

1



SCIENCES INTÉGRÉES

PREMIÈRE ANNÉE SECONDAIRE

Deuxième semestre

2025-2026



SCIENCES INTÉGRÉES

PREMIÈRE ANNÉE SECONDAIRE

Participants à la préparation

M. Yosri Fouad Souires	M. Saeed Mohamed Ali
Dr. Basma Ali Deif	M. Hisham Abdel-Hakim
M. Adly Nessim Gerges	M. Mohamed El-Awadly
Mme. Sally Hussein Mohamed	Mme. Nermine Nasry Gerges
M. Sameh William Sadek	Mme. Noura Saeed Eissa
Mme. Eman Elsaied Anwar Elsaied	

Supervision

Dr. Aziza Ragab Khalifa

Conseillère de sciences

Comité de traduction

Mme / Caroline Saïd Azer	Mme / Chérine Heshmat Abdel Hakam
Mme / Sahar Sayed Badawy	

Planification pédagogique et supervision générale

Dr. Akram Hassan Mohamed

Adjoint du ministre chargé du développement des programmes éducatifs et
superviseur de l'Administration Centrale du Développement des programmes

conçu par

Dr. Amani Ahmed El-Badri

M. Elsaied Elsayed Hamid

2025-2026

Il est interdit de distribuer ce livre en dehors du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Technique

Introduction

La planète Terre est confrontée à de nombreux risques qui menacent la durabilité de la vie qu'elle abrite. Ces risques s'intensifient en raison des activités humaines intensives et des changements environnementaux rapides. Parmi les plus marquants figurent le changement climatique, les phénomènes atmosphériques extrêmes, la perte de biodiversité, la pollution environnementale, l'épuisement des ressources naturelles, l'urbanisation galopante, la pollution plastique, l'insécurité alimentaire et d'autres risques.

Pour faire face à ces dangers, une action mondiale concertée est nécessaire, incluant la mise en œuvre de politiques environnementales durables, la réduction des émissions nuisibles, la protection de la biodiversité, et l'encouragement de l'innovation technologique visant à préserver la planète et garantir l'avenir de la vie sur Terre.

Dans cette optique, l'éducation joue un rôle crucial et influent pour atteindre cet objectif, notamment à travers l'exploitation de l'étude des différentes branches des sciences dans une approche intégrée, qui façonne cette problématique dans la conscience des jeunes et les incite, grâce aux divers aspects des sciences, à la réflexion et la créativité afin de trouver des solutions contributives, dans une certaine mesure, à l'atteinte de l'objectif.

Ce programme vient en réponse au besoin croissant d'apprendre aux élèves comment fonctionne le monde qui les entoure, de manière intégrée et globale. Elle met l'accent sur la liaison entre les différentes branches des sciences (physique, chimie, sciences de la vie, sciences de la Terre et de l'univers), afin que les élèves puissent avoir une vision complète du monde, une compréhension globale de son fonctionnement et la conscience que les phénomènes naturels et technologiques ne sont pas séparés les uns des autres, mais bien interconnectés et imbriqués de manière complexe.

Ce programme repose sur une philosophie éducative visant à construire une compréhension profonde et globale des sciences, en mettant l'accent sur la manière d'utiliser les connaissances scientifiques pour résoudre des problèmes réels et relever les défis auxquels sont confrontés la société et le monde.

Le programme vise à présenter les sciences comme un ensemble intégré des connaissances qui se complètent mutuellement. Dans chaque axe, des concepts issus de la physique, de la chimie, des sciences de la vie, et des sciences de la Terre et de l'espace sont fusionnés. Cette intégration renforce la capacité des élèves à appliquer les connaissances scientifiques dans des contextes variés et les prépare à affronter les défis qui exigent une pensée globale et multidimensionnelle.

Les activités pratiques constituent le cœur de ce programme, car elles offrent aux élèves l'opportunité d'appliquer ce qu'ils ont appris dans des contextes réels et expérimentaux. À travers ces activités, les élèves explorent les concepts scientifiques de manière directe, ce qui renforce leur compréhension et développe leurs compétences en résolution des problèmes. Ces activités encouragent également la pensée critique et le travail collaboratif, ce qui renforce les compétences en recherche, expérimentation, exploration et innovation.

En effet, le programme repose sur le principe que les élèves doivent être au centre du processus éducatif, en étant des participants actifs dans leur apprentissage à travers les projets finaux et les défis scientifiques. Ces projets offrent aux élèves la possibilité d'appliquer ce qu'ils ont appris dans des situations concrètes, ce qui développe leur pensée critique et créative. Ils sont également encouragés à coopérer avec leurs camarades, ce qui améliore leurs compétences sociales et les prépare au travail collaboratif au futur.

En conclusion, nous espérons que ce programme atteindra ses objectifs, en contribuant à former une génération d'élèves capables de penser d'une manière critique et globale, dotés des connaissances et compétences nécessaires pour faire face aux défis mondiaux futurs dans les domaines de l'énergie, de l'environnement et de la technologie.

Et Dieu est le seul à accorder le succès.

Les auteurs

1. Approfondir la compréhension des phénomènes scientifiques:

Le programme vise à renforcer la compréhension des élèves des phénomènes scientifiques d'une manière intégrée, ce qui leur permet de percevoir les liens entre les différentes branches des sciences et d'appliquer ces connaissances à la résolution des problèmes de la vie quotidienne.

2. Développer les compétences de pensée critique et d'analyse:

Le programme cherche à développer les compétences des élèves en pensée critique et en analyse, à travers des leçons interdisciplinaires qui relient la physique, la chimie, et les sciences de la vie, ce qui les aide à analyser les phénomènes et les problèmes scientifiques sous différents angles.

3. Renforcer l'apprentissage basé sur l'expérience:

Le programme vise à encourager les élèves à participer aux activités pratiques et aux expériences scientifiques pour approfondir leur compréhension et appliquer ce qu'ils ont appris dans des situations réelles, ce qui renforce leurs compétences pratiques.

4. Encourager la créativité et l'exploration:

Le programme vise à renforcer la curiosité des élèves et à les encourager à explorer les concepts scientifiques par des manières nouvelles et innovantes en mettant l'accent sur l'application pratique de la technologie pour résoudre les divers problèmes environnementaux.

5. Renforcer la coopération et le travail d'équipe:

Le programme vise à développer les compétences des élèves en matière de coopération et de travail collectif à travers des activités de groupe et des projets finaux, ce qui renforce leur capacité à travailler efficacement au sein d'équipes pluridisciplinaires.

6. Appliquer les sciences à la résolution des problèmes mondiaux :

Le programme vise à préparer les élèves à être capables d'utiliser leurs connaissances scientifiques pour affronter les défis mondiaux tels que le changement climatique, la préservation de la biodiversité et le développement des sources d'énergie durables.

7. Développer une conscience environnementale et une responsabilité sociale:

Le programme vise à sensibiliser les élèves aux enjeux environnementaux et aux défis auxquels les sociétés mondiales sont confrontées, tout en les incitant à assumer leur responsabilité dans la préservation de l'environnement et à contribuer au développement des solutions durables.

Table des matières

Sujet	Page
-------	------

unité 3: Le Biosphère

3 - 1 Le biosphère et sa stabilité	3
3 - 2 Les processus vitaux chez les organismes vivants et la stabilité de la biosphère	17
3 - 3 L'excrétion et l'homéostasie, et leur rôle dans la stabilité de la biosphère	28
3 - 4 La sensation et la réponse et leur rôle dans l'interaction dans des organismes vivants avec la biosphère	37
3 - 5 Applications des nanotechnologies et durabilité de la biosphère	45

unité 4: La lithosphère

4 - 1 La lithosphère et la stabilité ainsi que l'équilibre de la planète Terre	54
4 - 2 Les matériaux constitutifs de la lithosphère et leur rôle dans la stabilité et la continuité de la Terre	62
4 - 3 La lithosphère et la durabilité des ressources de l'énergie	72



unité 3

Le Biosphère

Résultats d'apprentissage

Après avoir étudié cette unité, l'élève sera capable de :

1. Définir le biosphère et expliquer sa relation avec les autres enveloppes (atmosphère, hydrosphère, lithosphère) en tant que système intégré soutenant la vie.
2. Identifier les composants du biosphère et expliquer le rôle des facteurs biotiques et abiotiques dans la formation des différents environnements.
3. Expliquer l'impact des facteurs abiotiques (lumière, température, eau, sol) sur la distribution et le comportement des organismes vivants.
4. Classer les niveaux d'organisation biologique, de la cellule à l'écosystème, en s'appuyant sur des exemples de l'environnement.
5. Distinguer les types de systèmes (ouverts, fermés, isolés) et expliquer pourquoi un organisme vivant est un système ouvert dépendant des échanges de matière et d'énergie avec le milieu.
6. Expliquer le mécanisme de la photosynthèse en tant qu'entrée principale d'énergie dans le biosphère.
7. Comparer les organismes autotrophes et hétérotrophes et identifier leurs rôles dans la chaîne alimentaire.
8. Classer les consommateurs (herbivores, carnivores, omnivores) selon leur mode d'alimentation.
9. Identifier les composés chimiques essentiels à la vie (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques) et expliquer leur relation avec les fonctions cellulaires.
10. Expliquer que la synthèse des macromolécules est une réaction endothermique, tandis que leur dégradation est exothermique, et relier cela à l'énergie chimique.
11. Expliquer les mécanismes de transport chez les organismes vivants (transport actif et passif), et comparer les vaisseaux conducteurs chez les plantes et le système circulatoire chez l'homme.
12. Relier le transport chez les organismes vivants à l'homéostasie et son rôle dans le maintien de la stabilité du milieu intérieur.
13. Expliquer la respiration cellulaire et son importance dans la production d'ATP comme source d'énergie.
14. Comparer la respiration aérobie et anaérobie en termes de conditions d'apparition et de quantité d'énergie produite.
15. Expliquer l'importance de l'excrétion pour éliminer les déchets métaboliques et réguler le milieu intérieur.
16. Expliquer la transmission des signaux nerveux et le rôle des synapses dans la régulation des réponses.
17. Définir les propriétés des nanomatériaux et expliquer leur rôle dans l'amélioration de l'efficacité énergétique et la livraison de médicaments.
18. Discuter des dimensions environnementales des nanotechnologies et de leur impact sur la durabilité.
19. Relier les concepts du biosphère à l'énergie et à la technologie à travers des exemples appliqués modernes.

Résumé de l'unité

Cette unité part des processus biologiques internes des organismes vivants comme point de départ pour comprendre la relation réciproque entre la vie et l'environnement au sein du biosphère.

L'élève commence par explorer le biosphère, ses composants et ses niveaux d'organisation, afin de comprendre comment les systèmes vivants s'intègrent à l'environnement. Il découvre ensuite les modes de nutrition et les relations alimentaires qui régulent le transfert d'énergie entre les organismes, avant d'étudier les composés chimiques essentiels à la vie et leur rôle dans la construction et le fonctionnement de l'organisme.

Les concepts s'enchaînent ensuite à travers une série de processus biologiques fondamentaux : la digestion, qui décompose les aliments en substances plus simples, suivie du transport, qui distribue ces substances dans l'organisme. L'élève étudie également la respiration, qui produit de l'énergie, l'excrétion, qui maintient l'équilibre interne, ainsi que la perception et la réponse, pour comprendre l'interaction de l'organisme avec son environnement.

L'unité se termine par un regard sur l'avenir, avec l'étude des applications des nanotechnologies dans l'énergie biologique et la médecine, pour montrer comment la science moderne et notre compréhension des processus biologiques servent l'homme et l'environnement.



3.1

Le biosphère et sa stabilité

Le biosphère est la partie de la planète Terre où la vie existe, s'étendant des profondeurs des océans aux sommets des montagnes, en passant par les terres émergées et l'atmosphère. Il constitue un vaste système intégré comprenant tous les organismes vivants (plombes, animaux, micro-organismes) et tous les environnements dans lesquels ils vivent.

Les organismes vivants du biosphère interagissent en permanence avec leur environnement, dans un échange constant de matière et d'énergie.

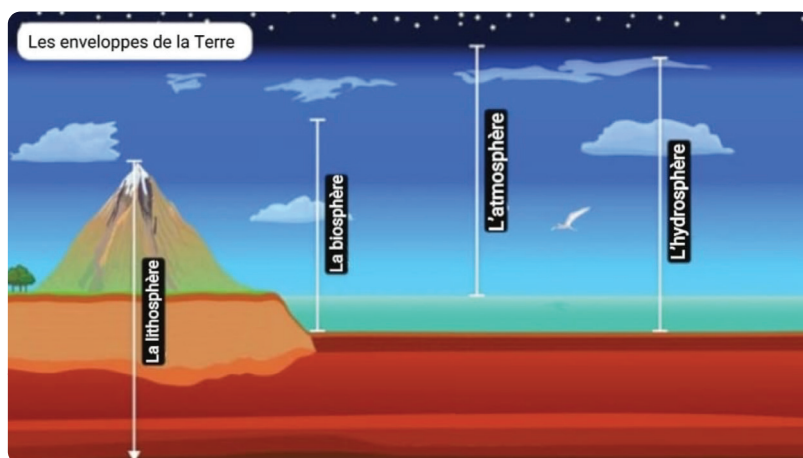


Figure (1) Les enveloppes de la terre

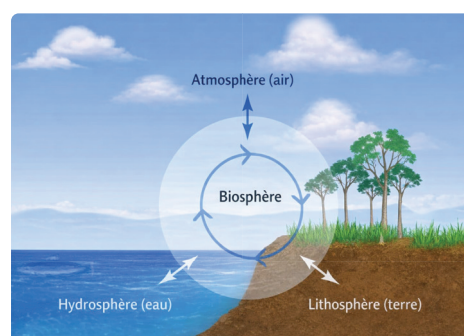
Relation du biosphère avec les autres enveloppes de la Terre

Le biosphère est étroitement lié aux autres enveloppes qui constituent la planète Terre. Il ne fonctionne pas de manière isolée, mais dépend d'elles pour la continuité et l'équilibre de la vie.

Les organismes vivants qui composent le biosphère interagissent en permanence avec l'hydrosphère, qui leur fournit l'eau nécessaire à tous les processus biologiques, et avec l'atmosphère, qui leur fournit les gaz essentiels tels que l'oxygène nécessaire à la respiration et le dioxyde de carbone nécessaire à la photosynthèse.

Quant à la lithosphère, qui sera étudiée en détail dans l'unité suivante, elle fournit les éléments minéraux par l'intermédiaire du sol, dont les plantes dépendent pour leur croissance et leur stabilité.

Le cycle de vie d'une plante représente un exemple clair de cette interaction : lorsqu'une plante absorbe l'eau et les sels minéraux du sol (hydrosphère et lithosphère) et le dioxyde de carbone de l'air (atmosphère), elle utilise l'énergie solaire pour produire la nourriture qui lui permet de croître au sein du biosphère. La plante libère de l'oxygène dans l'air (atmosphère) et restitue une partie de l'eau à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau (hydrosphère). Lorsque la plante meurt, elle se décompose dans le sol en substances simples (lithosphère).

Figure (2) la relation entre le biosphère et les enveloppes de la terre
Première année secondaire

Facteurs biotiques et abiotiques

Le biosphère est constitué de composants vivants et non vivants qui fonctionnent ensemble dans un système équilibré rendant la vie possible à la surface de la Terre.

Facteurs biotiques

Le biosphère comprend tous les organismes vivants qui influencent l'environnement et sont influencés par lui, tels que les plantes, les animaux et les micro-organismes.

Ces organismes jouent différents rôles au sein des écosystèmes : les plantes produisent de la nourriture par photosynthèse et constituent la source primaire d'énergie pour les autres organismes. Les animaux sont classés comme consommateurs, se nourrissant de plantes ou d'autres animaux (proies). Les décomposeurs, comme les bactéries et les champignons, décomposent les restes d'organismes morts et recyclent les éléments essentiels vers l'environnement, permettant au système écologique de les réutiliser.

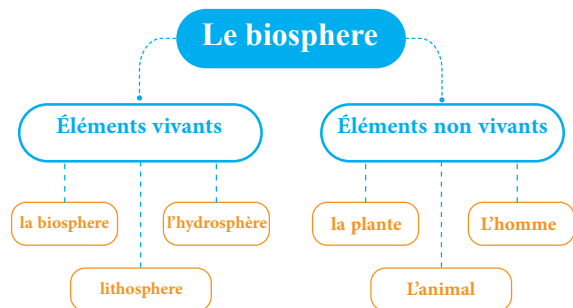


Figure (3) Diagramme de la biosphère

Facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques sont les composants non vivants de l'environnement, incluant la lumière, l'eau, la température, le sol, les minéraux et l'air. Ces facteurs déterminent le type d'organismes vivants pouvant survivre dans une zone donnée, car chaque organisme nécessite des conditions environnementales spécifiques pour croître et survivre.

L'interaction entre les facteurs biotiques et abiotiques forme un écosystème équilibré qui maintient la vie au sein du biosphère. Par exemple, dans l'écosystème d'un lac, les poissons, les algues et les bactéries interagissent avec les éléments physiques et chimiques de l'eau dans un cycle continu d'échange de matière et d'énergie.

Lorsque plusieurs écosystèmes partagent des caractéristiques climatiques et des organismes dominants similaires, ils forment ce qu'on appelle un biome. Par exemple, les forêts tropicales humides d'Amazonie, d'Afrique et d'Asie constituent des biomes partageant un climat chaud et humide et une grande biodiversité, tandis que les grands déserts partagent des conditions climatiques difficiles et une végétation adaptée à la sécheresse.

Le niveau le plus élevé et le plus global est le biosphère, le vaste système incluant tous les biomes à la surface de la Terre, y compris les terres, les eaux et l'atmosphère. Il contient toutes les formes de vie et leurs interactions avec les autres enveloppes de la planète. Le biosphère s'étend des profondeurs des océans aux sommets des montagnes.

Ainsi, l'organisation de la vie s'établit selon une hiérarchie intégrée, où chaque niveau supérieur est constitué d'un ensemble de niveaux inférieurs, liés par des interactions complexes et réciproques qui assurent la survie des organismes vivants et l'équilibre des écosystèmes sur notre planète.

Niveaux d'organisation dans le biosphère

Les organismes vivants font partie d'un système intégré où aucune espèce ne peut exister isolément des autres ou de son environnement. La vie sur Terre s'organise en niveaux hiérarchiques de complexité croissante, le plus petit étant l'organisme individuel et le plus grand, le biosphère, qui englobe toute la vie sur la planète.

L'organisme représente le premier niveau de cette hiérarchie : c'est un individu d'une espèce donnée, comme un poisson dans un étang ou un arbre dans une forêt.

Un groupe d'individus de la même espèce forme une population, comme un troupeau de gazelles dans la savane africaine ou un banc de poissons dans la mer Rouge. Les individus d'une population partagent le même espace et le même temps, et interagissent entre eux pour la nourriture, la reproduction et la protection.

Lorsque différentes populations d'espèces variées cohabitent dans une même zone, elles forment une communauté biologique, comme une forêt qui comprend des arbres, des plantes herbacées, des insectes, des oiseaux et des mammifères, tous interagissant dans un réseau complexe de relations trophiques.

L'un des mécanismes clés reliant ces niveaux est le réseau trophique, qui montre comment les organismes obtiennent matière et énergie. Déterminer comment chaque organisme se nourrit révèle son rôle au sein de la communauté et sa position dans le réseau trophique, et illustre comment l'énergie et les nutriments circulent à travers les différents niveaux d'organisation de la vie.

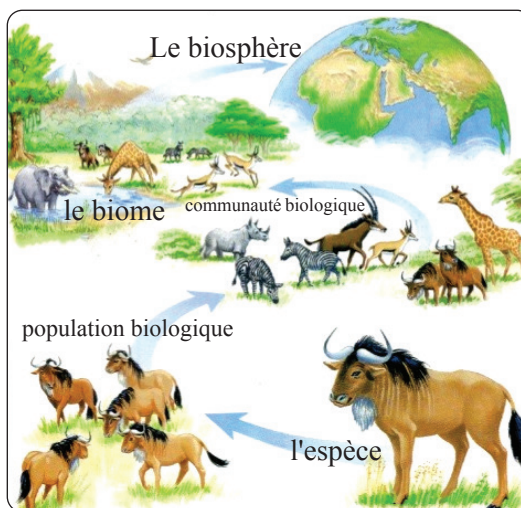


Figure (4) les niveaux d'organisation de la biosphère

Modes de nutrition et transfert d'énergie dans l'écosystème

La production de nourriture dans un écosystème commence avec des organismes appelés autotrophes ou producteurs, capables de convertir des substances inorganiques en composés organiques stockant de l'énergie. Les plus courants de ces organismes sont les plantes vertes, les algues et certaines bactéries spécialisées.

Les plantes utilisent l'énergie lumineuse, le dioxyde de carbone et l'eau pour synthétiser des sucres et des aliments organiques par photosynthèse. Ce processus peut

Exprimer ce processus simplement par l'équation chimique suivante :

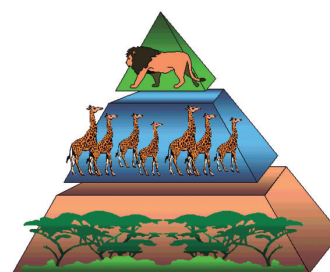
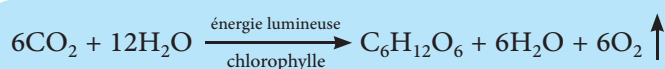


Figure (5) les niveaux trophiques dans l'écosystème

Les organismes producteurs constituent la base de la pyramide, car toute l'énergie disponible pour les autres niveaux provient principalement de leur conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique consommable.

Viennent ensuite les organismes hétérotrophes (Heterotrophic Organisms), ou consommateurs, qui ne peuvent pas produire leur propre nourriture et l'obtiennent en consommant des producteurs ou d'autres consommateurs. Les consommateurs peuvent être classés en niveaux trophiques selon leur source de nourriture :

- **Les consommateurs primaires (herbivores)** se nourrissent directement de plantes.
- **Les consommateurs secondaires** se nourrissent d'herbivores et peuvent inclure des prédateurs supérieurs.

Exemples de niveaux trophiques:

dans un système fluvial : les algues microscopiques (producteurs) nourrissent les petits poissons (consommateurs primaires), qui à leur tour nourrissent les poissons prédateurs plus grands (consommateurs secondaires ou tertiaires).

Dans un système terrestre : les arbres et les plantes constituent la base, les lapins et les gazelles s'en nourrissent, et sont eux-mêmes la proie de loups ou d'aigles (consommateurs ultérieurs).

Les décomposeurs occupent le niveau suivant de la pyramide alimentaire et jouent un rôle essentiel dans le recyclage de la matière au sein de l'écosystème. Les bactéries et les champignons décomposent les restes de plantes et d'animaux morts, les transformant en éléments minéraux simples qui retournent au sol et à l'eau.

En l'absence de décomposeurs, la matière organique et les organismes morts s'accumulent, interrompant le cycle des nutriments et affectant négativement tous les niveaux d'organisation de l'écosystème

Par exemple, dans le delta du Nil et les lacs associés, les algues jouent le rôle de producteurs primaires. Les poissons consomment le plancton végétal et animal, tandis que les oiseaux aquatiques et les grands poissons agissent comme consommateurs supérieurs.

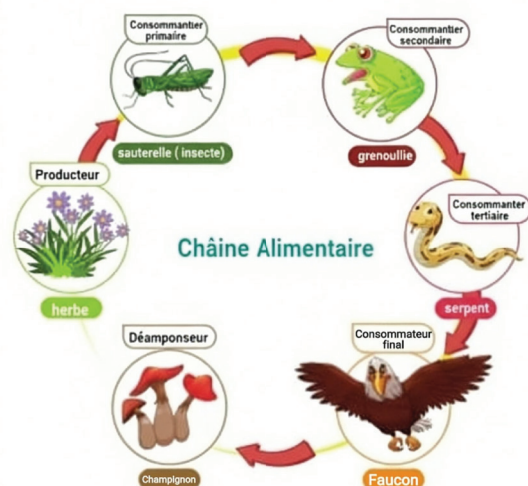
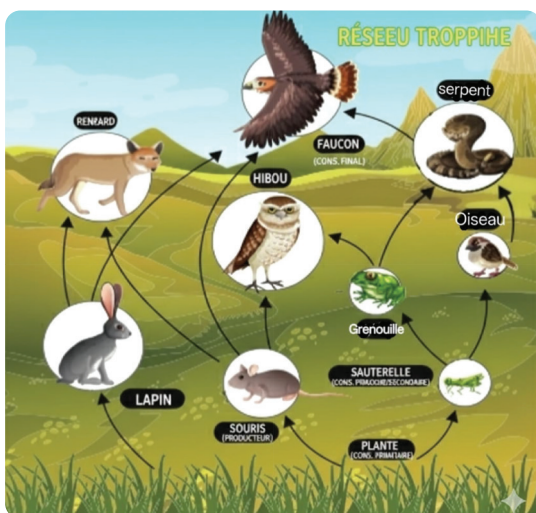


Figure (6) la chaîne alimentaire et le réseau trophique

Flux d'énergie dans l'écosystème

Les niveaux trophiques peuvent également être étudiés à travers le flux d'énergie qui les traverse. Lorsqu'un herbivore consomme une plante, il n'acquiert qu'une petite partie de l'énergie contenue dans cette plante. Une partie de l'énergie transférée est stockée dans les cellules et les tissus de l'animal. Le reste de l'énergie n'est pas transmis au niveau trophique suivant et se disperse selon plusieurs voies :

1. Énergie utilisée par l'animal pour les processus vitaux

L'animal utilise une partie de l'énergie transférée de la plante pour effectuer des activités vitales telles que la digestion, la respiration, le mouvement, etc. Ces activités consomment une grande quantité d'énergie.

2. Énergie perdue sous forme de chaleur

Lors de l'activité de l'animal et de ses processus vitaux, une quantité d'énergie thermique est produite et transférée à l'environnement, sans être transmise au consommateur suivant.

3. Énergie stockée dans les matériaux non digérés

Certaines parties de la plante consommée par l'animal ne sont pas entièrement digérées (comme les fibres dures). L'animal excrète donc une partie de l'énergie stockée dans ses déchets.

On en déduit qu'une faible proportion de l'énergie stockée dans les tissus végétaux est transférée à l'herbivore. De même, seule une petite partie de l'énergie est transmise de l'herbivore au prédateur. C'est pourquoi la quantité d'énergie transférée d'un niveau trophique à un autre diminue à mesure qu'on monte dans la pyramide énergétique, des producteurs aux consommateurs.

C'est pour cette raison que les modèles de pyramide écologique sont utilisés pour représenter la quantité d'énergie, le nombre d'organismes ou la biomasse aux différents niveaux trophiques.



