conducteurs qui conduisent deux sèves différentes :

- le xylème : c'est le vaisseau conducteur de la sève brute qui est essentiellement constituée d'eau et de sels minéraux. Cette sève est dite ascendante.

- le phloème : c'est le vaisseau conducteur de la sève élaborée qui est essentiellement constituée des produits de la photosynthèse. Cette sève est dite descendante.

Les plantes vertes peuvent se développer sur un milieu exclusivement minéral (Knop) : elles sont autotrophes par opposition aux hétérotrophes qui en sont incapables.

A la lumière, les végétaux chlorophylliens absorbent le CO_2 et dégagent l' O_2 : on parle d'échanges gazeux chlorophylliens. L'intensité chlorophyllienne est le volume de CO_2 absorbé ou celui d' O_2 dégagé par unité de masse et par unité de temps.

Le quotient chlorophyllien est le rapport entre le volume de O_2 rejeté sur le volume de CO_2 absorbé. Les échanges gazeux chlorophylliens sont influencés par les facteurs comme la lumière, le taux de CO_2 , la température...). Chacun de ces facteurs limite le phénomène par son insuffisance même si les autres sont fournis abondamment : c'est la loi du facteur limitant ou loi du minimum.

Les chloroplastes contiennent un pigment indispensable à la photosynthèse : c'est la chlorophylle-brute. Celle-ci est soluble dans les solvants organiques (alcools, benzène, acétone) et constituée de divers pigments (chlorophylles a et b, xanthophylles, carotène).

La chlorophylle capte l'énergie lumineuse qu'elle transforme en énergie chimique pour que la plante synthétise ses matières organiques. Les radiations les plus absorbées (rouge, violet, bleue...) par la chlorophylle sont les plus efficaces : spectre d'absorption.

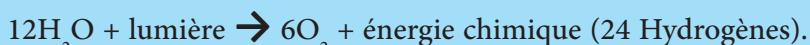
La photosynthèse est le procédé de fabrication de matière organique (ou biomasse) par les plantes sous l'action de la lumière, grâce à la chlorophylle.

La photosynthèse peut s'étudier de manière globale avec :



Ce processus se déroule en réalité en deux phases bien distinctes :

- Les réactions photochimiques, appelées communément phase claire ou lumineuse, qui peuvent se résumer ainsi :



- Le cycle de Calvin, appelé aussi phase sombre :



Ce qui est noté énergie chimique correspond à 12 molécules de NADPH+H⁺ et de l'ATP.

La 2^e phase utilise l'énergie chimique fournie par la 1^{re} phase photochimique.

Les végétaux chlorophylliens sont les premiers fournisseurs de l'écosystème en matières organiques : ils en sont les producteurs primaires.

En plus, ils enrichissent l'atmosphère en O₂ et l'appauvriscent en CO₂.

Je m' exerce

Exercice 1 : Répondre par vrai ou faux.

La transpiration foliaire :

- a- ne dépend en rien des facteurs climatiques.
- b- est un phénomène biologique contrôlé par des facteurs physiques.
- c- est un phénomène physique sous contrôle biologique.
- d- ne joue aucun rôle dans l'ascension de la sève brute.
- e- se fait essentiellement au niveau des stomates.
- f- se traduit par l'émission de vapeur d'eau dans l'atmosphère.
- g- a la même valeur pour toutes les espèces végétales.

Exercice 2

1. Toutes les cellules vivantes sont:

- A. capables de réaliser la photosynthèse ;
- B. incapables de s'approvisionner en matériaux minéraux ;
- C. capables de fermenter ;
- D. capables de s'approvisionner en énergie.

2. **Au cours de la photosynthèse :**

- A. Les cellules convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique ;
- B. Les cellules synthétisent des molécules minérales ;
- C. Le dioxygène sert de matière première ;
- D. Le dioxyde de carbone est un déchet.

3. **La photosynthèse :**

- A. est une oxydation du dioxyde de carbone grâce à l'eau ;
- B. est une réduction du dioxyde de carbone grâce à l'eau ;
- C. a le dioxygène comme déchet ;
- D. a le dioxyde de carbone comme déchet.

4. **Les cellules chlorophylliennes sont dites autotrophes car elles :**

- A. synthétisent leur propre carbone organique;
- B. nécessitent un apport de carbone organique ;
- C. synthétisent leur propre carbone minéral ;
- D. ne nécessitent pas un apport de carbone minéral.

5. La photosynthèse:

- A. est réalisée par tous les êtres vivants ;
- B. est réalisée par les végétaux chlorophylliens ;
- C. permet la synthèse de dioxyde de carbone ;
- D. permet la libération du dioxygène.

6. A l'échelle de la plante, la photosynthèse permet la production de :

- A. sels minéraux ;
- B. matière organique ;
- C. dioxyde de carbone ;
- D. lumière.

7. Dans un écosystème, les producteurs primaires sont :

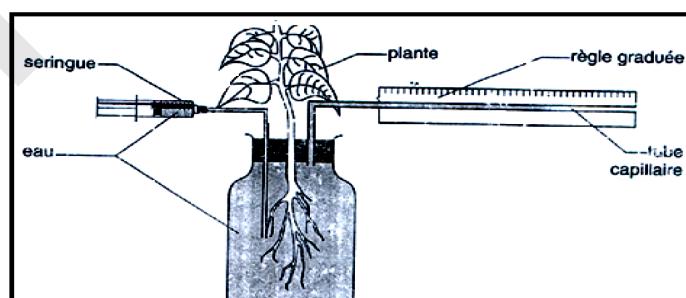
- A. au sommet de la chaîne alimentaire ;
- B. au milieu de la chaîne alimentaire ;
- C. capables de convertir de l'énergie chimique en énergie lumineuse ;
- D. responsables de l'entrée de matière et d'énergie dans le monde vivant.

8. Pour effectuer la photosynthèse, un organisme :

- A. ne consomme pas du CO₂ et des sels minéraux ;
- B. consomme de la matière organique ;
- C. a besoin d'énergie lumineuse ;
- D. a besoin d'énergie chimique.

Exercice 3

La figure ci-contre représente un montage expérimental appelé potomètre (potos = boire) dans lequel on mesure le déplacement du liquide dans le tube capillaire en fonction du temps. Le tableau suivant indique les résultats obtenus chez une même plante qui reste soumise aux mêmes conditions extérieures lors des trois mesures :



	Rameau intact	Rameau dont on a enlevé la moitié des feuilles	Rameau sans feuilles
Déplacement du liquide (en cm)	16,2	8,6	0,5

- 1) Expliquer le fonctionnement de cet appareil et ce qu'il mesure.
- 2) Quelle hypothèse a-t-on voulu tester ?
- 3) Déduire de l'analyse des résultats si l'hypothèse est vérifiée.

Exercice 4

Trois lots de jeunes plantules de radis sont semés dans des atmosphères plus ou moins riches en dioxyde de carbone : un taux normal (0,03 %), un taux nul (0%) et un taux élevé (3%). Ils sont soumis à un éclairage homogène, à température uniforme et sont arrosés régulièrement. Les mesures de la matière sèche avant (début de germination) et après les expériences (au bout de 20 jours) permettent de qualifier les résultats.

Expérience :	Lot n°1 : (0,03% de CO ₂)	Lot n°2 : (0 % de CO ₂)	Lot n°3 : (3% de CO ₂)
Masse sèche des graines au début de la germination (en g)	1,2	1,2	1,2
Masse sèche des plantes récoltées après 20 jours (en g)	23,7	3,5	28,3

Que peut-on dire des résultats d'expériences ci-dessus ?

Exercice 5

On réalise une série d'expériences; les résultats se trouvent dans le document ci-dessous :

	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	Expérience 4
Conditions d'expériences	lumière	lumière	lumière	lumière air sans CO ₂
Résultats (test eau iodée après décoloration)				

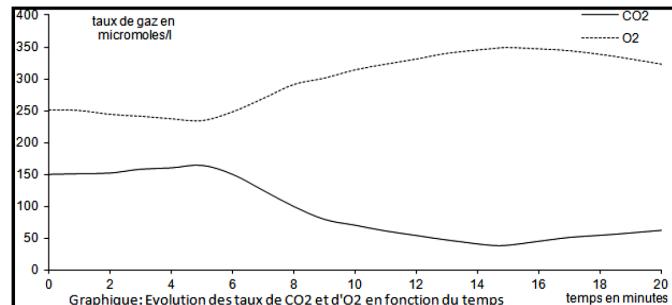
1. Pourquoi la feuille est-elle colorée en vert dans la série d'expériences ?
2. Que colore spécifiquement l'eau iodée ?
3. Dans l'expérience 3, pourquoi la partie blanche de la feuille est-elle toujours blanche dans le résultat du test à l'eau iodée ?
4. Que montre cette série d'expériences sur les conditions de réalisation de la photosynthèse ?

Exercice 6

En soumettant des euglènes (organismes chlorophylliens) à des périodes d'obscurité et d'éclairement, dans un milieu fermé dans lequel on enregistre la teneur en CO₂ et en O₂, on obtient les courbes suivantes :

En étudiant ce graphique, on peut déduire que:

- 1- les euglènes ont été éclairées de 0 à 5 minutes,
- 2- les euglènes ont été placées à l'obscurité entre 5 et 15 minutes,
- 3- les euglènes n'ont été placées à l'obscurité qu'à partir de 15 minutes.



Exercice 7

Des cultures végétales sont réalisées pendant 2 mois dans différentes conditions d'apport minéral. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Sels minéraux ajoutés	Aucun	Nitrate (apport d'azote)	Phosphate (apport de phosphore)	Nitrate + phosphate
Biomasse produite après 2 mois en Kg.m ⁻²	75	150	72	220

Mesure de la biomasse végétale produite dans différentes conditions expérimentales.

Ces résultats permettent de déduire que :

- 1- les plantes se développent aussi bien avec ou sans apport de sels minéraux,
- 2- les nitrates sont des sels minéraux qui accélèrent le développement de la plante,
- 3- les phosphates ajoutés seuls accélèrent la croissance,
- 4- l'apport de plusieurs sels minéraux permet une croissance optimale (maximale).

Exercice 8

Le document 1 présente les résultats d'expériences agronomiques :

Plantes		Conditions de culture	
		Sans engrais depuis 1902	Avec engrais (sels minéraux)
Blé	Grain	11,9 quintaux par hectare	36,4 quintaux par hectare
	Paille	11,6 quintaux par hectare	43,2 quintaux par hectare
Betteraves		144 quintaux par hectare	422 quintaux par hectare

Document 1A

Le tableau ci-dessous fournit des informations sur la masse de matière sèche de plantes identiques après 25 jours de croissance. Le sol est le même dans les 2 conditions.

Document 1B

		Matière sèche
Plante à la lumière	Graine	0,93 g
	Plante à 25 jours	1,30 g
Plante à l'obscurité	Graine	0,93 g
	Plante à 25 jours	0,57 g

Document 1C : Des tomates en serre.

On sème des graines de tomate dans deux serres différentes. Les conditions de culture sont rigoureusement identiques ; seule diffère la teneur en dioxyde de carbone de l'air.

Dans la première serre, elle est de 0,03% (teneur normale de l'atmosphère terrestre), dans la seconde, elle est de 0,1% (atmosphère enrichie en dioxyde de carbone).

Trente jours plus tard, on arrache 100 plants de tomates dans chacune des deux serres. Ils sont déshydratés dans une étuve à 105°C puis pesés.

La masse moyenne d'un pied de la première serre est de 3,5 g, la masse moyenne d'un pied dans la deuxième serre est de 6,2 g.

Rendements en quintaux par hectare	Sans engrais	Avec engrais
Sans irrigation	54	80
Avec irrigation	71	124

a. Analysez successivement les résultats des 4 expériences du document 1 :1A, 1B, 1C, 1D, pour dégager le ou les besoin(s) du végétal que chaque situation fait apparaître.

b. Distinguez par leur nature, les 2 grands types de besoins recensés.

c. Les végétaux chlorophylliens sont des êtres autotrophes. Définissez le terme d'autotrophie.

d. A partir de l'ensemble des besoins identifiés à la question « 1.a. », écrivez les transformations qui conduisent à la fabrication de la matière végétale.

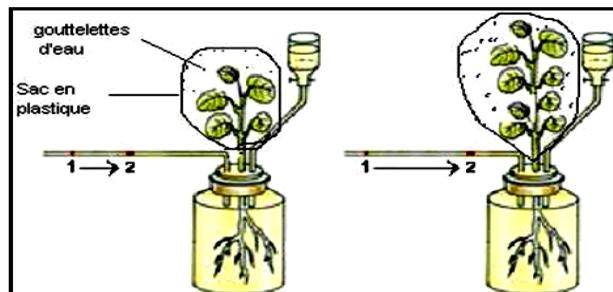
e. Où se produisent ces transformations dans le végétal ? Comment se nomme le processus impliqué ?

Exercice 9

Les deux dispositifs suivants montrent 2 potomètres, qui présentent au temps t_0 la même position de l'index et qui renferment 2 plantes qui diffèrent uniquement par le nombre de feuilles :

1) Comparez les deux potomètres au temps t (position 2 de l'index).

2) Emettez des hypothèses quant à la relation entre absorption et transpiration.

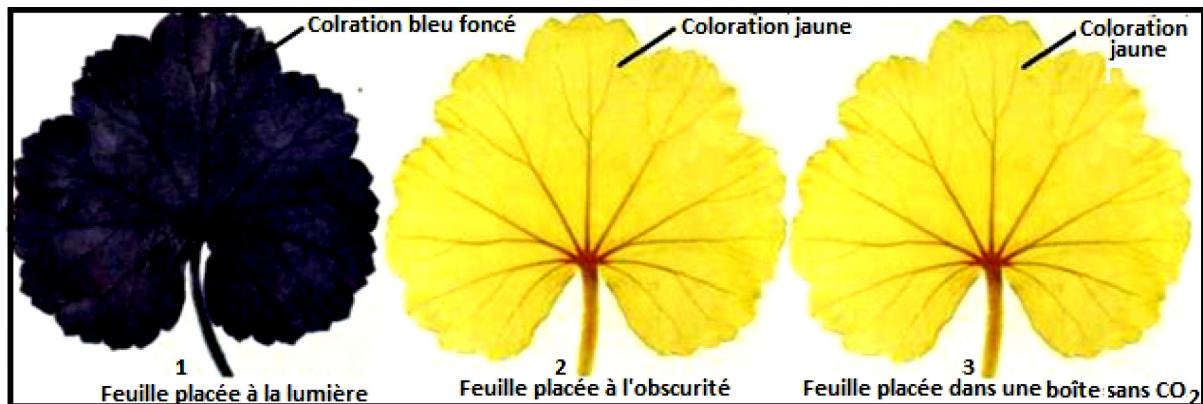


Exercice 10

Quelques conditions de la photosynthèse : On prélève trois feuilles de pélargonium (végétal chlorophyllien) :

- La feuille « 1 » est placée à la lumière ;
- La feuille « 2 » est placée à l'obscurité ;
- La feuille « 3 » est placée dans une boîte dépourvue de dioxyde de carbone.

Après quelques heures, on décoloré les feuilles en les plongeant dans l'alcool bouillant puis on les rince à l'eau froide, on les étale dans une boîte de pétri et on les recouvre d'eau iodée. On obtient les résultats ci-dessous :



- 1-a-Quelle substance est mise en évidence par l'eau iodée?
 b- En quelle couleur se colore-t-elle en présence de cette substance ?
 2-Dans l'expérience 2, pourquoi la feuille est-elle jaune dans le résultat du test à l'eau iodée ?
 3-Quelle est la condition de la photosynthèse mise en relief dans l'expérience 3 ? Explique.

Exercice 11

On se propose d'étudier simultanément l'influence de l'intensité lumineuse sur l'intensité photosynthétique. On utilise pour cela des rameaux d'élodée fraîchement sectionnés dans de l'eau placés devant une lampe. On compte le nombre de bulles de dioxygène émises pour une intensité lumineuse connue à une distance précise. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Distance à la lampe (en cm)	1	3	5	7	9
Nombre de bulles de dioxygène par 20 secondes	150	70	40	30	10

1-Tracer le graphique représentant la variation du nombre de bulles de dioxygène en fonction de la distance à la lampe. Prendre : 1cm pour 1cm en abscisses ; 1 cm pour 20 bulles par 20 secondes en ordonnées.

2- Comment varie le nombre de bulles de dioxygène en fonction de la distance à la lampe ?

3-Tirer une conclusion.

J'approfondis mes connaissances :

Document 1 : Transit vertical et horizontal.

1- La conduction verticale de la sève brute.

«Le xylème représente le tissu conducteur de la sève brute. Chez les plantes de petite taille (plantes herbacées ou jeunes germinations), le xylème primaire, contenant un nombre réduit d'éléments conducteurs (trachéides ou vaisseaux) suffit amplement pour faire monter la sève de quelques dizaines de centimètres. Chez les plantes ligneuses et en particulier chez les arbres, le volume de sève nécessaire est important et s'accompagne du développement très important du xylème secondaire ou bois. Ceci résout bien le problème du volume de sève à transporter mais pas celui de la hauteur.

Comment la sève est-elle transportée ?

- La capillarité

La première idée qui vient à l'esprit est de faire intervenir les forces de capillarité. En effet, chez les Angiospermes, le diamètre des vaisseaux est inférieur au millimètre et les éléments de vaisseaux mis bout à bout (par des perforations complètes) constituent un tube continu. De plus, leur paroi lignifiée est hydrophobe et cela limite les pertes latérales par diffusion. Cependant, chez les Gymnospermes, les trachéides ont une longueur limitée et sont reliées entre elles par de simples ponctuations (la sève est obligée de traverser une paroi cellulosique). La simple capillarité est incapable d'expliquer la montée de la sève sur plusieurs mètres, voire sur plusieurs dizaines de mètres.

- La cohésion des molécules d'eau

Les molécules d'eau entretiennent des relations intermoléculaires qui permettent à une colonne d'eau située dans un tube capillaire de ne pas se «rompre». Cette propriété de l'eau est fondamentale pour expliquer la montée de la sève.

- La poussée racinaire

Pour qu'il y ait conduction, il faut qu'il existe une entrée et une sortie. L'entrée s'effectue au niveau des jeunes racines grâce à la surface absorbante importante réalisée par la multiplicité des poils absorbants ou par l'existence d'un feutrage de champignons symbiotiques (mycorhizes). L'absorption de l'eau, dans les conditions standard, s'effectue spontanément par suite de la différence de potentiel hydrique entre l'extérieur et l'intérieur de la racine. La charge de l'eau et des substances dissoutes de la racine vers le système conducteur nécessite par contre des processus actifs (au niveau de l'endoderme des racines). Ces processus provoquent une charge sous pression en bas de la colonne de sève. Cependant, cette «poussée racinaire» semble insuffisante pour permettre la montée de la sève à de grandes hauteurs.

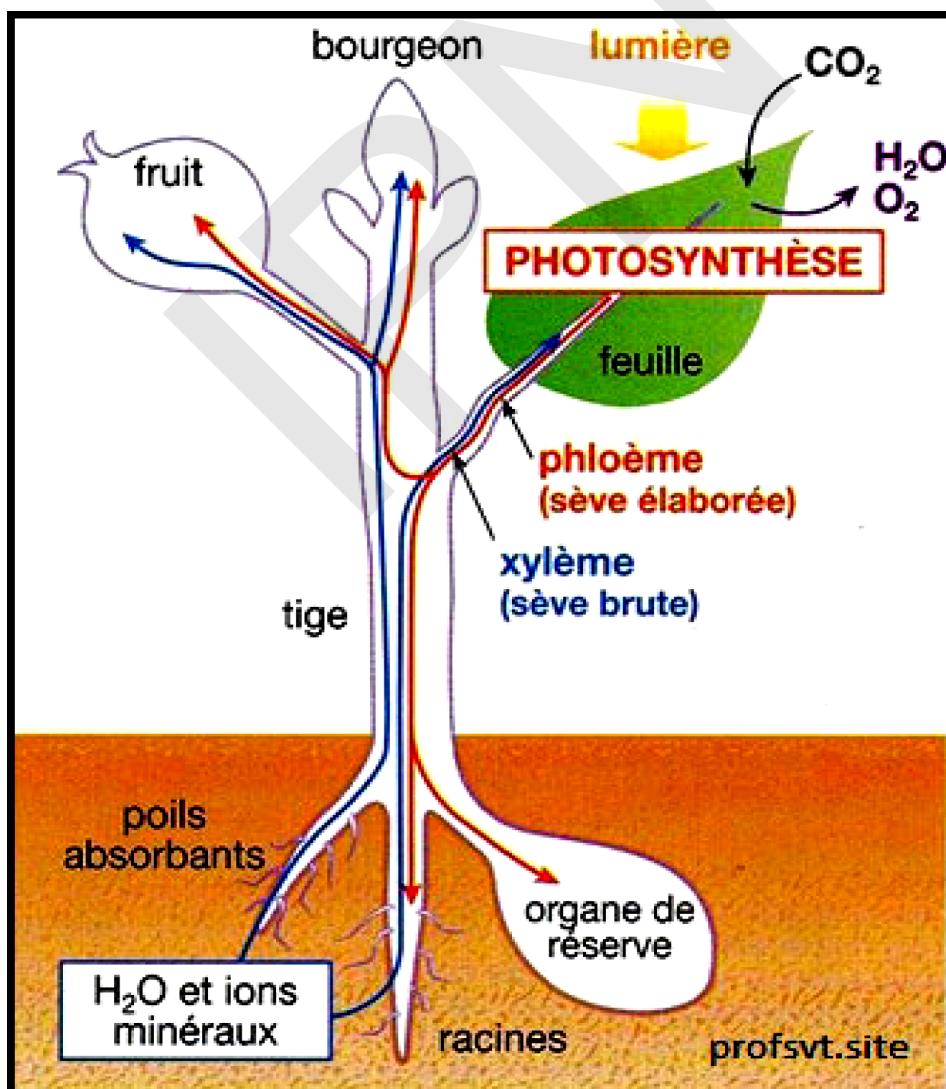
- L'aspiration foliaire

En fait, c'est la transpiration des feuilles qui semble être le moteur principal de la sève brute. Les pertes d'eau par la transpiration ne sont pas néfastes (sauf en cas de grande sécheresse) mais au contraire permettent de créer une différence de potentiel hydrique entre le haut et le bas de la colonne de sève. Ceci d'ailleurs ne peut se réaliser que grâce aux propriétés remarquables de l'eau (cohésion des molécules).»www.snv.jussieu.fr

2- Transport latéral dans les racines.

- «(1) Les poils absorbants absorbent l'eau et les sels minéraux, qui se déplacent le long des parois (voie apoplasmique).
 - (2) Les minéraux et l'eau qui traversent les membranes plasmiques des poils absorbants entrent dans le cytosol (voie symplasmique).
 - (3) Le long de la voie apoplasmique, un peu d'eau et de minéraux sont transportés dans le cytosol des cellules, puis se déplacent via la voie symplasmique.
 - (4) La bande Caspary, une bande d'une matière cireuse, ne permet que des minéraux dans le symplaste de passer dans le cylindre vasculaire à travers la membrane plasmique des cellules endodermiques.
 - (5) Les cellules dans les vaisseaux vasculaires transportent l'eau et les minéraux à travers la plante.
- Source : http://bio1903.nicerweb.com/Locked/media/ch36/root_transport.html

Document 2 : Bilan.



J'utilise mes connaissances :

Document 1 : La vie des plantes à fleurs au jardin :

« Un jardin vous apprendra à cultiver, à multiplier plantes et arbustes, à fleurir la cour de l'école ou de la maison, à obtenir fruits et légumes. Il vous permettra de réaliser, au long de l'année, des observations et expériences impossibles entre les murs de la classe. Un «coin nature», laissé sauvage, avec un petit bassin aménagé élargira le champ de vos observations.

+ Matériel de jardinage : au minimum machette et daba et, si possible, râteau, brouette, cordeau, bêche, arrosoir...

+ Le jardin et son emplacement : voici un plan possible(voir calendrier d'un jardin ci-dessous) : faute de l'eau à proximité, un terrain plat, ni trop sableux, ni de latérite (s'il y a trop de pente, faire des terrasses).

Une clôture est nécessaire s'il y a des animaux. Vous creuserez un trou à compost.

+ Que planter et quand ? Un agent de l'agriculture vous dira que cultiver dans la région et comment. Lisez aussi des ouvrages de jardinage. Sachez cependant, qu'à condition d'arroser, vous pouvez cultiver, en savane, des légumes poussant normalement en forêt. C'est au début de la saison des pluies qu'ont lieu les plantations d'arbres fruitiers. Sans arrosage, les légumes se cultivent, en forêt, de mars à novembre et, en savane, de mai à octobre. Voici un exemple d'organisation du travail de l'année (voir calendrier d'un jardin ci-dessous).

+ Graines, semis, boutures : vous appliquerez vos connaissances sur la reproduction, la germination et la multiplication des végétaux. Les jeunes plantes nées de germinations ou de boutures sont fragiles ; il faut les protéger du soleil et bien les arroser.

Semis en place : à la volée, en ligne, pour les grosses graines (haricots, maïs, gombos...) ou dans des trous destinés à recevoir plusieurs graines, sur des buttes ou à plat.

Une grosse graine doit être enfoncee dans le sol d'au moins trois fois son diamètre.

La pépinière : son sol, fin, léger, sans cailloux (tamisé) est enrichi de terreau, d'humus. Vous pouvez le stériliser avant plantation, en y versant de l'eau bouillante (30 l. par m²). Quand les plants sont suffisamment grands, les plus forts sont choisis, pour être repiqués, de préférence par temps pluvieux ; on prend le plant avec sa motte de terre. On l'arrose deux fois par jour. On peut aussi placer chaque graine ou bouture dans un petit sac en plastique rempli de terre de pépinière ; il suffira de le déchirer ou d'en découper le fond au moment de la mise en place.

+ Entretien de la plantation : Il consiste à :

- arroser, toujours tôt le matin ou le soir après 17 heures ; un litre d'eau par plante environ, de préférence au pied (ce qui évite les maladies) ;
- aérer la terre, arracher les mauvaises herbes, couvrir le sol de paille (ce qui empêche leur repousse et garde l'humidité) ;

- éviter les maladies en ramassant chaque jour les insectes sur les plantes, en brûlant les parties malades, la vieille paille. Pour traiter ou prévenir les maladies avec des produits chimiques, consultez une personne compétente qui vous dira comment les utiliser et quelles précautions prendre. Ces produits sont le plus souvent dangereux ; suivez avec attention les conseils donnés.

Selon les cultures, d'autres opérations sont à effectuer : placer des tuteurs pour les plantes à tige grimpante ou fragile ; tailler pour obtenir de meilleures récoltes (arbres fruitiers...), etc.

- Des cultures en classe : Sans jardin, on peut encore faire des cultures en pots. N'importe quel récipient percé à sa base servira de pot. »Source : Biologie Afrique et pays intertropicaux, 6°, Hatier, 1994.

Document 2 : Le calendrier d'un jardin.

	Période	Travaux au jardin
Première année	Octobre : - préparer le terrain : débrousser, labourer, tracer des chemins, mettre la clôture, préparer la pépinière et le trou à compost... - installer les planches perpendiculairement à la pente.	
	Novembre : - planter les haies, - semer en pépinière (tomate, aubergine, piment, fleurs...) - semer en place (gombo, niébé, légumes à feuilles...)	
Deuxième année	Décembre : - repiquer les semis en pépinière du mois précédent à - nouveaux semis	
	Mai - entretien, traitements, - plantations d'arbres fruitiers	
	Juin : - fermeture du jardin s'il ne peut être entretenu pendant les vacances ; - semer une plante de couverture (niébé, courge, patate...) qui fertilise le sol et évite les mauvaises herbes, - protéger les arbres fruitiers des animaux.	<p>PLAN DU JARDIN</p>
	Octobre : - mêmes opérations mais à changer les cultures sur une même planche pour lutter contre les maladies et ne pas épuiser le sol. Juin	

Source : Agriculture et petit élevage en zone tropicale par Y. Ernoult - Éditions Saint-Paul, Les Classiques Africains.

En t'inspirant des documents précédents, monte :

- un jardin dans votre maison, avec l'aide de tes frères;
- un jardin dans votre établissement, avec l'aide de tes collègues.

Projet de classe :

A la fin de cette unité, les élèves en sous-groupes réalisent :

- un protocole nutritif équilibré pour la nutrition d'une plante verte.
- une investigation montrant l'interdisciplinarité des sciences.
- Physiques : Spectre d'absorption, chromatographie, sédimentation etc.
- Chimie : Réactions chimiques, sels minéraux, composition chimique des engrains etc.
- Une investigation montrant l'interdisciplinarité avec d'autres matières :
Instruction civique : Campagnes de sensibilisation,....
- Une fiche métier décrivant le métier d'agronome (Activités, compétences, formation, carrière..).
- Français : Langage scientifique adapté.

CHAPITRE IV : MOBILITE DES PLAQUES LITHOSPHERIQUES

Je découvre :

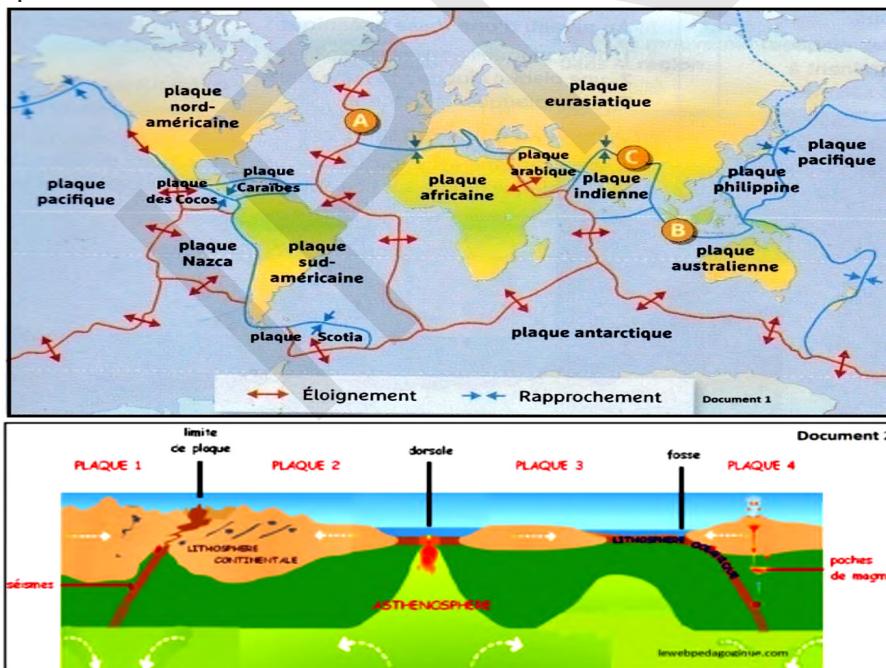
I- Plaques tectoniques (lithosphériques)

Activité

1

Dégager la définition et les caractéristiques des plaques lithosphériques.

Les documents 1 et 2 ci-dessous représentent respectivement un ensemble de plaques et quelques frontières de plaques.



A partir de l'étude de ces documents, déduire ce que sont les plaques lithosphériques, leur nombre, leur mobilité et leurs frontières ?

■ La croûte terrestre (écorce terrestre) n'est pas «homogène». La lithosphère est divisée en plaques géologiquement stables connues sous le nom de plaques tectoniques. Elle est formée par de grandes

plaques et d'autres plus petites La lithosphère mince et rigide peut se fracturer et se déplacer sur l'asthénosphère moins rigide.

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 les plus rapides, Ces plaques ne se déplacent pas toutes dans le même sens, sinon qu'elles peuvent le faire en sens opposés. Elles dérivent à la surface et se frottent les unes contre les autres, Leur épaisseur est de 10 à 100 km. C'est ce mouvement, appelé tectonique des plaques, qui donne lieu à la dérive des continents (document 1).

■ Les frontières de plaques caractérisées par des mouvements différents sont (document 2):

- des mouvements divergents au niveau des dorsales ;
- des mouvements convergents au niveau des zones de subduction ;
- des mouvements décrochants au niveau de la zone des failles transformantes qui présente une activité sismique.

Les plaques lithosphériques sont bordées par des zones sismiques et volcaniques très actives. Elles sont limitées par des dorsales océaniques, des fosses océaniques ou des chaînes de montagnes jeunes. Les continents sont entraînés par les plaques en mouvement.

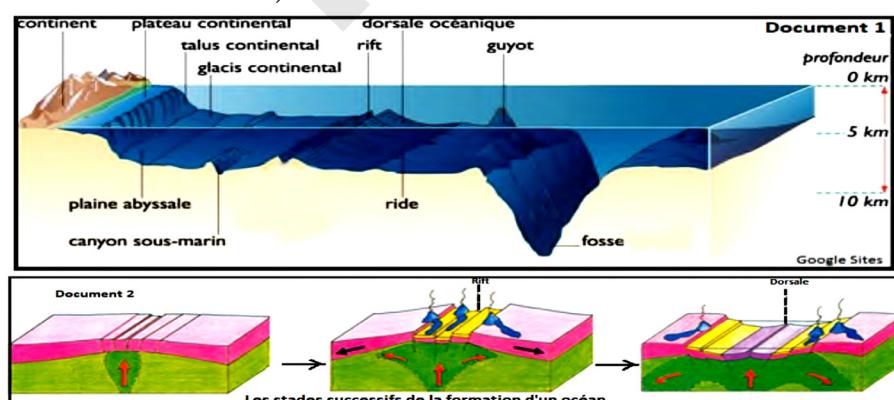
Activité

2

Quelles sont les conséquences des mouvements de divergences ?

Les mouvements des plaques illustrent la tectonique des plaques.

Les documents ci-dessous représentent des conséquences des mouvements de divergences (dorsales océaniques et formation d'un océan).



A partir de l'analyse des documents précédents, dégager les signes et les conséquences des mouvements de divergences.

Les campagnes océanographiques révèlent que les dorsales forment un relief continu au fond des

océans. Des basaltes et des gabbros récemment mis en place y sont prélevés, D'autres études montrent qu'une forte quantité d'énergie thermique est dissipée au niveau des dorsales, et une remontée de matériel chaud en provenance du manteau se produit à l'aplomb des dorsales. Ces mouvements ascendants de convection aboutissent à la mise en place du plancher océanique; ce dernier s'écarte ensuite de part et d'autre de la dorsale.

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 (document 1).

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.

Dans les zones de divergence, les dorsales créent de la lithosphère océanique par accrétion, grâce à la montée de magma basaltique.

Leur fonctionnement assure la naissance et l'expansion des océans (document 2).

Activité

3

Quelles sont les conséquences des mouvements de convergences ?

Document 1: Subduction.

Pour illustrer ce type de mouvement, on propose l'exemple ci-contre : c'est un enfouissement 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).

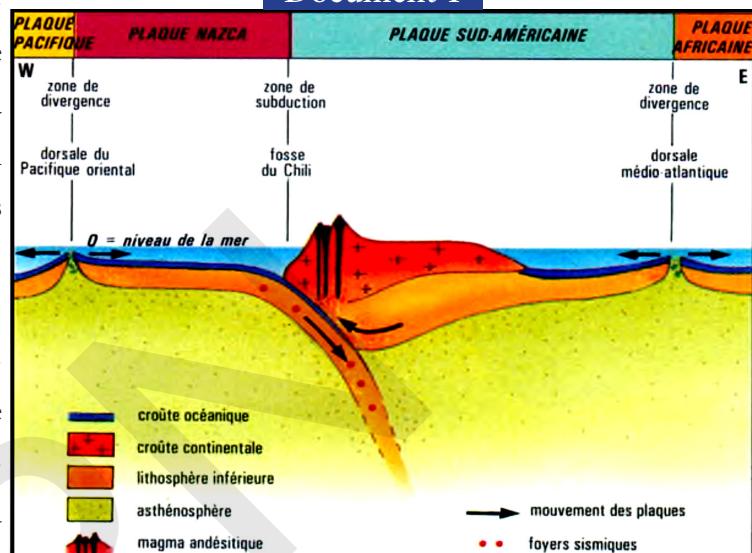
Document 2 : Obduction.

Pour matérialiser ce type de mouvement, on présente l'exemple ci-contre : 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 montagnes 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 montagnes.

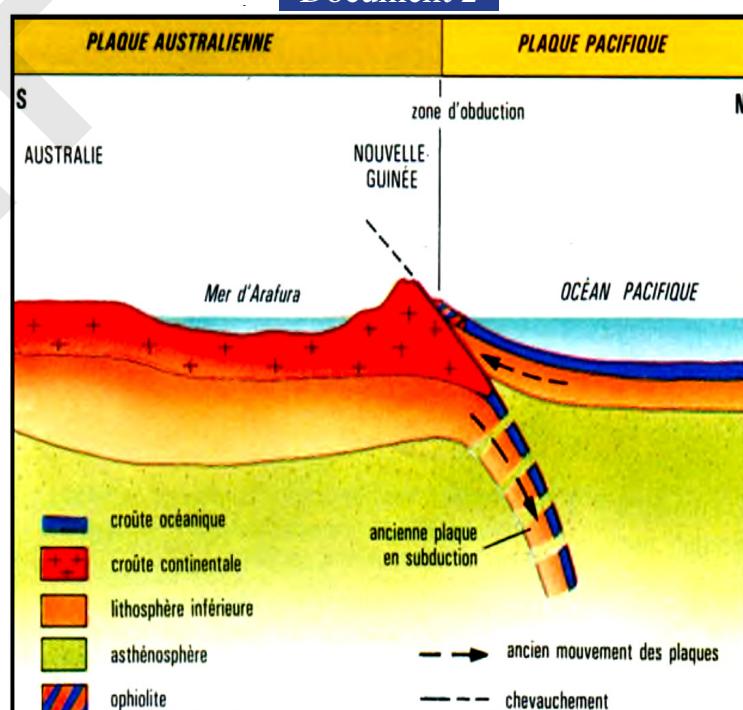
Document 3 : Collision.

L'exemple qui illustre ce type de chaînes est présenté ci-contre : l'affrontement de la plaque continentale indienne et la plaque continentale eurasienne entraîne la fermeture de l'océan qui les séparent (Téthys) et la formation de l'Himalaya.

Document 1



Document 2



Document 3

A partir de l'analyse des 3 documents ci-dessus, définir la subduction, l'obduction et la collision en décrivant les caractéristiques de chaque mouvement et ses conséquences.

■ Du latin subducere : passer sous.

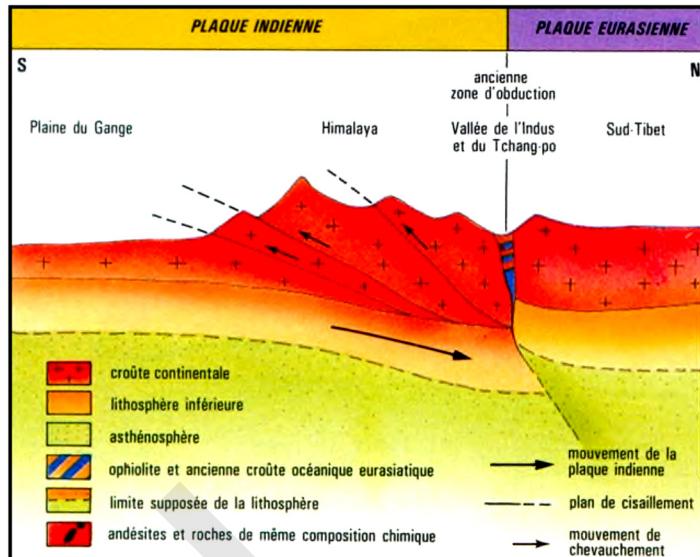
Les plaques tectoniques se rapprochent et s'enfouissent au niveau des fosses océaniques que l'on appelle aussi des zones de **subduction** : on dit qu'elles effectuent un mouvement convergent. Une zone de subduction est là où une plaque (en général la plus dense et plus précisément la plaque océanique, $d = 3,2$) 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. Une plaque océanique qui se rapproche d'une plaque continentale passe alors sous elle au niveau d'une fosse océanique (ou zone de subduction).

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 (document 1).

■ Du latin obducere : recouvrir.

Dans certaines chaînes de montagnes, il arrive que la croûte océanique d'une plaque chevauche la croûte continentale d'une autre : il s'agit d'une obduction, phénomène mis en évidence en Nouvelle-Guinée et qui est l'inverse de la Subduction.

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 poursuivent, 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 superficielles observées actuellement.



■ 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 (orogenèse). Il s'agit généralement de deux plaques continentales dont le rapprochement aboutit à l'affrontement de ces 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 épaississement de la croûte et la présence de sutures ophiolitiques 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.