Figure (7) Les pyramides écologiques

Les producteurs constituent la base de la pyramide et son niveau le plus large, car ils sont les plus nombreux et possèdent la plus grande quantité d'énergie.

La quantité d'énergie, le nombre d'organismes ou la biomasse diminuent progressivement à mesure qu'on passe d'un niveau à un niveau supérieur, l'énergie disponible se réduisant peu à peu vers le sommet de la pyramide.

Le nombre d'organismes diminue au sommet de la pyramide, car la quantité d'énergie disponible ne peut soutenir qu'un petit nombre d'individus. Cela explique la rareté des grands prédateurs par rapport à l'abondance des plantes et des herbivores.

Exemple

si l'on dispose de 10 000 unités d'énergie stockées dans un certain nombre de plantes (producteurs), seulement 1 000 unités peuvent atteindre les herbivores qui les consomment (consommateurs primaires), puis 100 unités atteignent les carnivores qui mangent les herbivores (consommateurs secondaires), et peut-être seulement 10 unités parviennent au grand prédateur qui se nourrit des carnivores (consommateurs tertiaires).

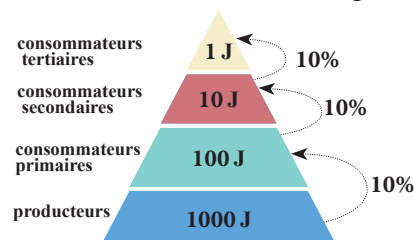


Figure (8) Pyramide de l'énergie

En revanche, dans les régions désertiques, les producteurs sont limités en raison du manque d'eau et des températures extrêmes. Les animaux s'adapteront pour utiliser l'énergie efficacement, et les réseaux trophiques seront plus simples et dépendront de sources alimentaires intermittentes.

Il existe également des réseaux trophiques complexes, constitués de multiples chaînes interconnectées, où les consommateurs ne dépendent pas d'une seule source de nourriture, mais de plusieurs. Cette interconnexion rend la communauté biologique plus résiliente à la perte d'une espèce, mais rend également les impacts négatifs (comme la déforestation ou la pollution de l'eau) plus étendus, car leurs effets se propagent à travers tout le réseau.

Applications technologiques

Les scientifiques ont développé des collars intelligents équipés de capteurs précis. Ceux-ci sont placés autour du cou des animaux sauvages dans les réserves naturelles du Kenya.

Les capteurs mesurent la quantité d'énergie dépensée quotidiennement par l'animal lors de ses activités et de sa recherche de nourriture, en enregistrant le taux de mouvement, le pouls et la température corporelle.

Grâce à l'intelligence artificielle, les données sont analysées pour déterminer la quantité d'énergie perdue par les animaux. Cette innovation a contribué à sauver des troupes de lynx ibérique menacés d'extinction, après que les chercheurs aient découvert que la diminution des proies avait réduit dangereusement l'énergie disponible. Cela a permis aux experts des réserves d'intervenir pour fournir un meilleur environnement alimentaire.



Figure (9) le lynx ibérique

Ainsi, l'étude des modes d'alimentation n'est pas seulement une classification des organismes, mais un outil pour comprendre la dynamique des écosystèmes, comment ils maintiennent leur équilibre ou comment les fonctions écologiques s'effondrent face à des perturbations humaines ou naturelles.

Après avoir compris comment les organismes obtiennent leur nourriture, il est essentiel de comprendre de quoi est composée cette nourriture et quelles substances fournissent de l'énergie aux cellules et construisent les corps des organismes.

Composés chimiques dans le biosphère

Tous les modes de nutrition des organismes vivants visent à les approvisionner en composés chimiques essentiels à la vie. Ces composés organiques appartiennent à quatre groupes principaux : les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques.

Ces composés représentent les sources où l'énergie est stockée et les éléments qui régulent les processus biologiques. Nous allons explorer ci-dessous les plus importants de ces composés, leur structure et leurs fonctions biologiques.

Premièrement : les glucides : principale source d'énergie (Carbohydrates)

Les glucides sont les composés organiques les plus courants dans les organismes vivants. Leurs molécules sont constituées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dans un ratio approximatif de 1:2:1. Ils constituent la principale source d'énergie pour la plupart des organismes, car ils sont décomposés dans les cellules pour produire l'énergie nécessaire aux activités biologiques.

Les glucides se divisent en trois catégories principales :

- **Les monosaccharides** : formes simples de glucides, directement utilisées dans la respiration cellulaire pour produire de l'énergie, comme le glucose (sucre de raisin) et le fructose (sucre de fruit).

- **Les disaccharides** : résultent de l'union de deux monosaccharides, comme le saccharose (sucre de canne) et le lactose (sucre de lait).

- **Les polysaccharides** : composés complexes formés de nombreux monosaccharides. Ils participent à la construction des cellules, au stockage de l'énergie ou à la formation de structures de soutien, comme la cellulose (paroi cellulaire des plantes), la chitine (exosquelette des arthropodes), l'amidon (stocké dans les feuilles et tubercules des plantes) et le glycogène (stocké dans le foie et les muscles des animaux).

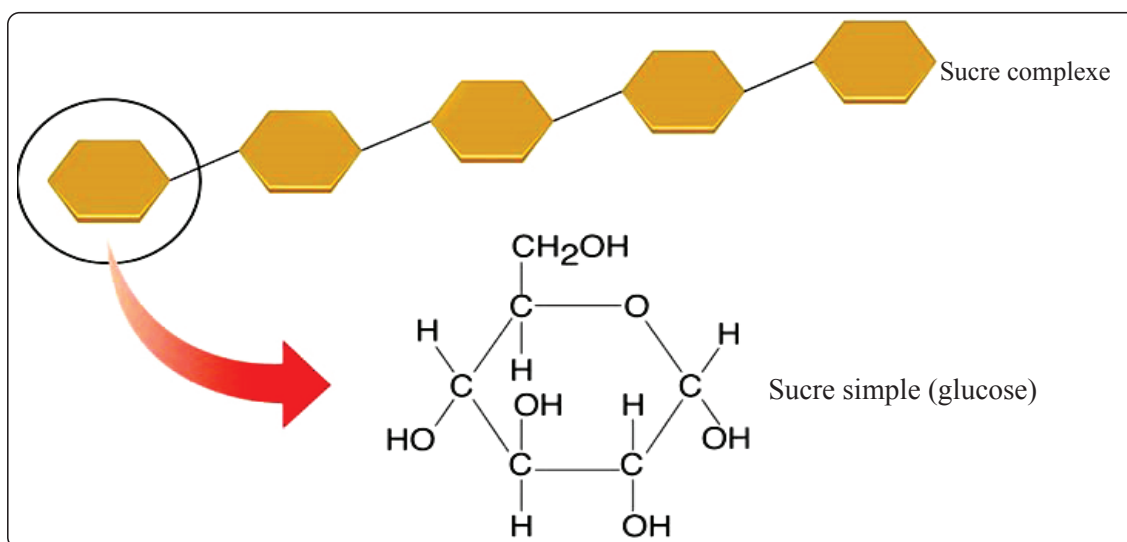


Figure (10) les polysaccharides sont composés de monosaccharides

L'énergie dans les cellules vivantes

Les molécules d'adénosine triphosphate (ATP) constituent la source directe d'énergie dans les cellules vivantes. Elles représentent la forme d'énergie chimique directement utilisable pour divers processus biologiques.

Une molécule d'ATP est composée de trois groupes phosphate liés à une molécule appelée adénosine. La liaison entre les deuxième et troisième groupes phosphate est riche en énergie, car elle nécessite beaucoup d'énergie pour se former. Lorsque cette liaison est rompue, une quantité d'énergie est libérée et peut être directement utilisée par la cellule pour ses fonctions vitales, comme la contraction musculaire ou le transport de substances à travers les membranes.

Lorsque le glucose issu de la photosynthèse (ou provenant de l'alimentation chez les hétérotrophes) entre dans la cellule, il est décomposé par une série de réactions chimiques appelées respiration cellulaire. Durant ce processus, les liaisons chimiques du glucose sont progressivement rompues, libérant de l'énergie. Cette énergie n'est pas utilisée directement, mais est stockée de manière organisée dans des molécules d'ATP.

Lorsque la cellule a besoin d'énergie, elle rompt cette liaison, transformant les molécules d'ATP en adénosine diphosphate (ADP), tout en libérant l'énergie nécessaire aux fonctions cellulaires telles que la contraction musculaire, le transport de substances à travers les membranes ou la synthèse de molécules biologiques.

En ajoutant un nouveau groupe phosphate, la cellule peut régénérer la molécule d'ATP active à partir d'ADP, en utilisant une partie de l'énergie issue de l'oxydation du glucose. Ainsi, ce cycle biologique essentiel assure un approvisionnement continu et renouvelé en énergie pour les cellules, maintenant la vie.

Applications médicales

Les dispositifs de surveillance continue de la glycémie (CGM) comptent parmi les innovations médicales les plus importantes. Ils mesurent le niveau de sucre dans le sang toutes les quelques minutes sans piquer, ce qui permet de suivre la disponibilité des glucides comme source d'énergie avant leur conversion en molécules d'ATP.

Ces appareils aident les patients et les sportifs à comprendre comment les repas riches en glucides influencent la production d'énergie, et à ajuster précisément leur alimentation et leur activité physique pour maintenir une énergie stable et une meilleure santé.



Figure (12) appareil de surveillance de la glycémie

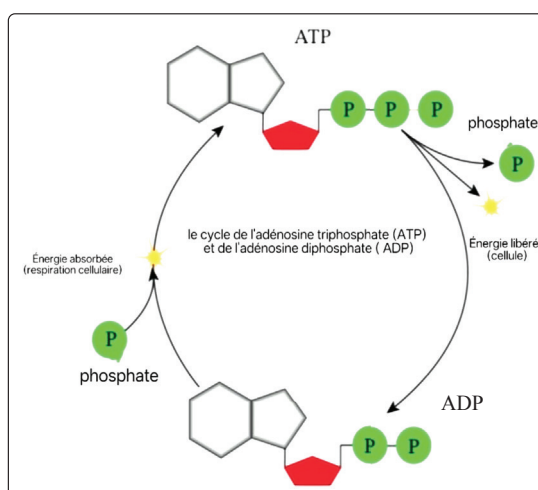


Figure (11) Cycle de l'adénosine diphosphate et l'adénosine triphosphate (information seulement)

Deuxièmement : les protéines : unités de construction et fonctionnelles des organismes vivants dans le biosphère

Les protéines sont des molécules géantes et complexes, composées de petites unités appelées acides aminés. Elles contiennent du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote et parfois du soufre. Elles constituent le principal matériau de construction des organismes vivants et entrent dans la composition des muscles, des enzymes, des hormones et des anticorps.

Les protéines diffèrent selon l'ordre des acides aminés dans leurs chaînes, et cet ordre détermine leur forme et leur fonction. Par exemple, les protéines structurales comme la kératine donnent de la rigidité aux cheveux et aux ongles, tandis que les protéines enzymatiques comme l'amylase agissent comme catalyseurs, accélérant les réactions biochimiques dans l'organisme sans être consommées.

Lorsque les protéines sont décomposées lors de la digestion, elles se transforment en acides aminés qui sont réutilisés pour synthétiser de nouvelles protéines selon les besoins des cellules.

Troisièmement : les lipides : réserves d'énergie

Les lipides sont des composés organiques composés principalement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Ils constituent une source concentrée d'énergie pour l'organisme, produisant deux fois plus d'énergie que les glucides lors de leur oxydation.

Ils servent également d'isolant thermique, maintenant la température corporelle, comme la couche de graisse épaisse chez l'ours polaire. Les phospholipides, des molécules lipidiques contenant un groupe phosphate, sont essentiels à la structure des membranes cellulaires, où ils forment une double couche entourant la cellule.

Les lipides se présentent sous différentes formes, notamment les huiles végétales et les graisses animales, et sont stockés dans les tissus adipeux pour être utilisés par les cellules en cas de besoin énergétique. Certains lipides, comme le cholestérol, participent à la synthèse d'hormones et de la vitamine D.

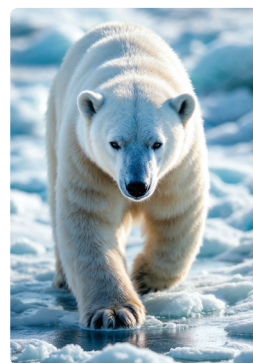


Figure (13) Ours polaire

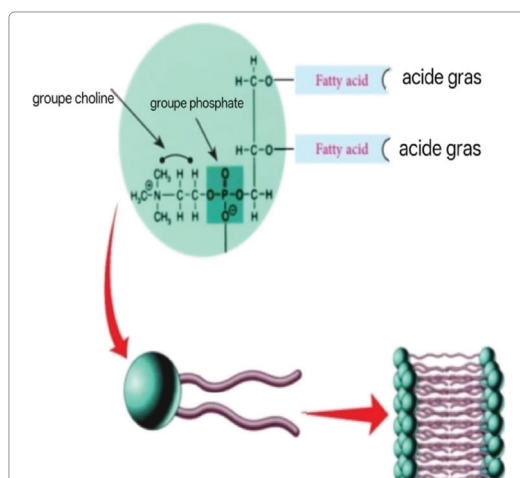


Figure (14) Structure moléculaire des phospholipides
(information seulement)

Comparaison du contenu calorifique des lipides et des glucides

Le contenu calorifique est défini comme la quantité de chaleur produite par la combustion de 1 gramme d'aliment. Il est mesuré en kilojoules par gramme (kJ/g). En pratique, on utilise souvent l'unité kilocalorie par gramme (kcal/g), sachant que :

(1 Calorie = 4.18 J)



Expérience pratique

Matériel :

Tube à essai - Cuillère de combustion - Brûleur Bunsen - Balance de précision - Thermomètre - Eau - Échantillon de sucre blanc (glucide) - Échantillon d'huile végétale pure (lipide)

Étapes :

1. Verse un volume approprié d'eau dans le tube à essai.
2. Enregistre la température initiale de l'eau (T_1) à l'aide du thermomètre.
3. Place une masse précise de sucre (10 g) dans la cuillère de combustion.
4. Commence à brûler l'échantillon alimentaire avec le brûleur Bunsen, à 1 cm du tube à essai, jusqu'à combustion complète.
5. Enregistre la température finale de l'eau (T_2).
- La variation de température de l'eau (ΔT) reflète la quantité d'énergie absorbée par l'eau et le tube, correspondant à l'énergie libérée par l'échantillon alimentaire lors de sa combustion.
6. Répète les étapes avec une masse similaire d'huile végétale.

Enregistre tes observations:

Conclusion :

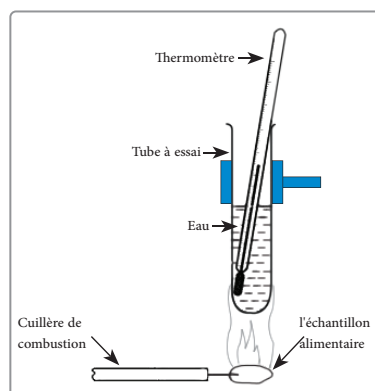


Figure (15) Déterminer le contenu thermique d'un échantillon alimentaire

Technologie moderne et interprétation de la structure des molécules biologiques d'un point de vue physique

La technologie moderne a conduit au développement d'instruments de précision qui ont permis aux scientifiques d'étudier les composants fondamentaux de la vie au niveau moléculaire. Parmi ces instruments les plus importants figure le microscope électronique, qui utilise un faisceau d'électrons au lieu de la lumière pour former une image. En effet, il est possible de contrôler la longueur d'onde associée à l'électron pour la rendre beaucoup plus courte que la longueur d'onde de la lumière, ce qui permet de visualiser des structures très petites, telles que les protéines membranaires et les lipides, invisibles avec les microscopes optiques traditionnels.

Ces progrès ont contribué à comprendre comment les molécules sont organisées à l'intérieur des cellules.

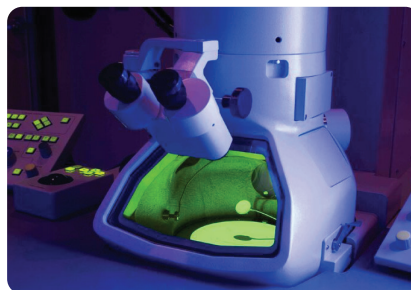


Figure (16) Le microscope électronique

En particulier les membranes biologiques, qui sont construites à partir de bicouches lipidiques, ce qui a contribué à la conception de médicaments modernes capables de cibler avec une plus grande précision des protéines spécifiques à l'intérieur de la cellule. Cela montre à quel point les différentes branches de la science sont complémentaires dans la production de matériaux et d'outils modernes qui améliorent la qualité de vie et préservent l'équilibre de la planète Terre.

Quatrièmement : les acides nucléiques et la garantie de la continuité de la vie dans le biosphère

Les acides nucléiques constituent la base de l'hérédité chez tous les organismes vivants. Ils portent le code génétique responsable de la détermination des caractéristiques de l'organisme et de la régulation de ses fonctions cellulaires.

Les acides nucléiques sont composés de petites unités appelées nucléotides, chacun constitué d'un sucre pentose, d'un groupe phosphate et d'une base azotée. Les bases azotées sont : l'adénine (A), la thymine (T), la cytosine (C) et la guanine (G). L'enchaînement de ces bases forme le "code génétique" qui détermine toutes les caractéristiques de l'organisme.

Il existe deux principaux types d'acides nucléiques:

- **L'acide désoxyribonucléique (ADN)**, qui porte l'information génétique dans le noyau des cellules des organismes eucaryotes et transmet cette information de génération en génération.
- **L'acide ribonucléique (ARN)**, qui participe à la conversion de cette information génétique en protéines qui assurent les fonctions cellulaires.

execute the cell's functions.

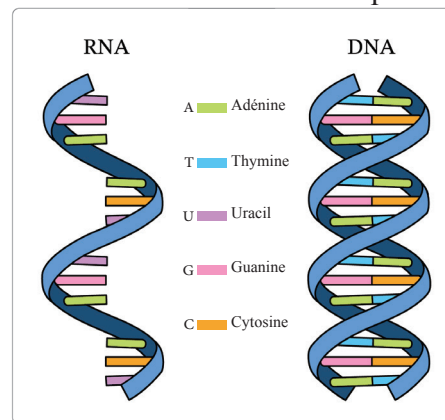


Figure (17):Acide désoxyribonucléique

Applications technologiques modernes

Dans les laboratoires modernes, la technologie CRISPR-Cas9 est l'un des outils les plus récents d'édition génétique utilisés pour modifier l'ADN. Les scientifiques utilisent ce système comme un "ciseur moléculaire" de haute précision pour cibler une séquence spécifique de bases azotées (adénine, thymine, cytosine, guanine) dans le génome d'une cellule (l'ensemble complet de l'information génétique d'un organisme).

Cette précision extrême permet d'effectuer des modifications génétiques ciblées dans le but :

- **De corriger des gènes défectueux ou responsables de maladies**, comme ceux causant la drépanocytose.
- **D'ajouter de nouveaux gènes.**
- **D'éliminer des gènes indésirables** pour produire des cultures aux propriétés améliorées et résistantes aux maladies.



Figure (18) Le génie génétique

Évaluation : Leçon 1



Premièrement : Questions à choix multiple

Choisis la bonne réponse :

1. Qu'est-ce qui décrit le mieux la biosphère ?

- a) La couche de gaz entourant la Terre
- b) Les organismes vivants et leurs habitats sur Terre
- c) Les eaux présentes à la surface de la Terre
- d) Les roches constituant la croûte terrestre

2. La biosphère interagit avec l'hydrosphère lorsque :

- a) Les organismes respirent l'oxygène
- b) Les plantes absorbent l'eau du sol
- c) Les montagnes se forment à partir des roches
- d) Les vents se déplacent dans l'atmosphère

3. Quel est le niveau qui représente un ensemble d'espèces différentes vivant et interagissant dans une même zone ?

- a) Un organisme
- b) Une population
- c) Une communauté
- d) Un écosystème

4. Dans un écosystème, la lumière solaire représente un facteur :

- a) Biotique
- b) De reproduction
- c) Abiotique
- d) Héréditaire

5. Quel exemple illustre une interaction entre facteurs biotiques et abiotiques ?

- a) Un lion qui chasse une gazelle
- b) Une plante qui absorbe la lumière solaire pour produire sa nourriture
- c) Des champignons qui décomposent un fruit
- d) La formation d'une communauté d'oiseaux dans une forêt

6. Les plantes sont des organismes autotrophes car :

- a) Elles consomment d'autres organismes pour obtenir de l'énergie
- b) Elles obtiennent leur nourriture uniquement des sels et minéraux
- c) Elles produisent leur propre nourriture à partir de substances inorganiques
- d) Elles dépendent des champignons pour décomposer leur nourriture

7. Quel processus représente la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique ?

- a) La respiration cellulaire b) La photosynthèse
- c) La décomposition d) La digestion

8. Quel composé est la principale source d'énergie de la cellule ?

- a) Les protéines b) Les lipides c) Les glucides d) Les acides nucléiques

9. Quelle affirmation décrit précisément le rôle des protéines ?

- a) Elles stockent l'énergie à long terme
- b) Elles forment les parois cellulaires
- c) Elles accélèrent les réactions biochimiques et construisent les tissus
- d) Elles portent l'information génétique

10. Les acides nucléiques portent l'information génétique car leur structure contient :

- a) Des chaînes d'acides aminés
- b) Des liaisons phosphoriques riches en énergie
- c) Des bases azotées ordonnées de manière spécifique
- d) Des chaînes d'acides gras

11. La libération d'énergie par une molécule de glucose dans la cellule permet la synthèse de :

- A. DNA B. ADP C. ATP D. RNA

12. La troisième liaison dans une molécule d'ATP est caractérisée par le fait qu'elle est :

- a) Faible et ne stocke pas d'énergie
- b) Forte et stocke de l'énergie libérable
- c) Une liaison ionique entre deux atomes métalliques
- d) Une liaison hydrogène entre deux molécules d'eau

13. Quel énoncé montre la relation entre les modes de nutrition et les composés chimiques ?

- a) Les organismes autotrophes synthétisent des composés organiques qui stockent l'énergie
- b) Les organismes hétérotrophes consomment uniquement des sels
- c) Les organismes décomposeurs utilisent la lumière pour fabriquer des protéines
- d) Tous les organismes utilisent directement l'énergie lumineuse

14. Si l'intensité lumineuse diminue dans un environnement, quel est l'effet probable sur les niveaux d'énergie de l'écosystème ?

- a) La production alimentaire augmente
- b) La quantité de glucose produite diminue
- c) La biomasse végétale augmente
- d) Aucun changement ne se produit

15. Quelle relation montre l'interdépendance des enveloppes terrestres ?

- a) La décomposition des feuilles mortes dans le sol par les bactéries
- b) Le mouvement du vent uniquement à la surface de la mer
- c) L'évaporation de l'eau à la surface des roches
- d) La formation de montagnes à partir de lave volcanique

Deuxièmement: Questions à développement

Explique pourquoi :

- 1. La biosphère est considérée comme un système intégré incluant tous les organismes vivants et leurs habitats à la surface de la Terre.**
- 2. Il existe une diversité d'organismes vivants dans différents environnements.**
- 3. Les plantes sont un facteur biotique dans un écosystème.**
- 4. L'écosystème est une unité intégrée dans la nature.**
- 5. Les prédateurs sont nécessaires à la stabilité de l'écosystème.**
- 6. Les glucides sont la principale source d'énergie pour les organismes vivants.**
- 7. Les protéines sont essentielles à la construction de l'organisme.**

3.2 Les processus vitaux chez les organismes vivants et la stabilité de la biosphère

Les organismes vivants nécessitent un système précis qui assure le transport des substances essentielles à l'intérieur de leur corps, telles que l'eau, les sels, l'oxygène et les nutriments. Les processus de transport, la respiration et d'excrétion sont parmi les processus vitaux les plus importants qui maintiennent cet équilibre. Le processus de transport fournit à chaque cellule les substances dont elle a besoin, tandis que la respiration convertit ces substances en énergie utilisée pour effectuer diverses activités vitales. Quant à l'excrétion, elle permet à l'organisme de se débarrasser des déchets résultant des processus vitaux.

Grâce à cette intégration, les organismes vivants contribuent à la stabilité et à l'équilibre de la biosphère, en recyclant les substances et l'énergie de manière à maintenir la vie sur la planète Terre.

Premièrement : le transport chez les organismes vivants et son rôle dans la distribution des substances et de l'énergie

1. Les vaisseaux conducteurs chez les plantes

Les plantes supérieures possèdent des systèmes de transport qui leur permettent de transporter l'eau, les sels et les nutriments à l'intérieur de leurs parties, bien qu'il n'y ait d'organe spécialisé pour les propulser comme le cœur chez l'être humain. Ces systèmes sont les tissus du xylème et les tissus du phloème.

Les tissus du xylème : transport de certaines matières premières de la photosynthèse

Le tissu du xylème est responsable du transport de l'eau et des sels minéraux absorbés par le sol vers les feuilles, où se déroule le processus de la photosynthèse.

Le tissu du xylème est principalement constitué de longs tubes creux qui s'étendent de la racine jusqu'aux feuilles, formés de cellules spécialisées appelées trachéides et vaisseaux xylémiens. Ces cellules sont mortes chez la plante adulte, ce qui facilite le passage de l'eau à travers elles.

Les parois des vaisseaux du xylème sont renforcées par une substance solide appelée lignine, qui donne aux vaisseaux force et rigidité et empêche leur effondrement. La couche de lignine aide également à résister à la compression, permettant aux vaisseaux de maintenir leur forme même chez les plantes les plus hautes. L'eau et les sels minéraux se déplacent à travers les vaisseaux du xylème dans une seule direction, des racines vers les feuilles, en s'appuyant sur des propriétés physiques particulières des molécules d'eau.

Dans les vaisseaux du xylème, l'eau se déplace en une colonne continue de la racine vers le sommet de la plante, grâce à ce qu'on l'appelle la théorie de la cohésion-adhésion, qui explique comment l'eau peut s'élever contre la gravité sans aucune pompe à l'intérieur de la plante.

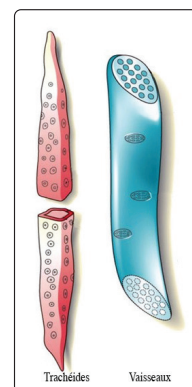


Figure (19) Tissu du xylème

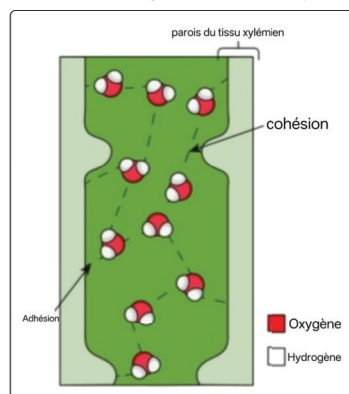


Figure (20) Forces de cohésion et d'adhésion de l'eau dans les vaisseaux du xylème

Théorie de la cohésion-adhésion

Cette théorie repose sur trois types de forces fondamentales :

1. Forces de cohésion : Ce sont les forces qui lient les molécules d'eau les unes aux autres grâce aux liaisons hydrogène qui les unissent, ce qui rend la colonne d'eau dans les vaisseaux du xylème cohérente pendant son mouvement.