La collision est responsable de violents séismes (ex : Tibet)

II- Déformations de la croûte terrestre

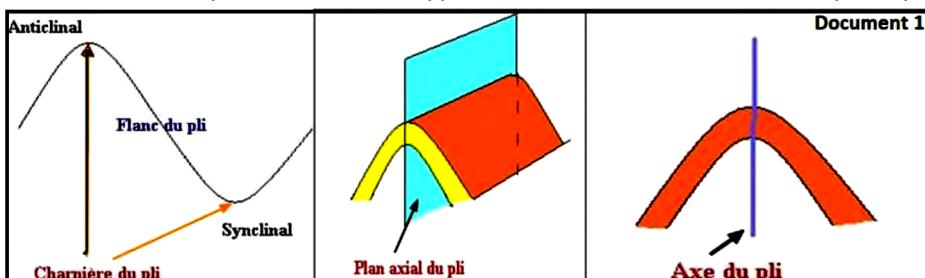
Activité

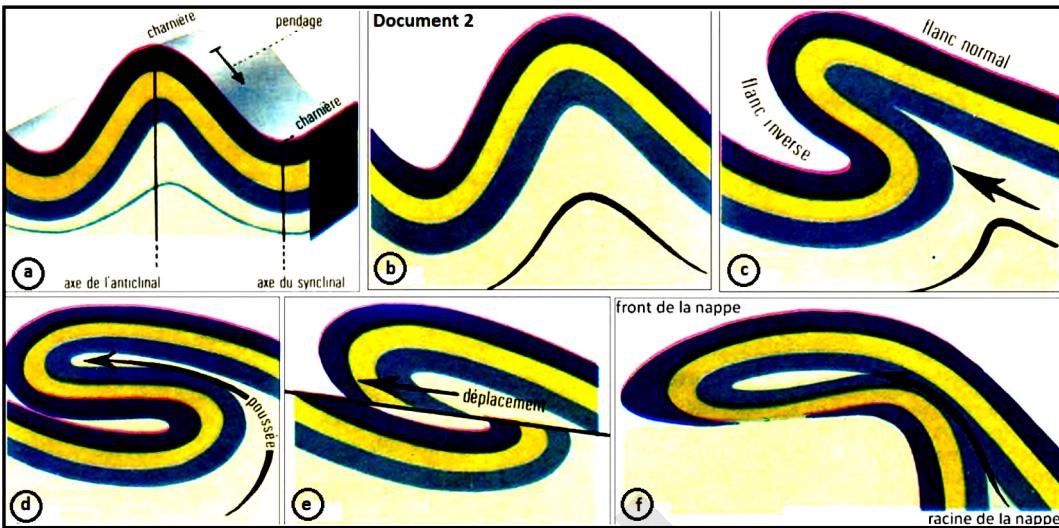
4

Etudier les plis : définition, sortes.

Les schémas des documents 1 et 2 représentent des types de déformations dites souples qui peuvent affecter la croûte terrestre.

Les plis étant des ondulations, on mesure leur longueur d'onde (de crête à crête ou de creux à creux) et leur hauteur (de crête à creux). Ils peuvent être microscopiques ou mesurer plusieurs kilomètres de longueur.





Analyser les documents ci-dessus afin de définir les différents types de plis et leurs caractéristiques.

■ 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 (document 1).

■ 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 (document 2a). Les surfaces axiales sont verticales dans les plis droits. Ce type est rare, on observe surtout des plis déjetés (document 2b), déversés (document 2c) ou couchés (document 2d). Lorsque la surface axiale est inclinée et que les flancs pendent dans des sens opposés, le pli est « déjeté ». Si la surface axiale est inclinée et que les flancs pendent tous deux dans le même sens que la surface axiale, le pli est « déversé ». Dans un pli déversé ou couché, le flanc renversé, dit « flanc

inverse » est souvent étiré ; il peut être très mince, même avoir disparu. Le pli prend alors l'allure d'une faille : on le nomme pli-faille (document 2e). Si, par étirements successifs, le « front » d'un pli couché a subi un véritable décrochage par rapport à la « racine » et a glissé sur d'autres terrains, le pli ainsi mutilé prend le nom de nappe de charriage (document 2f). Dans ce dernier cas, le flanc du pli situé au-dessus de la surface axiale se détache entièrement et est entraîné plus loin : on a alors une 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.

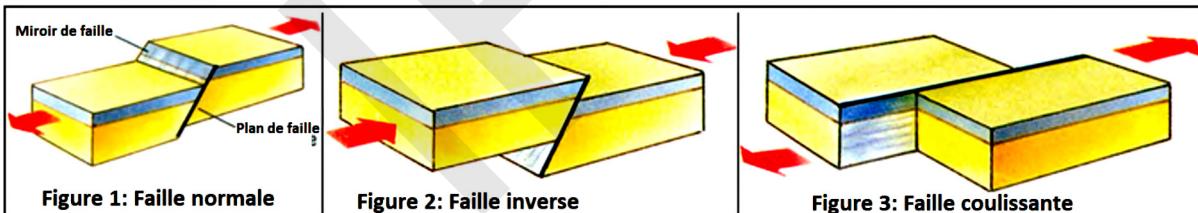
Dans un pli « couché », la surface axiale rejoint l'horizontale.

Activité

5

Qu'est-ce qu'une faille ? Quels sont les caractéristiques et les types de failles ?

Les failles sont des cassures accompagnées d'un déplacement relatif des deux compartiments, soit verticalement (failles verticales), soit obliquement (failles obliques), soit horizontalement (décrochement ou failles cisaillantes). 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. Les schémas des documents suivants représentent des types de déformations dites cassantes qui peuvent affecter la croûte terrestre.



Analyser le document ci-dessus afin de définir les différents types de failles et leurs caractéristiques.

- En géologie, une faille est une ligne de cassure le long de laquelle un compartiment de roche (ou une section de la croûte terrestre) a été déplacé par rapport au compartiment voisin. Le mouvement responsable de cette dislocation peut être vertical ou horizontal, ou les deux à la fois. 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. Le compartiment soulevé est la lèvre supérieure, le compartiment affaissé est la lèvre inférieure. Le plan de la faille est figuré par la surface de glissement. Il a souvent subi un polissage mécanique (miroir de faille). La surface le long de laquelle un mouvement de faille s'est produit s'appelle le plan de faille. Si ce plan n'est pas perpendiculaire et que le mouvement comporte une composante verticale, les roches d'un compartiment sembleront reposer sur ou par-dessus les roches de l'autre compartiment.

■ Types de failles :

Dans une faille normale (figure 1), produite par des forces de distension, les roches du compartiment supérieur sont déplacées vers le bas par rapport au compartiment inférieur. Les failles normales correspondent à un allongement horizontal des couches tout en gardant l'ordre de leur succession. 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.

- Dans une faille inverse (figure 2), produite par des forces qui compriment la croûte terrestre, le compartiment supérieur chevauche le compartiment inférieur, produisant souvent de grands déplacements horizontaux, comme dans le cas d'une faille de décrochement. Les failles inverses correspondent à un raccourcissement horizontal des couches avec une inversion dans la succession de l'ordre de celles-ci. 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 (figure 3) sont responsables de déplacements horizontaux de l'écorce. Les décrochements permettent un simple coulisage entre 2 compartiments.

Avec le temps, l'érosion peut aplani les roches des compartiments supérieur et inférieur, effaçant toute trace de cassure en surface, mais si un mouvement de faille est assez récent ou important, il peut laisser une cicatrice voyante, un escarpement de faille, semblable à une falaise.

Cependant, lorsque le mouvement d'une faille est soudain et abrupt, il peut générer un grave séisme et même fissurer la surface de la terre, créant une forme de relief nommée escarpement de faille.

III- Séisme

Activité

6

Qu'est-ce qu'un séisme et quelle est son origine ?

Le document ci-dessous représente les manifestations internes et externes d'un séisme ou tremblement de terre.



A partir de l'analyse du document précédent, définir un séisme puis dégager ses caractères généraux et son origine.

- La croûte terrestre n'est pas immobile. La chaleur venant du centre de la terre provoque des mouvements qui la font bouger.

La croûte terrestre est découpée en plusieurs plaques. Ces plaques bougent les unes par rapport aux autres. Quand le mouvement de ces plaques est trop fort, la croûte terrestre casse, ce qui provoque un séisme ou tremblements de terre.

- 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.

- En profondeur, à la verticale de l'épicentre, se trouve le lieu où prend naissance le séisme, il est appelé foyer ou hypocentre.

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...

■ Les séismes sont des tremblements de terre plus ou moins importants. L'intensité sismique mesure les effets d'un séisme en surface en un lieu donné. Ils entraînent des conséquences sur le paysage (déformation, failles, glissements de terrains) et sur les activités humaines (destructions d'infrastructures, blessés et morts). Un séisme se déclenche au niveau du foyer. L'épicentre est le lieu en surface où les dégâts sont les plus importants. Lors d'un séisme les dégâts sont plus importants à l'épicentre. C'est donc là que les ondes arrivent en premier. Les dégâts se répartissent ensuite en zones formant des cercles concentriques.

■ Les séismes se déclenchent dans des zones où les roches du sous-sol sont fracturées. Ces fractures sont appelées «failles». Au niveau de ces failles, les roches sont soumises à des contraintes permanentes qui les étirent ou les compriment. Dans un premier temps, les roches accumulent de l'énergie sous l'effet de ces contraintes, mais elles ne se déforment pas et ne se déplacent pas. Au bout d'un moment, l'énergie accumulée est libérée: les roches glissent brusquement les unes contre les autres au niveau de la faille. Cela se traduit par l'émission d'ondes sismiques qui se propagent dans toutes les directions. Certaines de ces ondes gagnent la surface où elles mettent le sol en mouvement.

La quantité d'énergie accumulée détermine la magnitude du séisme.

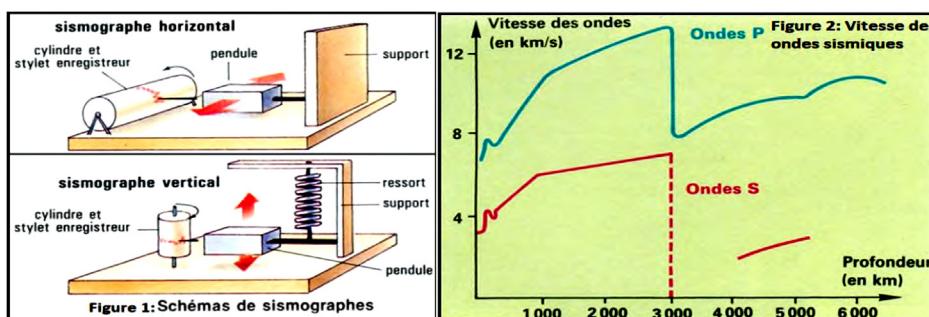
La magnitude est une mesure de l'énergie libérée lors d'un séisme. L'intensité sismique est d'autant plus forte que la magnitude est importante et que le foyer est proche de la surface. Les séismes de magnitude inférieure à 3 ne sont pas ressentis.

Activité

7

Comment se fait l'enregistrement des séismes ? Notion d'ondes sismiques

Les figures suivantes représentent respectivement le principe du sismographe et l'enregistrement des ondes sismiques.



A partir de l'analyse de ces documents, dégager les types d'ondes sismiques et leurs caractéristiques.

■ Les séismes s'enregistrent grâce à des appareils appelés sismographes (anciens) et sismomètres (numériques). 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 (figure 1).

L'enregistrement s'appelle un sismogramme. 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. Lorsqu'un séisme se déclenche quelque part, les ondes sismiques vont mettre un certain temps (appelés temps de parcours des ondes) pour aller dans une station d'enregistrement ailleurs sur terre. Ce temps de trajet peut être calculé comme cela : temps de parcours = temps d'arrivée des ondes – temps de départ (en secondes). Le temps d'arrivée se lit sur le sismogramme (c'est là où le premier « pic » apparaît) et le temps de départ est toujours donné dans l'énoncé. Une fois le temps de parcours calculé, on pourra calculer la vitesse des ondes sismiques grâce à la formule suivante : Vitesse des ondes = distance (en km) / temps de parcours (en secondes), le résultat est en km/s. Fondamentalement, il y a trois types d'ondes :

- Les ondes P : de faible amplitude, elles consistent en la transmission de mouvements de compression et de dilatation de la roche, de façon semblable à la propagation du son.
- Les ondes S : d'amplitude plus importante, elles consistent en la propagation des ondes de cisaillement où les particules bougent perpendiculairement à la direction de propagation de la perturbation.
- Les ondes L (de Love et de Rayleigh) : superficielles et lentes, elles suivent la surface du globe. 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 d'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.

Les ondes P et S directes «disparaissent » au même endroit, cela prouve qu'il y a changement de nature

du milieu traversé.

Les ondes S ont été arrêtées par un milieu liquide, les ondes P sont réfractées dans ce même milieu. Ce milieu correspond au noyau du globe terrestre, d'un rayon de 3 470 km. La couche externe à une épaisseur de 2 900 km.

La différence de vitesse de chaque type d'onde est la propriété utilisée pour déterminer la localisation du foyer du séisme.

■ On peut mesurer l'intensité sismique sur l'échelle MSK (Mercalli modifiée) par l'observation des dégâts ou sur l'échelle de Richter par un calcul de la puissance dégagée par le séisme. Les lignes de même intensité sismique sont appelées des isoséistes.

■ Les enregistrements des sismographes ou sismogrammes et les diverses manifestations d'un séisme permettent de tracer des courbes d'égale intensité sismique : les 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.

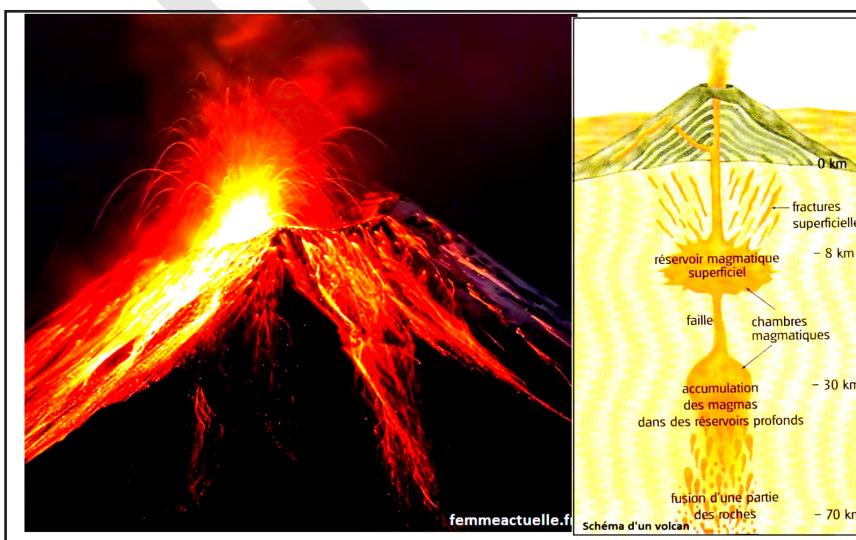
IV - Volcanisme

Activité

8

Comment peut-on définir le volcanisme et le volcan et quels en sont les caractères ?

Les réseaux de surveillance et d'observation des volcans ont permis d'établir la structure interne d'un volcan.



A partir de l'analyse de ces documents, dégager :

- la définition du volcanisme et du volcan ;
- l'origine du volcanisme.

Le magma se forme à une profondeur très importante, 60 à 70 km, et monte vers la surface.

■ 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. L'activité interne du globe se manifeste lors d'éruptions volcaniques, qui donnent naissance à de nouvelles roches issues des profondeurs du globe. Le plus souvent un volcan a la forme d'un cône plus ou moins évasé, au sommet duquel s'ouvre un cratère.

■ Le volcanisme est l'ensemble des phénomènes associés aux volcans et à la présence de magma.

■ Sous tous les volcans, à une profondeur de 15 à 30 km, se trouve une chambre magmatique d'un volume de plusieurs dizaines de km³. Le magma peut y rester très longtemps. Une éruption volcanique commence quand le magma remonte. Le magma suit les failles, les écarte et remplit des réservoirs plus superficiels.

C'est cette montée du matériau éruptif qui provoque des séismes de faible magnitude, à quelques kilomètres sous le sommet du volcan. Au fur et à mesure que la lave poursuit son ascension, les foyers des séismes se rapprochent de la surface. L'intrusion de la lave dans les fractures superficielles entraîne un gonflement du sommet de l'édifice volcanique.

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.

Activité

9

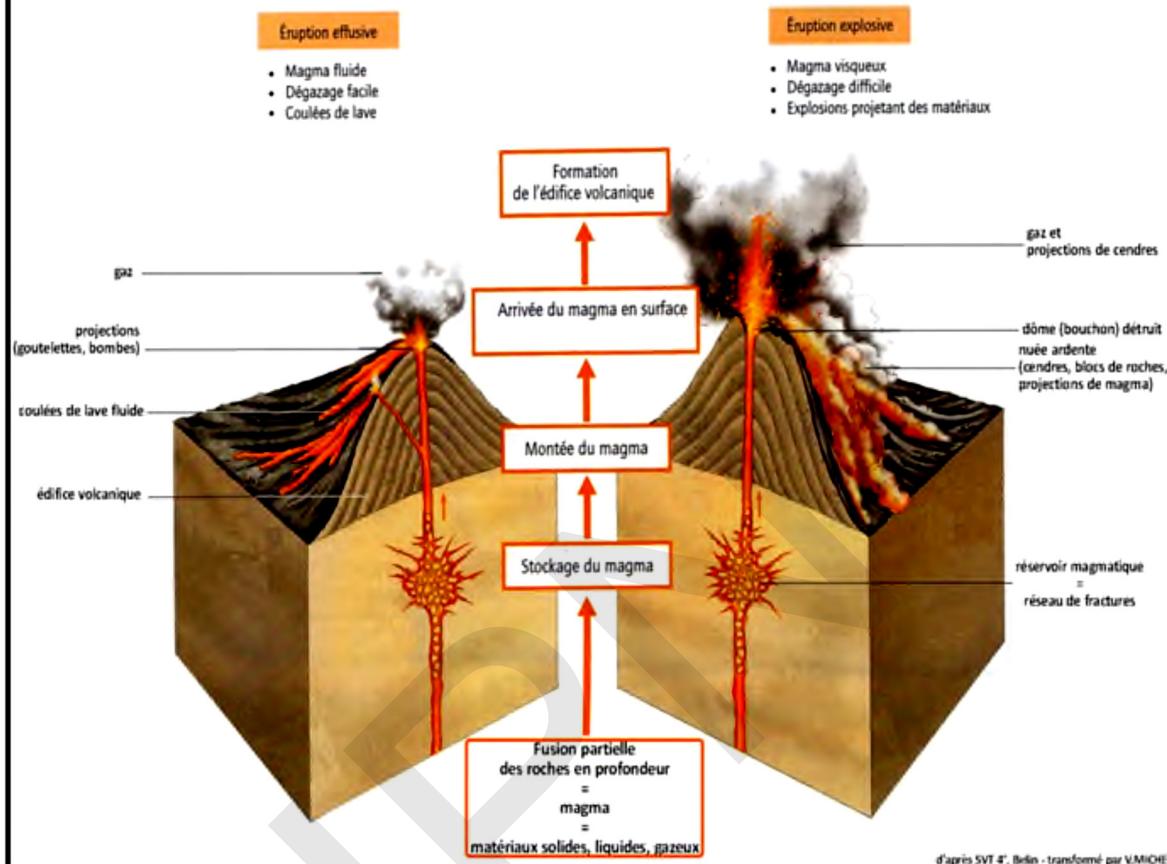
Quels sont les principaux produits d'un volcan ?

Les éruptions ne se ressemblent pas. Des fleuves de laves incandescentes émis par des bouches éruptives dévalent les flancs des volcans (fig.1), ou des cendres et des gaz brûlants sont émis dans l'atmosphère (fig. 2) au cours d'éruptions violentes et explosives.



Figure 3

L'activité volcanique



A partir de l'analyse des figures précédentes, décrire les différents types de produits qui peuvent être rejetés lors d'une éruption volcanique.

■ Le volcanisme est l'arrivée en surface de magma contenant des gaz. L'arrivée en surface de certains magmas donne naissance à des coulées de lave. L'arrivée d'autres magmas est caractérisée par des explosions projetant des matériaux. Les matériaux émis constituent l'édifice volcanique. Le magma contenu dans un réservoir magmatique localisé à plusieurs kilomètres de profondeur est de la matière minérale en fusion véhiculant des éléments solides et des gaz.

Les produits émis par les volcans peuvent être gazeux, solides ou liquides.

● **Produits gazeux :**

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 volcaniques ; 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.

● **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 différentes.

✓ **Les scories et les lambeaux de laves :**

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.

✓ **Les cendres :** ce 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.

✓ **Les ponces :** ce sont des fragments solidifiés de magma vitreux boursouflés, 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.

✓ **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.

✓ **Les bombes volcaniques :** Ce sont des lambeaux de laves 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.

● Produits liquides :

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

Les produits liquides plus ou moins visqueux, ou laves, 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 laves : Les laves fluides, les laves intermédiaires, les laves visqueuses :

o 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 des dizaines de kilomètres. Ces laves après refroidissement donnent une roche appelée basalte.

o 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.

o 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 andésies.

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

o une fonte brutale de la neige ou de la glace due à l'activité volcanique ;

o la pénétration d'une nuée ardente dans un cours d'eau ;

o 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.

o les eaux de pluie (exemple du cyclone au Pinatubo).

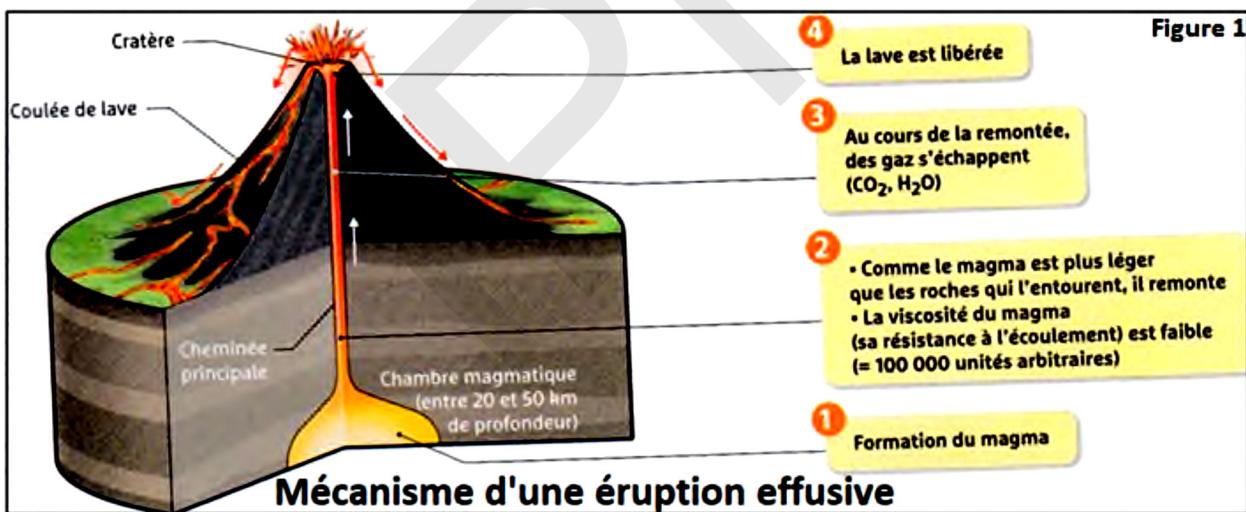
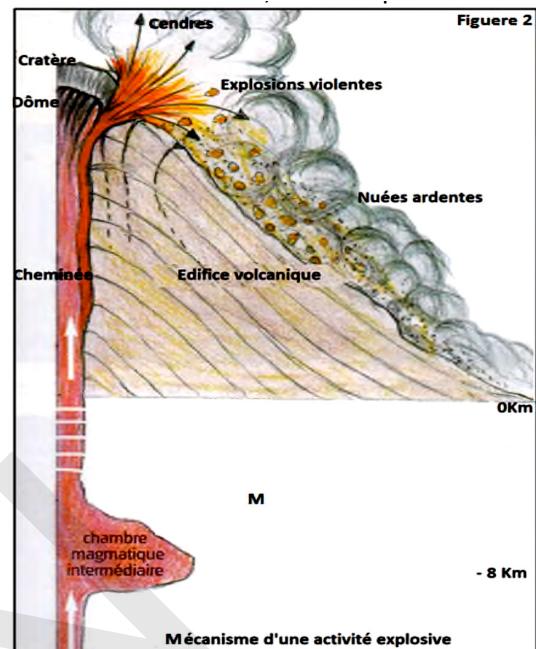
✓ Lahars post-éruptifs ou secondaires ou froids, qui remanient les dépôts de cendres ou de nuées.

Activité

10

Comment classer les volcans ?

Les morphologies créées par le volcanisme sont très variables ; elles dépendent de la viscosité du magma et de sa richesse en gaz. 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. Les figures suivantes montrent quelques aspects de l'activité volcanique.



A partir de l'analyse des documents ci-dessus, décrire les différents types d'éruptions volcaniques et montrer comment l'activité volcanique se manifeste.

On distingue 2 grands types de volcans suivant leurs manifestations :

■ Les volcans effusifs (éruptions hawaïenne et strombolienne) : L'activité volcanique effusive (fig. 1) aérienne conduit à la formation d'un cône volcanique. Du cratère, s'épanchent de longues coulées de laves fluides de type basaltique. Le cône est édifié par les couches successives de laves et les produits solides projetés (lapilli, bombes et scories). Une éruption importante vide en partie la chambre magmatique. Son toit peut s'effondrer et être à l'origine d'une caldeira au sommet du volcan.

Cette activité se manifeste par des coulées de laves qui se déposent les unes sur les autres modifiant ainsi le paysage, ou construisant des îles volcaniques. Les dégâts matériels sont importants, les pertes humaines sont peu nombreuses.

Une lave très fluide s'écoule comme de l'eau sans faire de relief et crée de vastes coulées ou nappes de laves, ou encore des volcans à pentes douces.

- Les volcans explosifs (éruptions vulcanienne, peléenne et plinienne) : L'activité volcanique explosive (fig. 2) conduit à la formation d'un volcan construit par l'accumulation des produits projetés (blocs, cendres). Après chaque éruption, une lave très visqueuse s'accumule et refroidit à la sortie constituant un dôme ou une aiguille qui bouche le cratère. Ces structures sont pulvérisées par l'explosion suivante. Ces volcans projettent à plus de 100 Km/h des nuées ardentes constituées de cendres, de gaz et de solides à plus de 500°C. Une grande richesse en gaz entraîne la pulvérisation du magma, dont les fragments s'accumulent aux points de sortie, engendrant des cônes, ou au contraire, saupoudrent toute la région.

Toutes ces possibilités existent, mais en général la nature présente des intermédiaires et les associe les uns aux autres, engendrant ainsi le volcan classique.

Les pertes humaines peuvent être très importantes.

Roche sombre de type basaltique.

Eruption effusive :
coulées de lave fluide, faibles explosions

Magma fluide, pauvre en silice
et en gaz dissous.
Dégazage précoce.

Roche claire de type andésitique

Eruptions explosives :
dôme de lave visqueuse, nuées ardentes,
panaches de cendres.

Magma visqueux riche en silice
et en gaz dissous.
Dégazage brutal explosif.

V- Répartition des séismes et des volcans

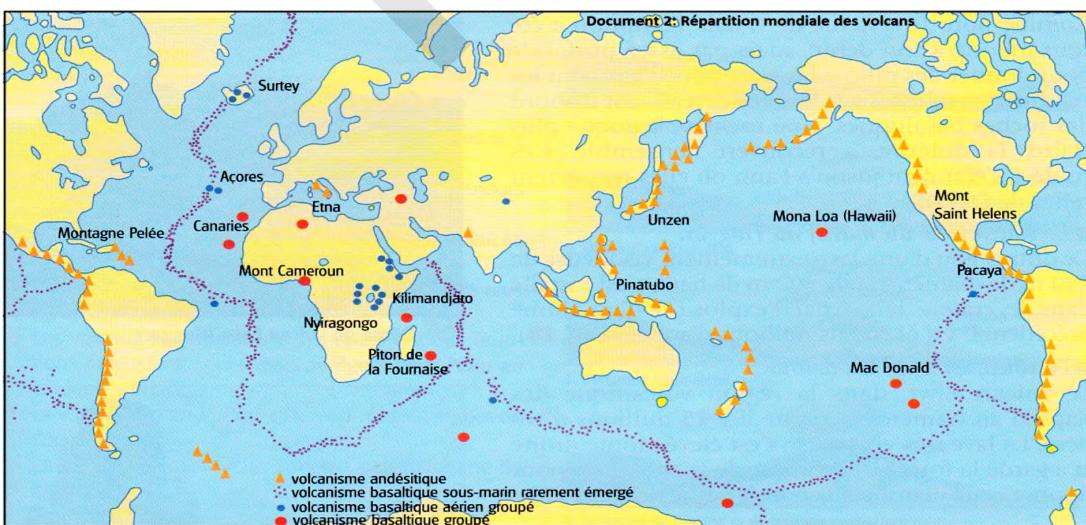
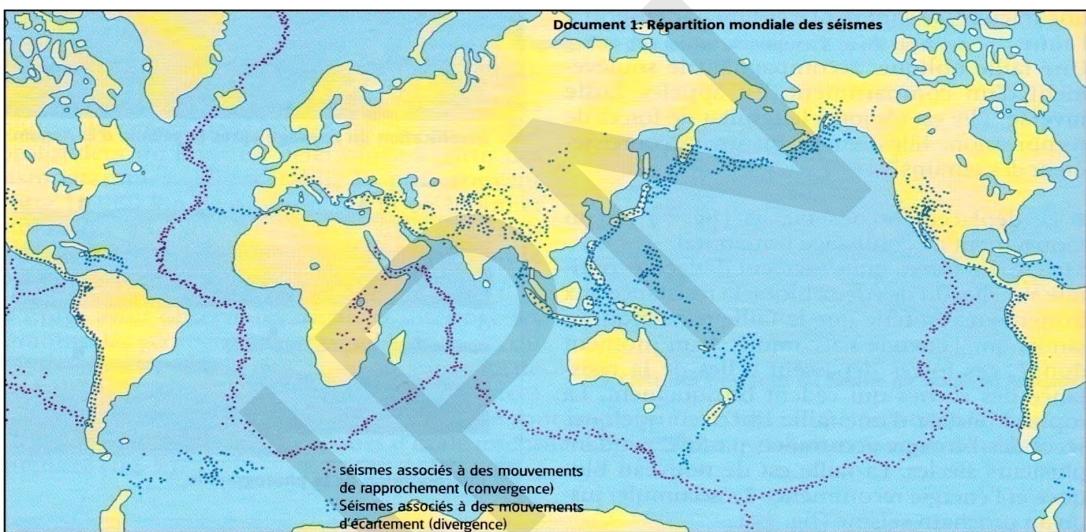
Activité

11

Comment sont répartis les volcans et les séismes ?

La répartition des séismes et des volcans permet de délimiter les zones d'activité interne du globe. Ils sont inégalement répartis à la surface de la Terre : ils se répartissent dans des zones géographiquement limitées.

Les documents ci-dessous montrent la répartition mondiale des séismes (document 1) et des volcans (document 2).



Comparez la carte du volcanisme actif et celle de la répartition du foyer des séismes.

Que peut-on en conclure?

Certaines régions du globe ne connaissent ni séismes, ni volcanisme ; d'autres, au contraire, sont à forte sismicité et connaissent un volcanisme actif.

A l'échelle du globe, la répartition géographique des séismes coïncide généralement avec celle du volcanisme.

■ Les séismes associés à des accidents géologiques qui affectent la lithosphère, surviennent :

- le long des dorsales océaniques ;
 - dans les chaînes de montagnes récentes côtières : cordillère des Andes, montagnes Rocheuses;
 - dans des chaînes continentales de montagnes jeunes: Himalaya, Alpes, Atlas ;
 - le long des arcs insulaires bordés par des fosses océaniques profondes : arc indonésien bordé par la fosse de Java...
- Les grandes zones sismiques et volcaniques du globe coïncident (document 1).

■ Les deux tiers des volcans actifs émergés sont groupés autour de l'océan Pacifique.

Les volcans de type andésitique de cette ceinture de feu ont une répartition très irrégulière. Près de la moitié appartient aux arcs insulaires du Pacifique occidental.

Dans l'océan Indien, l'arc insulaire indonésien est particulièrement riche en volcans actifs.

De tous les volcans connus, un quart seulement se trouve hors de la ceinture de feu du Pacifique. Un volcanisme sous-marin de type basaltique se rencontre tout le long des dorsales océaniques ; quelques îles volcaniques émergées les jalonnent : l'Islande.

Des archipels volcaniques isolés émergent au milieu des océans : la Réunion, Hawaii.

Il existe un volcanisme basaltique très actif sur les continents, le long de fractures importantes de la lithosphère, comme le grand rift est - africain (document 2).

Bref, les séismes et les volcans se répartissent en trois zones principales :

- La zone circumpacifique et l'arc insulaire ;
- La zone des dorsales océaniques ;
- La zone située à la limite des continents eurasiatique et africain, des Açores à Java.

VI- Structure du globe terrestre

Activité

11

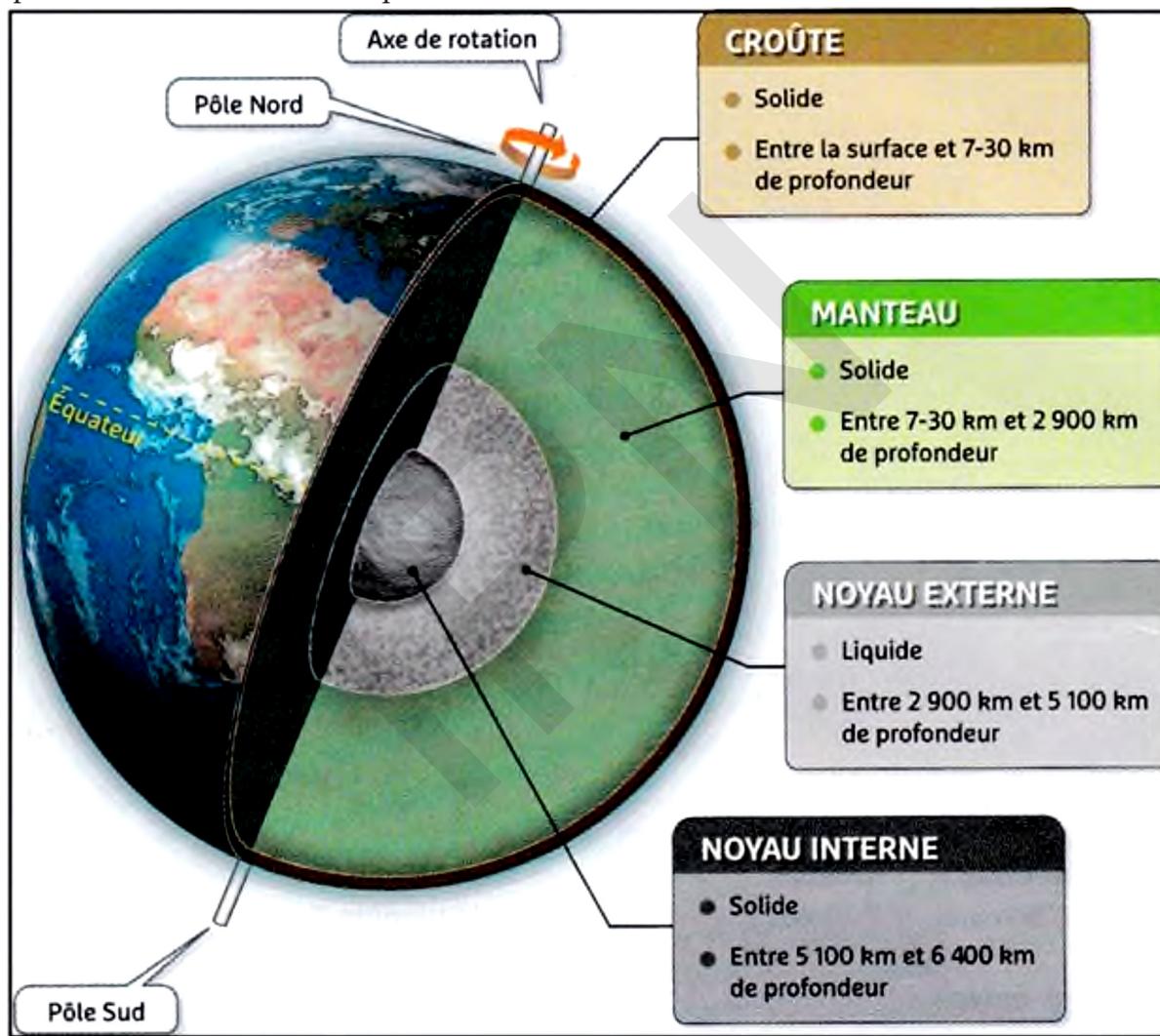
Quelle est la structure interne du globe terrestre ?

Les géologues considèrent que la vitesse et la direction d'une onde sont constantes dans un milieu homogène. Lorsque l'onde pénètre dans un milieu différent, elle change de vitesse et de direction. Les ondes sismiques se propagent comme les rayons lumineux : lorsqu'un rayon lumineux atteint une surface qui sépare deux milieux aux propriétés différentes, il se réfracte ou se réfléchit comme sur un miroir.

Toutes les ondes produites par les séismes se propagent dans toutes les directions à partir du foyer. Les ondes P et S pénètrent dans le globe terrestre tandis que les ondes L font le tour de la planète en suivant sa surface.

L'étude des vitesses de ces ondes renseigne sur la nature physique des matériaux traversés, sur leur trajet à l'intérieur du globe. Toute variation de vitesse traduit un changement de milieu. On sait aussi que les ondes se propagent plus lentement dans un milieu visqueux que dans un milieu rigide.

L'étude des séismes naturels et artificiels, complétée par de très nombreux forages profonds dans l'écorce terrestre permet d'établir la structure interne de la terre (voir figure ci-dessous). 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.



Analyser ce document pour dégager la structure de la terre.

De l'étude de la vitesse des ondes sismiques, les géologues ont établi la structure interne du globe terrestre. La terre est formée d'enveloppes concentriques :

- la croûte : en surface, 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.

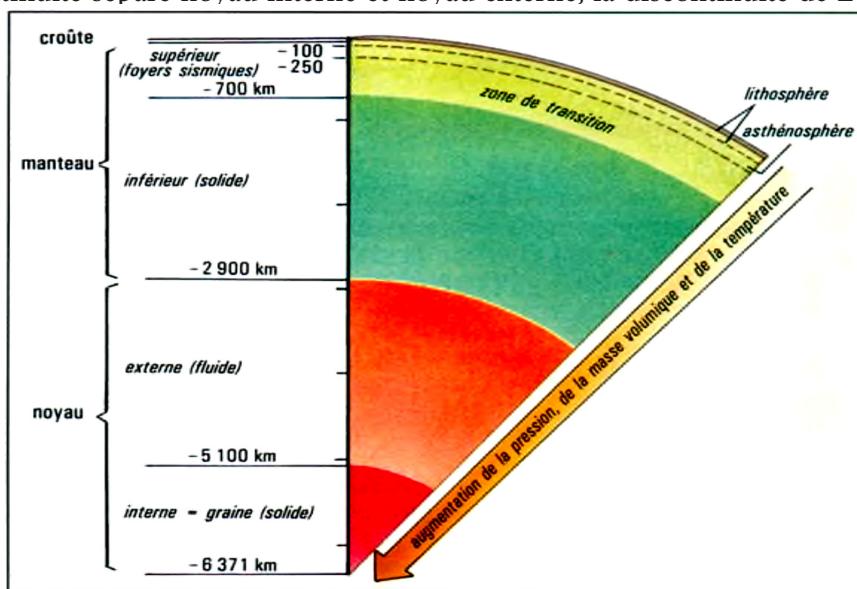
■ le manteau : en dessous, s'étend jusqu'à 2 900 km : il est plus pauvre en silice et plus riche en fer et en magnésium. Il constitue le gros du volume terrestre, 81 % et se divise en manteau inférieur solide et manteau supérieur principalement plastique, mais dont la partie tout à fait supérieure est solide. La partie supérieure du manteau forme avec l'écorce terrestre un ensemble rigide, la lithosphère, qui repose sur une couche plus visqueuse, l'asthénosphère.

La vitesse des ondes P dépend de la nature des roches traversées. À l'aide de séismes artificiels, les géologues ont constaté que la vitesse diffère pour la lithosphère continentale et océanique. L'examen des courbes obtenues montre que la lithosphère océanique est plus mince que la lithosphère continentale. La lithosphère continentale (la plus épaisse) comprend l'écorce granitique et les péridotites du manteau supérieur.

La lithosphère océanique (la moins épaisse) comprend une écorce basaltique qui repose aussi sur les péridotites du manteau supérieur.

L'asthénosphère est constituée de péridotites plus visqueuses de 100 à 700 km de profondeur.

■ le noyau : au centre, 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.



Je retiens :

La théorie des plaques ou tectonique des plaques, suppose que la lithosphère est découpée en plaques, considérées comme rigides, se déplaçant au-dessus de l'asthénosphère visqueuse. 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.

Elles sont généralement associées au volcanisme.

Les chaînes de montagnes naissent dans les zones de convergence.

La subduction est formée par l'enfoncement d'une plaque à croûte océanique sous une plaque à croûte océanique ou continentale. Elle s'accompagne d'activités volcaniques. Les frictions entre ces plaques génèrent des séismes à foyers de profondeur croissante.

L'obduction est obtenue par le chevauchement de la croûte continentale d'une plaque par la croûte océanique d'une autre plaque. On y trouve des matériaux de la croûte océanique : les ophiolites.

La collision est née de l'affrontement de deux plaques à croûte continentale.

Ce sont des chaînes complexes présentant de grands chevauchements ou charriages.

Dans les zones de collision et d'obduction récentes, les tensions persistantes sont responsables de l'activité sismique superficielle, observée actuellement.

On distingue des déformations de la croûte terrestre cassantes (failles) ou souples (plis).

Une faille est une fracture de l'écorce terrestre de part et d'autre de laquelle les deux compartiments séparés ont subi un déplacement relatif (rejet). Dans le cas d'une distension, il y a une faille normale, une faille inverse en cas de compression et dans le cas d'un déplacement horizontal il y a une faille coulissante (décrochement).

Les plis sont des ondulations de couches de terrains, formant des bombements ou anticlinaux ou des cuvettes ou synclinaux. Il existe différentes sortes de plis (droit, déjeté, déversé, couché, pli-faille.....).

Un séisme est un brusque ébranlement du sol provoqué par la rupture des roches en profondeur, libérant l'énergie lentement accumulée.