2. Forces d'adhésion : Ce sont les forces d'attraction des parois des vaisseaux du xylème vers les molécules d'eau, ce qui aide à stabiliser la colonne d'eau à l'intérieur des vaisseaux pendant son ascension.

3. Forces de traction dues à la transpiration : La perte de vapeur d'eau par les feuilles à travers les stomates pendant le processus de transpiration entraîne une diminution du nombre de molécules d'eau dans les cellules de la feuille. Par conséquent, la pression hydrique dans la feuille devient inférieure présente dans la tige, c'est-à-dire qu'elle devient négative, ce qui crée une force de traction appelée

« force de transpiration », qui attire la colonne continue d'eau dans les vaisseaux du xylème vers le haut.

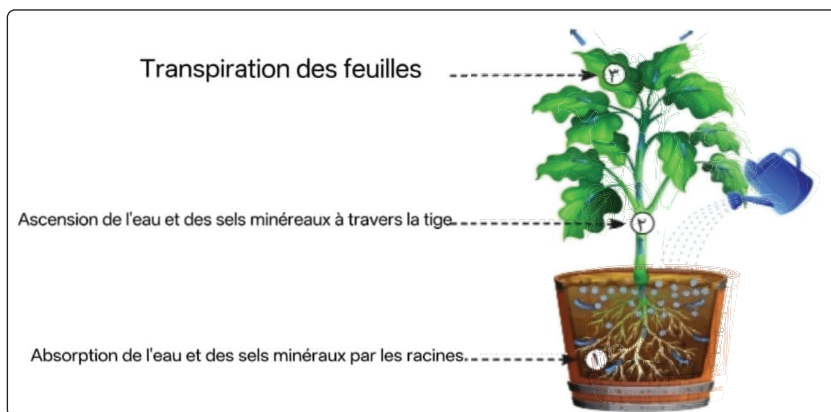


Figure (21) Ascension de l'eau et des sels minéraux à travers la tige de la plante

Ainsi, l'eau et les sels minéraux se déplacent de manière continue de la racine vers la tige puis vers les feuilles. Par conséquent, une plante haute, comme le pin, peut élever l'eau sur des dizaines de mètres sans pompe.

Par conséquent, la transpiration ne se limite pas à être un moyen de se débarrasser de l'excès d'eau ou à la réguler la température de la plante, mais contribue également à ajouter de la vapeur d'eau à l'atmosphère, ce qui participe à la formation des nuages et aux précipitations dans le cadre du cycle de l'eau dans la nature.

• **Tissus du phloème: transport des produits de la photosynthèse comme source d'énergie dans la biosphère**

Le tissu du phloème transporte les produits de la photosynthèse, tels que le glucose et les acides aminés, des feuilles vers toutes les parties de la plante, y compris les racines, les fruits et les graines.

Le tissu du phloème est principalement constitué de cellules vivantes interconnectées appelées tube criblé, qui s'alignent côte à côte pour former des canaux de transport continus. Les

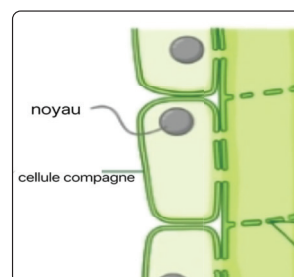


Figure (22) Structure du tissu phloémien

cellules des tubes cribés ne contiennent pas de noyau mais elles sont reliées à des cellules spécialisées appelées cellules compagnes, qui leur fournissent de l'énergie et aident à réguler le mouvement des nutriments à travers le phloème.

Ce transport se produit dans deux directions — vers le haut et vers le bas — en fonction des besoins de la plante à chaque stade de croissance. Par exemple, les sucres sont stockés dans les racines en hiver, puis ils sont transportés vers les feuilles au printemps pour nourrir la nouvelle croissance. Ainsi, il apparaît que les plantes, bien qu'immobiles, possèdent un système efficace et équilibré de distribution de l'eau et de l'énergie qui assure leur survie et de leur croissance.

Applications des technologies modernes

Étude du mouvement des fluides chez les plantes

Les techniques modernes, telles que la tomographie micro-ordinateur à rayons X (**Micro-CT Scanning**), sont utilisées pour étudier avec les mécanismes complexes de transport de l'eau et des nutriments à travers la plante, avec une grande précision en particulier dans les tissus du **xylème** et du **phloème**. Cette technique permet de créer des images tridimensionnelles (3D) des structures des vaisseaux conducteurs et des tissus du xylème et du phloème, sans détruire l'échantillon végétal.

Grâce à ces images, il est possible de suivre le mouvement de l'eau à travers les vaisseaux du xylème et de vérifier des phénomènes à l'intérieur des vaisseaux, tels que la formation de bulles d'air qui entravent la continuité du mouvement de la colonne d'eau vers le haut contre la gravité. Ces expériences et applications aident à comprendre le rôle des propriétés de **cohésion** et **d'adhésion** dans l'ascension de l'eau vers les sommets des arbres élevés, ce qui fournit des informations utiles pour développer des stratégies de résistance à la sécheresse et améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau en agriculture.



Figure (23) Tomographie par micro-tomographie à rayons x

Le système circulatoire chez l'être humain et son rôle dans le processus de transport

Comme les plantes, l'être humain a également besoin d'un système de transport interne qui assure l'arrivée de l'oxygène et des nutriments à toutes les cellules du corps. Le système circulaire remplit ce rôle vital grâce à un réseau intégré composé du cœur, des vaisseaux sanguins et du sang.

Le cœur: Le cœur fonctionne comme une pompe musculaire puissante qui propulse le sang à travers deux circuits principaux complémentaires :

A) La grande circulation (circulation systémique): Le sang riche en oxygène (**sang oxygéné**) est pompé du ventricule gauche à travers l'aorte vers tous les tissus du corps, tandis que, le sang pauvre en oxygène (sang désoxygéné) retourne par les veines vers l'atrium droite, puis vers le ventricule droit.

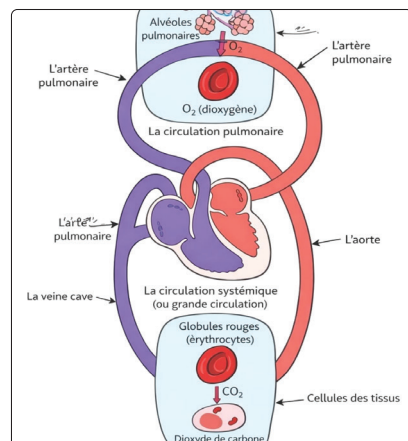


Figure (24) flux sanguin à travers le système circulaire humain

B) La petite circulation (circulation pulmonaire) : Le sang désoxygéné est pompé du ventricule droit vers les poumons pour fournir aux globules rouges de l'oxygène provenant l'air inspiré et libérer le dioxyde de carbone, qui est expulsé hors du corps avec l'air expiré, puis le sang chargé d'oxygène, retourne ensuite vers l'atrium gauche, puis vers le ventricule gauche.

2. Les vaisseaux sanguins : réseaux de transport de l'énergie et des substances vitales à l'intérieur de l'organisme .Les vaisseaux sanguins se divisent en :

- **Les artères :** transportent le sang oxygéné à grande vitesse et sous une pression élevée, car elles sont pulsées du cœur vers les différentes parties du corps.

- **Les veines :** renvoient le sang désoxygéné vers le cœur à basse pression, aidées par des valves qui empêchent le reflux du sang à l'intérieur des veines.

- **Les capillaires :** C'est là que se produit l'échange réel des substances, telles que l'oxygène, le dioxyde de carbone, le glucose et les déchets, entre le sang et les cellules du corps.

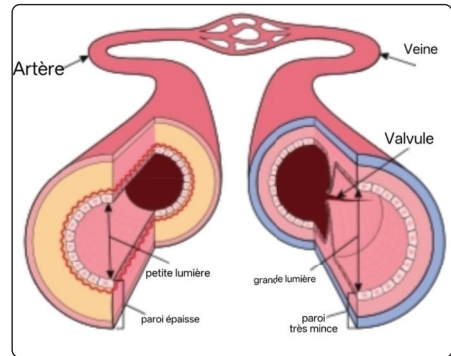


Figure (25) les vaisseaux sanguins

Ce système interagit avec le système respiratoire, qui fournit l'oxygène au sang, et avec le système excréteur, qui élimine les déchets.. Par exemple, lors d'un effort physique, le rythme respiratoire et le rythme cardiaque augmentent simultanément pour fournir aux muscles davantage d'oxygène et d'énergie, tandis que le taux de transpiration (sécrétion de la sueur) augmente également. C'est un exemple simple d'homéostasie dans le fonctionnement du corps.

La pression artérielle chez l'être humain

Le pompage du sang par le cœur constitue la force motrice vitale qui assure l'arrivée de l'oxygène et des nutriments à toutes les cellules et tous les tissus. Le sang exerce une pression sur les parois des vaisseaux sanguins (artères et veines) lors de sa circulation dans l'organisme. Cette pression est essentielle pour assurer le bon fonctionnement de la circulation. Elle est généralement mesurée par deux valeurs :

Pression systolique :

C'est la valeur supérieure de la pression artérielle, elle représente la pression maximale exercée par le sang sur les parois des artères lors de la contraction du cœur (ventricule gauche) pour propulser le sang dans l'organisme. Sa valeur normale est de 120 mmHg.

Pression diastolique :

C'est la valeur la plus inférieure de la pression artérielle, elle représente la pression minimale exercée par le sang sur les parois des artères lors du relâchement du cœur. Sa valeur normale est de 80 mmHg.



Figure (26) appareil de mesure de la pression artérielle

Mesure de la pression artérielle

Le **sphygmomanomètre à mercure** est l'appareil le plus couramment utilisé pour mesurer la pression artérielle. Actuellement, des appareils numériques alternatifs sont largement disponibles.

Propriétés physiques du sang et maintien d'une pression artérielle normale

Les propriétés physiques du sang en tant que liquide jouent un rôle essentiel dans le maintien de la pression artérielle à son niveau normal. Les plus importantes sont :

La viscosité : Le sang est un liquide visqueux (plus visqueux que l'eau) en raison de la présence de globules rouges, globules blancs, plaquettes et protéines dissoutes.

La viscosité du sang contrôle la résistance à son écoulement. Si la viscosité du sang augmente (comme dans les cas de déshydratation ou d'augmentation du nombre de cellules sanguines), la résistance à l'écoulement augmente, ce qui entraîne une augmentation de la pression artérielle. À l'inverse, si la viscosité diminue, le sang s'écoule mieux et la pression diminue.

La densité : La densité du sang, qui varie en fonction de la proportion de ses composants notamment l'hémoglobine, affecte l'effort nécessaire pour pomper le sang.

En plus des propriétés du sang qui affectent sa pression, l'élasticité des parois des vaisseaux sanguins lors de la contraction et de la relaxation, ainsi que la force de pompage du cœur, influencent également cette pression vitale.



Figure(27) Flux du sang dans les vaisseaux sanguins

APPLICATIONS PHYSIQUES MODERNES POUR LE TRAITEMENT DE L'HYPERTENSION ARTÉRIELLE

La technique de la dénervation rénale (Renal Denervation, RDN) est l'une des dernières technologies qui aident à stabiliser la pression artérielle chez les patients qui ne répondent pas aux médicaments.

Cette technique est une intervention médicale simple et non chirurgicale qui utilise l'énergie radiofréquence ou les ondes ultrasonores pour inhiber ou désactiver les nerfs actifs autour du rein qui envoient des signaux nerveux conduisant à une augmentation excessive de la pression artérielle.

Ainsi, les applications physiques avancées peuvent contribuer à protéger la santé humaine et à soutenir sa stabilité au sein de la biosphère



FIGURE (28) USE OF ULTRASOUND IMAGING ON THE KIDNEYS

Deuxièmement : La respiration et l'obtention d'énergie

Respiration cellulaire

Chaque cellule du corps d'un organisme vivant a besoin d'une énergie continue pour effectuer ses activités vitales, allant du transport des substances à travers les membranes à la division et à la croissance. Les cellules obtiennent cette énergie grâce

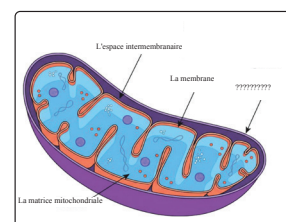
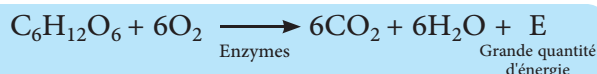


Figure (29) La structure de la mitochondrie

au processus de respiration cellulaire, qui est une série de réactions chimiques qui convertissent l'énergie chimique du glucose en énergie utilisable sous forme d'ATP.

Le processus commence dans le cytoplasme par une étape connue sous le nom de glycolyse, où une molécule de glucose est décomposée, produisant une petite quantité d'énergie sous forme d'ATP. Les produits de la glycolyse sont ensuite transférés vers les mitochondries, qui sont "la centrale énergétique" de la cellule, où se produit la respiration aérobie en présence d'oxygène, produisant du dioxyde de carbone, de l'eau et une grande quantité de molécules d'ATP. La réaction de la respiration cellulaire aérobie peut être représentée par l'équation chimique suivante :

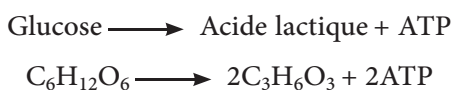


La loi de conservation de l'énergie est respectée dans les réactions chimiques, où l'énergie est transformée d'une forme à une autre sans être créée ni détruite. L'énergie chimique potentielle contenue dans les molécules de glucose (nourriture) et d'oxygène est transformée en énergie stockée dans les molécules de dioxyde de carbone et d'eau, en plus de l'énergie libérée sous forme de molécules d'ATP.

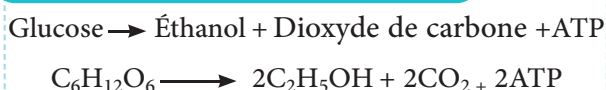
Selon la disponibilité de l'oxygène, la respiration cellulaire se divise en deux types :

- **Respiration aérobie** : Elle se produit dans des conditions où l'oxygène est disponible. La respiration aérobie est la plus efficace pour produire de l'énergie, car elle produit environ 36 molécules d'ATP à partir d'une molécule de glucose.
- **Respiration anaérobie** : La cellule y a recours en l'absence d'oxygène. Elle est moins efficace pour la production d'énergie, car elle ne produit qu'une énergie limitée environ (2 ATP seulement) avec la formation de produits tels que l'acide lactique dans les cellules musculaires ou l'alcool chez les levures.

Réaction : Fermentation de l'acide lactique



Réaction : Fermentation alcoolique



D'après ce qui précède, il apparaît que dans les processus de respiration cellulaire, des réactions chimiques se produisent libérant de l'énergie. Ce type de réactions chimiques est connu sous le nom de réaction exothermique.

Énergie et réactions chimiques

Dans une réaction chimique, des liaisons sont rompues dans les molécules des réactifs, et de nouvelles liaisons sont formées dans les molécules des produits. Ce qui s'accompagne de :

- **La consommation d'une quantité** d'énergie pour rompre les liaisons chimiques entre les molécules des réactifs.

- **La production d'une quantité d'énergie** pour former de nouvelles liaisons entre les molécules résultant de la réaction.

1. Les réactions exothermiques

Dans les réactions exothermiques, les molécules des produits contiennent une énergie stockée (E_P) inférieure à l'énergie stockée dans les molécules des réactifs (E_R), ce qui signifie qu'il y a une libération d'une quantité d'énergie au cours de ces réactions. Cette énergie thermique est libérée dans le milieu environnant, ce qui entraîne une augmentation de la température du milieu environnant.

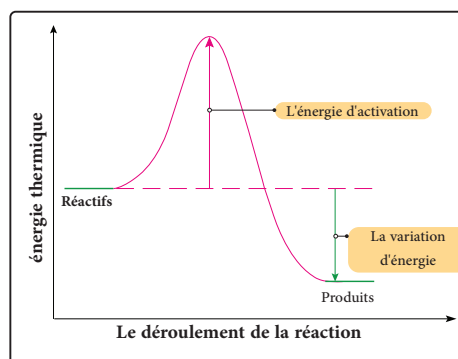


Figure (30) Représentation graphique d'une réaction exothermique

Exemple d'une réaction exothermique

Lorsqu'on ajoute une solution d'acide chlorhydrique (HCl) à une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) (basique) dans un flacon en verre, on ressent une sensation de chaleur ou de chaud au toucher du récipient. La réaction entre l'hydroxyde de sodium et l'acide chlorhydrique pour former du chlorure de sodium et de l'eau est une réaction exothermique, où de l'énergie thermique est libérée dans le milieu environnant.



2. Réactions endothermiques

Dans les réactions endothermiques, les molécules des produits contiennent une énergie stockée (E_P) supérieure à l'énergie stockée dans les molécules des réactifs (E_R), ce qui signifie qu'il est nécessaire d'absorber une quantité d'énergie au cours de ces réactions.

Ces réactions nécessitent une énergie d'activation importante pour se produire. Cette énergie est fournie aux réactifs par chauffage, ou par le milieu environnant, ce qui entraîne une diminution de la température du milieu environnant.

La photosynthèse chez les plantes est un exemple de réaction endothermique où la plante absorbe l'énergie lumineuse du soleil pour convertir le dioxyde de carbone et l'eau en glucose et en oxygène.

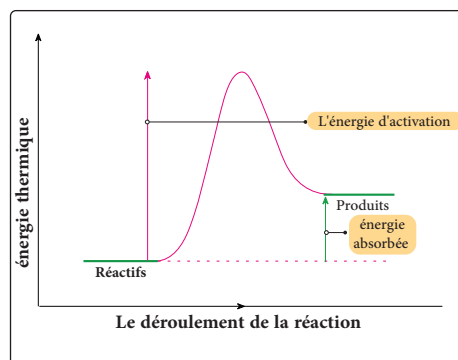


Figure (31) Représentation graphique d'une réaction endothermique

Exemple de réaction endothermique

La décomposition du chlorate de potassium solide par chauffage en chlorure de potassium et en oxygène.



Calculating the Amount of Heat Released or Absorbed During the Reaction (Enthalpy Change)

Calcul de la quantité de chaleur libérée ou absorbée lors de la réaction (variation d'enthalpie)

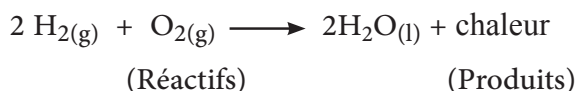
Est-il suffisant de décrire une réaction comme étant exothermique ou endothermique ? N'est-il pas utile de connaître la quantité de chaleur libérée ou absorbée lors de la réaction, ou ce qu'on appelle la variation d'enthalpie (ΔH) associée à la réaction ?

Pour calculer la variation d'enthalpie (ΔH) associée à une réaction, nous suivons les étapes suivantes :

1- Respect de la loi de conservation de la masse dans une réaction

Une réaction chimique peut être représentée par une équation chimique symbolique qui indique les réactifs et les produits. L'équation chimique doit être équilibrée afin de respecter la loi de conservation de la masse (de la matière), qui stipule que la somme des masses des réactifs est égale à la somme des masses des produits.

Exemple : Réaction de formation de l'eau



Comme nous le voyons dans l'équation, une molécule d'oxygène réagit avec deux molécules d'hydrogène pour former deux molécules d'eau. Dans ce cas, il est difficile d'estimer la variation d'enthalpie (ΔH) associée à la réaction en raison de sa valeur extrêmement faible.

En pratique, les chimistes expriment les quantités de réactifs et de produits en unités de mole. Une mole est la quantité d'une substance dont la masse en grammes équivalente à la masse molaire.

Par exemple :

La masse molaire de l'hydrogène (H_2) = 2 g (où sa masse atomique est 1).

La masse d'une mole d'oxygène (O_2) = 32 g (où sa masse atomique est 16).

La masse d'une mole d'eau (H_2O) = $1 \times 2 + 16 = 18 \text{ g}$.

Dans l'équation précédente, lorsque les quantités de réactifs et de produits sont exprimées en moles et en grammes :



En moles : On constate que 2 moles d'eau sont produites par la réaction d'1 mole d'oxygène avec 2 moles d'hydrogène.

En grammes : $36 \text{ g} = 32 \text{ g} + 4 \text{ g}$

Comme nous le voyons, la loi de conservation de la masse est vérifiée dans cette réaction.

2. Calcul de l'enthalpie des produits et des réactifs

L'enthalpie (H) d'une substance est la quantité d'énergie chimique stockée dans une mole de cette substance, et son unité de mesure est le kilojoule par mole (kJ/mole).

La variation d'enthalpie (ΔH) est la différence entre la somme des enthalpies des

produits et la somme des enthalpies des réactifs (H_R) :

$$(\Delta H) = (H_P) - (H_R)$$

1. Si, $(H_P) > (H_R)$, alors (ΔH) est positive, et la réaction est endothermique (absorbe de la chaleur)

2. Si $(H_P) < (H_R)$, alors (ΔH) est négative, et la réaction est exothermique (dégage de la chaleur).

Example

L'équation illustre la réaction de combustion complète d'un type d'alcool :



1-Cette réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Et pourquoi ?

2. Calcule la quantité de chaleur libérée (en kJ) lors de la combustion de 80 g de méthanol.

Sachant que : (C= 12 , H= 1, O = 16)).

Étant donné que ΔH est négatif, cela signifie que l'enthalpie des produits est inférieure à l'enthalpie des réactifs. La différence est libérée dans l'environnement, c'est-à-dire que la réaction est exothermique.

2- calcul de la quantité de chaleur libérée lors de la combustion de 80g de méthanol:

. Calcul de la masse molaire du méthanol CH_3OH :

$$M(\text{CH}_3\text{OH}) = 12 + (3 \times 1) + 16 + 1 = 32 \text{ g.}$$

. Calcul du nombre de moles (n) correspondant à la masse donnée:

$$n(\text{CH}_3\text{OH}) = 80 \div 32 = 2.5 \text{ mol}$$

. Calcul de la quantité de chaleur libérée par la combustion de 2,5 moles de CH_3OH :

D'après l'équation chimique, la combustion de 1 mole de méthanol libère 726,5kJ

La combustion de 2,5 moles de méthanol libère :

$$\Delta H = -726.5 \times 2.5 = -1816.25 \text{ kJ}$$



Activité d'investigation

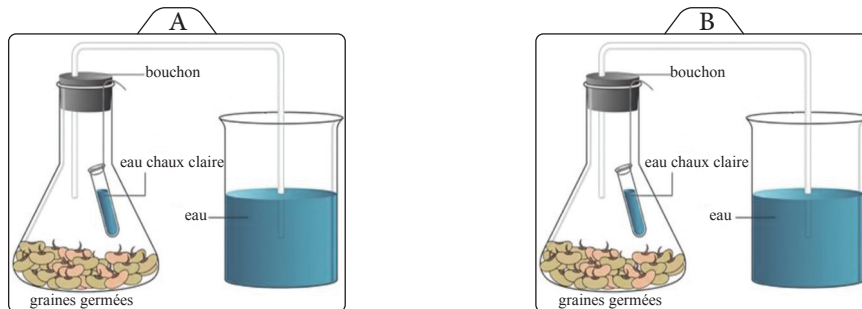
Le taux de respiration est-il affecté par la température ?

Matériel :

- Deux flacons identiques
- Deux tubes à essai identiques contenant chacun une quantité égale d'eau de chaux claire et deux lots égaux de graines germées
- Deux morceaux identiques de coton humide d'eau
- Tubes de connexion

Description de l'expérience :

- Place dans chaque flacon un lot de graines germées sur du coton humide.
- Place un tube à essai contenant de l'eau de chaux claire et un tube de connexion dans chaque flacon, puis ferme-le comme indiqué sur le schéma.



- . Laisse l'extrémité de chaque tube de connexion sous la surface de l'eau dans un béccher.
- . Conserve l'un des flacons, soit (A), à température ambiante (entre 20°C et 25°C), et l'autre (B) dans un environnement froid comme un réfrigérateur.
- . Observe chaque heure ce qui se passe avec l'eau de chaux claire dans chaque flacon.
- . Note tes observations.

Réfléchis et discute :

- Quel est le rôle de l'eau de chaux dans l'expérience ?
- Quelle est ton hypothèse sur l'objectif de placer l'extrémité de chaque tube de connexion sous la surface de l'eau dans le béccher ?
- Quelle est la variable indépendante et quelle est la variable dépendante dans cette investigation ?
- Quelles sont les variables qui ont été maintenues constantes dans cette investigation ?
- Dans quel flacon le taux de respiration était-il le plus élevé ?
- Quelle est la relation entre la température et la vitesse des réactions biologiques dans les graines ?

Évaluation : Leçon 2**Premièrement: Questions à choix multiples**

Choisis la bonne réponse :

1. Le mouvement de l'eau dans les vaisseaux du xylème repose principalement sur des forces physiques, dont les plus importantes sont :

- a) L'osmose uniquement
- b) Les forces de cohésion, d'adhésion et de tension résultant de la transpiration
- c) Le transport actif de l'énergie
- d) L'échange gazeux entre les feuilles et l'air

2. La présence de lignine dans les parois des vaisseaux du xylème aide à :

- a) Stocker des matériaux organiques
- b) Donner aux cellules de la flexibilité et de la souplesse
- c) Résister à la pression de tension pendant l'ascension de l'eau
- d) Réguler l'ouverture des stomates

3. Lequel des exemples suivants est un exemple de transport actif dans une cellule ?

- a) L'oxygène traversant la membrane
- b) L'eau se déplaçant par osmose
- c) Le transport d'ions contre leur gradient de concentration dans les cellules racinaires
- d) La diffusion des gaz des poumons dans le sang

4. Laquelle des déclarations suivantes explique la relation entre le transport chez les plantes et le transport chez l'homme ?