C'est à l'épicentre que la secousse est ressentie avec le plus d'intensité. Au foyer du séisme, une rupture des roches donne naissance à des ondes sismiques qui se propagent dans toutes les directions. L'étude des sismogrammes permet de déterminer l'épicentre du séisme, son foyer et sa magnitude.

Un séisme 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.
- 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.

Les lignes de même intensité sismique sont appelées des isoséistes.

Les ondes sismiques s'enregistrent grâce à des appareils appelés sismographes (anciens) et sismomètres (numériques). L'enregistrement s'appelle un sismogramme.

On distingue les types d'ondes émises par un séisme: les ondes de fond, celles qui se propagent à l'intérieur de la terre et qui comprennent les ondes S, les ondes P et les ondes de surface, celles qui ne se propagent qu'en surface.

Les ondes P sont des ondes de compression assimilables aux ondes sonores et qui se propagent dans tous les états de la matière. Les ondes S sont des ondes de cisaillement qui ne se propagent que dans les solides. Les ondes de Love ou ondes L sont des ondes de cisaillement, comme les ondes S, mais qui oscillent dans un plan horizontal.

On entend par volcanisme l'ensemble des phénomènes géologiques durant lesquels du magma et des gaz associés sont émis à la surface.

Un volcan est une cheminée qui fait communiquer le magma avec la surface du globe. Il a généralement lieu dans certaines parties du globe telles que les dorsales océaniques et les zones de subduction, siège d'importants mouvements lithosphériques. Certains volcans sont terrestres, d'autres sous-marins.

Une éruption volcanique s'accompagne de l'émission de plusieurs produits : solides, liquides et gazeux. L'importance relative de chacun de ces produits dépend de plusieurs facteurs dont le plus essentiel demeure la nature chimique de la lave (critère fondamental pour classer les volcans).

Il est possible de classer les volcans en se basant sur leur localisation géographique : on distingue dans ce cas les volcans terrestres et les volcans sous-marins. Mais la typologie des volcans la plus utilisée repose sur la viscosité de la lave.

On distingue 2 grands types de volcans suivant leurs manifestations :

- Les volcans effusifs qui se manifestent par des coulées de laves qui se déposent les unes sur les autres modifiant ainsi le paysage, ou en construisant des îles volcaniques. Les dégâts matériels sont importants, les pertes humaines sont peu nombreuses ;
- Les volcans explosifs qui projettent à plus de 100 Km/h des nuées ardentes constituées de cendres, de gaz et de solides à plus de 500°. Les pertes humaines peuvent être très importantes.
- La viscosité d'une lave est fonction de sa teneur en silice : plus elle est riche en cet élément, plus elle est visqueuse.

La répartition des séismes et du volcanisme permet de délimiter les zones d'activité interne du globe.

- 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.

La terre est formée d'enveloppes concentriques :

- en surface, la croûte, épaisse de 10 à 50 km, est formée de silicates. La croûte continentale, essentiellement granitique, diffère de la croûte océanique basaltique ;
- 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 ;
- 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.

Je m'exerce

Exercice 1

1- Définissez les mots ou expressions suivants :

Lithosphère; convergence; coulissement; divergence; dorsale océanique; plaque lithosphérique.

2 -Questions à réponses courtes :

a -Comment caractériser la limite entre deux plaques en divergence ?

b -Pourquoi dit-on que les limites de plaques sont des zones actives ?

c -Pourquoi les continents s'écartent en même temps que les plaques ?

3- 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 2

A- Retrouvez la proposition exacte et corrigez les fausses.

a. Les mouvements des plaques lithosphériques entraînent à leurs frontières des séismes.

b. Les plaques lithosphériques bougent de quelques km/an.

c. Une centaine de plaques lithosphériques recouvrent la Terre.

B- Retrouvez la proposition exacte.

a- Au niveau d'une fosse océanique :

1. deux plaques entrent en collision.

2. une plaque plonge sous une autre.

3. deux plaques s'éloignent.

b. Au niveau d'une dorsale :

1. le volcanisme est explosif.

2. une plaque monte sur une autre.

3. deux plaques s'éloignent l'une de l'autre.

c. Au niveau d'une chaîne de montagnes formée par collision :

1. les séismes sont fréquents.

2. deux plaques s'éloignent.

3. le volcanisme est très actif.

C- Vrai ou faux ?

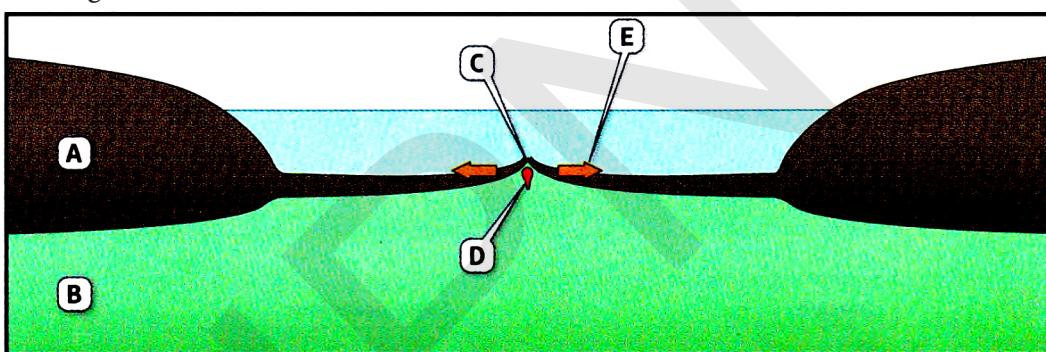
Recopiez les affirmations exactes.

Corrigez les affirmations inexactes.

- a. Le volcanisme basaltique sous-marin existe dans les dorsales océaniques et les arcs insulaires.
- b. Les tsunamis sont provoqués par les séismes sous-marins.
- c. Les limites des plaques lithosphériques et les limites des continents coïncident.
- d. Les zones de convergence des plaques engendrent du volcanisme basaltique.
- e. Les fosses océaniques se situent au milieu de l'océan.
- f. Une dorsale océanique est une chaîne de montagnes sous-marine couverte de volcans andésitiques.
- g. Des séismes se produisent dans des zones actives en limite de plaque.
- h. La lithosphère peut se déformer sous l'effet des séismes.
- i. Les plaques se rapprochent au niveau des dorsales par mouvement de divergence.

Exercice 3

Attribuez une légende aux lettres A à E et donnez un titre à ce schéma.



Exercice 4

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 5

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.

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

2- Chaque série d'affirmations peut comporter une ou plusieurs réponses exactes. Repérer les affirmations correctes (faire une recherche documentaire et sur internet) :

A. 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.

B. 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 6

A- Définissez les mots ou expression :

Séisme; faille; sismogramme; sismicité ; foyer; épicentre; onde sismique.

B- Vrai ou faux ?

Recopiez les affirmations exactes.

Corrigez les affirmations inexactes.

- 1- Les ondes sismiques sont des vibrations qui se propagent dans tous les sens.
- 2- Le foyer est le lieu où le séisme est ressenti le plus violemment en surface.
- 3- L'échelle MSK permet d'évaluer l'intensité d'un séisme.
- 4- Les sismogrammes sont des appareils qui enregistrent les ondes sismiques.
- 5- Les failles sont les forces lentement accumulées qui s'exercent sur les roches en profondeur.
- 6- La magnitude d'un séisme est établie grâce à l'observation des dégâts en surface.
- 7- Un séisme est le lieu d'où partent les ondes après la rupture des roches en profondeur.
- 8- Les courbes isoséistes sont établies à partir de l'échelle de Richter.
- 9- Les failles sont toutes visibles à la surface du sol.

Exercice7

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 8

Le mont St Helens subit une explosion violente le 18 mai 1980. La précédente éruption date de 1857.

Le 20 mars 1980 se produit un séisme de magnitude inhabituelle.

Le 27 mars, de petites explosions sont accompagnées de l'ouverture d'un deuxième cratère d'où s'échappent des gaz qui s'enflamme.

Le 14 avril, une longue vibration est ressentie et des projections de cendres et de vapeur se produisent.

Le flanc nord du volcan gonfle. Ces événements persistent. Le 18 mai, à la suite d'une violente explosion, le flanc nord du volcan glisse et déferle à 250 km/h vers le bas. Une nuée ardente simultanée détruit toute vie sur la région. On dénombre 61 victimes sur la zone qui a été précédemment évacuée.

L'altitude du volcan n'atteint plus que 2 549 m au lieu de 2 905 m avant l'éruption. À 450 km au N.-E., une ville est plongée dans l'obscurité du nuage de cendres qui s'abat et s'y dépose sur 5 cm d'épaisseur.

Un dôme de lave grise, visqueuse, bouche la cheminée au fond du cratère d'explosion.

1- Peut-on qualifier le St Helens de volcan actif ? Justifiez votre réponse.

Relevez le vocabulaire qui caractérise ce type d'éruption.

2- À quel type d'éruption doit-on rattacher ce volcanisme? Justifiez votre réponse.

3- Quels sont les événements qui annoncent l'éruption et qui lui succèdent ?

4- Comment se réalise le dégazage du magma dans cette éruption ?

Exercice 9

1- Définissez les mots ou expressions :

Éruption volcanique; lave; éruption effusive; éruption explosive.

2- Recopiez les affirmations exactes.

Corrigez les affirmations inexactes.

a- Les laves de type basaltique sont plus visqueuses que les laves de type andésitique.

b- Les gaz dissous dans le magma s'échappent toujours avant l'éruption.

c- Le magma monte plus ou moins rapidement selon sa composition chimique.

d- Plus les gaz s'échappent rapidement de la lave plus l'éruption est effusive et calme.

e- Les volcans des dorsales océaniques ont des éruptions explosives. Leurs laves se figent sous l'eau en coulées scoriaées.

f- Le volcanisme andésitique se retrouve tout autour de l'océan Pacifique.

g- Le volcanisme signale les zones d'activité interne du globe.

h- Une éruption volcanique se produit toujours dans un cratère.

i- La nature des cristaux observés dans les laves dépend de la composition du magma.

j- Les nuées ardentes détruisent toute vie sur leur passage.

k- La fin d'une éruption est annoncée par des séismes.

l- La lave émise par le volcan est déjà refroidie.

3- Questions à réponses courtes.

a. Pourquoi le magma quitte-t-il la chambre magmatique au moment de l'éruption?

b. Pourquoi les volcans andésitiques sont-ils plus dangereux que les volcans de type basaltique?

Exercice 10

Vrai ou faux ?

Recopiez les affirmations exactes.

Corrigez les affirmations inexactes.

- a- Les ondes sismiques se propagent dans toutes les roches à la même vitesse.
- b- La lithosphère est la couche profonde du globe terrestre.
- c- La couche externe liquide du noyau arrête les ondes S.
- d- La lithosphère continentale, composée de roches granitiques sur du basalte, est plus épaisse que la lithosphère océanique, constituée uniquement de basalte.
- e- La base de la lithosphère est constituée de péridotites rigides sous les océans et les continents.
- f- L'asthénosphère est constituée de péridotites plus visqueuses. Elle se situe de 100 à 2 900 km de profondeur.
- g- La lithosphère n'a qu'une épaisseur de 100 km, celle de l'asthénosphère est de 600 km.
- h- L'épaisseur de l'écorce terrestre varie entre 10 et 70 km de profondeur. En dessous, le manteau s'étend jusqu'à 2 900 km de profondeur.

Exercice 11

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.

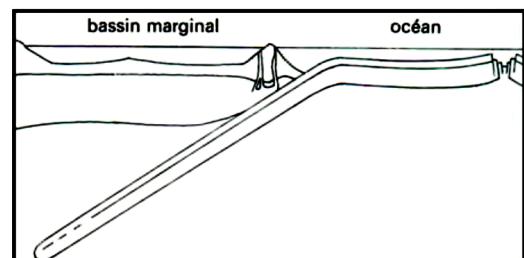
b- Complétez les annotations, placez les flèches indiquant les mouvements et donnez un titre à ce schéma.

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 ?



J'approfondis mes connaissances :

Document 1 : Les échelles en sismologie.

1-Echelle d'intensité MSK (Medvedev, Sponheuer, Karnik) : Après avoir observé les dégâts et interroger les témoins, les géologues déterminent les zones où le séisme a été ressenti avec la même intensité de l'échelle MSK (tableau ci-dessous). Les valeurs sont reportées sur une carte et les points de même intensité sont joints par une ligne appelée isoséiste. Les isoséistes déterminent donc des zones d'égale intensité. L'épicentre est situé dans la zone de plus forte intensité.

Intensité	Phénomènes observés
I	Aucun mouvement n'est perçu.
II	Quelques personnes au repos peuvent ressentir un mouvement.
III	Mouvement ressenti à l'intérieur. A l'extérieur, rien n'est ressenti.
IV	A l'intérieur, la plupart des gens ressentent un mouvement. Les objets suspendus bougent.
V	La plupart des gens ressentent le mouvement, même en plein air. Les objets bougent, les arbres oscillent.
VI	Le séisme est ressenti par tout le monde. Des dommages peuvent se produire dans des bâtiments mal construits.
VII	Les gens ont du mal à se tenir debout. Des lézardes peuvent apparaître sur les murs. Dommages modérés sur les immeubles.
VIII	Les chauffeurs ont du mal à conduire leur véhicule. De grandes cheminées peuvent tomber. Dommages sérieux dans les immeubles.
IX	Tous les immeubles subissent de gros dommages. Les maisons sans fondation se déplacent. Des conduites d'eau ou de gaz peuvent se rompre.
X	La plupart des bâtiments sont détruits. Les ponts, les barrages sont endommagés, les rails de chemin de fer se tordent.
XI	La plupart des constructions s'effondrent. Les conduits souterrains se rompent, les ponts sont détruits.
XII	Tout est détruit, le sol bouge en ondulant. De grands pans de roches peuvent se déplacer. Les paysages sont modifiés.

2- Échelle de Richter :

Après un séisme, différents trains d'ondes arrivent à chaque station. Les plus rapides sont les ondes primaires ou ondes P, de faible amplitude. Les ondes secondaires ou ondes S, d'amplitude plus importante, sont émises au même moment, mais se propagent moins vite. Plus tard arrivent les ondes L, ondes lentes qui suivent la surface du globe.

La comparaison des sismogrammes permet de déterminer le lieu du séisme et sa magnitude à partir de l'amplitude maximale des ondes sismiques (tableau ci-dessous).

Plus on s'éloigne du séisme, plus l'arrivée des ondes P est tardive. Les ondes S et L se propagent moins

vite et arrivent avec un certain retard par rapport aux ondes P. Ce retard est d'autant plus grand que le sismographe est plus éloigné du séisme. C'est ainsi que l'on peut calculer la localisation précise en surface de l'épicentre d'un séisme.

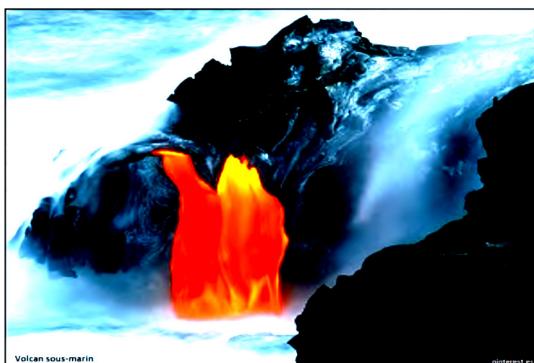
Magnitude	Phénomènes observés
1	Secousse non ressentie par les personnes.
2	Secousse ressentie par quelques personnes au repos.
3	Souvent ressentie, aucun dégât matériel.
4	Ressentie par tous, aucun dégât matériel.
5	Tremblement modéré, bien ressenti, petits dommages dans les habitations près de l'épicentre.
6	Fort tremblement, les bâtiments peu résistants sont endommagés à plusieurs km de l'épicentre.
7	Violent séisme, dommages importants à une centaine de km de l'épicentre.
8	Très violent séisme, très gros dégâts matériels. Nombreux morts ou blessés sur des centaines de km.
9	Séisme d'une violence rare. Il détruit tout ou presque dans la région de l'épicentre et sur plusieurs centaines de km autour.

Document 2 : Le volcanisme sous-marin.

Au milieu de l'océan Atlantique, les océanographes ont découvert des montagnes volcaniques basaltiques sous-marines, appelées dorsales océaniques. Elles forment une chaîne continue de plus de 60 000 km dans tous les océans du globe.

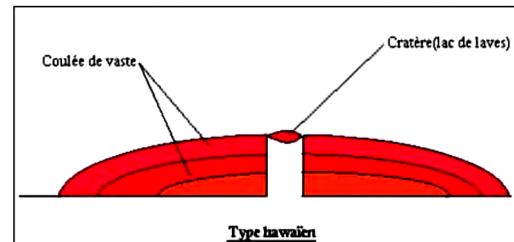
En 1973, les géologues ont pu observer, pour la première fois, le sommet de ces montagnes à plus de 2000 mètres de profondeur, sous le niveau de la mer. Ils y ont découvert des pillow-lavas, de très nombreuses fissures et des sources d'eau chaude à 350 °C contenant des particules noires en suspension, d'où leur nom de fumeurs noirs.

La présence de coulées non recouvertes de sédiments démontre l'activité importante et récente de ce volcanisme sous-marin. Il représente 90 % de l'activité volcanique du globe.



Document 3 : Typologie des volcans.

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.



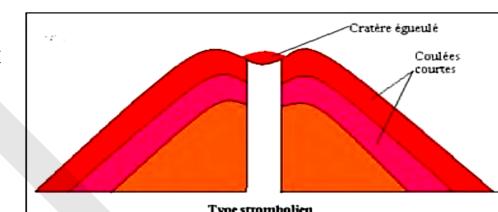
- Type effusif ou Hawaïen (45% silice)

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.

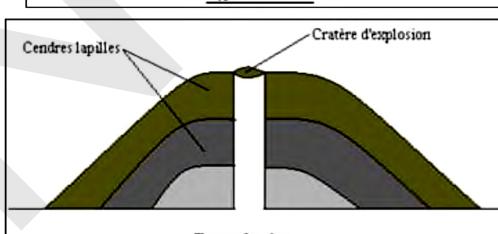
- Type strombolien ou intermédiaire (55% de silice)

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

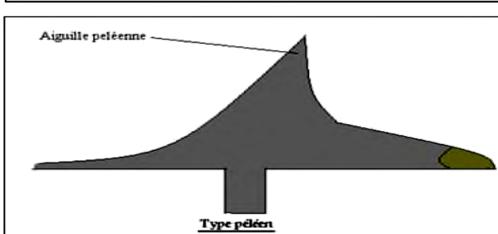


- Type vulcanien

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. Il peut y avoir sortie de vapeurs d'eau et de boue à 1200°C.



Exemple : Montagne Pelée en Martinique.

J'utilise mes connaissances :

Projet de classe :

A la fin du chapitre, les élèves en sous-groupes réalisent ce qui suit :

Groupe 1 :

- un prototype ou un modèle de simulation de la mobilité des plaques lithosphériques.
- une investigation montrant l'interdisciplinarité des sciences.

Groupe 2 : Géographie : Carte géographique du monde

Groupe 3 : Physiques : États de la matière, forces, pression et températures etc.

Groupe 4 : Chimie : Nature chimique des roches et du magma etc.

Groupe 5 : Une fiche métier décrivant le métier de Géophysicien et géologue

(Activités, compétences, formation, carrière..).

CHAPITRE V : GRANDS ENSEMBLES GÉOLOGIQUES, POTENTIALITES MINIERES ET HYDROGEOLOGIQUES DE LA MAURITANIE

Je découvre :

I- Les ères géologiques :

Activité

1

Donner un aperçu sur les subdivisions des 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	AGE ABSOLU (en MA)	CYCLE OROGÉNIQUE
CÉNOZOÏQUE	QUATERNNAIRE	Holocène		
		Pléistocène		
	TERTIAIRE	NÉOGÈNE		
		Pliocène	2	
		Miocène	5	
		Oligocène	23	
		Éocène	35	
	SECONDAIRE	supérieur	65	
		inférieur		
		supérieur	100	
		moyen	130	
		inférieur	150	
MÉZOÏQUE	CRÉTACÉ	supérieur	180	
		moyen	205	
		inférieur	250	
	JURASSIQUE	supérieur		ALPIN
		moyen		
		inférieur		
	TRIAS	supérieur		
		moyen		
		inférieur		
PALEOZOÏQUE	PRIMAIRE	PERMIEN		
		supérieur	290	
		= Houiller	320	
		inférieur	360	
		DÉVONIEN	400	
		SILURIEN	420	
		ORDOVICIEN	500	
		CAMBRIEN	530	
				CALÉDONIEN
				CADOMIEN
				Plusieurs cycles mal connus

Déterminer, à partir du document les différentes ères géologiques, leurs subdivisions et leur durée.