- a) Les deux se produisent dans une seule direction
- b) Les deux visent à distribuer des matériaux et de l'énergie dans le corps
- c) Les deux reposent sur la lignine
- d) Les deux reposent sur le processus de transpiration

5. Dans le système circulatoire humain, les nutriments digérés sont transportés vers les cellules par :

- a) Les capillaires b) Les artères c) Les veines d) Le cœur

6- Le résultat de la respiration cellulaire aérobie dans les cellules est :

- a) le dioxyde de carbone, l'eau et l'énergie b) l'alcool et l'énergie
- c) l'acide lactique uniquement d) l'énergie sans autres produits

7. La mitochondrie représente le site principal dans la cellule pour le processus de :

- a) La photosynthèse
- b) La respiration aérobie
- c) La synthèse des protéines
- d) Le stockage des graisses

8. En l'absence d'oxygène, certaines cellules utilisent la respiration anaérobie pour obtenir de l'énergie, et parmi ses produits :

- a) L'eau uniquement
- b) L'éthanol ou l'acide lactique
- c) Le dioxyde de carbone uniquement
- d) Du glucose supplémentaire

9. Lequel des éléments suivants est une réaction exothermique ?

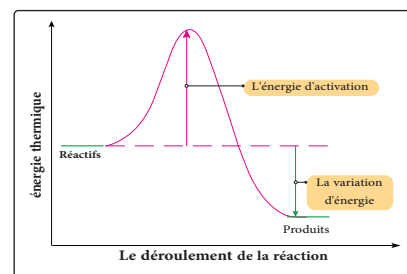
- a) La synthèse du glucose dans la photosynthèse
- b) La dégradation du glucose dans la respiration aérobie
- c) La formation de molécules
- d) le glucose supplémentaire

10. La relation entre les processus de respiration et de photosynthèse est que :

- a) Les produits de la respiration sont des réactifs pour la photosynthèse
- b) Les deux se produisent dans les mitochondries
- c) Les deux nécessitent la lumière du soleil
- d) Les deux se produisent chez tous les organismes vivants.

11. Le graphique opposé représente le changement d'énergie dans une réaction chimique. Que peut-on conclure à propos de cette réaction ?

- a) Réaction endothermique
- b) Réaction exothermique
- c) Le changement d'énergie est positif
- d) La température de l'environnement diminue



Deuxièmement: Questions à développement

Explique pourquoi :

1. L'eau monte dans les plantes malgré l'absence de pompe interne ?
2. Il existe deux types de vaisseaux conducteurs dans la plante (xylème et phloème) ?
3. La respiration cellulaire aérobie est plus efficace pour la produire de l'énergie que la respiration anaérobie ?
4. Le processus de respiration cellulaire est une réaction exothermique ?

3.3 L'excrétion et l'homéostasie, et leur rôle dans la stabilité de la biosphère

Les déchets métaboliques et les appareils excréteurs et leur rôle dans la rééquilibration de l'énergie et des substances

Les cellules du corps humain effectuent un nombre énorme de réactions biochimiques précises sans interruption. Ces réactions permettent au corps d'exercer ses différentes fonctions, telles que l'obtention d'énergie à partir des aliments, la construction de molécules biologiques essentielles, la résistance aux infections et le remplacement des cellules endommagées. Ces réactions sont collectivement connues sous le nom de processus métaboliques (métabolisme). Le métabolisme comprend deux processus opposés : le processus de construction (l'anabolisme) dans lequel de nouvelles substances nécessaires au corps sont produites, et le processus de dégradation (catabolisme) dans lequel des molécules complexes sont décomposées pour obtenir de l'énergie.

Bien que les réactions métaboliques soient essentielles à la vie, elles ne produisent pas toujours des substances utiles. Beaucoup d'entre elles laissent des produits secondaires dont le corps n'a pas besoin et qui peuvent être nocifs s'ils s'accumulent. Ces produits sont connus sous le nom de déchets métaboliques, et comprennent le dioxyde de carbone résultant de la respiration cellulaire, l'ammoniac produit par la dégradation des acides aminés dans le foie, et l'urée produite par la conversion de l'ammoniac toxique en une forme moins nocive, en plus de l'eau et des sels minéraux en excès qui sont éliminés par différentes manières.

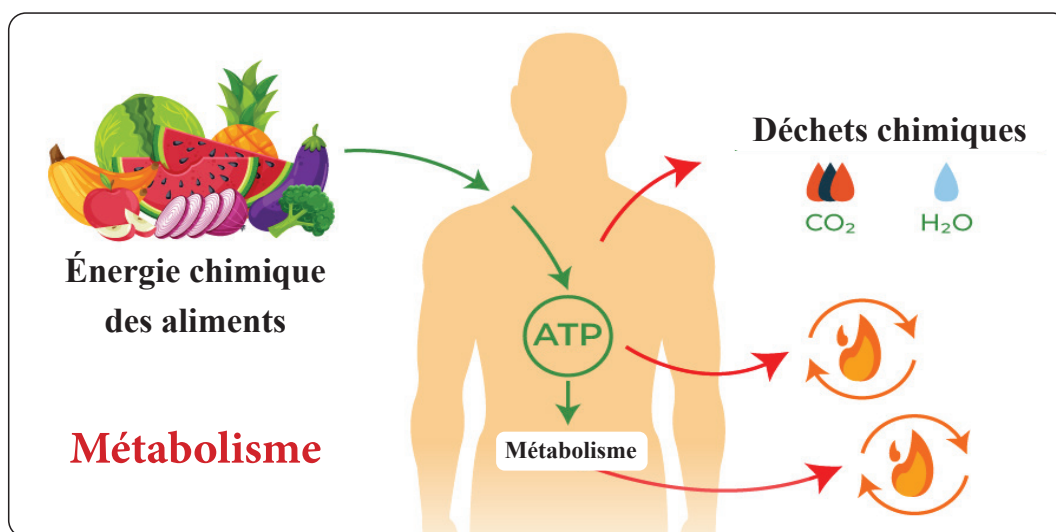


Figure (32) Les déchets du métabolisme

Puisque l'accumulation de ces déchets conduit à une perturbation de l'équilibre chimique des fluides corporels et affecte l'efficacité des cellulaires, l'organisme nécessite un mécanisme précis pour s'en débarrasser. C'est là qu'apparaît l'importance du processus d'excrétion qui est le processus biologique par lequel les déchets métaboliques sont éliminés du corps et le maintien de l'équilibre de l'environnement interne (Homéostasie).

Les reins régulent la concentration de l'eau et des ions dans le sang, la peau élimine l'eau et

les sels par les glandes sudoripares pour aider à réguler la température corporelle et les poumons expulsent le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau dans l'atmosphère, tandis que le foie est un centre principal de traitement des déchets convertissant les substances toxiques en composés qui peuvent être éliminés en toute sécurité.

Équilibre de l'eau et des sels dans le corps

Les reins sont parmi les organes les plus importants du système excréteur. Ils fonctionnent pour purifier le sang des déchets liquides résultant des réactions biologiques dans le corps. Le volume d'un rein a environ la taille d'un poing, et sa forme ressemble à celle d'un haricot, et ils sont situés de part et d'autre de la colonne vertébrale dans la partie inférieure du dos.

Les reins sont responsables de la production d'urine qui est le liquide produit pour éliminer l'excès d'eau, les sels en excès, l'urée et certains autres déchets dissous. L'urine est produite par filtration du sang à l'intérieur d'unités microscopiques connues sous le nom de néphrons, où les déchets sont éliminés du sang, tandis que les substances utiles telles que le glucose, les ions et l'eau sont réabsorbées dans la mesure nécessaire au corps dans un processus appelé réabsorption, pour maintenir l'équilibre interne.

Après la production d'urine, elle se déplace à travers les uretères vers la vessie urinaire, où elle est stockée jusqu'à ce qu'elle soit expulsée hors du corps par l'urètre.

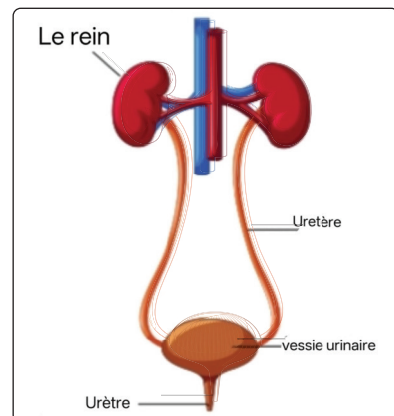


Figure (33) schéma de l'appareil urinaire

Maintien de l'équilibre ionique dans le corps

Les ions tels que le sodium, le potassium et le chlorure sont essentiels au fonctionnement des nerfs et des muscles, et à la régulation de la pression osmotique à l'intérieur et à l'extérieur des cellules. Lorsqu'un déséquilibre se produit dans la concentration de ces ions, les processus biologiques précis sont affectés. Par conséquent, le système excréteur - en particulier les reins - régule cet équilibre avec une grande précision. Par exemple, lorsque la concentration de sodium dans le sang augmente, les reins retiennent l'eau pour diluer sa concentration et lorsqu'elle est basse, ils éliminent une plus grande quantité d'eau pour maintenir l'équilibre ionique dans l'organisme.

L'excrétion contribue à maintenir l'équilibre entre les ions et l'eau dans les liquides corporels, ce qui permet de maintenir l'environnement interne stable.

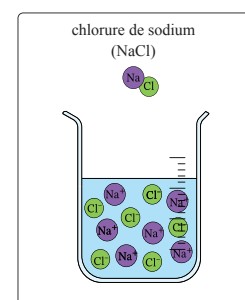


Figure (34) L'appareil excréteur régule la concentration des ions sodium et chlorure

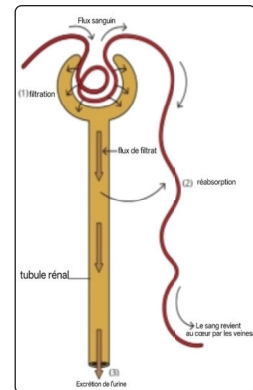
Réabsorption

La réabsorption est le processus de récupération des substances utiles du liquide filtré dans le néphron vers le sang. Cela se produit dans les parties tubulaires fines de chaque néphron, où les substances bénéfiques traversent les parois cellulaires environnantes vers les vaisseaux sanguins capillaires.

Au cours de ce processus :

- **La plupart du glucose est réabsorbé** dans le sang pour fournir de l'énergie aux cellules.
- **Une grande partie de l'eau est réabsorbée** pour maintenir le volume sanguin et l'équilibre des liquides dans le corps.
- **Les ions importants** tels que le sodium, le potassium et le chlorure sont également réabsorbés pour réguler les fonctions musculaires et nerveuses et maintenir la pression artérielle.

Les substances dont le corps n'a pas besoin, tels que l'urée, l'excès d'eau et certains ions, sont laissées pour être éliminées plus tard avec l'urine.



Figure(35) schéma simple d'un néphron montrant les étapes de la formation de l'urine (à titre indicatif)

Importance de la réabsorption

La réabsorption est considérée comme une étape vitale pour maintenir l'homéostasie (équilibre biologique) dans le corps, car elle lui permet de contrôler ce qu'il conserve et ce qu'il élimine. Sans réabsorption, le corps perdrait de grandes quantités d'eau et de nutriments, ce qui entraînerait une déshydratation sévère, un déséquilibre électrolytique, une pression artérielle basse et éventuellement un arrêt des fonctions des organes vitaux.

La peau et son rôle dans l'excrétion et la régulation de la température

La peau est l'enveloppe externe du corps et joue un double rôle dans la protection et l'excrétion.

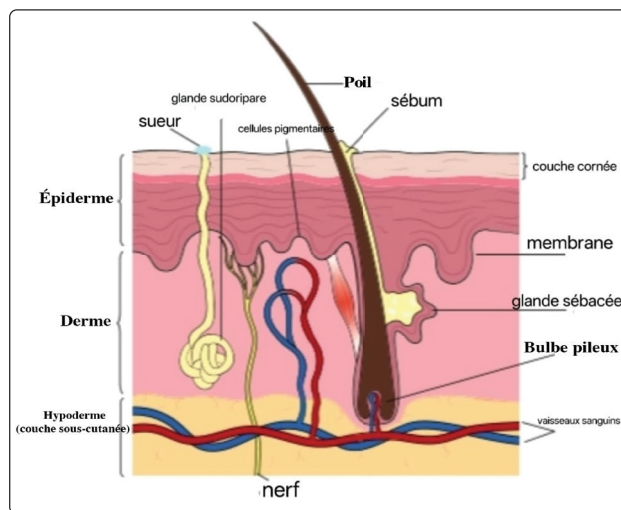


Figure (36) schéma de la peau humaine

La peau contient des glandes sudoripares qui sécrètent la sueur, un liquide composé d'eau, de sels minéraux (comme le chlorure de sodium) et de petites quantités d'urée. La sécrétion de sueur aide à réguler la température corporelle ; lorsque la sueur s'évapore de la surface de la peau, elle élimine une partie de la chaleur excessive, ce qui maintient le corps à une température relativement constante.

L'excrétion d'eau, de sels et d'une très faible quantité d'urée avec la sueur est l'une des formes d'excrétion qui aident à maintenir l'équilibre des fluides et des ions dans l'organisme.

La peau est composée de trois couches principales :

- **L'épiderme**, la couche externe qui protège le corps contre les microbes et la perte d'eau.

- **Le derme**, qui contient les glandes sudoripares, les follicules pileux et les vaisseaux sanguins qui aident à réguler la température.

- **La couche** sous-dermique est riche en lipides qui agissent comme un isolant thermique.

L'intégration de la peau avec les reins dans l'excrétion de l'eau en excès et des ions est un excellent exemple de l'intégration des appareils excréteurs pour maintenir l'homéostasie.

Le foie et son rôle dans le traitement des déchets

Le foie est considéré comme l'un des organes les plus importants dans le processus d'excrétion, car il fonctionne pour purifier le sang des produits nocifs et des déchets résultant des réactions biologiques. Le foie contribue à maintenir l'équilibre de l'environnement interne du corps en convertissant les substances toxiques en composés sûrs que le corps peut facilement éliminer. Le foie est comme un centre de purification ou de "station de traitement" qui protège le corps de l'accumulation de toxines.

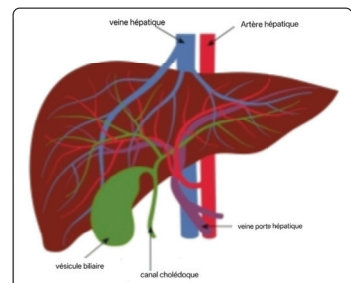


Figure (37) schéma montre le foie et la vésicule biliaire

Le foie aide à protéger le corps de l'accumulation de substances nocives de plusieurs manières: lorsque les protéines sont décomposées, la substance toxique, l'ammoniac, est formée, que le foie convertit en urée moins nocive pour être transportée vers les reins et éliminée avec l'urine.

Le foie fonctionne également pour décomposer l'hémoglobine résultant de la dégradation des globules rouges âgés, produisant la bilirubine qui est sécrétée dans la bile et éliminée avec les selles, tandis que son accumulation entraîne l'ictère (jaunisse).

Le foie élimine également les toxines et les substances étrangères telles que les médicaments et les additifs alimentaires, en les convertissant en substances moins nocives avant de les éliminer.

En outre, la bile aide à éliminer certains déchets insolubles dans l'eau tels que l'excès de cholestérol et certains pigments, ce qui contribue à maintenir l'équilibre interne du corps.

Rôle des poumons dans l'excrétion des déchets gazeux

Dans le processus de respiration cellulaire, les cellules de l'organisme utilisent l'oxygène et le glucose pour produire de l'énergie, ce qui produit de l'eau et du dioxyde de carbone. Le dioxyde de carbone passe des cellules au sang, qui le transporte vers les poumons pour être expulsé hors de l'organisme avec l'air expiré. Ainsi, le processus d'expiration fait partie du processus d'excrétion, où l'organisme se débarrasse des déchets gazeux.

L'accumulation de dioxyde de carbone dans le sang augmente l'acidité du sang, ce qui perturbe l'activité des enzymes et menace les processus biologiques. C'est pourquoi une respiration régulière est nécessaire pour maintenir l'équilibre des gaz dans le sang, et donc l'homéostasie du corps.

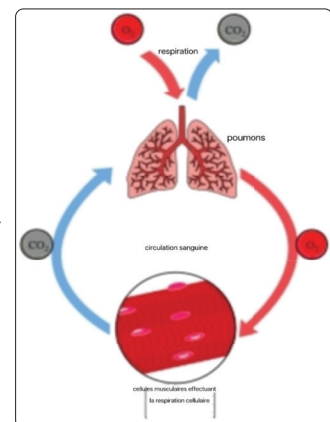


Figure (38) le rôle des poumons dans l'excrétion

Applications technologiques

1. Le rein bio artificiel : Une solution future pour l'insuffisance rénale

Le rein bio artificiel (dispositifs de simulation rénale) est considéré comme l'une des applications technologiques modernes prometteuses pour traiter l'insuffisance rénale. Ce rein fonctionne à l'intérieur du corps du patient ou y est implanté, et vise à remplir les fonctions d'un rein naturel.

Le principe physique fondamental de son fonctionnement est la filtration, où le liquide sanguin passe à travers des membranes fines et semi-perméables qui permettent le passage de petites molécules et des déchets dans un liquide de nettoyage ou de l'autre côté de la membrane, tout en empêchant le passage des protéines et des grandes cellules sanguines.

L'aspect biologique repose sur l'ingénierie cellulaire ; le rein bio artificiel contient des cellules spécialisées récoltées ou conçues en laboratoire qui imitent certaines fonctions biochimiques du rein, telles que la régulation des niveaux de certains sels et la sécrétion de composés importants.

La présence de ces cellules associée aux unités de filtration, permet un contrôle plus précis de l'équilibre des substances dans le sang.

2. Physique des ondes ultrasonores dans les reins et la vessie

Les appareils à ondes ultrasonores (haute fréquence) sont utilisés pour imager les organes excréteurs et diagnostiquer les calculs ou les infections.

Le fonctionnement de ces appareils repose sur les propriétés des ondes sonores, telles que la réflexion et la réfraction, pour former une image précise de l'état des organes internes sans intervention chirurgicale.

Réflexion des ondes : Les ondes ultrasonores entrent en collision avec différents tissus (comme la paroi de la vessie ou la surface d'un calcul) une partie est réfléchi. L'intensité de cette réflexion dépend de l'impédance acoustique du tissu.

Diffusion des ondes : Elle se produit lorsque les ondes frappent des surfaces irrégulières ou de petites particules à l'intérieur des tissus, ce qui aide à montrer les détails de la texture de l'organe.

Traitement numérique : L'appareil calcule le temps mis par l'écho pour revenir, et à partir de la vitesse du son dans les tissus, il détermine la profondeur et l'emplacement de l'organe avec précision et le convertit en image numérique.

3. Physique thermique et fonctionnement des glandes sudoripares

Le processus de sudation repose sur l'absorption d'une quantité de chaleur du corps pour évaporer la sueur, ce qui est une application du concept d'équilibre thermique et d'évaporation.

Les appareils de thermographie infrarouge sont utilisés pour analyser le taux de perte de chaleur à travers la peau, ce qui aide à surveiller l'équilibre thermique interne du corps.

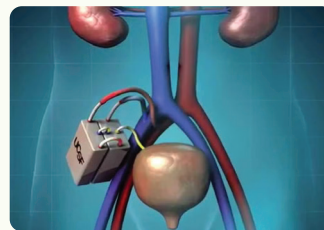


Figure (39) Rein artificiel



Figure (40) Échographie

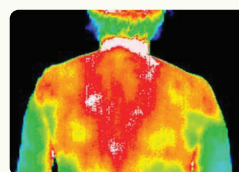


Figure (41) Mesure de la température par infrarouge

Cycles des éléments dans la biosphère

Après avoir appris les processus d'excrétion et comment ils contribuent à maintenir l'équilibre interne dans les organismes vivants, il est temps de réfléchir à la manière dont cet équilibre s'étend à l'ensemble de l'écosystème. Tout comme les organes du corps travaillent ensemble pour maintenir son équilibre interne, les éléments de la biosphère - tels que l'eau, le carbone et le nitrogène fonctionnent dans des cycles naturels continus qui assurent la pérennité de la vie sur Terre.

Parmi ces éléments les plus importants sont le carbone, le nitrogène, et le phosphore sont particulièrement importants car ils participent à des cycles successifs au cours desquels ils sont transférés entre l'air, l'eau, le sol et les organismes vivants.

Le Cycle du Carbone

Les plantes vertes absorbent le dioxyde de carbone de l'air pendant le processus de la photosynthèse pour produire de la nourriture, puis les composés qui contiennent du carbone sont transférés aux animaux lorsqu'ils se nourrissent des plantes. Lorsque les organismes vivants respirent ou se décomposent, le dioxyde de carbone retourne à nouveau dans l'air.

En outre, des oxydes de carbone sont émis par les usines et la combustion des carburants.

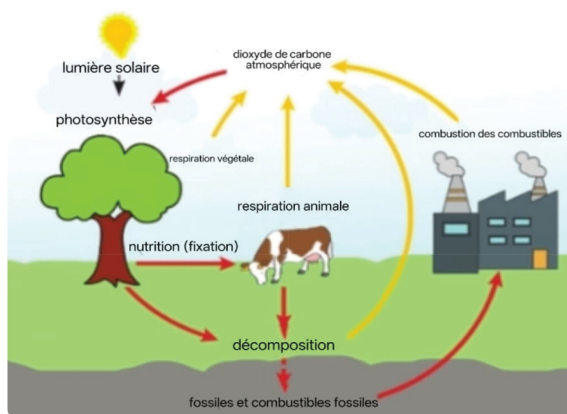


Figure (42) cycle du carbone

Le Cycle du Nitrogène

Le Nitrogène représente un composant essentiel des protéines dans les corps des organismes vivants.

Le cycle du Nitrogène commence par la fixation du Nitrogène atmosphérique par un type de bactéries présentes dans le sol, qui le transforment en composés assimilables par les plantes. Ces composés sont transférés aux animaux par la nourriture, puis retournent au sol par les déchets ou les organismes morts, où des types de bactéries les convertissent à nouveau en gaz azote, qui retourne dans l'atmosphère.

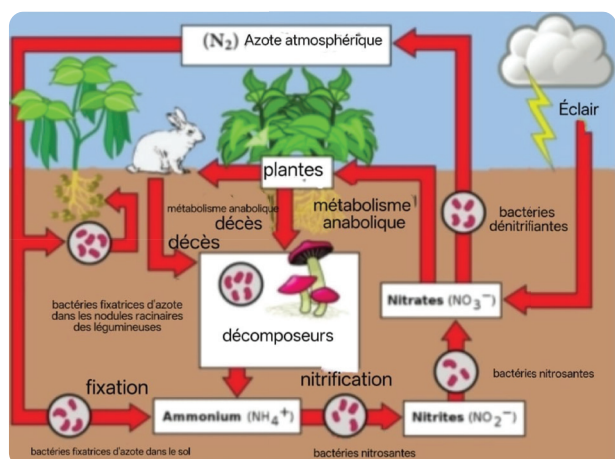


Figure (43) cycle de l'Azote

Cycle du Phosphore

Les composés du phosphore se trouvent dans les roches et le sol. Les plantes absorbent les composés phosphorés, après leur libération des roches par les processus d'altération, puis ils sont transférés aux animaux par la chaîne alimentaire pour former les os, les dents et les acides nucléiques. (ADN et ARN) et les molécules d'énergie (ATP)

Lorsque les organismes meurent ou par leurs déchets, les décomposeurs renvoient le phosphore au sol.

Contrairement aux cycles du carbone et de l'azote, l'atmosphère ne fait pas partie du cycle du phosphore, mais le cycle du phosphore reste limité aux enveloppes biotique, lithosphère et l'hydrosphère.

Les cycles des éléments sont essentiels pour la continuité de la vie sur Terre, car ils assurent le recyclage des éléments vitaux entre les organismes vivants et l'environnement de manière équilibrée.

De ce qui précède, nous déduisons que le processus d'excrétion ne se limite pas à l'élimination des déchets à l'intérieur des organismes vivants, mais représente un lien important dans la continuité des cycles des éléments dans la nature.

Les substances résultant de l'excrétion, telles que le dioxyde de carbone et l'urée, participent aux cycles du carbone et de l'azote et autres, l'urée se décompose dans le sol sous l'action des bactéries en ammoniacque puis en nitrates absorbés par les plantes, ce qui assure la réutilisation des éléments et la continuité de la vie dans la biosphère.

Ainsi, les processus d'excrétion et les cycles naturels contribuent ensemble à maintenir l'équilibre et la stabilité dans la biosphère, pour qu'elle reste propice au soutien des différentes formes de vie.

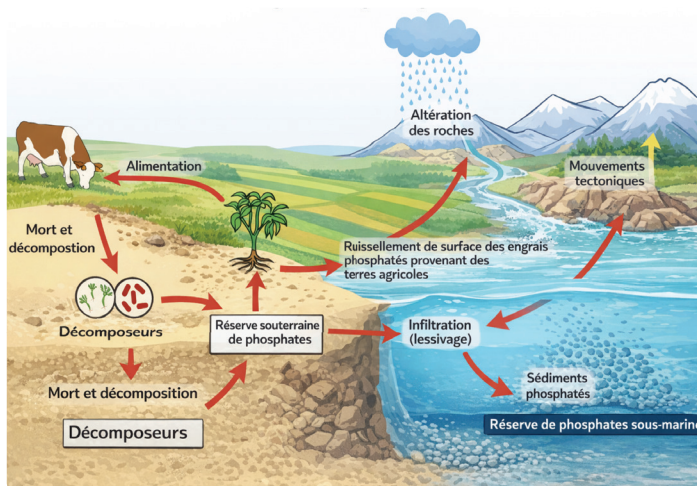


Figure (44) cycle du phosphore



Activité de recherche

Réfléchis comment les corps des organismes vivants éliminent les déchets résultant des processus biologiques afin de maintenir un environnement interne stable.

Maintenant pense au domaine plus large dans lequel nous vivons - la biosphère - qui comprend tous les organismes vivants et leurs habitats sur la planète Terre.

Tâche de recherche : Recherche sur Internet des exemples qui illustrent comment les processus d'excrétion de différents organismes vivants affectent l'équilibre des écosystèmes dans la biosphère. Tu peux utiliser des sources scientifiques ou des sites éducatifs fiables.

Évaluation : Leçon 3



Premièrement : Questions à choix multiples

Choisis la bonne réponse :

1- Quel est l'organe principal responsable de l'élimination des déchets nitrogénés du sang ?

- a. Le Foie b. La Peau c. Les Reins d. Les Poumons

2- Lorsque les sels dans le sang augmentent, les reins réagissent en :

- a. sécrétant plus de sueur b. augmentant la réabsorption de l'eau
c. augmentant l'excrétion de l'eau d. stockant les sels

3- L'ammoniac toxique dans le corps est transformé en urée dans :

- a. Les reins b. Le foie c. Les poumons d. La peau

4- Qu'est-ce qui explique la relation entre l'excrétion et l'homéostasie dans le corps ?

- a. L'expulsion de l'eau uniquement
b. Le maintien de la stabilité relative de l'environnement interne du corps
c. La production d'énergie d. Le transport de l'oxygène

5- Si les reins échouent à remplir leur fonction, la première chose à être affectée est :

- a. Le niveau d'oxygène b. Le taux de déchets dans le sang
c. Le nombre de cellules sanguines d. La production d'hormones

6- La quantité de sueur sécrétée par le corps augmente lorsque :

- a. La température diminue b. L'humidité augmente
c. La température augmente d. Le flux sanguin vers la peau diminue

7- Quel composant est réabsorbé dans les reins pour maintenir l'équilibre hydrique ?