La Terre s'est formée il y a 4,6 milliards d'années et se poursuit jusqu'à aujourd'hui. L'échelle des temps géologiques divise l'histoire de la terre en unités plus courtes appelées ères géologiques

Ères	4550 Ma Précambrien	542 Ma Paléozoïque	251 Ma Mésozoïque	65,5 Ma Cénozoïque	Aujourd'hui
Périodes					
	<ul style="list-style-type: none"> • Cambrien • Ordovicien • Silurien • Dévonien • Carbonifère • Permien 	<ul style="list-style-type: none"> • Trias • Jurassique • Crétacé 		<ul style="list-style-type: none"> • Paléogène • Néogène • Quaternaire 	
					www.alloprof.qc.ca

en se basant sur l'apparition et la disparition de différentes formes de vie. La mise au point des méthodes de datations radiométriques, on a obtenu des âges «absolus» répartis tout au long de l'échelle relative des temps géologiques.

Les ères sont les grandes divisions de l'échelle des temps géologiques : le Prépaléozoïque (Précambrien), le Paléozoïque (Primaire), le Mésozoïque (Secondaire) et le Cénozoïque (Tertiaire et Quaternaire).

Les périodes sont les sous-divisions des ères géologiques.

II- Les ensembles géologiques

Activité

2

Déterminer les grands ensembles géologiques de la Mauritanie.

Le socle précambrien appelé craton Ouest - africain d'une superficie d'environ 4.500.000 km², apparaît suivant deux dorsales : RGueibat au Nord et Man (Leo) au Sud. Son contour est marqué par l'existence de domaines plissés.

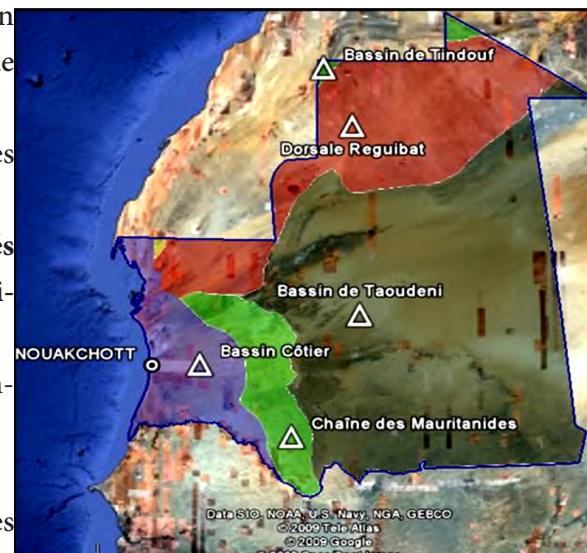
Géologiquement, la Mauritanie se subdivise en grandes entités reparties comme le montre la carte (ci-contre)

Dégager, à partir de cette carte, les principales unités qui forment la géologie de la Mauritanie et leurs limites.

Géologiquement, la Mauritanie se subdivise en 5 ensembles répartis comme suit :

■ La chaîne des Mauritanides : appelée autrefois

(avant 1962) Arc Akjoujt-Bakel, elle correspond à des collines, à des reliefs isolés (inselberg) et à des crêtes gréso-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 de l'extrême méridionale de la dorsale RGueibat au fleuve Sénégal, entre les latitudes 20° et 15°N et les longitudes 12° à 15°W. Elle dessine un arc de cercle dont la concavité est tournée vers l'Atlantique. Ses structures sont déversées



vers l'Est sur le craton ouest africain qui constitue son avant - pays.

La chaîne des Mauritanides est composée de formations sédimentaires et métamorphiques fortement plissées et tectonisées, durant des évènements orogéniques dont le plus marquant est l'événement Hercynien (âge d'environ 300 Millions d'années).

Elle renferme de nombreuses minéralisations d'or, de cuivre, de chrome, de cobalt et de terres rares. C'est dans cette chaîne que se trouve le gisement de cuivre-or d'Akjoujt.

Cette chaîne, en grande partie située en Mauritanie, est une longue bande de plus de 1800 km. Elle s'étend du Sahara occidental au Nord, jusqu'en Sierra Léone au Sud, en passant par la Mauritanie occidentale et l'Est du Sénégal. Elle est constituée de formations sédimentaires et métamorphiques fortement plissées et tectonisées.

Géographiquement du Nord au Sud, on peut distinguer trois tronçons :

- au Nord le tronçon Zemmour – Tiferchaj ;
- au Centre le tronçon Akjout – Bakel ;
- au Sud, les régions orientales du Sénégal et de la Guinée septentrionale.

■ **La Dorsale RGueibat :** Il s'agit d'un vaste bombement allongé NE-SW, formant la partie septentriionale du craton ouest africain. La dorsale RGueibat s'étend pour l'essentiel en Mauritanie, au Sahara Occidental et en Algérie. Elle se situe entre les méridiens 3° et 16° Ouest d'une part et les parallèles 20° et 27° Nord d'autre part couvrant une zone de 1500 km de long sur 205 à 400 km de large. Elle est constituée de terrains Archéens (âges supérieurs à 2,5 Milliards d'années) et Paléo-protérozoïques (âges entre 1 et 2,5 milliards d'années). Tandis qu'un domaine archéen affleure à l'Ouest et au Sud-Ouest (groupes de l'Amsaga, du Tasiast et de Ghallaman), on note l'existence d'un autre domaine central et oriental dit Birimien dont les formations sont rattachées au Protérozoïque inférieur (groupes de Chegga et de Chenachane). La Dorsale RGueibat est un socle cristallin constitué par des granites, des roches basiques et ultrabasiques ainsi que des roches métamorphiques qui affleure vers le Nord. Elle 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.

On trouve dans ce domaine cratonique des gisements d'or et de fer et des indices identifiés d'or, de fer, de cuivre, de nickel, de lithium, de beryl, de wolfram, d'uranium et des éléments du groupe du platine. De même, des kimberlites ont été mises en évidence dont certaines sont diamantifères.

■ **Le bassin de Taoudéni :** Le bassin sédimentaire de Taoudéni est le plus grand bassin de l'Afrique de l'Ouest (occupe 2/3 du craton) avec une superficie d'environ 1.500.000 km². Sa partie occidentale constitue plus de la moitié du territoire Mauritanien.

Sa limite méridionale est marquée par la dorsale de Léo, tandis que sa bordure septentrionale est limitée par la dorsale de RGueibat qui le sépare du bassin de Tindouf. Sa bordure occidentale est constituée par les Mauritanides alors que sa partie orientale est formée par l'Adrar des Iforas. Il est recouvert par des séries essentiellement infracambriennes et paléozoïques, peu déformées.

Le bassin est composé de formations Protérozoïques Supérieures, de formations Cambro-ordoviennes, et de roches sédimentaires du Silurien au Carbo-

nifère. 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 600m à 1400 m dans la région du Hank et de 1400m 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 1.000 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. Le bassin de Taoudéni est un large affaissement intracratonique qui paraît s'être formé en réponse à l'Orogenèse panafricaine. Le bassin s'est initié dans l'Infracambrien et a continué à se développer durant le Paléozoïque jusqu'au Carbonifère.

Dans le bassin de Taoudéni, les roches-mères d'âge infracambrien sont mal connues mais sont identifiées et prouvées être matures. Elles sont adjacentes aux réservoirs de calcaires à stromatolithes qui ont prouvé la présence de gaz dans le puits d'Abolag-1. Des réservoirs plus jeunes d'âge Ordovicien sont probablement plus importants économiquement.

■ Le Bassin Sédimentaire Côtier Atlantique :

La bordure occidentale du pays correspond au bassin Côtier Sénégalo-Mauritanien d'âge Jurassique à Quaternaire. Il s'étend entre les parallèles 11°N et 22° N, Il s'étend du Nord au Sud, le long de la façade maritime mauritanienne, sur près de 750 km (de Nouadhibou à l'embouchure du fleuve Sénégal). Il s'enfonce à l'intérieur du pays (vers l'Est) sur une distance atteignant par endroit 360km. La surface de ce bassin est estimée à 184 000 km², dont plus de 100 000 km² en offshore. Il est limité au Nord par le Maroc, au Sud par le bassin sénégalais, à l'Est par la chaîne des Mauritanides et à l'Ouest par l'océan atlantique.

Ce bassin est constitué par des sédiments du Jurassique au Quaternaire. Il 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 100m. 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 marin est composé de quatre transgressions marines : la mer s'est avancée plusieurs fois au-delà des côtes actuelles. Les transgressions les plus importantes s'observent en Mauritanie avec leurs quatre dépôts successifs : grès argileux à glauconies (Tafaritien), grès (Aioujen), calcaires clastiques (Inchirien), sable et coquillages (Noukchottien).

Ces quatre épisodes sont séparés par 3 épisodes continentaux qui constituent l'histoire du Quaternaire.

■ **Le Bassin de Tindouf :** au nord, il est constitué par un remplissage sédimentaire (essentiellement gréseux) 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 Réguibat, alors que dans le reste du bassin les plaines et 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.

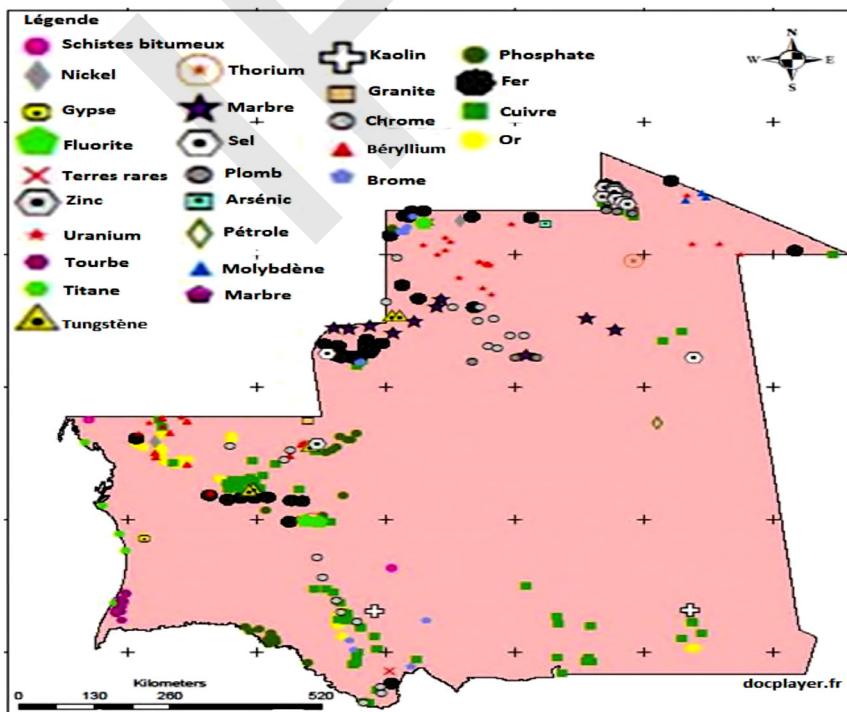
III- Ressources minières

Activité

3

Définir les principaux gisements miniers du pays.

Les quatre grandes régions géologiques de la Mauritanie présentent, grâce à leur genèse différente, des types de gisements qui leur sont spécifiques :



- Dégager de l'analyse du document, les principaux gisements miniers du pays.
- Donner des exemples de gisements ou d'indices signalés dans ta région.

■ **Gisements du fer du Tiris :** La Dorsale RGueibat contient le célèbre site ferrifère du Tiris (Kédia d'Idjil). La Kédia d'Idjil est un massif montagneux qui domine distinctement la pédiplaine du socle du Tiris (Dorsale RGueibat). Ce relief est essentiellement constitué de roches métamorphiques très plissées (quartzites, schistes, itabirites, brèches...).

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 gueilbs 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. Le quartz est l'impureté principale : le pourcentage en fer est de l'ordre de 37%.

Les gisements d'hématite sont localisés principalement au niveau de la Kedia d'Idjil et de M'haoudatt. Selon des informations de 2013, Guelb El Rhein, le seul gisement à magnétite en exploitation à l'heure actuelle, renferme plusieurs centaines de millions de tonnes de réserves prouvées.

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

■ **Gisements du Cuivre d'Akjoujt :** La chaîne métamorphique des Mauritanides renferme de très nombreux indices de cuivre dont certains sont associés à de l'or et du manganèse ou à du cobalt.



Le Guelb Moghrein, à Akjoujt représente le gisement type de cuivre de cette région. A quatre kilomètres à l'Ouest d'Akjoujt, la colline occidentale du Guelb Moghrein 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.

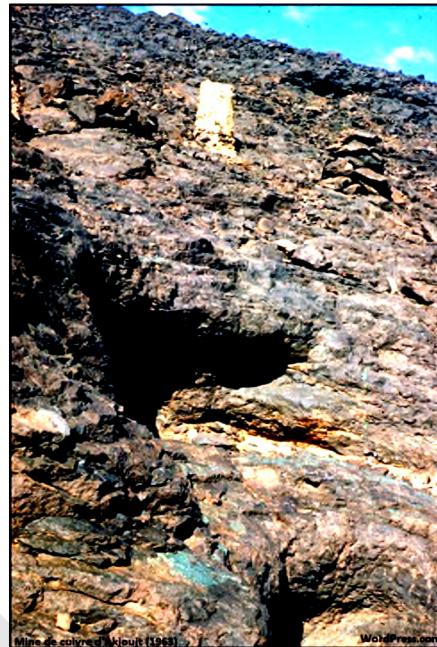
Le minerai sulfuré (1,8 % de cuivre) occupe la partie inférieure du gisement. C'est un amas de carbonates magnésiens et ferrifères avec un peu de calcium. La chalcopyrite est l'espèce minérale la plus intéressante de cette zone, car elle contient le cuivre.

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 la 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.

■ Gisements du phosphate de Bofal :

A environ 300 km de la côte, le long de la rive nord du fleuve Sénégal, on trouve des gisements de phosphate sous la forme d'affleurements au sein de la Formation de Bofal, d'âge Éocène. Deux gisements ont été largement étudiés, à savoir le gisement dans le village de Bofal, et celui de Loubboira. Les réserves de Bofal sont de 130 Mt avec une épaisseur moyenne de 1,7 m, une teneur moyenne de 21 % en P_2O_5 , et épaisseur de recouvrement de 8 m en moyenne. En comparaison, Loubboira est caractérisé par des réserves de 29 Mt, une épaisseur moyenne de 2 m, une teneur moyenne de 19 % en P_2O_5 , et une épaisseur de recouvrement de 7 m en moyenne.



Ces ressources sont ouvertes au nord à Bofal et au sud-est à Loubboira ; les réserves probables totales pourraient dépasser les 100 Mt.

■ Gisement d'or de Tasiast :

Le gisement d'or de Tasiast a été découvert en 1994 mais la production de l'or n'a commencé qu'en juillet 2007.

Les réserves prouvées et probables sont d'environ 8,9 millions d'onces d'or.

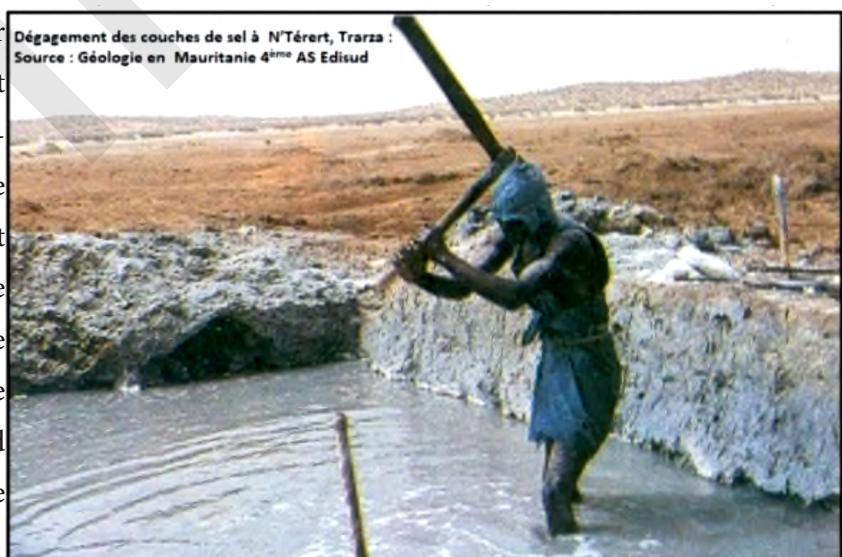
Située à environ 300 kilomètres au nord de Nouakchott, dans la région de l'Inchiri, la mine de Tasiast est une exploitation à ciel ouvert. Le minerai contenant de l'or est extrait du gisement à partir de fosses. Le gisement actuellement en exploitation contient au mieux 2,5 grammes de poussière d'or disséminés par tonne de minerai.



■ Autres

● On trouve d'importantes ressources de sel en Mauritanie, précisément dans la région de l'Af-tout es Saheli, située le long de la côte au Sud de Nouakchott. Du côté Est de la dépression de l'Aftout, d'importants gisements stratifiés sont présents à N'Teret et Twidermi, au sein de dépressions isolées au milieu de la ceinture dunaire marginale. 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 (Nouakchott).

Le gisement de N'Terert comprend 8 couches de sel. Les plus accessibles, les quatre couches supérieures, chacune d'une épaisseur inférieure à 20 centimètres, sont plus ou moins épuisées. La cinquième couche, connue sous le nom de Sikha el Beïda ou Sikhat el Fahl, est une couche mince et de haute qualité, elle est le gisement le plus important de la région sur le plan économique. Elle comprend jusqu'à 40 cm de sel compact de haute qualité.



Les salines d'Idjil dans le Nord de la Mauritanie sont exploitées en utilisant des méthodes artisanales et approvisionnent les marchés de Nouakchott en sel gemme. Les dépôts de sel y occupent une superficie de plus de 50 km².

Les deux premiers mètres contiennent dix couches de sel (d'une épaisseur maximum de 20 centimètres), inter-stratifiées avec des argiles noires. Les dimensions des ressources de sel gemme combinées avec des inondations fréquentes de la région rendent les dépôts adaptés à une exploitation par des méthodes artisanales.

● L'exploitation du falun des environs de Nouakchott pourrait permettre de fabriquer du ciment. Pour l'instant, cette exploitation reste artisanale : la production est essentiellement destinée à la construction (mortier) et aux remblais divers.

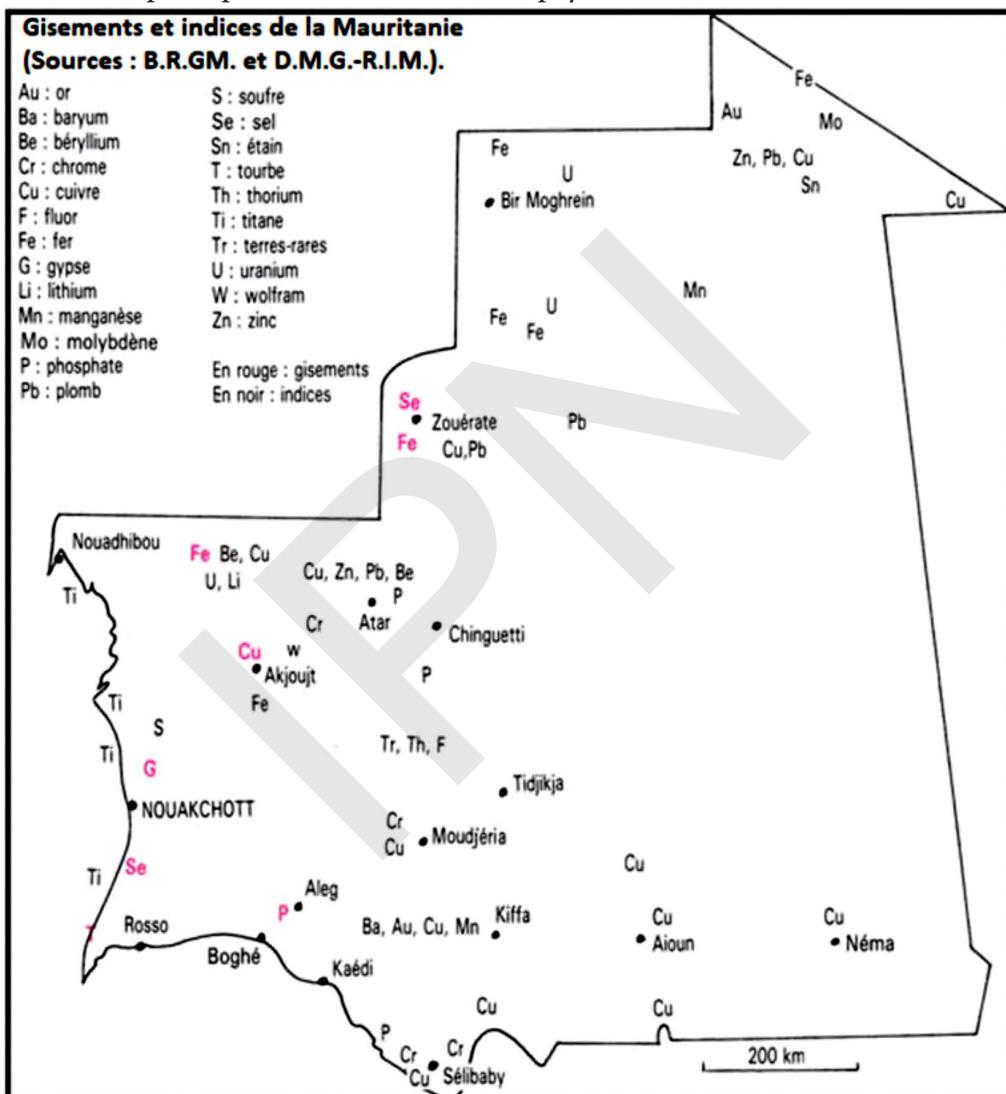
● Gypse : Probablement l'un des plus grands gisements de gypse au monde. Il est situé à Sebkha N'Drhamcha entre 50 et 100 km au Nord/Nord-Est de Nouakchott, à proximité de la route côtière du Nord de Nouakchott. Deux types de gisements sont présents dans la zone : des dépôts lités et des dépôts de dunes. Le dépôt de gypse lité affleure principalement le long du flanc oriental de Sebkha N'Drhmacha. Il y a plusieurs centaines de millions de tonnes de ressources, dont environ 140 millions de tonnes sont des réserves démontrées.