- a. Le glucose b. Le dioxyde de carbone c. L'eau d. L'ammoniac

8- L'excrétion du dioxyde de carbone par les poumons est un exemple de :

- a. Régulation de la température b. Excrétion gazeuse
c. Excrétion solide d. Transmission nerveuse

9- Quel est le rôle commun entre la peau et les reins dans l'homéostasie ?

- a. Production d'hormones b. Stockage des déchets
c. Excrétion de l'eau et des sels d. Production d'énergie

10- La toxicité du corps augmente lorsque :

- a. Le taux de respiration diminue
- b. Les déchets métaboliques s'accumulent
- c. La sécrétion de sueur augmente
- d. La pression artérielle diminue

Deuxièmement : Questions à développement**Explique pourquoi:**

- 1. L'ammoniac est transformé en urée dans le corps avant son excrétion ?**
- 2. L'excrétion d'une grande quantité de sueur dans un environnement chaud aide à maintenir l'équilibre du corps?**
- 3. Une perturbation des fonctions corporelles se produit lorsque les déchets métaboliques s'accumulent ?**
- 4. Le volume d'urine augmente lorsqu'on boit beaucoup d'eau ?**
- 5. L'excrétion est essentielle pour maintenir l'équilibre biologique (ou homéostasie) de l'organisme vivant ?**

3.4

La sensation et la réponse et leur rôle dans l'interaction des organismes vivants avec la biosphère

La sensation des stimuli et la réponse à ceux-ci est parmi caractéristiques fondamentales qui distinguent les organismes vivants, car elles leur permettent d'interagir avec leur environnement et de maintenir leur survie. Le système nerveux est le système responsable de la réception des informations du milieu environnant, de leur traitement, puis de l'émission de réponses appropriées grâce à un système précis qui permet à l'organisme vivant de s'adapter aux changements environnementaux, contribuant ainsi à la stabilité et à l'équilibre de la biosphère, de sorte que chaque organisme maintient son équilibre interne et sa réponse appropriée aux facteurs externes.

Le système nerveux

- Le système nerveux est principalement composé du système nerveux central qui comprend le cerveau et la moelle épinière et du système nerveux périphérique qui comprend tous les nerfs répartis dans tout le corps qui relient le système nerveux central aux autres organes.
- Le système nerveux reçoit les signaux des sens et les traite, puis envoie des ordres aux autres parties du corps pour une réponse appropriée, que cette réponse soit volontaire ou involontaire.

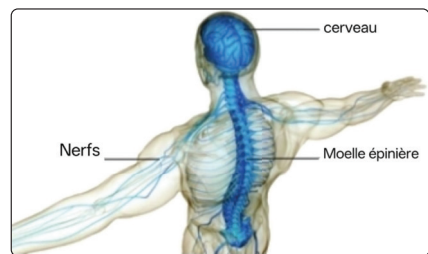


Figure (45) système nerveux

Les neurones : unité d'interaction de l'organisme vivant avec l'environnement

Les neurones sont les unités de construction fondamentales du système nerveux. Chaque neurone est généralement composé d'un corps cellulaire contenant le noyau et les organites, des extensions appelées dendrites qui reçoivent les signaux, et d'un axone qui transmet le signal loin du corps cellulaire vers d'autres cellules ou vers les muscles et les glandes.

Aux extrémités de l'axone, il y a des ramifications appelées terminaisons nerveuses qui communiquent avec d'autres cellules via des synapses.

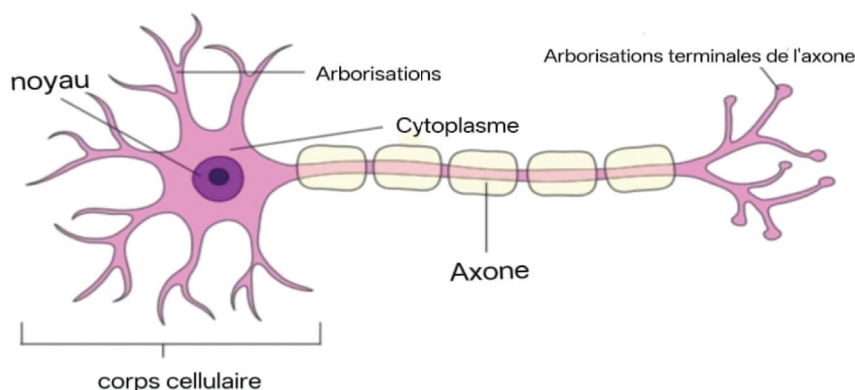


Figure (46) Neurone

Types de neurones

Les neurones sont classés selon leur fonction en :

- **Neurones sensoriels** : transmettent des informations des récepteurs sensoriels au système nerveux central (cerveau et moelle épinière)
- **Neurones moteurs** : transmettent des ordres aux organes effecteurs tels que les muscles et les glandes
- **Neurones interneurones** (ou neurones associatifs) : agissent comme un lien entre les neurones sensoriels et moteurs

Transmission de l'influx nerveux et potentiel de membrane :

Dans les neurones, la distribution des ions est différente à l'intérieur et à l'extérieur de la cellule. La concentration en ions sodium (Na^+) est beaucoup plus élevée à l'extérieur de la cellule qu'à l'intérieur, tandis que la concentration en ions potassium (K^+) est plus élevée à l'intérieur de la cellule qu'à l'extérieur.

Cela entraîne une différence de potentiel à travers la membrane cellulaire appelée potentiel de membrane. Lorsque la cellule n'est pas excitée (c'est-à-dire au repos), la surface externe de la membrane cellulaire est positive et la surface interne est négative, ce qui est connu sous le nom de polarisation, avec une différence de potentiel d'environ (-70 mV) en résultat de trois mécanismes fondamentaux.

• **La perméabilité sélective de la membrane cellulaire** qui permet la sortie d'ions K^+ à un taux plus élevé que les ions Na^+ dans la cellule.

• **La distribution inégale des ions** où la concentration des ions et des protéines négatives est plus élevée à l'intérieur de la cellule qu'à l'extérieur.

• **Les pompes à sodium et potassium** qui utilisent l'énergie d'ATP, où l'énergie de chaque molécule d'ATP entraîne la sortie de trois ions Na^+ et l'entrée de deux ions K^+

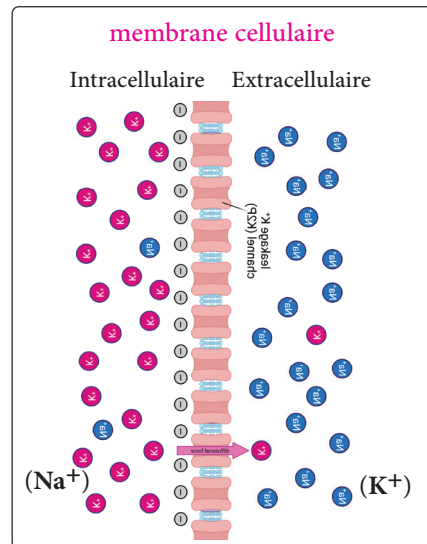


Figure (47) Concentration des ions de part et d'autre de la membrane cellulaire

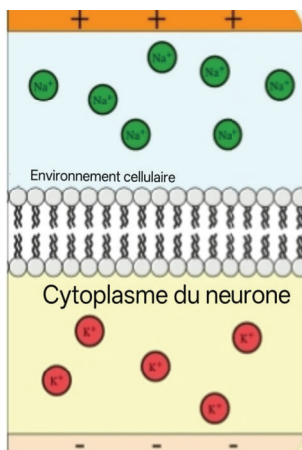


Figure (48) Potentiel de repos

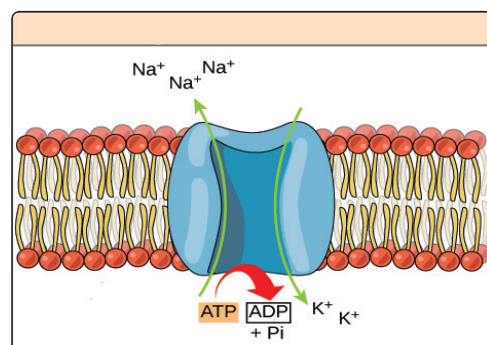


Figure (49) pompe sodium-potassium

Lorsque la cellule nerveuse reçoit un stimulus suffisant pour l'exciter, des canaux spéciaux s'ouvrent dans la membrane cellulaire, permettant le passage rapide d'ions sodium (Na^+), ce qui rend le potentiel intérieur de la cellule positif. La différence de potentiel à travers la membrane cellulaire devient d'environ $(+40 \text{ mV})$. Cette phase est appelée dépolarisation.

La dépolarisation agit comme un stimulus pour la région adjacente du nerf, provoquant des changements qui ressemblent complètement à ceux qui ont eu lieu lors de la stimulation initiale de la cellule nerveuse, et ainsi de suite. Un influx nerveux se propage ainsi sous forme d'impulsions (Nerve Impulse) le long de la cellule nerveuse, par dépolarisation, puis repolarisation, puis dépolarisation à nouveau, et ainsi de suite.

La première région de la membrane subit une repolarisation lorsque les canaux sodium se ferment et que les canaux potassium s'ouvrent pour laisser sortir les ions K^+ , ramenant la différence de potentiel à sa valeur négative initiale. Ensuite, pendant une courte période (environ 0,001 à 0,003 seconde), appelée période réfractaire, la cellule ne répond pas à un nouveau stimulus. Après cela, elle retrouve sa capacité à répondre à un nouveau stimulus.

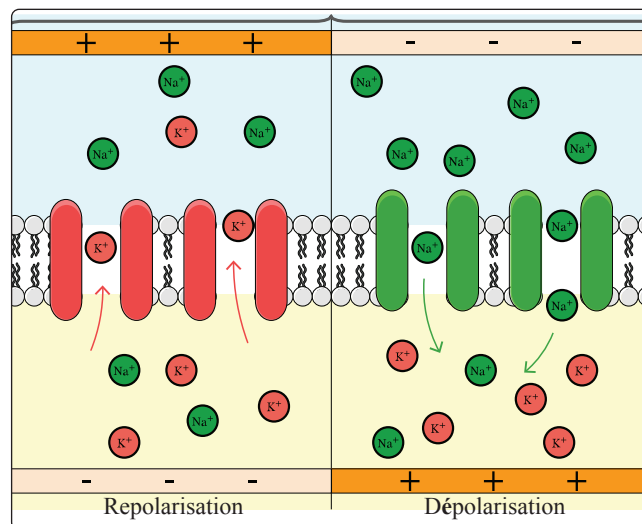


Figure (50) les changements dans l'état du neurone

La synapse : la chimie de la communication nerveuse

Après avoir appris comment l'influx nerveux est généré à l'intérieur de la cellule nerveuse et se propage le long de son axone, une question importante demeure : comment cet influx est-il transmis d'une cellule nerveuse à une autre ?

À l'extrémité de l'axone d'une cellule nerveuse, le signal nerveux ne passe pas directement à la cellule nerveuse suivante, mais traverse une zone de contact appelée synapse. Chaque cellule nerveuse est connectée à un nombre énorme d'autres cellules par ces synapses.



Figure (51) Synapse

Pour imaginer la complexité de ce système, une seule cellule de Purkinje (un type de cellule nerveuse présente dans le cerveau) peut recevoir des signaux d'environ 200 000 synapses, en même temps, provenant de différentes cellules nerveuses qui convergent vers elle pour déterminer une réponse coordonnée unique.

La **synapse** est composée de trois parties :

1. Le bouton synaptique : un renflement à l'extrémité de l'axone de la cellule émettrice du signal nerveux. Il contient de petites vésicules appelées vésicules synaptiques qui renferment des substances chimiques importantes pour la transmission du signal nerveux, telles que la noradrénaline et l'acétylcholine.

2. La fente synaptique : un espace fin entre les deux cellules adjacentes.

3. La membrane postsynaptique : une partie de la membrane de la cellule réceptrice.

À l'intérieur du bouton synaptique, il y a des petites vésicules qui contiennent des neurotransmetteurs tels que l'acétylcholine et la noradrénaline, qui sont des substances chimiques transmettant le signal entre les cellules.

Mécanisme de transmission de l'influx nerveux à travers la synapse

1. Lorsque l'influx nerveux arrive à l'extrémité de l'axone, un certain nombre de canaux spécifiques aux ions calcium (Ca^{+2}) s'ouvrent pour laisser entrer les ions (Ca^{+2}) dans le bouton synaptique.

2. L'entrée des ions (Ca^{+2}) déclenche la libération des neurotransmetteurs dans la fente synaptique.

3. Les neurotransmetteurs se propagent à travers la fente et se lient à des récepteurs spécifiques sur la cellule suivante, ce qui ouvre des canaux ioniques pour les ions sodium et potassium dans la membrane de cette cellule, générant ainsi un nouveau signal nerveux.

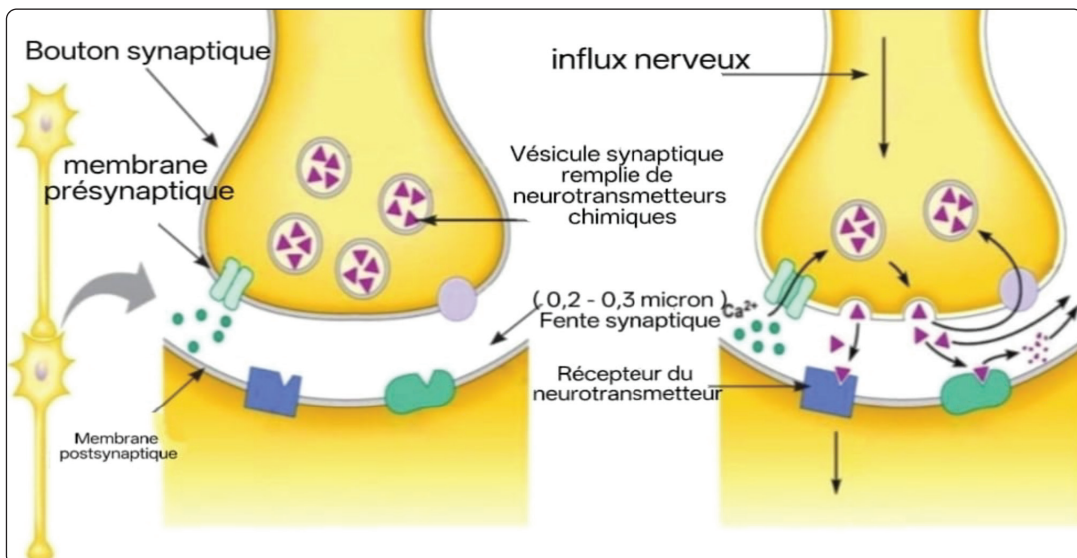


Figure (52) Transmission de l'influx nerveux au niveau de la synapse

4- Après que les neurotransmetteurs tels que l'acétylcholine aient joué leur rôle, ils sont dégradés par des enzymes spécifiques, et la membrane cellulaire revient à son état de repos.

De cette manière, l'influx nerveux se propage dans le système nerveux avec une grande précision et une grande rapidité, permettant ainsi à l'organisme de répondre aux stimuli.

Applications technologiques

Test de vitesse de conduction nerveuse (VCN)

Le test de vitesse de conduction nerveuse (VCN) est un examen diagnostique utilisé pour évaluer la fonction et l'intégrité des nerfs. Il aide à évaluer les dommages nerveux, à détecter les troubles associés et à déterminer l'étendue et la localisation des lésions ou des anomalies.

Il est couramment utilisé pour diagnostiquer et évaluer les conditions qui affectent les nerfs et la moelle épinière.

Pendant le test, de petits courants électriques sont appliqués à des nerfs spécifiques à l'aide d'électrodes de surface placées sur la peau. Ces impulsions électriques stimulent les nerfs et les réponses sont enregistrées et analysées.

Le test est généralement sûr et non invasif.

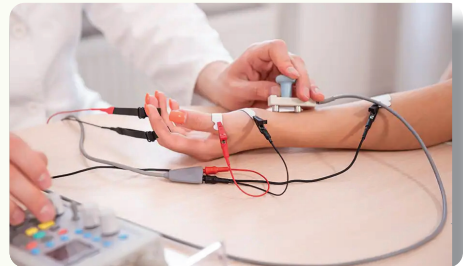


Figure (53) Test de vitesse de conduction nerveuse

En conclusion, il est clair que le système nerveux joue un rôle essentiel dans la réalisation de l'équilibre biologique au sein des organismes. Ses signaux régulent diverses activités vitales pour assurer une réponse rapide et précise de l'organisme aux changements environnementaux.

Grâce à cette capacité d'auto-régulation, la sensation et la réponse contribuent à maintenir l'équilibre interne des organismes vivants et, par conséquent, à la stabilité de la biosphère. L'interaction équilibrée entre les organismes et leur environnement demeure ainsi la base de la continuité de la vie sur Terre.

Évaluation : Leçon 4**Premièrement : Questions à choix multiples**

Choisis: la bonne réponse :

1. La cellule nerveuse est l'unité de base de la constitution du système nerveux, et sa fonction principale est :

- (A) la production d'hormones
- (B) la transmission de l'influx nerveux
- (C) le stockage de l'énergie
- (D) la défense du corps

2. La période pendant laquelle un nouvel influx nerveux ne peut pas être généré est appelée :

- (A) dépolarisation
- (B) repolarisation
- (C) période réfractaire
- (D) potentiel de repos

3. Laquelle des affirmations suivantes explique pourquoi la pompe à sodium et potassium a besoin d'énergie ?

- (A) Parce qu'elle transporte les ions dans le sens du gradient de concentration
- (B) Parce qu'elle transporte les ions à l'encontre du gradient de concentration
- (C) Parce qu'elle ne dépend pas de l'ATP
- (D) Parce qu'elle ne fonctionne que pendant le sommeil

4. Lors de la dépolarisation, le potentiel de membrane :

- (A) reste constant à -70 mV
- (B) devient plus négatif
- (C) passe de négatif à positif
- (D) ne change pas

5. Lors de la repolarisation, il se produit :

- (A) une entrée d'ions sodium dans la cellule
- (B) une sortie d'ions potassium de la cellule
- (C) un arrêt de la pompe à sodium et potassium
- (D) une augmentation du potentiel positif à l'intérieur de la cellule

6. Quelle est la fonction principale des neurotransmetteurs dans la synapse ?

- (A) le stockage de l'énergie
- (B) la transmission du signal entre deux cellules
- (C) la dégradation des ions
- (D) l'augmentation de la vitesse de l'axone

7. Lequel de ce qui suit se produit directement après l'arrivée de l'influx nerveux aux boutons terminaux ?

- (A) la sortie de calcium de la cellule
- (B) l'entrée de calcium et la fusion des vésicules avec la membrane
- (C) la fermeture des canaux sodium
- (D) la dégradation du neurotransmetteur

8. L'enzyme cholinestérase agit en :

- (A) stimulant la dépolarisation
- (B) reconstruisant les vésicules
- (C) dégradant l'acétylcholine après son action
- (D) augmentant la perméabilité de la membrane

9. Qu'est-ce qui explique l'importance du potentiel de repos dans la cellule nerveuse ?

- (A) Il empêche la réponse de la cellule
- (B) Il maintient la membrane prête à transmettre l'influx nerveux lorsqu'un stimulus se produit
- (C) Il augmente le nombre de synapses
- (D) Il réduit la perméabilité de la membrane à l'eau

10. La cellule de Purkinje, qui peut recevoir des centaines de milliers de synapses, montre que :

- (A) le système nerveux est lent à répondre
- (B) les cellules nerveuses fonctionnent de manière isolée
- (C) le système nerveux est un réseau interconnecté qui transmet des informations rapidement et avec précision
- (D) les synapses sont rares dans le cerveau

Deuxièmement : Questions à développement**Explique pourquoi:**

- 1. La pompe à sodium et potassium est essentielle pour maintenir le potentiel de repos dans les cellules nerveuses.**
- 2. Il y a une hyperpolarisation immédiatement après la repolarisation.**
- 3. L'existence d'une fente synaptique entre deux cellules nerveuses est nécessaire malgré sa petite taille.**
- 4. Le système nerveux fonctionne plus rapidement que le système hormonal.**
- 5. L'inhibition de la pompe à sodium et potassium par l'ouabaïne entraîne l'arrêt du fonctionnement du système nerveux.**

3.5 Applications des nanotechnologies et durabilité de la biosphère

Grâce à la science, l'homme a pu observer ce qui est plus petit que les cellules et contrôler la composition de la matière au niveau des molécules et des atomes. Les nanotechnologies ont ainsi émergé, révolutionnant l'interaction de l'homme avec la biosphère.

L'un des défis réels auxquels sont confrontés les médecins et les scientifiques est de savoir comment traiter une tumeur cancéreuse dans le corps du patient sans détruire les cellules et les tissus sains.

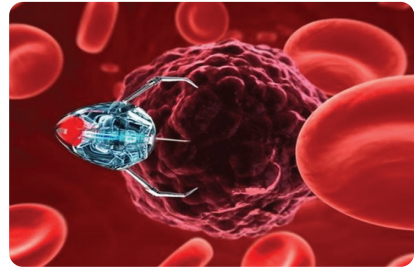


Figure (54) Utilisation de la nanotechnologie sur les cellules cancéreuses

Pendant des années, les traitements conventionnels du cancer - qu'ils soient chimiques ou radiologiques - ont été une épée à double tranchant ; ils tuent les cellules cancéreuses, mais provoquent des effets secondaires graves pour l'ensemble de l'organisme.

Le domaine des nanotechnologies a évolué et a apporté une solution excitante : le médicament anticancéreux est entouré de nanoparticules ciblées qui visent spécifiquement les cellules cancéreuses, où elles libèrent le médicament directement, réduisant ainsi les risques d'exposition des autres tissus à la substance médicamenteuse toxique.

Cela a conduit à une augmentation de l'efficacité du traitement et à une réduction des effets secondaires.

Ces progrès ouvrent la porte à de nombreuses autres applications dans les domaines de la médecine, de l'énergie et de l'environnement, et constituent une introduction appropriée à l'étude de ce que nous entendons par matériaux nanométriques et pourquoi ils possèdent cette puissance.

Qu'est-ce que la nanotechnologie ?

Le mot "nanotechnologie" est composé de deux parties :

- **Nano** : mot grec signifiant "nain" ou "très petit".
- **Technologie** : signifie l'application pratique des connaissances dans un domaine spécifique.

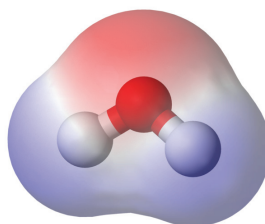
Ainsi, la nanotechnologie est la technologie qui traite des matériaux à des dimensions extrêmement petites, mesurées en nanomètres.

La production de matériaux et de dispositifs nouveaux dotés de propriétés uniques qui n'existent pas dans leur état normal.

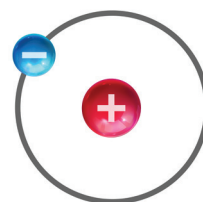
Qu'est-ce que la nanotechnologie ?



Diamètre d'un grain de sable = 1,000,000 nm



Diamètre d'une molécule d'eau = 0,3nm



Diamètre d'un atome $\approx 0.1 - 0.3$ nm

Figure (55)

Le nanomètre est une unité de mesure extrêmement petite, équivalant à un milliardième de mètre ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Un nanomètre est environ 100000 fois plus petit que le diamètre d'un cheveu humain !

Les matériaux nanométriques sont des matériaux dont au moins la longueur d'une de ses dimensions est comprise entre 1- 100 nanomètres. Cette taille nanométrique leur confère des propriétés différentes par rapport à leurs homologues de taille plus grande.

Pourquoi les propriétés des matériaux changent-elles à l'échelle nanométrique ?

Lorsque la matière est réduite à cette petite taille, ses propriétés chimiques et physiques, telles que la couleur, la dureté, la solubilité, la conductivité électrique et même le point de fusion, changent. Cela est dû à deux facteurs principaux :

1. Augmentation du rapport de la surface au volume:

Imagine que tu as un gros cube de sucre et un autre divisé en petits grains. Lequel se dissout le plus rapidement dans l'eau ? Évidemment, le sucre en grains, car sa surface est plus grande, ce qui augmente les chances de contact et de collision entre les molécules d'eau et de sucre.

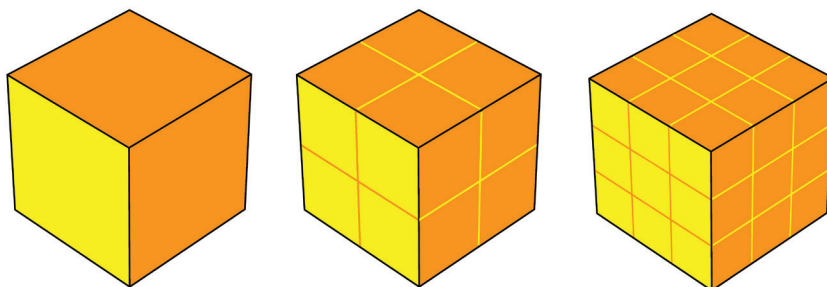


Figure (56) Rapport surface / volume

Cela s'applique aux matériaux nanométriques : plus les particules sont petites, plus leur surface active est grande par rapport à leur volume, et plus leur capacité à réagir est élevée.

2-Effets quantiques

Les effets quantiques apparaissent lorsque les dimensions de la particule sont proches des longueurs d'onde associées au mouvement des électrons, ce qui fait que la matière se comporte de manière entièrement nouvelle.

Exemples de matériaux nanométriques :

- **Le nano-or** : l'or dans son état normal est de couleur jaune brillant, mais lorsqu'il est remodelé à l'échelle nanométrique, sa couleur change en fonction de la taille des particules, pouvant devenir rouge, orange ou bleu.

- **Le nano-cuivre** : lorsque les particules de cuivre sont réduites à l'échelle nanométrique, leur dureté et leur résistance augmentent par rapport au cuivre ordinaire.



Figure (57) Différentes couleurs du nano-d'or

Chimie nano (Nanochimie)

La nanochimie est la branche qui étudie la manière de synthétiser, caractériser et appliquer les matériaux nanométriques, et s'intéresse à comprendre les changements de

propriétés à cette échelle minuscule.

Les matériaux nanométriques se présentent sous différentes formes selon leurs dimensions :

1. Matériaux nanométriques zéro-dimensionnels (0D Nanomaterials)

Dans ce type, les trois dimensions du matériau (longueur, largeur, hauteur) sont à l'échelle nanométrique. Ces matériaux se présentent sous forme de points ou de grains extrêmement fins.

Exemples :

- Points quantiques (Quantum Dots)
- Nanoparticules (Nanoparticles) telles que les nanoparticules d'or ou d'argent.

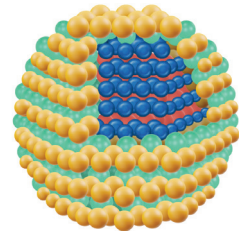


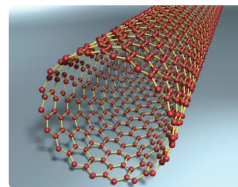
Figure (58) les points quantiques

2-Matériaux nanométriques unidimensionnels (1D Nanomaterials)

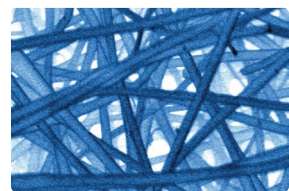
Ces matériaux n'ont qu'une seule dimension en dehors de l'échelle nanométrique (c'est-à-dire que leur longueur peut être grande), tandis que les deux autres dimensions sont situées à l'intérieur de l'échelle nanométrique).

Exemples :

- Nanotubes (Nanotubes) tels que les nanotubes de carbone
- Nanofibres (Nanofibers) et nanofils (Nanowires).



Les nanotubes de carbone



Les nanofibres

Figure (59)

3-Matériaux nanométriques bidimensionnels (2D Nanomaterials)

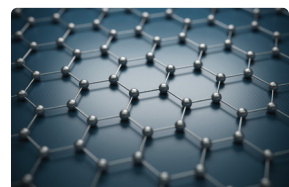
Ces matériaux ont deux dimensions en dehors de l'échelle nanométrique, (une grande surface plane), tandis que seulement leur épaisseur est à l'intérieur de l'échelle nanométrique. Ils se présentent généralement sous forme de feuilles ou de couches très fines.

Exemples :

- Graphène (Graphene)- membranes minces (Thin Films)- Couches nanométriques.



Les membranes minces



Le graphène

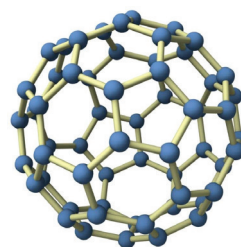
Figure (60)

4-Matériaux nanométriques tridimensionnels (3D Nanomaterials)

Ce sont des matériaux dont aucune de ses dimensions n'est à l'intérieur l'échelle nanométrique (ils sont grands dans les trois dimensions), mais qui sont constitués d'unités de construction nanométriques ou qui possèdent une structure interne nanométrique (comme des pores ou des grains compactés).

Exemples :

- Matériaux nanométriques poreux
- Matériaux nanométriques polycristallins
- Matériaux composites nanométriques (Nanocomposites).



Matériaux nanométriques poreux



Matériaux nanométriques polycristallins

Figure (61)

Conduction nerveuse utilisant des matériaux nanométriques

Dans la leçon précédente, nous avons appris que l'influx nerveux se propage à travers les cellules nerveuses sous forme d'impulsions électriques qui passent d'une cellule à l'autre via les synapses, permettant au corps de répondre rapidement à divers stimuli. Mais que se passe-t-il si une partie de ce trajet nerveux est endommagée ? Le signal nerveux peut-il traverser la zone endommagée ?

La nanosciences a permis aux scientifiques de développer de nouvelles méthodes pour reconnecter les nerfs endommagés et aider l'influx nerveux à passer à nouveau comme si le nerf n'avait pas été endommagé.

Les matériaux nanométriques conducteurs d'électricité, tels que les nanotubes de carbone et les nanofils, sont utilisés dans ce domaine. Ces matériaux permettent de transmettre les influx nerveux entre les cellules nerveuses endommagées, tout comme les influx nerveux se propagent dans un nerf sain.

Lorsque des nanotubes de carbone ou des nanofils sont placés entre les extrémités d'un nerf sectionné, ces éléments forment un pont nanométrique qui permet le passage des impulsions nerveuses électriques d'une extrémité à l'autre, aidant ainsi à restaurer progressivement le mouvement ou la sensation.

Les interfaces nanométriques neuronales (Neural Nanotech Interfaces) sont également utilisées pour enregistrer les influx nerveux et les transmettre à des dispositifs externes, tels que des prothèses intelligentes.

Ainsi, notre étude sur l'influx nerveux que nous avons apprise précédemment et les technologies avancées dans le domaine de la nanotechnologie se complètent pour améliorer la conduction de l'influx nerveux même en cas de dommages aux nerfs.



Figure (62) Les nanoélectrodes neuronales

Exemple d'application

Les scientifiques ont réussi, en utilisant des puces nanométriques implantées dans le cerveau, à aider des patients paralysés à bouger leurs membres ou à communiquer avec des appareils simplement en pensant. La puce capte les influx nerveux et les envoie à un ordinateur ou à un bras artificiel qui se déplace selon l'ordre nerveux, comme illustré à la figure (63).

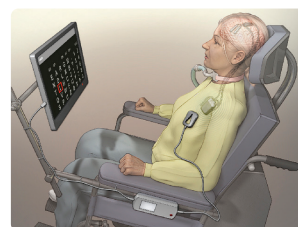


Figure (63)

Cellules à combustible biologique et applications nanométriques

Dans les leçons précédentes, vous avez appris comment les cellules vivantes produisent de l'énergie à partir des aliments par la respiration cellulaire, où le glucose est décomposé à l'intérieur des mitochondries en présence d'oxygène pour produire des molécules d'énergie (ATP) utilisées par les cellules pour leurs diverses activités.

Mais la science peut-elle tirer profit de cette idée biologique pour générer de l'énergie capables de faire fonctionner des dispositifs fabriqués par l'homme ?

C'est à partir de cette question qu'est née l'idée des cellules à combustible biologique (Biofuel Cells). Elles fonctionnent de manière similaire à ce que font les cellules dans la respiration cellulaire.

Dans les deux cas, le glucose est oxydé, c'est-à-dire qu'il perd des électrons pour obtenir de l'énergie. La différence est que les cellules à combustible biologique ne produisent pas d'ATP, mais convertissent directement l'énergie chimique en énergie électrique qui peut être utilisée pour alimenter des appareils.

Les cellules à combustible biologique fonctionnent comme des batteries durables, où des enzymes sont utilisées à l'anode pour oxyder le glucose, ce qui mène à la libération des électrons et des protons. Grâce aux nanotubes de carbone qui augmentent l'efficacité du transfert de ces électrons, ces derniers s'écoulent à travers un circuit électrique externe (générant un courant) vers la cathode - tout comme les électrons se déplacent dans les fils pour allumer une lampe.

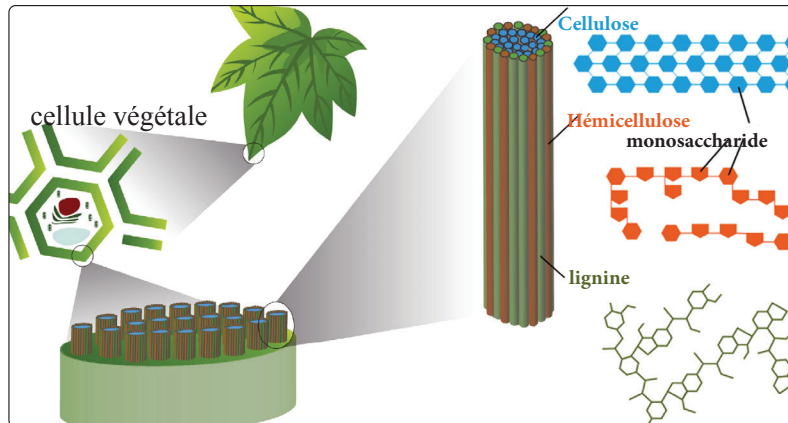


Figure (64) Le biocarburant

C'est ici que la nanotechnologie intervient pour améliorer l'efficacité de ce processus. Les nanoparticules, telles que le nano-or ou les nanotubes de carbone, sont utilisées pour recouvrir les électrodes à l'intérieur de la cellule, où elles agissent comme des catalyseurs électriques qui accélèrent les réactions et facilitent le transfert des électrons, tout comme les enzymes à l'intérieur des mitochondries accélèrent les réactions de la respiration cellulaire.

Ainsi, les cellules à combustible biologique sont un excellent exemple d'imitation des processus biologiques dans la technologie, où les scientifiques ont tiré inspiration de l'idée de production d'énergie à l'intérieur des cellules vivantes pour concevoir des dispositifs générant une énergie propre et sûre, capables d'alimenter des dispositifs médicaux implantés dans le corps en utilisant le glucose présent dans le sang comme source d'énergie.



Activité d'enquête

Étudie comment les matériaux nanométriques peuvent améliorer la vie humaine sans nuire à la biosphère.

1. Cherche un produit médical ou environnemental basé sur la nanotechnologie.

2. Identifie le matériau nanométrique utilisé et sa fonction.

3-Discute en groupe :

- Cette technologie a-t-elle des effets secondaires sur les organismes vivants ou l'environnement ?

4- Propose des modifications ou des utilisations plus durables.

5-Présente tes résultats sous forme d'une affiche scientifique illustrant la relation entre la nano et l'équilibre de la biosphère.

Évaluation : Leçon 5**Premièrement : Questions à choix multiples**

Choisis la bonne réponse :

1. Les propriétés d'un matériau à l'échelle nanométrique diffèrent de celles à l'état normal en raison de:

- a) La masse diminue.
- b) La surface augmente par rapport au volume.
- c) La composition des atomes change.
- d) La température du matériau baisse.

2. Lorsqu'on réduit la taille de l'or à l'échelle nanométrique, sa couleur change parce que :

- a) Le nombre d'électrons dans ses atomes diminue.
- b) Son interaction avec la lumière change.
- c) Sa densité augmente.
- d) Il perd ses propriétés métalliques.

3. La dureté du cuivre augmente à l'échelle nanométrique en résultat de :

- a) L'augmentation du nombre d'électrons dans ses atomes.
- b) Le rapprochement des molécules.
- c) L'augmentation du rapport surface/volume.
- d) L'augmentation de l'énergie du noyau dans ses atomes.

4. Les nanotubes de carbone sont utilisés en électronique parce qu'ils :

- a) Sont isolants d'électricité.
- b) Conduisent l'électricité mieux que le cuivre.
- c) Se décomposent rapidement.
- d) Se dissolvent dans l'eau.

5. Les buckyballs (fullerènes) sont utiles en médecine parce qu'ils :

- a) Résistent à la chaleur.
- b) Contiennent des métaux rares.
- c) Peuvent transporter des médicaments à l'intérieur.
- d) Absorbent la lumière.

6. Le fonctionnement des cellules à combustible biologique ressemble à la respiration cellulaire en ce sens que les deux :

- a) Produisent de l'énergie par oxydation du glucose.
- b) Consomment des molécules d'ATP.

- c) Stockent l'énergie.
- d) Dépendent de la lumière du soleil pour fonctionner.

7. Les nanoparticules sont utilisées dans les cellules à combustible biologique parce qu'elles :

- a) Augmentent la vitesse de transfert des électrons.
- b) Réduisent la vitesse des réactions.
- c) Empêchent l'oxydation des réactifs.
- d) Inhibent l'action des enzymes.

8. Les propriétés d'un matériau à l'échelle nanométrique diffèrent de celles à l'état normal parce que :

- a) La masse diminue.
- b) La surface augmente par rapport au volume.
- c) La composition des atomes change.
- d) La température du matériau baisse.

9. Lorsqu'on réduit la taille de l'or à l'échelle nanométrique, sa couleur change parce que :

- a) Le nombre d'électrons dans ses atomes diminue.
- b) Son interaction avec la lumière change.
- c) Sa densité augmente.
- d) Il perd ses propriétés métalliques.

10. La dureté du cuivre augmente à l'échelle nanométrique en raison de :

- a) L'augmentation du nombre d'électrons dans ses atomes.
- b) Le rapprochement des molécules.
- c) L'augmentation du rapport surface/volume.*
- d) L'augmentation de l'énergie du noyau dans ses atomes.

11. Les nanotubes de carbone sont utilisés en électronique parce qu'ils :

- a) Sont isolants électriques.
- b) Conduisent l'électricité mieux que le cuivre.
- c) Se décomposent rapidement.
- d) Se dissolvent dans l'eau.

12. Les buckyballs (fullerènes) sont utiles en médecine parce qu'ils :

- a) Résistent à la chaleur.
- b) Contiennent des métaux rares.
- c) Peuvent transporter des médicaments à l'intérieur.
- d) Absorbent la lumière.

6. Le fonctionnement des cellules à combustible biologique ressemble à la respiration cellulaire en ce sens que les deux :

- a) Produisent de l'énergie par oxydation du glucose.
- b) Consomment des molécules d'ATP.
- c) Stockent l'énergie.
- d) Dépendent de la lumière du soleil pour fonctionner.

7. Les nanoparticules sont utilisées dans les cellules à combustible biologique parce qu'elles :

- b) Augmentent la vitesse de transfert des électrons.
- a) Réduisent la vitesse des réactions.
- c) Empêchent l'oxydation des réactifs.
- d) Inhibent l'action des enzymes.

Deuxièmement : Questions à développement

Explique pourquoi:

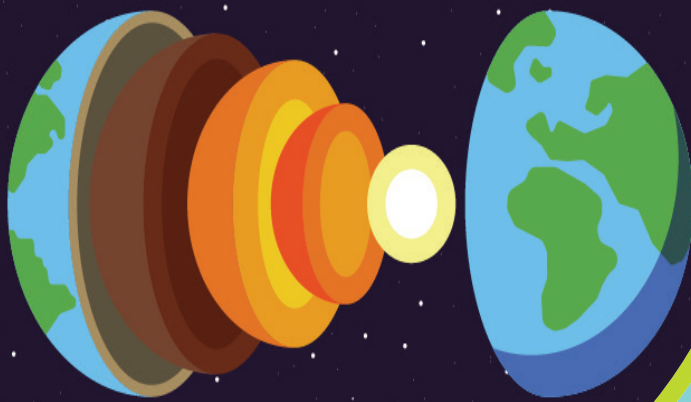
1. Les matériaux présentent de nouvelles propriétés lorsqu'ils atteignent des dimensions nanométriques inférieures à 100 nanomètres ?

2. Les cellules à combustible biologique sont-elles une application biotechnologique d'énergie propre ?

3. L'activité des réactions chimiques augmente dans les nanoparticules par rapport à la taille normale du matériau ?

4. Les nanotubes de carbone sont-ils utilisés dans la conception des ascenseurs spatiaux futurs ?

5. La nanotechnologie est-elle un pont entre la biologie, la physique et la chimie pour servir la durabilité de l'environnement ?



Unité 4

La lithosphère

Résultats d'apprentissage

À la fin de cette unité, l'élève sera capable de :

- 1- Décrire la structure interne de la Terre, y compris la croûte, le manteau et le noyau.
- 2- Expliquer ce que désigne la lithosphère.
- 3- Identifier et expliquer les propriétés physiques des roches telles que la dureté, la porosité, la perméabilité et la résistance à l'érosion, tout en reliant chaque propriété au comportement des roches à la surface de la Terre.
- 4- Interpréter le mouvement des plaques tectoniques et son effet sur la formation des séismes, des volcans et des chaînes de montagnes d'une manière pratique.
- 5- Reconnaître l'importance de la lithosphère comme source de roches, de minéraux et de sols, et expliquer comment utiliser ces ressources dans la vie quotidienne et dans l'industrie.
- 6- Expliquer comment exploiter la lithosphère dans la génération de l'énergie, y compris le pétrole, le gaz naturel, l'énergie nucléaire et l'énergie géothermique.
- 7- Relier les caractéristiques de la lithosphère et sa durabilité au cycle des roches et à la préservation des ressources naturelles de la planète.

Résumé de l'unité :

L'unité commence par la découverte de la structure interne de la Terre, où l'élève apprend à connaître la croûte terrestre, le manteau et le noyau, tout en mettant l'accent sur les couches proches de la surface qui contrôlent la formation des reliefs et le mouvement des roches. Ensuite, on passe aux caractéristiques physiques des roches et des minéraux, telles que la dureté, la porosité, la perméabilité et la résistance à l'érosion, et comment ces caractéristiques contrôlent le comportement des roches lorsqu'elles sont exposées à l'altération et aux glissements, ainsi que leur interaction avec l'eau et l'air.

Puis l'élève découvre les roches en tant que ressources naturelles, leur rôle dans la fabrication des outils et des bâtiments, l'enrichissement des sols en éléments nutritifs pour les plantes, et la façon dont les minéraux sont utilisés dans les appareils modernes, comme le silicium dans la technologie et le quartz dans les montres et les dispositifs de navigation. Ensuite, on aborde le mouvement des roches tectoniques, où l'élève explique comment les masses rocheuses se déplacent à la surface de la Terre. De même, on aborde l'effet de ces mouvements sur l'apparition des séismes, des volcans et la formation des montagnes, tout en comprenant la relation entre la densité des roches, leurs propriétés physiques et leur rôle dans la détermination de la position des reliefs et des formes de la surface terrestre. On arrive ensuite au concept du cycle des roches, où l'élève explique comment les roches se transforment d'un type à un autre sous l'effet de l'érosion, de la pression et de la chaleur, et comment ce cycle contribue au renouvellement des matériaux minéraux et des sols, en les reliant avec la durabilité des ressources. Enfin, l'élève découvre le rôle de la lithosphère comme source d'énergie : il apprend les processus d'extraction du pétrole et du gaz naturel, l'utilisation de l'énergie nucléaire et l'exploitation de la chaleur stockée au sein de la Terre pour produire une énergie propre, afin de parvenir à une compréhension de la durabilité de la lithosphère et de la préservation de ses ressources pour les générations futures.

4.1

La lithosphère et la stabilité ainsi que l'équilibre de la planète Terre

La lithosphère représente l'une des enveloppes principales de la Terre, aux côtés de l'hydrosphère, de l'atmosphère et de la biosphère. Bien que cette enveloppe nous paraisse stable, elle est en réalité **dynamique et change avec le temps** sous l'effet des forces internes de la Terre et des processus externes à sa surface. Cette unité se concentre sur la compréhension de **la nature de la lithosphère** : de quoi est-elle composée ? Comment ses couches sont-elles organisées ? Et comment les caractéristiques des roches et des minéraux affectent-elles le comportement de cette enveloppe et sa durabilité ?

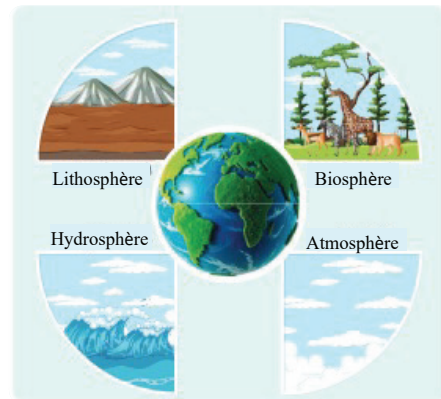


Figure (1) Les enveloppes de la Terre

Les couches de la Terre

La planète Terre est constituée de trois couches principales qui diffèrent dans leur composition chimique et leurs propriétés physiques. Ces couches sont : la croûte, le manteau et le noyau.

1. La croûte terrestre

C'est la couche externe et mince de la Terre. Elle représente environ 1 % seulement du volume de la planète. La croûte terrestre se divise en croûte continentale (surmontée par l'atmosphère) et croûte océanique (située au-dessous des océans et des mers ouvertes).

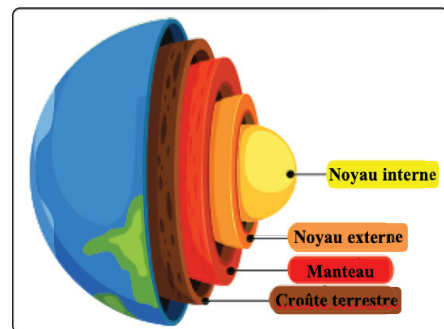


Figure (2) Les couches de la Terre

A- La croûte continentale :

Elle représente la partie qui constitue les terres à la surface de la Terre. Cette croûte se caractérise par une composition riche en éléments de silice et d'aluminium, qui est une composition désignée scientifiquement sous le nom de « **Sial** ». En raison de la nature de ses roches et de sa composition chimique, sa densité est inférieure à celle de la croûte océanique, ce qui explique l'élévation des continents et leur émergence au-dessus du niveau de la mer.

B- La croûte océanique :

La croûte océanique est située au-dessous des fonds des océans. Son épaisseur est beaucoup plus mince que celle de la croûte continentale. Cette croûte a une composition riche en silice et en magnésium, connue sous le nom de « **Sima** ». **Au surplus, elle est riche en fer.** Le taux élevé du magnésium et du fer dans sa composition entraîne l'élévation de sa densité par rapport à celle de la croûte continentale.

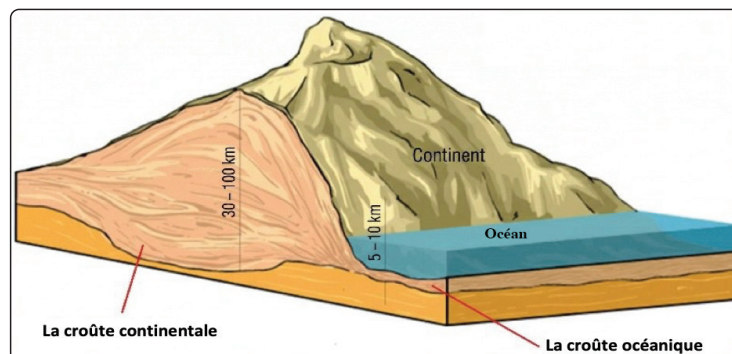


Figure (3) La croûte continentale et la croûte océanique

2. Le manteau

Le manteau est situé directement au-dessous de la croûte terrestre et constitue la couche la plus massive de la Terre. Il représente environ 67 % de sa masse totale. Il est composé de roches riches en silicates de fer et de magnésium. En raison des variations de pression et de température, le manteau est divisé en deux couches différentes dans leur densité et leurs propriétés physiques :

A- Le manteau supérieur : il se compose de deux parties. La partie supérieure est constituée de roches solides et participe, avec la croûte terrestre, à la formation de la lithosphère. La partie inférieure du manteau supérieur est appelée l'asthénosphère. C'est une zone de roches ductiles et partiellement fondues, appelées magma, qui se comportent comme des fluides à forte viscosité. Dans cette zone se produisent des courants de convection thermique, considérés comme la force motrice du mouvement des plaques tectoniques situées au-dessus.

B. Le manteau inférieur : Le manteau inférieur s'étend à de plus grandes profondeurs, près du noyau externe. Ses roches se caractérisent par une très grande dureté en résultat de l'exposition à des pressions énormes qui augmentent avec la profondeur. Malgré l'élévation de la température dans cette zone, la pression élevée maintient la solidité des roches et empêche leur fusion, ce qui leur confère des propriétés physiques différentes de celles de l'asthénosphère.

3. Le noyau

Le noyau constitue la partie la plus profonde de la Terre. Il représente environ 33 % de sa masse totale. Il est divisé en un noyau externe liquide et un noyau interne solide.

A- Le noyau externe : Le noyau externe est une couche liquide composée de fer et de nickel fondus, dont la température atteint environ 5 000 °C. Les matériaux métalliques de cette couche se déplacent d'un mouvement dynamique continu qui entraîne la génération du champ magnétique terrestre. Ce champ magnétique protège la planète des rayonnements cosmiques et des particules solaires nocives.

B- Le noyau interne : Le noyau interne représente le centre de la Terre. C'est une sphère solide de très forte densité composée de fer et de nickel. Le noyau interne demeure à l'état solide malgré les températures extrêmement élevées, en raison de la pression colossale exercée par les couches environnantes.

Qu'est-ce que la lithosphère ?

La croûte terrestre et la partie supérieure du manteau forment une unité géologique appelée la lithosphère, qui constitue la partie externe solide de la Terre. Elle est limitée par l'atmosphère au-dessus et par la couche de l'asthénosphère (une autre partie du manteau supérieur) au-dessous. Son épaisseur moyenne est d'environ 100 km. La lithosphère représente la «surface géologique» sur laquelle se produisent la plupart des phénomènes géologiques, tels que la formation des reliefs, les séismes et les volcans.

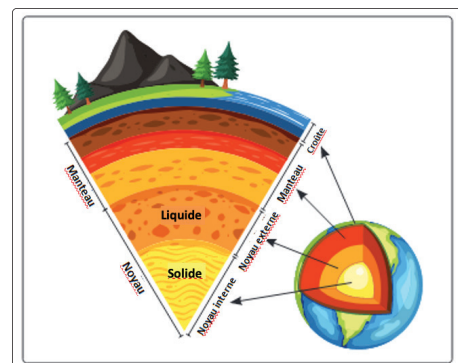


Figure (4) Les couches de la Terre et la lithosphère

Les composantes de la lithosphère

La lithosphère se compose de plusieurs éléments, dont les plus importants sont :

- **Les roches** : elles constituent le matériau de base principal de la lithosphère et sont classées en roches magmatiques, sédimentaires et métamorphiques. Elles forment la croûte solide de la Terre.
- **Les minéraux** : ce sont des substances naturelles inorganiques qui ont une composition chimique et une structure cristalline définies. Ce sont les matières brutes des roches et sont essentiels dans l'industrie et la construction.
- **Le sol** : couche fondamentale de la lithosphère qui nourrit les plantes et conserve les éléments nutritifs. Il est essentiel dans l'agriculture et l'écosystème naturel.

L'importance de la lithosphère pour les autres enveloppes de la Terre

La lithosphère constitue la base sur laquelle reposent les autres enveloppes de la Terre, non seulement en tant que structure solide portant la croûte terrestre et ce qui la surmonte, mais aussi parce qu'elle fournit des processus physiques et des réactions chimiques qui contrôlent la stabilité et l'équilibre de la planète.

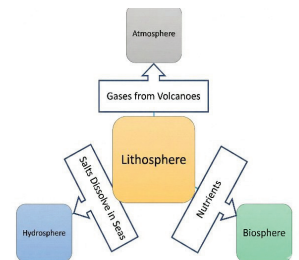


Figure (5) L'effet de la lithosphère

Premièrement : L'effet de la lithosphère sur l'atmosphère

Par exemple, les roches constituant la lithosphère contribuent à réguler la concentration du dioxyde de carbone dans l'atmosphère grâce à des réactions chimiques appelées processus d'altération chimique.

- Lorsque les roches contenant des minéraux silicatés sont exposées à l'eau et au dioxyde de carbone, il se produit une réaction chimique qui conduit à la formation de **bicarbonate de calcium**. La formation de ce bicarbonate contribue à diminuer le taux de dioxyde de carbone dans l'air.
- Lorsque le (CO_2) dissous dans l'eau de pluie réagit avec les roches de la lithosphère, une partie se transforme en ions bicarbonate (HCO_3^-), qui se dissolvent dans l'eau et transportent le carbone loin de l'atmosphère.
- Ces ions sont transportés par les rivières vers les mers, où ils peuvent ensuite se déposer sous forme de carbonate de calcium solide (CaCO_3).