Activité

4

Définir les principaux indices miniers du pays.

La Mauritanie dispose d'ensembles géologiques très variés présentant une diversité d'indices miniers. Cette carte montre les principaux indices miniers du pays.



Dégager de l'analyse de la carte ci-dessus, les principaux indices miniers du pays notamment ceux signalés dans ta région.

Le territoire mauritanien regorge d'indices miniers :

- dans la chaîne des Mauritanides : des indices de cuivre, de fer, de terres rares associées à de l'yttrium, de tungstène, de fluor, de baryum, de chrome, d'or, de manganèse, de cobalt
- dans le bassin côtier :des indices de phosphates apatitiques, de halite (NaCl), de gypse, de calcite;

- dans le Bassin de Taoudéni : des indices de phosphates, de cuivre, de barytine ;
- dans la dorsale RGueibat : 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...).

Par ailleurs, il faut rappeler l'existence de la tourbe, roche combustible des environs de Keur Massène. D'autres substances utiles sont signalées ça et là en Mauritanie mais ce ne sont, pour la plupart, que de petits indices 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.

Les résultats des forages d'uranium à Bir EnNar sont également très encourageants et sont accompagnés d'une production de quartz de haute qualité à Oum Agneina.

De plus, des gisements de cuivre, d'or, de gypse, de phosphates et de sel ont été identifiés et certains sites sont en exploitation. Des prospections en cours indiquent l'existence d'indices de diamant, de beryllium et lithium, d'uranium, de kaolin, de chrome, de manganèse, de titane et d'autres éléments rares, de tourbe, de cobalt, de manganèse et de terres rares.

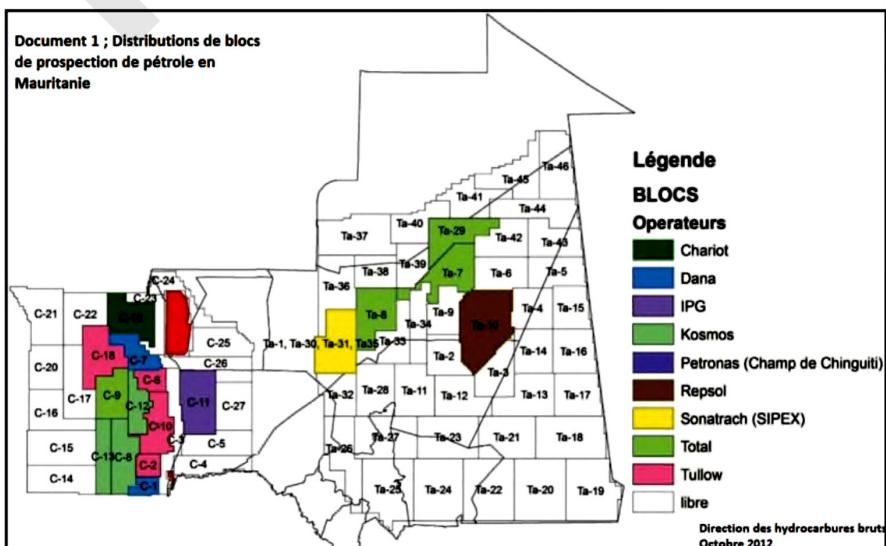
IV- Pétrole et gaz en Mauritanie

Activité

5

Quelles sont les perspectives d'avenir du pays dans le domaine du gaz naturel et du pétrole ?

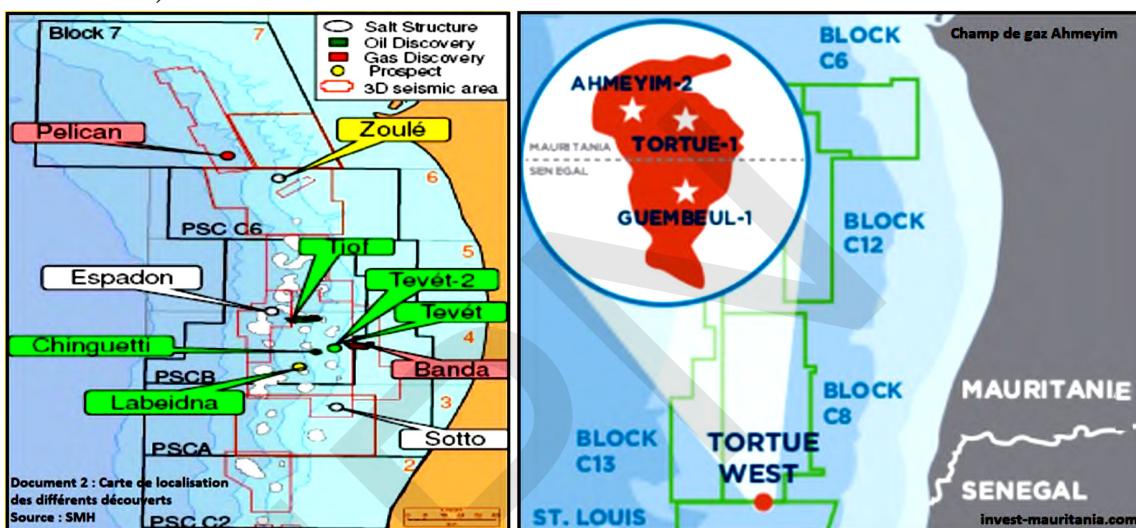
Les recherches géologiques des hydrocarbures sont effectuées dans le but de découvrir des champs de pétrole et de gaz, d'étudier leur architecture géologique, de déterminer leur valeur commerciale, d'estimer les réserves et de les préparer à l'exploitation. Pour atteindre ces objectifs, on procède à un ensemble d'études géologiques, géophysiques et géochimiques



ainsi qu'au forage de puits. Ces travaux sont réalisés suivant une succession d'étapes bien définies. Aux différentes étapes de la recherche géologique, on fait recourt aux méthodes d'investigations appropriées et à des forages à objectifs bien fixés.

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 Taoudeni.

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 (voir documents 1 et 2).



Commenter les trois cartes en vue de dégager les principales potentialités en pétrole et gaz du pays.

- 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 (document 1).
- Les premières productions pétrolières de la Mauritanie ont eu lieu en mars 2006, à partir du champ pétrolier Chinguetti dont la production à raison d'environ 75.000 barils/jour pour une période estimée à 10 ans. Les réserves de pétrole dans les champs de Chinguetti, Walata (ex-Tiof) et Tevet sont de l'ordre de 400 millions de barils situés dans le bloc 4. Les réserves de gaz des champs Banda (situé dans le bloc 4) et Pélican (dans le bloc 7) sont estimées à 3 TCF (Trillion CubicFeet) ou 84 milliards m³.
- Plusieurs découvertes ont vu le jour par les différents opérateurs qui opèrent dans le secteur pétrolier mauritanien dans le Bassin Côtier (document 2) :
 - Chinguetti (découvert le 16 mai 2001) : réserves récupérables estimées à 123 millions de barils. Il contient des réserves de gaz récupérables de l'ordre de 80 millions de pieds cubes standard (80 MCF).

- Oualata (découvert en 2003) : gisement mixte gaz - pétrole dont les réserves en place sont estimées à 1 milliard de barils avec des réserves récupérables estimées à 280 millions de barils.
 - Tevet (découvert en octobre 2004) : ses réserves en place de pétrole brut sont estimées à 200 millions de barils avec des réserves récupérables de l'ordre de 40 millions de barils.
 - Banda (découvert en octobre 2002) : réserves récupérables de l'ordre de 33 milliards de mètres cubes (1,2 TCF)
 - Pélican (découvert en 2003) : c'est essentiellement un gisement de gaz naturel avec des réserves récupérables de l'ordre de 33 milliards de mètres cubes.
 - Lebeidna : avec des réserves récupérables estimées à plus de 27 BCF.
- En matière de gaz, les espoirs sont fondés sur le champ gazier offshore Ahmeyim, situé à 5 200 mètres de profondeur, à la frontière entre la Mauritanie et le Sénégal. Avec des réserves estimées à 450 milliards de mètres cubes, il est considéré comme le plus important gisement de gaz offshore en Afrique de l'Ouest.

La production attendue est de 227 milliards de mètres cubes sur trente ans.

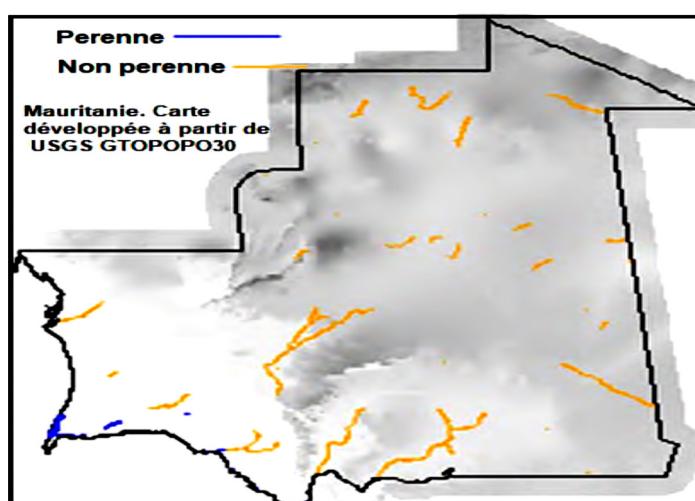
V- Ressources hydrogéologiques

Activité

6

Quelles sont les potentialités en eaux de surface de la Mauritanie ?

Les eaux de surface en Mauritanie constituent un apport non négligeable pour le développement durable de l'agriculture, de l'élevage et de l'industrie dans le pays. Elles permettent aussi en temps de pluviométrie normale, la réalimentation de certains aquifères et surtout la préservation de l'équilibre de l'écosystème.



Commenter la carte afin de citer et localiser les principales sources d'eau de surface du pays en insistant sur celle(s) de votre région.

Les eaux de surface sont constituées essentiellement par le fleuve Sénégal et ses affluents dont les principaux sont : le Karakoro et le Gorgol. Seul 0.1 Km³ d'eau de surface est générée à l'intérieur du pays et les 405 retenues d'eau (barrages et digues) constituent la principale possibilité de mobilisation des eaux de surface temporaires.

Les principales ressources en eau de surface sont reparties dans quatre grandes zones naturelles:

- la zone de la vallée du fleuve Sénégal : La vallée inférieure du fleuve Sénégal avec un bassin versant de 75 000 km² est totalement influencée par les ressources en eau de surface. Le barrage de Manantali avec une capacité de stockage de 11 milliards de m³ dont 8 milliards de m³ utiles. Il apporte de 40% à 60% des ressources du fleuve; ce qui permet de garantir un débit régulier de 300 m³/s à Bakel. En service depuis 1986, le Barrage de Diama a créé avec les endiguements des deux rives un réservoir dont le volume est de 250 millions de m³.

- la zone de l'arc des Mauritanides : Outre les affluents du fleuve Sénégal (le Niordé, le Gharfa, le Gorgol et le Karakoro), deux autres oueds importants descendent l'un du massif de l'Assaba, l'autre du Tagant, plus au nord.

Dans la région du Brakna, il existe un nombre important de mares et de lacs qui présentent un grand intérêt économique pour les populations riveraines. Parmi ces étendues d'eau, on peut citer : Lac d'Aleg (3800 Km² de bassin versant), Lac de Male (955 Km² de bassin versant), Mare de Gadel : (410 Km² de bassin versant), Mare de Choggar (190 Km² de bassin versant).

- la zone de l'affolé et des hodhs : Les principaux cours d'eau dans cette zone sont : Lehbile (143 Km² de bassin versant), Lembramda (68 m² de bassin versant), M'remida (85 Km² de bassin versant), Guellab (94 Km² de bassin versant), Fouerini (80 Km² de bassin versant), Goatlebgar (63 Km² de bassin versant).

- la zone de l'Adrar : Le réseau hydrographique de l'Adrar comprend essentiellement : l'oued Séguelil (7500 km²), l'oued Lebiod (2500 km²) et l'oued Amder (affluent de Séguelil sur lequel un barrage permet le stockage de 160 000 m³ d'eau).

Activité

7

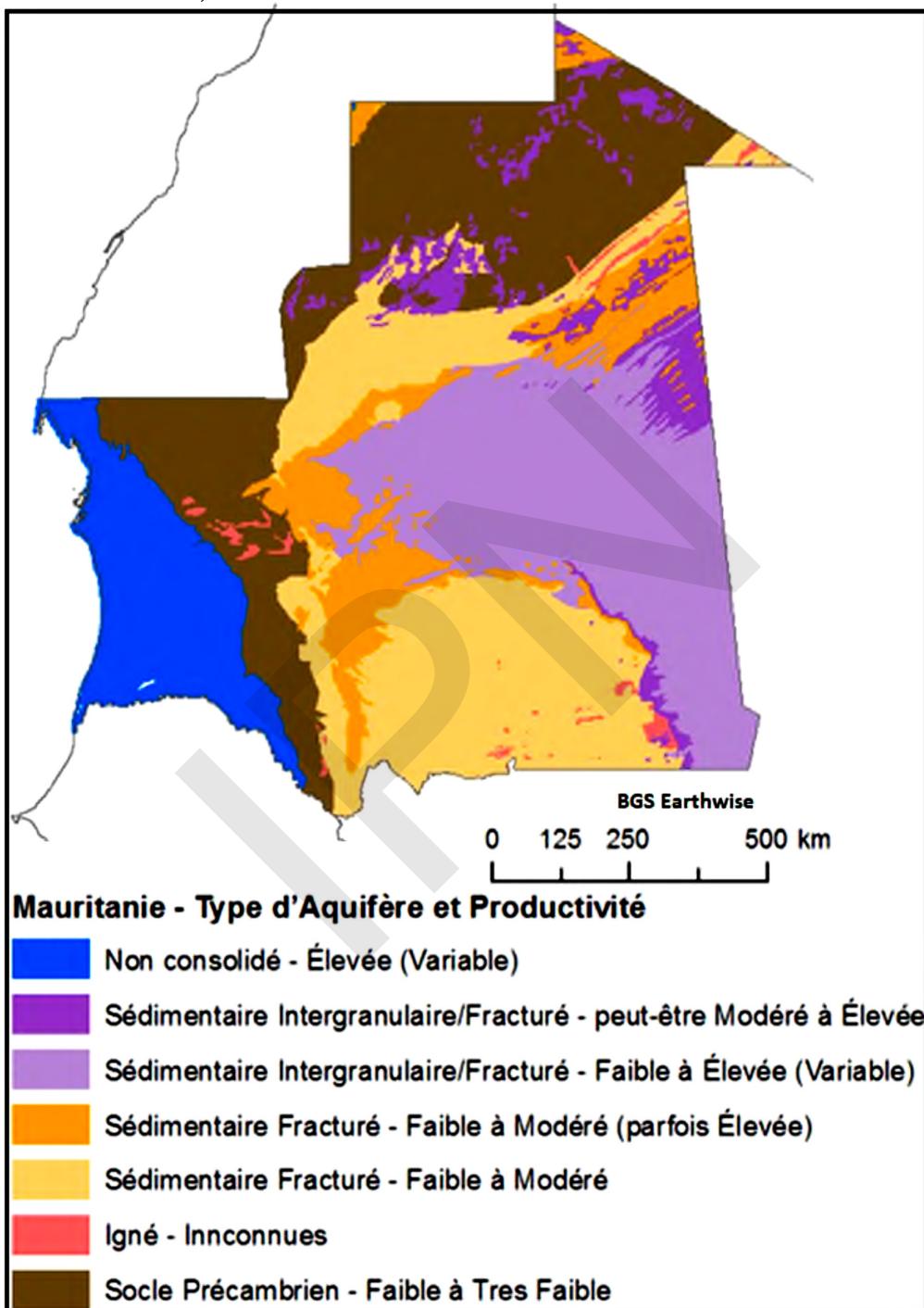
Quelles sont les potentialités en eaux souterraines de la Mauritanie ?

Le pays regorge de ressources en eau souterraines : certains des aquifères les plus importants se trouvent dans les zones désertiques éloignées des centres urbains.

L'essentiel des eaux souterraines en Mauritanie consiste en eaux dites «fossiles» qui se sont infiltrées durant les phases humides du Quaternaire récent (Inchirien et surtout Tchadien et Nouakchottien).

Deux grands types d'aquifères peuvent être distingués. Les premiers sont situés dans des zones de

chaînes anciennes érodées (à socle dominant) et les seconds dans des bassins sédimentaires plus récents (voir carte ci-dessous).



Commenter la carte afin de citer et localiser les principales nappes du pays en insistant sur celle(s) de votre région.

Le pays recèle d'importantes ressources en eau souterraine.

Ces ressources en eau souterraines sont influencées par la configuration géologique. Elles sont réparties en unités hydrogéologiques :

- le bassin Côtier Sénégalo-Mauritanien : Dans ce bassin les eaux sont contenues dans les nappes suivantes : Nappes du Continental Terminal (CT), nappes de Boulanouar (formée de deux nappes : la nappe phréatique à eau douce dont l'épaisseur est de l'ordre de 30 m et la nappe sub-phréatique à eau chargée et dont l'épaisseur est de l'ordre de 65m), nappe de Benichab, nappes de Trarza (ses aquifères sont exploités dans les zones centrale et ouest du Trarza comme Idini), nappe d'Aleg et Kaédi, nappe des Alluvions de la Vallée du Fleuve Sénégal.

- le bassin de Taoudéni : Dans ce bassin ancien plusieurs types d'aquifères sont à distinguer : ils se situent dans les terrains datant du Précambrien supérieur ou du Primaire (du Cambrien au Dévonien). Les deux grands ensembles de terrain (sédimentaires anciens et récents) contiennent les aquifères qui correspondent aux appellations des régions administratives en Mauritanie : Aquifère de l'Adrar, Aquifère du Tagant, Aquifère de l'Assaba et des sables de l'Aouker, Aquifère des grès d'Aïoun, Aquifère des pélites du Hodh, Aquifère des fractures du Dhar de Néma.

- la Chaîne des Mauritanides : La zone d'Akjoujt au Nord est la mieux connue. Les débits sont de l'ordre de 30 m³/h.

Au Sud, dans le secteur SE du Brakna et Nord du Gorgol, les valeurs de la transmissivité sont faibles (0.1 - 3 m²/h) et les débits peuvent atteindre 3 m³/h. La salinité reste acceptable, (470mg/l à Sangrafa et 1050 mg/l à Magta-Lahjar).

- la dorsale RGueibatt : Ce domaine est constitué essentiellement de roches métamorphiques et magmatiques dont l'hydrogéologie est caractérisée par la discontinuité des aquifères. Toutefois, l'altération superficielle et la fracturation peuvent donner naissance à des aquifères continus de surface. Ces aquifères revêtent parfois une certaine importance au niveau des oueds. L'infiltration des eaux de crues permet leur recharge.

La région de FDerik a fait l'objet de nombreuses recherches. Les profondeurs des forages varient de 25 à 300m. Les niveaux statiques sont compris entre 13 et 80m, les débits de 3 à 10 m³/h.

Plus au Nord, tous les sondages exécutés dans la zone ont trouvé de l'eau à des profondeurs comprises entre 6 et 40m. Les eaux sont le plus souvent saumâtres.

Je retiens :

En Mauritanie, apparaissent les grands ensembles géologiques suivants cités du plus ancien au plus récent :

- la **Dorsale RGueibat**, au nord du pays : les principales formations géologiques sont sédimentaires (arkoses, schistes,...), volcaniques (rhyolites, ignimbrites), plutoniques (gabbros, diorite, granite ...) et métamorphiques (quartzite, micaschistes, gneiss...). Ces formations datent du Précambrien.
- le **bassin de Taoudéni**, au centre et à l'Est du pays : les sédiments datent du Précambrien supérieur à l'actuel. Les roches sont globalement sédimentaires (argiles, calcaires...).
- le **bassin de Tindouf** : au nord de la Mauritanie, il est constitué de formations sédimentaires essentiellement gréseuses. Ses plus anciennes formations vont du Précambrien supérieur au Dévonien supérieur.
- la **chaîne des Mauritanides**, à l'ouest du bassin de Taoudéni : c'est une longue bande qui s'étend du Sahara occidental au Nord, jusqu'en Sierra Léone au Sud, en passant par la Mauritanie occidentale et l'Est du Sénégal. Elle est constituée de terrains cristallins, métamorphiques et sédimentaires du Précambrien et du Cambro-ordovicien.
- le **bassin côtier sénégolo-mauritanien** : situé en bordure de l'océan atlantique, il renferme des sables mio-plio-quaternaires. Au quaternaire, cette région a connu quatre transgressions marines dont la plus récente est le Nouakchottien (6800 – 4200 B.P.).