Figure (6) Des roches qui sont exposées à l'eau et au dioxyde de carbone

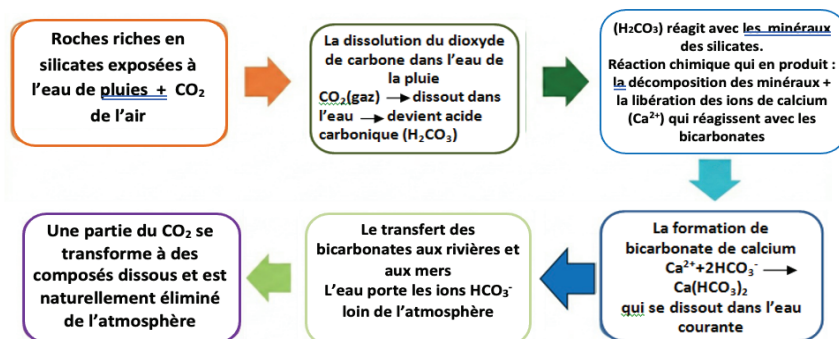


Figure (7) Un schéma qui illustre le rôle des roches dans la régulation de la concentration de dioxyde

Cette réaction constitue un exemple du rôle de la lithosphère dans la réalisation d'une forme de « **régulation naturelle** » de la composition de l'air. Ainsi, le processus d'altération et la formation des bicarbonates agissent comme un mécanisme naturel qui contribue à réduire la concentration de CO_2 dans l'air et à limiter le réchauffement climatique à long terme.

Deuxièmement : L'effet de la lithosphère sur l'hydrosphère

Les roches affectent les propriétés de l'eau à travers la dissolution de certains minéraux. Lorsque l'eau traverse différentes couches de roches, la concentration des sels et des éléments dissous, tels que les sels de calcium, de magnésium et de fer, varie, conformément à des processus expliqués par les lois de la solubilité en chimie.

Ainsi, à travers les lois de la solubilité, on peut expliquer la variation des propriétés de l'eau naturelle d'une région à une autre et pourquoi l'eau de certaines régions sont « dures », riches en calcium et en magnésium, en raison de leur passage sur certaines roches spéciales. Elles expliquent également le rôle de la lithosphère dans l'apport de l'hydrosphère par les sels et les éléments nécessaires à la vie et à l'industrie. La quantité du minéral dissous dans l'eau dépend de plusieurs facteurs, dont les plus importants sont :

(Dureté de l'eau)

C'est une propriété de l'eau due à la présence de fortes concentrations d'ions chargés positivement, en particulier en ions de calcium (Ca^{2+}) et de magnésium (Mg^{2+}) dissous.

L'eau dure provoque de nombreux problèmes tels que la réduction de l'efficacité du savon et la formation de dépôts calcaires (tartres) dans les bouilloires et les canalisations.

1. La nature des liaisons chimiques dans le minéral

Les minéraux à liaisons ioniques, comme le carbonate de calcium (CaCO_3) qui forme la pierre calcaire, se dissolvent facilement dans l'eau, surtout si celle-ci contient du dioxyde de carbone qui la rend en eau acide faible. Quant aux minéraux à liaisons covalentes, comme la silice (SiO_2) dans le quartz, ils se dissolvent très lentement ; c'est pourquoi les roches silicatées restent plus résistantes à l'altération.

2. La température

La solubilité de la plupart des sels et des minéraux augmente avec l'élévation de la température. Ainsi, les eaux chaudes des sources, par exemple, sont capables de dissoudre des minéraux plus que les eaux froides, ce qui explique l'apparition de dépôts minéraux lors du refroidissement de ces eaux.



Figure (8) Les sources chaudes

3. La pression

La solubilité des gaz, comme le dioxyde de carbone, dans l'eau augmente avec l'augmentation de la pression. Par exemple, les eaux souterraines profondes contiennent une proportion élevée de CO_2 dissous en raison de la forte pression qu'elles subissent, ce qui renforce la capacité de ces eaux à dissoudre de nombreuses roches et entraîne une augmentation de la concentration des sels de bicarbonates.

4. La présence d'acides dans la nature

Les eaux de pluie peuvent dissoudre une certaine quantité de CO_2 présent dans l'air atmosphérique, formant ainsi l'acide carbonique faible (H_2CO_3). Les pluies acides augmentent le taux de rupture des liaisons ioniques dans les minéraux tels que la calcite, ce qui contribue à la formation de grottes et de cavités dans la pierre calcaire.

Ces facteurs affectent la solubilité des minéraux et des sels dans l'eau, ce qui se répercute directement sur la qualité de l'eau potable, l'agriculture et l'industrie. Ces facteurs peuvent être utilisés dans certains systèmes industriels pour la purification de l'eau en utilisant des roches poreuses qui agissent comme des filtres naturels.

Applications modernes

Certaines stations de traitement de l'eau utilisent, aujourd'hui, une technologie inspirée de la nature qui dépend des roches volcaniques poreuses telles que « la zéolite » qui agissent comme des filtres naturels capables de piéger les impuretés et les minéraux lourds dans leurs pores microscopiques (fins).

Ces roches ont prouvé leur efficacité dans des stations de purification modernes en Europe et en Asie, où elles ont contribué à améliorer la qualité de l'eau potable sans recourir à de grandes quantités de produits chimiques.

Cette application constitue un exemple vivant de la manière dont les propriétés de la lithosphère peuvent être exploitées pour protéger l'hydrosphère et soutenir sa durabilité.

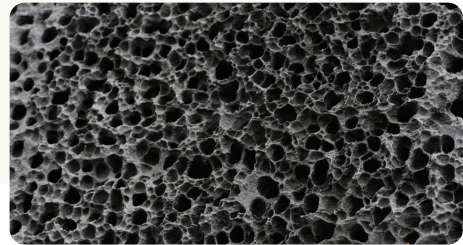


Figure (9) Des roches volcaniques poreuses

Troisièmement : L'effet de la lithosphère sur la biosphère

Lorsque les roches de la lithosphère sont exposées aux facteurs d'altération, tels que l'eau de pluie, la variation de température ou les acides faibles résultants de la respiration des organismes vivants, leurs minéraux commencent à se décomposer progressivement. Ce processus se transforme en une « ligne de production naturelle » des éléments nutritifs nécessaires aux plantes.

Par exemple, les roches de phosphate contiennent des minéraux riches en phosphore et lorsque ces minéraux se décomposent chimiquement, ils libèrent des ions **de phosphate (PO_4)** dans le sol. C'est la forme que les racines des plantes peuvent absorber. De même, le feldspath présent dans le granite se décompose et libère des ions **de potassium (K^+)**, utilisés pour réguler l'ouverture et la fermeture des stomates et pour la production d'énergie à l'intérieur des cellules végétales. Le sol retient ces ions entre ses particules, les rendant disponibles pour les plantes à travers l'absorption de l'eau du sol. Ainsi, la lithosphère se transforme en un réservoir naturel qui alimente en permanence la biosphère grâce à une série de réactions chimiques simples qui rendent les éléments minéraux sous une forme absorbable.



Figure (10) Des roches phosphatées

Les plaques tectoniques et leur rôle dans la formation de la surface de la Terre

La lithosphère est constituée d'un grand groupe de fragments rocheux massifs ressemblant à des « plaques » flottantes appelées plaques tectoniques. Ces plaques se déplacent très lentement, de quelques centimètres par an, en résultat de la chaleur provenant du sein de la Terre, qui met en mouvement les roches les plus ductiles situées au-dessous de la lithosphère, en raison des courants de convection thermique pendant la fusion ou le magma à la zone de **l'asthénosphère située en dessous**. Les plaques se déplacent ainsi au-dessus, comme des bateaux lents sur l'eau. Bien que la vitesse de ce mouvement soit très faible, ses effets sont importants et bien visibles.

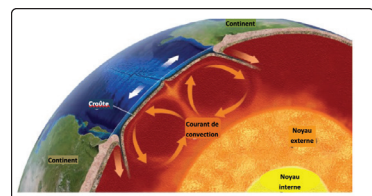


Figure (11) Les courants de convection dans le manteau

• Lorsque les deux plaques s'éloignent l'une de l'autre, on parle de **mouvement divergent**: des fissures et des fractures se forment, permettant au magma de remonter depuis le sein de la Terre, ce qui conduit à la formation des montagnes volcaniques ou d'un nouveau fond océanique, ainsi qu'à la formation des ravins et des vallées comme le Rift africain.

• Lorsque deux plaques glissent l'une le long de l'autre, on parle de **mouvement coulissant**. Dans ce cas, le mouvement de l'une d'elles peut se bloquer, ce qui entraîne une accumulation d'énergie qui se libère soudainement sous forme de **secousses terrestres** et de séismes répétés et destructeurs, provoquant des failles telles que la faille de San Andreas aux États-Unis d'Amérique.

• Dans d'autres cas, les **plaques entrent en collision**, ce que l'on appelle un mouvement convergent; les roches se compriment et leurs couches s'élèvent, formant des **chaînes montagneuses** de grande hauteur comme les montagnes d'Himalaya.

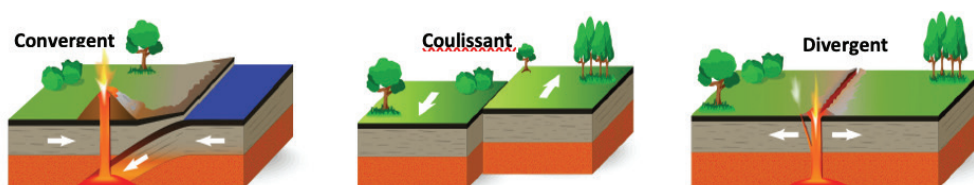


Figure (12) Les mouvements convergent, coulissant et divergent des plaques tectoniques

Les effets de ces mouvements apparaissent dans notre vie quotidienne de diverses manières: les régions montagneuses que nous observons aujourd'hui étaient autrefois des zones presque planes avant d'être soulevées par le mouvement des plaques. De même, les vallées côtières se sont élargies en raison de l'éloignement des plaques marines ; et les îles volcaniques se renouvellent en résultat de la remontée du magma à travers les fractures des plaques. Ainsi, le mouvement des plaques tectoniques agit comme un mécanisme naturel qui remodèle en permanence la surface de la Terre et maintient son équilibre géologique.



Activité de recherche

Cherchez sur le réseau Internet des informations sur les plaques tectoniques, choisissez un des sujets suivants pour en faire une activité de recherche :

- Quel est l'effet du mouvement des plaques tectoniques sur la vie humaine ?
- Quel est le rôle du mouvement des plaques tectoniques dans le cycle de l'eau dans la nature ?
- Quel est l'effet du mouvement des plaques tectoniques sur le climat et le phénomène du réchauffement climatique ?

Évaluation de la leçon (1)



Premièrement : Questions à choix multiples

Choisis la bonne réponse:

1. Lequel des facteurs suivants a l'effet le plus grand sur la vitesse d'altération des roches qui contiennent le minéral de carbonate?

- a) L'élévation de la densité des roches
- b) L'élévation de la salinité de l'eau à travers ces roches
- c) L'augmentation de la concentration du CO_2 dans l'eau de pluie
- d) L'élévation de la température de l'air

2. Si l'on trouve une région contenant des couches minces de pierre calcaire avec des cavités et des grottes, cela indique que.....

- a) la pierre calcaire a une solidité élevée
- b) la pierre calcaire a été exposée à une altération chimique
- c) le sol dans cette région est pauvre en éléments minéraux
- d) la solubilité de la pierre calcaire dans l'eau est faible

3. Lorsque deux plaques tectoniques opposées se déplacent, le résultat le plus probable est.....

- a) la formation de nouvelles vallées marines
- b) le soulèvement des roches et la formation des chaînes montagneuses
- c) la propagation de la lave volcanique sur de vastes surfaces
- d) la diminution de la concentration des éléments minéraux dans le sol

4. Lequel des éléments suivants est principalement libéré des roches lors de l'altération et est utilisé directement dans la construction des molécules biologiques des plantes?

- a) Le fer
- b) Le potassium
- c) L'aluminium
- d) La silice

5. Les roches volcaniques poreuses sont utilisées dans certaines stations de traitement de l'eau parce qu'elles.....

- a) augmentent la viscosité de l'eau
- b) absorbent les impuretés et les minéraux lourds de l'eau
- c) empêchent l'infiltration de l'eau vers les profondeurs de la lithosphère
- d) transforment l'eau en acide carbonique

6. Lequel de ce qui suit illustre la relation entre les caractéristiques des roches et l'apparition des séismes?

- a) Les roches les plus solides libèrent rapidement l'énergie sismique
- b) Les roches fragiles sont exposées à la fracture lors de l'accumulation de l'énergie tout au long des failles faibles
- c) Les roches riches en silice empêchent les séismes
- d) Les roches carbonatées réduisent la force des ondes

7. Le rôle de la lithosphère dans la biosphère comprend:

- a) la fourniture directe de l'oxygène aux plantes
- b) la production des éléments minéraux nécessaires à la croissance des plantes
- c) l'augmentation du taux du dioxyde de carbone dans l'atmosphère
- d) l'empêchement de l'eau de s'infiltrer dans le sol

8. Laquelle des applications industrielles suivantes montre l'exploitation des caractéristiques de la lithosphère?

- a) L'utilisation de la pierre calcaire dans la fabrication du ciment
- b) La formation du carbone organique dans les plantes
- c) L'augmentation de la vitesse des vents sur les montagnes
- d) L'absorption de l'ozone dans l'atmosphère

Deuxièmement : Questions à développement

Explique pourquoi?

- 1- Les roches qui sont composées de sels de carbonates comme la pierre calcaire présentent plus de grottes et de cavités que celles qui sont composées de silice
- 2- L'altération chimique des roches joue un rôle dans l'approvisionnement des plantes en éléments minéraux nécessaires à leur croissance ?
- 3- L'apparition des chaînes montagneuses dans les zones de collision des plaques tectoniques, alors qu'elles n'apparaissent pas dans les zones d'éloignement des plaques ?
- 4- On utilise des roches poreuses comme la zéolite pour la purification de l'eau au lieu de matériaux chimiques industriels ?

4.2

Les matériaux constitutifs de la lithosphère et leur rôle dans la stabilité et la continuité de la Terre

Les minéraux qui composent les roches interagissent avec l'eau, l'air et les êtres vivants de manières précises, ce qui conduit à la formation du sol, à la libération des éléments nutritifs et à la facilitation de la circulation de l'eau et des gaz. À travers l'étude des matériaux constitutifs de la lithosphère, on peut comprendre comment celle-ci demeure équilibrée et continue à assurer son rôle vital et structurel sur Terre.

La lithosphère est composée de minéraux liés chimiquement entre eux pour former des roches. En géologie, le terme « minéral » désigne la substance solide qui se trouve dans la nature, et qui a une composition chimique fixe ou semi-fixe et une structure cristalline régulière. Les minéraux et les roches diffèrent les uns des autres selon les caractéristiques suivantes :

1. La dureté:

La dureté est une propriété physique importante qui exprime le degré de la résistance d'un minéral ou d'une roche aux rayures. Elle détermine, aussi, certaines utilisations du minéral. La dureté est souvent mesurée à l'aide de l'échelle de Mohs, qui classe les minéraux de (1 à 10); où (1) représente la dureté la plus faible (le plus facile à rayer) et (10) la dureté la plus élevée (le plus difficile à rayer).

Par exemple : Le quartz est considéré comme un minéral à dureté élevée (environ 7 sur l'échelle de Mohs) ; c'est pour cela qu'il résiste aux rayures et est utilisé dans la fabrication des outils en verre et de pièces résistantes à l'usure. En revanche, le gypse est un minéral très tendre (dureté ≈ 2) qui s'effrite facilement et ne convient pas au support des charges ni aux applications nécessitant une résistance aux rayures.

La dureté affecte le comportement mécanique des roches : les roches contenant des minéraux à dureté élevée (comme certains types de grès et de granite) sont plus résistantes aux facteurs d'érosion que les roches contenant des minéraux tendres (comme la pierre calcaire riche en calcite).

Ainsi, dans le domaine de la construction et du bâtiment, on utilise des matériaux à forte dureté tels que le granite dans les zones à forte fréquentation, comme les grands magasins, les hôpitaux et les gares.

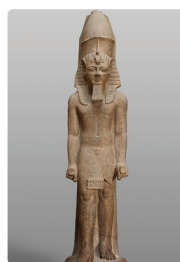
Les figures suivantes montrent certaines statues égyptiennes anciennes et le degré de dureté des roches dont elles sont fabriquées sur l'échelle de Mohs :



Figure (13) mesure du degré de la dureté



Figure (14) Des matériaux à forte dureté

Statue d'Amenhotep III
Roche: Albâtre
Sa dureté: 2Statue de Sphinx
Roche: Pierre calcaire
Sa dureté: 3-4Statue de Ramsès II
Roche: Granite rouge
Sa dureté :6- 7Statue de Khéphren
Roche: Diorite
Sa dureté: 7



Test du degré de dureté de certaines roches

Matériaux:

- Échantillons de différentes roches : granite, pierre calcaire, grès, gypse, ou autres échantillons.
- Clou en fer – pièce de monnaie – ongle de la main

Étapes :

- 1- Essaie de rayer chaque échantillon de roche avec ton ongle (dureté $\approx 2,5$).
- 2- Essaie de rayer chaque échantillon de roche avec une pièce de monnaie (dureté ≈ 3).
- 3- Essaie de rayer chaque échantillon de roche avec un clou (dureté $\approx 4,5$).
- 4- Note tes observations en indiquant (oui) ou (non) dans un tableau comme suit :



L'échantillon a-t-il été rayé par ?	Le granite	La pierre calcaire	Le grès	Le gypse
1- L'ongle ?				
2- La pièce de monnaie ?				
3- Le clou ?				

5- À la lumière des résultats, quel est l'ordre des échantillons selon le degré de dureté du plus élevé au plus faible ?

2. La couleur et l'éclat:

La couleur peut aider à identifier certains minéraux ; par exemple, le minéral malachite se distingue par une couleur verte évidente. Cependant, on ne peut pas se fier uniquement sur la couleur du minéral, car différents minéraux peuvent partager la même couleur. Quant à **l'éclat**, il désigne le degré de réflexion de la lumière à la surface du minéral qui peut être un éclat métallique (**comme l'or**), un aspect vitreux (**comme le quartz**) ou une surface matte (comme le **basalte carbonisé**).



Figure (15) la malachite verte



Figure (16) le quartz a un aspect vitreux



Figure (17) la pyrite (or des fous)

Le minéral **pyrite** est connu sous le nom de « l'or des fous », car il présente un éclat métallique doré, mais il diffère de l'or véritable par sa composition et sa densité. De même, le minéral **calcite** possède un aspect vitreux même si ses couleurs varient ; il peut être transparent ou opaque. Ainsi, la couleur et l'éclat sont utilisés conjointement avec d'autres propriétés (telles que la dureté, le clivage et la réaction avec les acides dilués) afin d'identifier précisément un minéral.

3. La masse volumique

La masse volumique (ou la densité relative) est le rapport entre la masse d'un volume donné d'une substance et la masse du même volume d'eau à une température de 4 °C. La masse volumique d'un minéral est un indicateur de ce qu'il contient d'éléments lourds ou à densité élevée. Les minéraux riches en éléments lourds, comme le plomb ou l'argent, ont de grandes masses volumiques, comme la galène (sulfure de plomb), tandis que les minéraux légers comme le feldspath ont des masses volumiques basses.

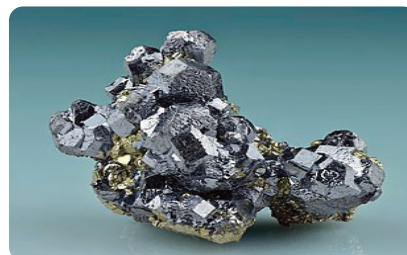


Figure (18) la galène qui a une masse volumique relativement grande

Dans les applications géologiques et d'ingénierie, on observe la lourdeur des échantillons rocheux lors de leur examen. Le fer et les minéraux qui se trouvent dans les roches volcaniques leur confèrent une densité relative plus élevée que les roches sédimentaires, comme les roches sableuses légères. La détermination de la masse volumique des roches sur les sites de construction aide à déterminer la composition des couches du sol lors du forage ou des levés géophysiques.

4. Le clivage et la fracture

Le clivage est la capacité du minéral à se diviser le long des extensions cristallines bien définies, qui reflètent la structure des liaisons à l'intérieur du cristal. Le clivage apparaît sous forme de surfaces lisses et similaires lors de la cassure du minéral. **La fracture**, en revanche, c'est le mode de rupture. Lorsque la cassure ne suit pas des extensions cristallines définies, il se produit des surfaces brisées et irrégulières, comme la fracture conchoïdale.

Exemples : Le mica présente un clivage très excellent dans une seule direction, ce qui permet à ses feuillets de se séparer facilement en fines feuilles.

Le feldspath présente un clivage dans deux ou trois directions avec des rapports et des angles déterminés, tandis que le quartz se casse selon une fracture conchoïdale et ne montre pas de clivage net.



Figure (19) Le mica



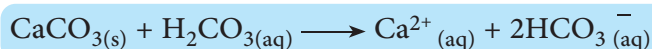
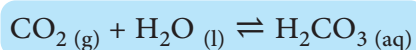
Figure (20) Le feldspath

Du point de vue de l'ingénierie, la connaissance du clivage ou du mode de fracture est très utile pour identifier le genre du minéral.

L'utilisation des roches contenant des minéraux à clivage marqué dans la construction des murs de carrières ou sur les chantiers peut entraîner leur clivage en couches ou leur effritement lors de l'exposition à des contraintes mécaniques, ce qui augmente la probabilité d'effondrements ou de glissements.

5. La composition chimique

La composition chimique d'un minéral ou d'une roche désigne l'identification des genres d'éléments et les proportions de leur présence dans ce minéral ou cette roche. Les minéraux sont classés en groupes principaux selon leur composition chimique, tels que le groupe des silicates, le groupe des carbonates, le groupe des sulfures, le groupe des oxydes,etc. Chaque groupe a ses propriétés spécifiques ; par exemple, les silicates qui constituent la majorité de la croûte terrestre présentent généralement une bonne dureté, tandis que la calcite qui se trouve dans la pierre calcaire et qui est un carbonate de calcium (CaCO_3), se dissout partiellement dans les acides faibles, comme l'acide carbonique dilué (CO_2 dissous dans l'eau), produisant une effervescence due au dégagement du gaz de dioxyde de carbone, selon les équations chimiques suivantes:



Les ions calcium (Ca^{+2}) et les ions bicarbonate (HCO_3^{-3}) passent alors à la solution aqueuse.

C'est pourquoi on utilise le test de réaction avec des acides dilués pour identifier les roches contenant des groupes de carbonates. Quant aux minéraux qui contiennent le groupe des silicates, comme le feldspath et le quartz, ils ont une résistance à la dissolution dans les acides faibles ; c'est pourquoi les sols et les dépôts rocheux conservent les minéraux de feldspath et de quartz pendant de longues périodes.

Les ressources minérales de la lithosphère

La lithosphère terrestre est constituée principalement de minéraux, qui représentent les éléments de base dont se forme la majorité des roches. Un minéral est défini comme une substance solide de formation naturelle, inorganique, qui a une composition chimique déterminée et une structure cristalline régulière qui lui confère des caractéristiques physiques distinctes.

Les minéraux se forment à l'intérieur de la croûte terrestre à travers des processus géologiques différents, tels que la cristallisation du magma lors de son refroidissement, la précipitation des sels lors de l'évaporation de l'eau, ou en résultat de l'exposition des roches à de fortes pressions et températures entraînant une réorganisation de leurs atomes. Cette diversité des conditions de formation conduit à l'existence de plus de 4000 minéraux connus sur Terre, dont un nombre limité constitue la majeure partie des roches qui forment la lithosphère.

Les minéraux jouent un rôle important dans **la stabilité et la continuité de la Terre** ; ils confèrent aux roches leur dureté et leur cohésion, contribuent à la construction des continents et des montagnes, et déterminent les propriétés du sol. De même, leur diversité **chimique et physique** permet une répartition différente des éléments à l'intérieur de la croûte terrestre, ce qui soutient les processus naturels tels que **le cycle des roches et le mouvement des plaques tectoniques**.

L'influence des minéraux s'étend directement à la vie quotidienne de l'être humain, car ils interviennent dans un large éventail d'industries modernes. Par exemple :

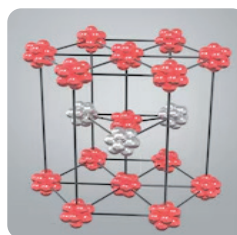


Figure (21) Le réseau cristallin du magnésium



Figure (22) Le réseau cristallin du fer

- **le minéral de quartz** A un rôle essentiel dans la technologie moderne grâce à sa propriété unique **d'oscillation à fréquence constante lors de son exposition à une différence de potentiel**. Cette propriété est utilisée dans la fabrication des montres de précision.

De même, le quartz entre dans l'industrie **des téléphones portables et des appareils de navigation GPS** utilisés pour le réglage des signaux électroniques et la fourniture d'un chronométrage précis pour la transmission des données, garantissant ainsi la synchronisation et la précision des appels, des messages et des localisations cartographiques.

- **Le fer** Il est extrait des minéraux tels que **l'hématite et la magnétite**, et il est utilisé dans la fabrication **des structures métalliques et des machines lourdes**. Le fer est devenu un élément fondamental dans **les technologies modernes et des énergies renouvelables** : il est utilisé dans la fabrication **des voitures électriques et des trains à grande vitesse (TGV)**, contribuant ainsi à la réduction des émissions de carbone et à la réalisation d'un avenir plus durable. Il entre également dans la fabrication des gigantesques turbines éoliennes, dont les structures métalliques constituent l'ossature principale de la production d'électricité propre.



Figure (23) Dispositifs du système de positionnement par satellite GPS



Figure (24) Le train à grande vitesse (TGV)



Figure (25) Les turbines éoliennes

L'Égypte sur les pas du monde moderne

L'Égypte progresse à grands pas vers la technologie moderne. Elle a récemment inauguré le train électrique à grande vitesse (TGV), un projet visant à créer un réseau ferroviaire électrique ultra-rapide d'environ 2 000 km de longueur, destiné à transporter les personnes et les marchandises. Le projet vise à relier les villes de la mer Rouge et de la Méditerranée, à renforcer la connexion entre les régions de production et les ports d'exportation, et de soutenir le développement économique et urbain à travers tout le pays.

Dans le domaine de la médecine, les minéraux jouent un rôle central dans la fabrication des médicaments et des équipements médicaux comme.