Le sous-sol mauritanien regorge de potentialités minières dont certaines sont sous forme de gisements (qualité et quantité du minerai justifiant une exploitation) ou d'indices (exploitabilité non justifiée). Ces potentialités minières sont représentées par :

- des substances métallifères comme le fer de Tiris (gisement de Lemhaoudat, de Rouessat à Zouerate...), le cuivre (gisement de Guelb Moghrein à Akjoujt) et l'or d'Akjoujt (mine de tasiast)....
- des substances non métallifères dont certaines sont exploitées comme le sel de N'Terert et de la Kédia d'Idjil, le gypse de NDrahmcha et d'autres exploitables comme le phosphate de Bofal.

Les prospections ont indiqué l'existence d'indices de fer, de cuivre, d'or, de terres rares (Bou Naga), de thorium, de diamant, de beryllium, de lithium, d'uranium, de kaolin, de chrome, de manganèse, de titane, de tourbe, de cobalt, ...

En plus, d'importantes découvertes d'hydrocarbures ont vu le jour :

- dans le secteur pétrolier mauritanien dans le Bassin Côtier : Chinguetti (découvert le 16 mai 2001), Oualata (découvert en 2003), Tevet (découvert en octobre 2004), Banda (découvert en octobre 2002) ...

- dans le secteur du gaz naturel : le champ gazier offshore Ahmeyim, situé à 5 200 mètres de profondeur, à la frontière entre la Mauritanie et le Sénégal. Avec des réserves estimées à 450 milliards de mètres cubes. La production attendue est de 227 milliards de mètres cubes sur trente ans.

En Mauritanie, les ressources en eau sont classées en deux grands ensembles : les eaux de surface et les eaux souterraines.

- Les principales ressources en eau de surface sont reparties dans quatre grandes zones naturelles:
 - la zone de la vallée du fleuve Sénégalo-Mauritanien : Les eaux de surface sont constituées essentiellement par le fleuve Sénégalo et ses affluents dont les principaux sont : le Karakoro et le Gorgol;
 - la zone de l'arc des Mauritanides ;
 - la zone de l'affolé et des hodhs ;
 - la zone de l'Adrar .
- Les ressources en eau souterraines sont réparties en unités hydrogéologiques :
 - le bassin Côtier Sénégalo-Mauritanien ;
 - le bassin de Taoudéni ;
 - la Chaîne des Mauritanides ;
 - la dorsale RGueibatt.

Je m' exerce

Exercice 1

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

Exercice 2

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-SSE dans la région de l'Amsaga au sud-ouest du bouclier»WebsiteSupported by JICA OMRG © copyright 2005 - Info@omrg-mining.mr

Dégage les caractéristiques principales de cette région.

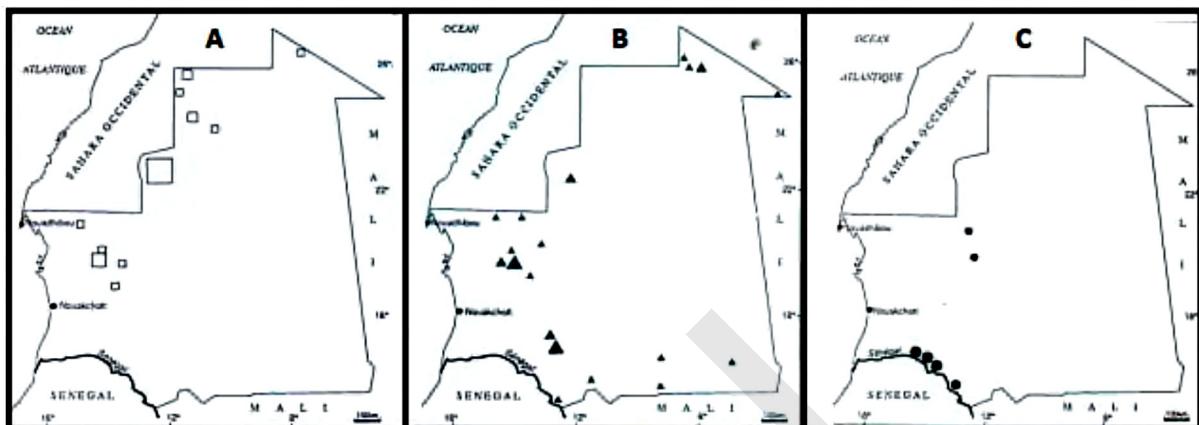
Exercice 3

«La chaîne des Mauritanides, appelée «Greenstone Belt», est caractérisée par des plis et des chevauchements formés par l'orogenèse 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 Sangafara et la série de Kiffa affleurent et sont formées de la manière suivante : La série de Sangafara 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 métabasites ; le Groupe de Ouechkech, représenté par des rhyolites, des tufs 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'orogenèse Hercynienne, avec quelques plis couchés par chevauchement ». WebsiteSupported 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 minérais (P, Fe et Cu).



Fais correspondre à chacune des cartes l'un des trois minérais cités.

Exercice 5

Sur un fond de carte de la Mauritanie et en utilisant des figurés bien précis, localiser les éléments suivants : sel, gaz naturel, pétrole et or.

J'approfondis mes connaissances :

Document 1 : Quelques définitions

Roche : matériau naturel généralement solide et formé, essentiellement ou en totalité, par un assemblage de minéraux.

Minéral : substance inorganique solide qui se présente sous forme de cristal ou solide cristallin. C'est le plus souvent un solide naturel homogène avec une structure atomique ordonnée et une composition chimique définie.

Minerai : c'est une roche, un minéral ou une association de minéraux contenant un ou plusieurs éléments chimiques utiles en teneurs suffisamment importantes pour permettre leur exploitation.

Gisement : Un gisement est une concentration de minéral ou de minerai dans le sol ou le sous-sol.

Indice minier : un indice est, pour une substance donnée, la révélation en un point, de quelques traces qui permettent d'envisager la présence de cette substance en grande quantité dans un lieu proche.

Mine : Exploitation d'un gisement de matériaux concessionnables (par exemple : d'or, de charbon, de cuivre, de diamant, de fer, d'uranium etc.), que ce soit en travaux de surface ou en souterrain.

Nappe d'eau souterraine : il s'agit d'eau contenue dans les pores ou les fissures des roches saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées.

Une nappe est donc l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère.

Elle est limitée vers le bas par un niveau imperméable, appelé substratum. Vers le haut, la surface entre la zone saturée et la zone non saturée caractérise la surface de la nappe, aussi appelée le toit de la nappe. Le niveau de la nappe (niveau piézométrique) correspond à l'altitude de la surface de la nappe.

Nappe phréatiques ou libres : Nappes d'eau souterraines non recouvertes, alimentées sur toute leur surface. Elle circule sous un sol perméable.

Aquifère souterrain que l'on rencontre à faible profondeur et qui alimente traditionnellement les puits en eau potable.

Nappes souterraines : masses d'eau contenues dans les interstices ou fissures du sous-sol.

Le niveau des nappes peut varier en fonction des infiltrations et des prélèvements d'eau.

Nappes captives : Nappes d'eau souterraine qui circulent entre deux couches de terrains imperméables. Elles sont recouvertes, totalement ou partiellement, par une couche de terrain imperméable. Ces nappes sont sous pression.

Aquifère : C'est un sol ou une roche réservoir originellement poreuse ou fissurée, contenant une nappe d'eau souterraine et suffisamment perméable pour que l'eau puisse y circuler librement. On distingue :

- Aquifère à nappe libre : aquifère surmonté de terrains perméables et disposant d'une surface piézométrique libre et d'une zone non saturée.
- Aquifère artésien : aquifère dont la surface piézométrique est située au-dessus de la surface du sol.
- Aquifère captif : aquifère intercalé entre deux formations quasi imperméables.
- Aquifère semi-captif : aquifère surmonté d'une couche semi-perméable relativement mince et/ou sur-

montant une telle couche à travers laquelle l'eau peut pénétrer dans la formation aquifère ou en sortir. Il existe trois grandes familles d'aquifères :

- Les aquifères de roches sédimentaires composés de calcaires, sables, grès, craie. Ils caractérisent les dépôts en couches dans les grands bassins actuels ;
- Les aquifères alluviaux constitués de matériaux déposés par les cours d'eau dans leurs vallées : sables et graviers, intercalés dans des limons fins ;
- Les aquifères de roches cristallines (granite, gneiss,...) et volcaniques (laves, cendres) stockent l'eau dans les fissures et les zones altérées (arènes). Ils abritent de petites nappes.

Document 2 : L'eau

«Indispensable à la vie, animale et végétale, l'eau est le constituant fondamental de tous les êtres vivants. L'homme adulte en contient 60%, son sang 80%. Ses fonctions sont multiples au sein de l'organisme : agent de transport et d'échange, solvant, thermostat (on retrouve ces mêmes fonctions en géologie). D'autre part, elle est l'un des facteurs principaux de toute activité socio-économique. Pour la Mauritanie, la maîtrise des eaux est une priorité qui conditionne l'avenir de son développement.

Quelques définitions.

En premier lieu, il importe de préciser que l'eau est un minéral dont la formule chimique est H_2O (Hydrogène et oxygène associés sous forme d'une molécule). A la

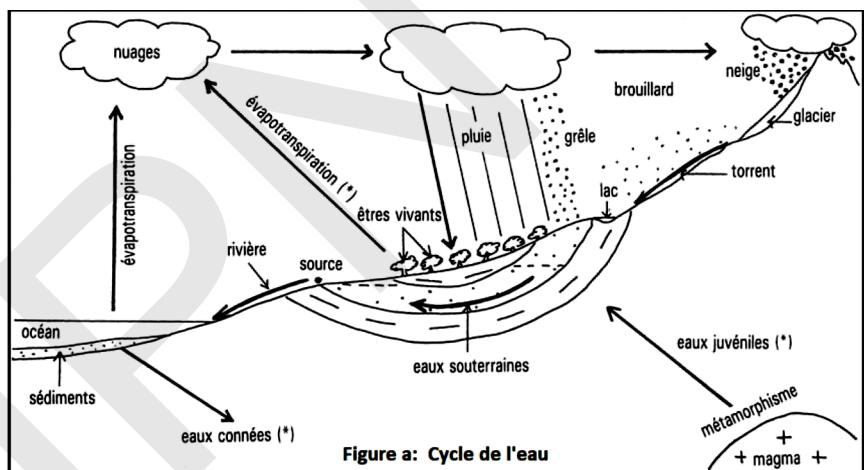


Figure a: Cycle de l'eau

surface de la Terre, les conditions thermodynamiques (température et pression) déterminent, le plus fréquemment, un état liquide de ce minéral. Cependant, il arrive parfois qu'il soit à l'état solide (glaciers des montagnes et des pôles), ainsi qu'à l'état gazeux (atmosphère, laves). La circulation de l'eau sous ses divers états constitue ce que l'on a coutume d'appeler «le cycle de l'eau». En fait, il y a lieu de distinguer un cycle interne et un cycle externe (Fig. a). Ce dernier est important dans la mesure où il conditionne les apports d'eau indispensables à l'homme sur la Terre.

En hydrologie (= étude de l'eau), les quatre facteurs fondamentaux sont les suivants :

- P = totalité des précipitations atmosphériques (pluie, grêle, neige, brouillard).
- E = évapotranspiration, rejet total de vapeur d'eau par un terrain et par les plantes qui le couvrent.
- R = ruissellement de surface.
- I = infiltration.

Lorsqu'elles tombent au sol, les précipitations ont trois destinées possibles : l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

Ainsi, il est possible décrire la formule : $P = E + R + I$.

Lorsque l'infiltration est importante, les terrains sont amenés à renfermer de l'eau en quantité parfois considérable.

L'étude particulière des eaux souterraines est le thème de base d'une discipline : l'**hydrogéologie**.

La répartition de l'eau dans le sous-sol est conditionnée par la présence de roches dont la porosité et la perméabilité sont variables. La circulation d'une eau est arrêtée au niveau d'une couche imperméable. Son accumulation dans une zone poreuse et perméable sus-jacente est illustrée sur la figure b. La disposition géométrique des roches détermine l'existence de nappes souterraines variées, parmi lesquelles on peut distinguer 2 grands types : les nappes libres (= nappes phréatiques, lorsqu'elles

sont peu profondes) et les nappes captives (Fig. c). L'ensemble des couches qui contiennent l'eau sous forme de nappe, constitue un aquifère.

REMARQUE IMPORTANTE :

Des roches imperméables (granite, argile) peuvent cependant renfermer des quantités d'eau non négligeables dans les failles au niveau desquelles elles sont broyées : dans ce cas, il s'agit d'une porosité de fracture.

D'autre part, ces roches contiennent parfois de l'eau dans leur zone d'altération...».

Géologie en Mauritanie 4ème AS, Edisud, 1989.

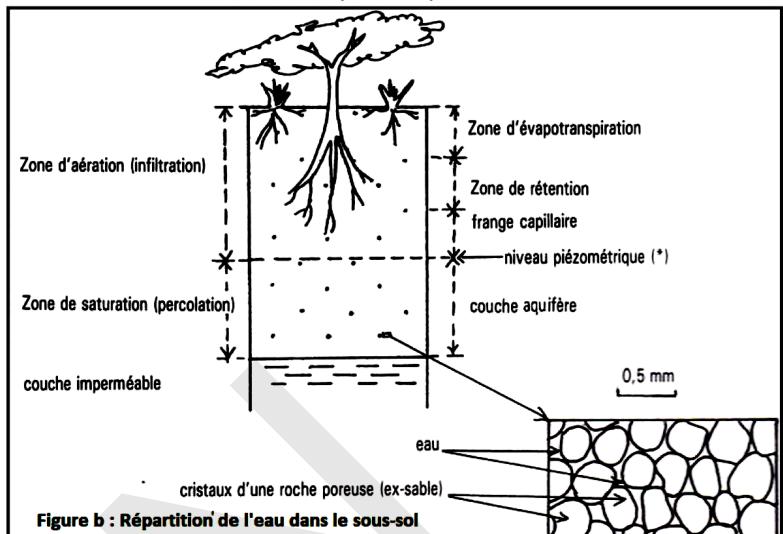


Figure b : Répartition de l'eau dans le sous-sol

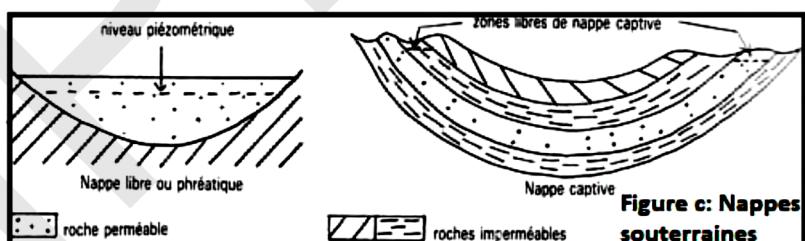


Figure c : Nappes souterraines

J'utilise mes connaissances :

Projet de classe :

A la fin du chapitre 5, les élèves en sous-groupes préparent une recherche ou investigation sur les grands ensembles géologiques, et potentialités minières et hydrogéologiques de leur région ou milieu.

- Un groupe réalise une recherche ou investigation pour situer et décrire l'ensemble géologique de sa région.
- Un groupe réalise une recherche ou investigation sur les ressources minières de sa région.
- Un groupe réalise une recherche ou investigation sur les ressources hydrogéologiques de sa région.
- Un groupe réalise une recherche ou investigation sur le potentiel économique de sa région.
- Un groupe réalise une affiche sur les métiers en rapport avec les ensembles géologiques.
- S'informer auprès du professeur de Français pour le langage scientifique, de Géographie : Carte topographique de Mauritanie.

BIBLIOGRAPHIE

- A. Duco : SVT 6e, 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 6e, Hatier, 1996.
- C. Calamand & J. Arrighi : Biologie Géologie 1re S, Hachette Education, 1993.
- C. Calamand : Biologie Géologie 2de, Hachette Education, 1993.
- C. Calamand : Sciences de la vie et de la terre 2de , Hachette Education, 1997.
- C. Leroy : Géologie Biologie 4e, Belin, 1988.
- D. Carité : Géologie en Mauritanie 4e AS, Edisud, 1989.
- D. Darmedru : Biologie Géologie Seconde, Hachette Lycées, 1990.
- G. ET G. Menant : Géologie 4è, Hatier, 1980.
- G. Godet & B. Kern : La vie et la terre 2e, istra, 1987.
- G. Godet & J. Ferguson : Nature et science 5e, istra, 1987.
- Godet G. &Kern B. : la vie et la terre, biologie/ géologie, 1è S, Istra, 1988
- Hervé JC : Biologie 3è Hatier, 1989
- IPN : Documents de formation en Sciences Naturelles, IPN, 2002-2003.
- J. C. Hervé : Sciences et techniques biologiques géologiques 4e Hatier, 1988.
- J. Escalier : Biologie Terminale D, Fernand Nathan, 1980.
- J. Lamarque & C. Lizeaux : Géologie Biologie 4e, Bordas, 1988.
- J. Lauverjat : Biologie Géologie 4e, Hachette Collèges, 1988.
- J-C. Hervé : Sciences et techniques biologiques et géologiques seconde, Hatier, 1987.
- Laurue R. : sciences Naturelles biologie/géologi, 3è, Classiques hachette, 1980
- M. LE Bellegard : Science de la vie et de la terre 5è, Hatier, 1997.
- MEPS- Maroc : Sciences Naturelles 6e 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 2e, Nathan, 1990.
- R. Djakou & S. Y. Thanon : Géologie Biologie 4e, Bordas, 1988.
- R. Tavernier & C. Lizeaux : Sciences de la vie et de la terre, 1re S, Bordas, 1993.
- R. Tavernier : Biologie Géologie Première S, Borbas, 1988.
- S. Chabrol & J. Escalier : Sciences de la vie et de la terre 6e, Hachette Education, 1998.

REFERENCES

- Aggrekoaggreko.com
- afrimag.net
- AquaPortail.
- brunoanselme.wordpress.com
- cancers archives – cerin, cerin.org
- chafik.hebfree.org
- Cours Pharmacie
- digestion.ooreka.fr › astuce › voir › enzymes-digestives
- DocPlayer.fr
- Dreamstime
- fr.wikipedia.
- fr.wikipedia.org › wiki › Mine_de_Tasiast
- fr.wikipedia.org › wiki › Obésité
- fr.wikipedia.org › wiki › Poil_racinaire
- guy-chaumeton.pagesperso-orange.fr
- <http://influence-du-milieu.e-monsite.com/medias/files/tpe-final.pdf>
- <http://lamap93.free.fr/construire/lml/lml-99-01ind.htm>
- <http://svt.ac-creteil.fr/archives/lab0/Potometre/potometre.htm>
- <http://www.ac-creteil.fr/svt/>
- [http://www.ac-creteil.fr/svt/lab0/Potometre/potometre.htm.](http://www.ac-creteil.fr/svt/lab0/Potometre/potometre.htm)
- <http://www.inrp.fr/lamap/>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Solution_de_Knop
- <https://www.aquaportal.com/definition-2622-hypertonique.html>
- imagesbiogeol fx mansard accueil
- mdevmd.accesmad.org
- Médiathèque EDUCMAD – AccesMad
- mediatheque.accesmad.org
- memoireonline.com
- NephroSante - WordPress.com
- planet-vie.ens.fr › la-photosynthese-generalites
- pst.chez-alice.fr › svtiufm
- sites.crdp-aquitaine.fr
- soutien67.free.fr › svt › vegetaux › nutrition
- studylibfr.com
- svt-biologie-premiere.bacdefrancais.n
- svt créteil - académie de créteil

- svt3eme.pressbooks.com › chapter › hygiene-de-lappar...
- svtyceedevienne.com
- tcsvt.pressbooks.com › chapitre-2-les-echanges-cellulaires
- tpeplantes.e-monsite.com
- wiki science amusante
- WordPress.com
- www.alloprof.qc.ca › eleves › sciences › l-echelle-des-tem...
- www.assistancescolaire.com «eleve» svt › 3_svt_04
- www.assistancescolaire.com › svt › reviser-une-notion
- www.coursvt.com › pages › cycle-4 › chapitre-5-la-nut...
- www.em-consulte.com › article › malnutrition-proteino.
- www.fao.org › ...
- www.incertae-sedis.fr
- www.kinrosstasiast.mr › tasiast-mauritanie › decouvrir
- www.snv.jussieu.fr
- www.synonymo.fr › synonyme › marasme.

IPN