- **Les composés du calcium et du fer** : constituent des éléments principaux dans la production des compléments alimentaires utilisés pour compenser les carences minérales dans le corps.

- **Le titane** est considéré comme le minéral le plus important dans les implants osseux et les articulations artificielles, en raison de sa remarquable capacité à s'intégrer aux tissus du corps sans être rejeté par le système immunitaire, ainsi qu'à sa grande résistance malgré



Figure (26) une articulation artificielle

son poids légère.

- **Le cobalt** joue également un rôle central dans la production des batteries lithium-ion utilisées dans les pompes médicales intelligentes et dans les dispositifs portables qui surveillent la santé des patients en temps réel.

- Des alliages fabriqués à partir des minéraux terrestres rares, tels que **les alliages néodyme-fer-bore (Nd-Fe-B)** sont utilisés dans l'industrie des aimants permanents les plus puissants au monde, dont dépendent les appareils **d'imagerie par résonance magnétique d'IRM**. Ces aimants génèrent des champs magnétiques très intenses qui permettent d'obtenir des images très nettes et précises des organes internes du corps sans intervention chirurgicale.

- Des nanoparticules d'or et d'argent sont également utilisées pour acheminer les médicaments directement vers les cellules atteintes afin de traiter le cancer par des manières plus précises et moins dommageables.

- On appelle aujourd'hui **le lithium le « pétrole du XXI^e siècle »**. C'est le métal le plus léger à la surface de la Terre, et il se distingue par sa grande capacité à stocker l'énergie pendant de longues périodes et à la restituer avec une grande efficacité. Le lithium entre dans la fabrication des batteries des appareils médicaux portables, tels que les stimulateurs cardiaques et les dispositifs précis de mesure de la glycémie. Il se trouve également dans les batteries des téléphones intelligents (Smartphones), des montres numériques, des ordinateurs portables, des voitures électriques, des drones, et même des satellites.

- Il existe également **le silicium, un élément simple extrait du sable**, mais considéré comme l'un des minéraux les plus importants ayant transformé notre vie moderne. Il constitue le composant principal dans la fabrication **des puces électroniques (microprocesseurs)** à l'intérieur des ordinateurs et des smartphones. Le silicium se distingue par sa capacité à **contrôler le passage du courant électrique dans les circuits électroniques**, ce qui en fait la base du fonctionnement des processeurs et des circuits électroniques. De même, son importance majeure se révèle dans la fabrication **des panneaux solaires** qui transforment la lumière du soleil en énergie électrique propre.

Ainsi, la lithosphère représente un réservoir naturel riche en ressources minérales dont l'importance ne se limite pas seulement à la formation de la surface de la Terre, mais s'étend pour devenir une composante essentielle du développement industriel, technologique et médical dans le monde.

Comment les matériaux de la lithosphère se déplacent et se reconfigurent-ils en permanence ?

Les roches sont essentiellement constituées de minéraux dont tu as étudié ses caractéristiques précédemment. Bien que les roches paraissent, à première vue, des entités stables et immuables,

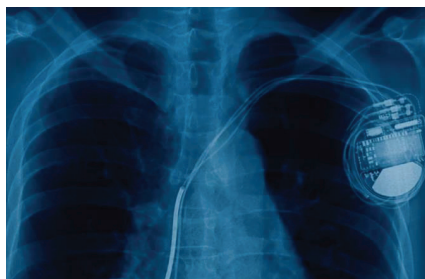


Figure (27) Les radiographies révèlent un simulateur cardiaque à l'intérieur du corps



Figure (28) Les batteries de lithium

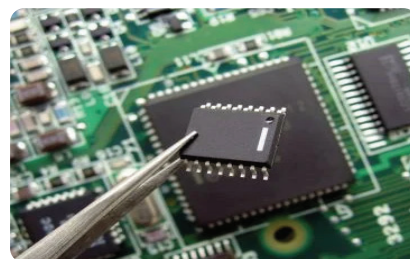


Figure (29) des puces électroniques

elles font, en réalité, partie d'un système dynamique continu connu sous le nom du **cycle des roches**.

À tout moment, la chaleur, la pression, l'eau, le vent et les forces internes de la Terre remodelent les minéraux et les roches et les transforment d'un type à un autre au cours d'un long processus pouvant durer des milliers, voire des millions d'années.

Le cycle des roches

- Le cycle commence souvent par les roches magmatiques, qui se forment en résultat du refroidissement du magma provenant du sein de la Terre ou des laves volcaniques à la surface.

- Avec l'exposition de ces roches aux facteurs du vent, de la pluie et du changement des températures, elles se décomposent en petits dépôts transportés par l'eau ou le vent pour se déposer dans les mers et les rivières.

- Avec l'accumulation de ces dépôts et leur compression au fil du temps, ils se transforment en roches sédimentaires.

- Avec la continuité du mouvement des plaques tectoniques, les roches sédimentaires peuvent être poussées à de grandes profondeurs où la température et la pression s'élèvent à des niveaux énormes. Les minéraux qui les composent commencent alors à se changer sans se fondre, pour se transformer à **des roches métamorphiques** qui ont des caractéristiques entièrement nouvelles, en raison de la réorganisation des granules minéraux.

- À mesure que la profondeur augmente et que les températures deviennent suffisamment élevées, les roches métamorphiques ou sédimentaires peuvent atteindre l'étape de fusion complète et devenir à nouveau du magma. Ainsi, le cycle recommence une autre fois.

Tu peux voir des parties de ce cycle dans la nature qui t'entoure:

Lorsqu'on voit des couches successives de roches dans les montagnes ou les routes montagneuses, celles-ci représentent l'accumulation des dépôts au cours de millions d'années.

Les produits industriels comme le marbre utilisé dans les bâtiments constitue un exemple des roches métamorphiques issues de la pierre calcaire sous l'effet de la chaleur et de la pression.

Même le verre que nous utilisons quotidiennement dépend des sables composés des minéraux de silice résultant de la fragmentation des roches. Ainsi, le cycle des roches montre comment la lithosphère fonctionne comme une unité intégrée qui renouvelle continuellement ses matériaux, garantissant ainsi la stabilité de la Terre et la continuité de ses ressources à travers les âges.

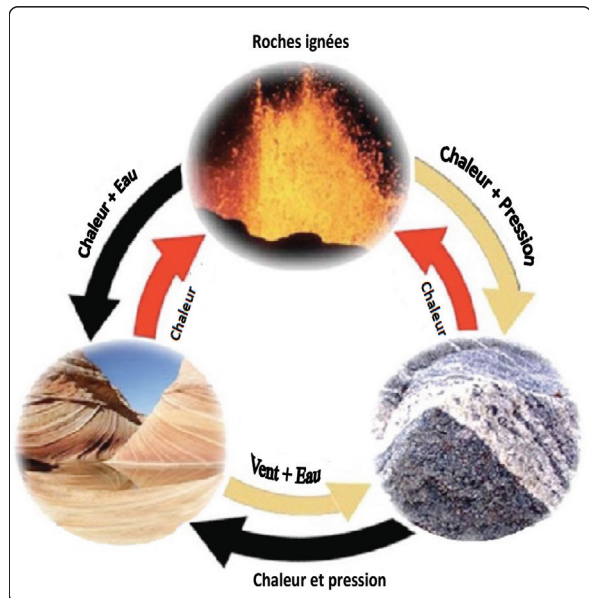


Figure (30) Le cycle des roches



Figure (31) Roches sédimentaires



Figure (32) Un morceau de marbre brut



Activité d'investigation

Le voyage des roches et des minéraux

- 1- Choisis une roche de l'environnement qui t'entoure, ou une image de roches naturelles.
- 2- Détermine les minéraux que la roche peut contenir en utilisant le guide des propriétés minérales.
- 3- Observe la forme des granules, leur couleur et leur dureté.
- 4- Discute avec tes camarades : comment la composition des minéraux peut-elle affecter la dureté de la roche ou sa tendance à s'effriter ?
- 5- Réfléchis : à quel type de roche appartient la roche que tu as choisie ? Magmatique, sédimentaire ou métamorphique ?
- 6- Observe les éventuels signes d'altération ou de transport.
- 7- Essaie de tracer un trajet probable du cycle des roches à partir de cette roche jusqu'à une autre.
- 8- Pense à une application pratique : quels minéraux de cette roche peuvent être utilisés dans l'industrie ou la technologie ?
- 9- Note tes observations et tes conclusions.
- 10- Partage tes conclusions avec tes camarades de classe et discute de la manière dont les minéraux et les roches contribuent à la stabilité de la Terre.



Évaluation de la leçon (2)



Premièrement : Questions à choix multiples

Choisis la bonne réponse:

1. Lequel des facteurs suivants peut modifier le type de roche sans changer sa composition chimique?

- | | |
|--|------------------------------|
| a. La fusion complète | b. Le refroidissement rapide |
| c. La pression et la température élevées | d. L'altération chimique |

2. Un minéral caractérisé par sa capacité à découper le verre et les industries de précision. Cette description met en évidence la propriété.....

- | | |
|------------------|-----------------|
| a. de la couleur | b. de la dureté |
| c. du clivage | d. de l'éclat |

3. Si les roches sédimentaires se transforment en roches métamorphiques, cela indique que les roches.....

- a. ont été soumises aux agents d'altération seulement
- b. ont fondu puis se sont refroidies
- c. ont subi une pression et une température élevée sans fusion
- d. se sont transformées directement en roches magmatiques

4. Lequel de ce qui suit explique l'utilisation du titane dans les articulations artificielles?

- | | |
|---|----------------------------------|
| a. Sa densité élevée | b. Sa couleur argentée brillante |
| c. Sa résistance à la corrosion et sa grande solidité | d. Sa facilité de fusion |

5. La présence de gros cristaux dans une roche magmatique indique le plus souvent que la roche:

- a. s'est refroidie lentement au sein de la Terre
- b. a subi une altération mécanique
- c. a été formée par une éruption volcanique rapide
- d. ses couches se sont déposées au fond de la mer

6. Lequel des processus suivants constitue le début de la formation des roches sédimentaires ?

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| a. La fusion | b. L'altération et l'érosion |
| c. La cristallisation du magma | d. La réorganisation des minéraux |

7. Un minéral qui entre dans la fabrication des batteries des smartphones et des voitures électriques, caractérisé par sa légèreté et sa capacité à stocker efficacement l'énergie. Il s'agit.....

- a. du cuivre
- b. du lithium
- c. du fer
- d. de la bauxite

8. Lors de l'étude d'une roche contenant des couches bien visibles et des granules de tailles différentes, on peut conclure que cette roche s'est formée en résultat.....

- a. du refroidissement du magma
- b. de la pression des dépôts sur une longue période
- c. du changement des minéraux sous une forte chaleur
- d. de la fusion de la roche ancienne

Deuxièmement : Questions à développement

Explique pourquoi ?

1- Les roches diffèrent dans leurs caractéristiques bien qu'elles soient constituées de minéraux communs ?

2- Les minéraux constituent la base des industries modernes telles que la médecine et la technologie ?

3- Le cycle des roches est un processus continu malgré la différence des ères géologiques?

4- Les roches métamorphiques ne contiennent pas généralement de fossiles ?

4.3

La lithosphère et la durabilité des ressources de l'énergie

La lithosphère est considérée comme une source d'un grand nombre de ressources énergétiques (renouvelables ou non renouvelables) qui couvrent une grande partie des besoins énergétiques mondiaux. La lithosphère constitue la source principale des genres traditionnels de combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole et le gaz naturel, en plus des minéraux radioactifs qui représentent une source d'énergie nucléaire comme l'uranium et l'énergie thermique résultant de la chaleur de la Terre. Ainsi, l'étude de la lithosphère nous permet d'identifier l'emplacement de ces ressources et la manière de les extraire et de les gérer avec efficacité et durabilité.

Premièrement : la lithosphère et les combustibles fossiles

La lithosphère contient d'immenses dépôts de combustibles fossiles, qui constituent actuellement la source principale d'énergie dans le monde et les plus abondants dans la lithosphère.

La théorie **de l'origine organique**, qui tente d'expliquer la façon de la formation du pétrole et du gaz naturel, suppose qu'ils se sont formés des restes de certains organismes vivants, en particulier des micro-organismes marins, qui ont été enfouis après leur mort au fond des mers et des océans il y a des millions d'années. Ils se sont graduellement transformés en roches sédimentaires dont l'épaisseur a augmenté avec le temps. Sous l'effet de la pression énorme et l'élévation de la température résultant des effets de la chaleur au sein de la Terre, des couches de roches sédimentaires appelées roches **mères** se sont formées. Dans ces couches, les restes organiques riches en carbone et en hydrogène se sont transformés en substances hydrocarbonées, à partir desquelles se sont formés le pétrole et le gaz naturel.

En général, le pétrole et le gaz naturel s'accumulent au sein de la Terre à l'intérieur des couches rocheuses imperméables, dans des bassins de roches sédimentaires qui prennent la forme d'un dôme, appelés pièges pétroliers. Le pétrole se trouve dans ces pièges sous une forte pression, flottant au-dessus de l'eau, et surmonté par le gaz naturel. Dans ce qui suit, nous allons apporter davantage l'éclairage sur l'extraction du pétrole.

Extraction du pétrole

Après avoir déterminé l'emplacement du pétrole dans les roches réservoirs, le processus de **forage profond** commence en utilisant des plateformes spécialisées atteignant de grandes profondeurs sous la surface de la terre ou au fond marin. Les compagnies introduisent de solides tubes en **acier** à l'intérieur du puits afin de garantir sa stabilité et d'empêcher toute fuite indésirable. Lorsque les foreuses atteignent la couche des roches contenant le pétrole, la pression naturelle à l'intérieur du réservoir permet de le faire remonter vers la surface, ou bien des techniques modernes telles que le **pompage de l'eau ou de gaz** sont utilisées pour remonter le pétrole à la surface lorsque la pression est basse.

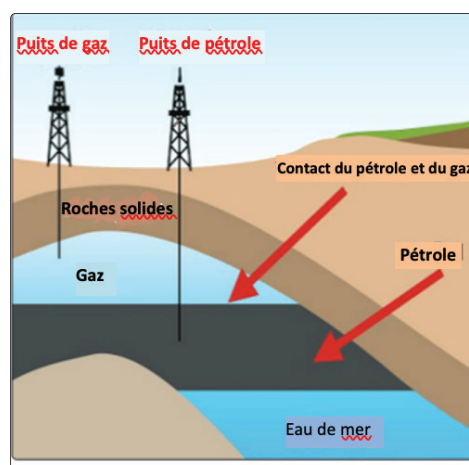


Figure (33) Le pétrole et le gaz naturel sous la terre

Le pétrole brut continue de s'écouler jusqu'à ce que **la pression** causant sa poussée disparaisse. À ce moment-là, le pourcentage extrait est estimée à 20 % environ du brut qui se trouve dans le champ. La quantité de pétrole qui peut être extraite dépend de **la viscosité du brut**. La propriété de la viscosité affecte la résistance du liquide à l'écoulement. Les liquides à forte viscosité sont épais et s'écoulent lentement en résultat de l'augmentation des forces d'attraction entre leurs molécules (forces de cohésion). Par conséquent, le taux d'extraction du pétrole brut diminue à mesure que sa viscosité augmente.

Ces dernières années, les entreprises sont devenues dépendantes de la télédétection sismique tridimensionnelle, qui permet aux géologues de dresser une carte précise des structures rocheuses et de déterminer avec plus de précision les zones d'accumulation du pétrole, ce qui augmente le succès du processus d'extraction et réduit l'impact environnemental.

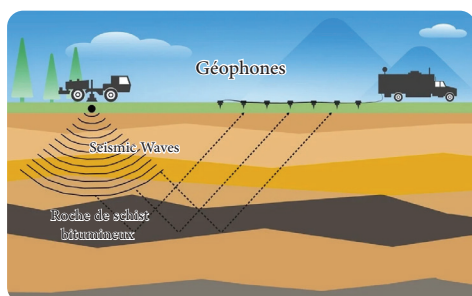


Figure (34) Détection sismique 3D

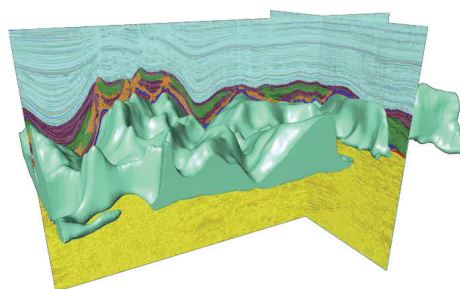


Figure (35) Analyse 3D des données de détection sismique

Applications technologiques

Des micro-organismes améliorant le taux d'extraction du pétrole brut (récupération améliorée du pétrole biologique)

Certaines entreprises modernes ont recours à l'utilisation de micro-organismes, tels que certaines espèces de bactéries, afin d'aider à augmenter la quantité de pétrole extraite des roches. Ces organismes sont injectés dans des puits de pétrole anciens ou à faible production, où ils commencent à se multiplier à l'intérieur des pores rocheux. Les bactéries sécrètent des substances chimiques naturelles telles que les gaz organiques, les acides et les polymères biologiques. Ces substances modifient les caractéristiques du pétrole et de la couche des roches qui l'entoure. Par exemple, les acides biologiques aident à dissoudre certains minéraux qui entravent le mouvement du pétrole, tandis que les polymères biologiques réduisent la viscosité du pétrole, ce qui lui permet de se déplacer et de s'écouler plus facilement vers le puits. Ce processus augmente l'efficacité de l'extraction sans recourir à de fortes opérations de pompage ni à une grande consommation d'énergie, ce qui en fait une technologie moderne et respectueuse de l'environnement, utilisée aujourd'hui dans plusieurs champs pétrolifères autour du monde pour soutenir la production et réduire les pertes de pétrole stocké.

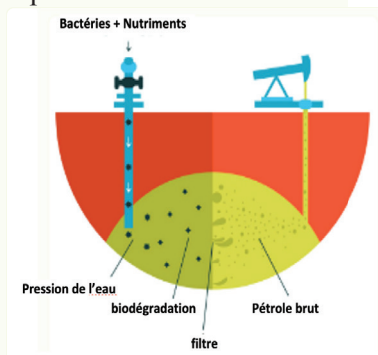


Figure (36) Récupération améliorée de bio-huile

La distillation fractionnée de l'huile du pétrole

Le pétrole brut se compose principalement de composés chimiques appelés **hydrocarbures**, qui sont des composés organiques contenant seulement les deux éléments de carbone et

d'hydrogène, en plus d'une certaine quantité de composés non hydrocarbonés contenant des éléments tels que le soufre, l'azote, l'oxygène et certains métaux.

Les différents composés hydrocarbonés qui constituent le pétrole brut, et qui, après leur séparation, sont appelés produits pétroliers, sont ceux qui lui confèrent cette importance pratique et économique, car chaque produit pétrolier possède de nombreuses utilisations et applications diverses.

Le pétrole brut arrive dans les raffineries sous forme d'un mélange complexe de composés hydrocarbonés différentes dans leurs propriétés. Pour le transformer en produits utilisables, tels que l'essence, le diesel et le gaz de cuisson, on procède au processus de **la distillation fractionnée**.

Comment se déroule le processus de distillation fractionnée ?

1. Chauffage du pétrole brut:

Le pétrole est chauffé à des températures élevées pouvant atteindre 400 °C dans des fours spéciaux, jusqu'à ce qu'il se transforme en un mélange de vapeurs.

2. Entrée des vapeurs dans la colonne de distillation :

la vapeur chaude est pompée à l'intérieur d'une haute colonne appelée colonne de distillation fractionnée.

Cette colonne se caractérise par des températures élevées à la base qui diminuent progressivement à mesure que l'on s'élève vers le haut.

3. Collecte des composants selon leur point d'ébullition:

Les hydrocarbures diffèrent par leur point d'ébullition. Ainsi, ils se condensent à différents niveaux :

- **le diesel et le kérosène** se condensent à des niveaux intermédiaires.
- **l'essence** se condense à des niveaux plus élevés où la température est plus basse.
- quant aux gaz légers comme **le butane et le propane**, ils sortent par le sommet de la colonne.

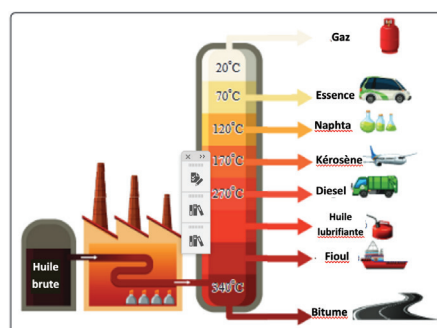


Figure (37) Distillation fractionnée du pétrole

Exemples récents d'applications industrielles

- Dans les **raffineries modernes du Golfe arabe et d'Égypte**, des systèmes de contrôle numériques sont utilisés pour régler avec une grande précision les températures et les taux de refroidissement, ce qui rend le processus de distillation plus efficace et réduit la consommation d'énergie.

- Certaines raffineries dépendent également sur des unités de craquage thermique et hydrogéné pour transformer les hydrocarbures lourds en essence légère de haute qualité, utilisée dans les voitures modernes à faibles émissions.

- Dans les industries avancées, les gaz légers provenant du sommet de la colonne sont exploités dans la production des produits pétrochimiques, tels que les plastiques, les résines et les fibres synthétiques, qui entrent dans la fabrication des appareils électroniques, des voitures électriques et des matériaux de construction légers.

Deuxièmement : la lithosphère comme source d'énergie nucléaire

Outre le pétrole et le gaz naturel, la lithosphère fournit une autre ressource d'énergie d'une importance capitale : **les éléments radioactifs** utilisés dans la production de l'énergie nucléaire, au premier rang desquels figure **l'uranium**. L'uranium se trouve naturellement dans certaines roches ignées et sédimentaires. Il est extrait sous forme de minéraux tels que **l'uraninite et la carnotite**. Ce qui rend cet élément distingué c'est sa capacité à **libérer une énergie énorme** lors de la division de son noyau atomique dans un processus nommé par **la fission nucléaire**.

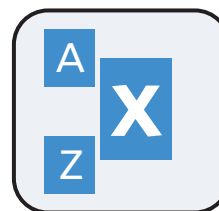


Figure (38) Élément d'uranium dans le tableau périodique

Comment l'énergie nucléaire est-elle extraite de l'uranium ?

Les atomes d'uranium se caractérisent par **des noyaux atomiques volumineux et instables**. Le noyau est constitué de protons chargés positivement et de neutrons neutres. Lorsque leur nombre est grand, la cohésion du noyau devient faible, ce qui rend certains éléments, comme l'uranium, des éléments naturellement **radioactifs**.

Le nombre de protons (nombre de charges électriques) à l'intérieur du noyau est nommé par **le numéro atomique (Z)**, et la somme du nombre de protons et de neutrons est nommé par **le nombre de masse (A)**.



Le numéro atomique est indiqué en bas à gauche du symbole de l'élément (**X**), et le nombre de masse en haut à droite du symbole, comme illustré sur la figure. Les atomes d'un même élément peuvent avoir des formes différentes qui s'accordent sur le nombre de protons (**Z**) dans leurs noyaux, mais diffèrent par le nombre de masse (**A**), et donc **dans le nombre de neutrons (N)**. On les appelle des **isotopes**.

Il existe trois isotopes naturels de l'uranium qui sont : l'uranium-234 (**U₂₃₄**), l'uranium-235 (**U₂₃₅**) et l'uranium-238 (**U₂₃₈**). Ce dernier est le plus répandu, puisqu'il représente près de 99 % de l'uranium naturel présent sur la planète Terre.

L'uranium constitue un élément essentiel dans la production de **l'énergie nucléaire**. Ses minerais sont extraits des roches, puis purifiés et préparés sous forme de barres de combustible nucléaire pour être utilisées à l'intérieur des réacteurs.

Lors de la collision d'un neutron avec le noyau d'atome d'uranium, le noyau se divise en parties plus petites dans un processus appelé **fission nucléaire**, libérant une énorme quantité d'**énergie thermique**. Cette énergie thermique est utilisée pour chauffer l'eau et la transformer en vapeur, qui fait tourner les turbines lesquelles, à leur tour, actionnent des générateurs électriques pour produire de l'électricité.

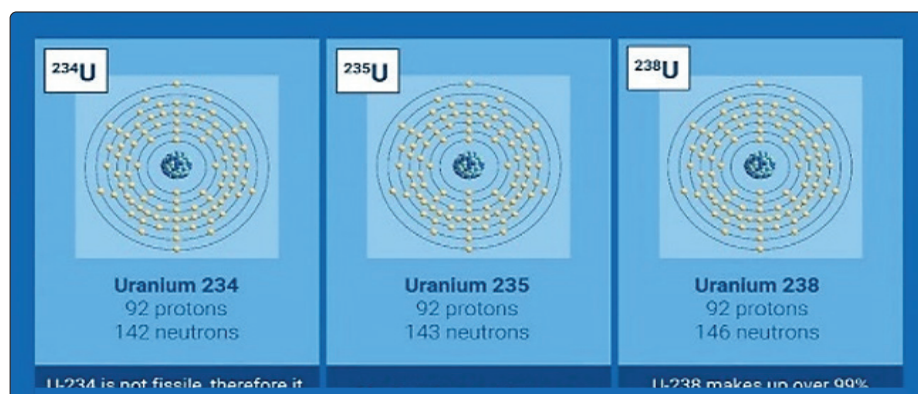


Figure (39) Isotopes d'uranium (à lire seulement)

Les réactions nucléaires

Ce sont des processus qui se produisent dans le noyau de l'atome et provoquent un changement de sa structure. Parmi les genres les plus importants de réactions nucléaires :

1- **La fission nucléaire** : où le noyau de l'atome se divise en plusieurs parties, comme cela se produit dans les réacteurs nucléaires.

2- **La fusion nucléaire** : où de petits noyaux fusionnent ensemble pour former un noyau plus grand, comme cela se produit dans le Soleil et les étoiles.

Applications modernes de l'énergie nucléaire

L'énergie nucléaire constitue, aujourd'hui, une partie importante du système énergétique mondial, car elle produit de grandes quantités d'énergie électrique de manière stable, avec des émissions de carbone presque nulles. De nombreux pays, tels que la France, le Japon, la Corée du Sud et les Émirats arabes unis, dépendent de l'énergie nucléaire pour assurer une part importante de leurs besoins en électricité. La centrale nucléaire d'El-Dabaa en Égypte constitue un exemple récent de l'exploitation des ressources de la lithosphère pour la production de l'énergie nucléaire. La centrale est située sur la côte méditerranéenne, dans le gouvernorat de Matrouh, et comprend quatre réacteurs de technologie avancée. Elle utilise des éléments radioactifs extraits des roches, tels que l'uranium, pour produire une grande quantité d'énergie électrique.

Le projet d'El-Dabaa représente une étape importante dans l'orientation de l'Égypte vers des sources d'énergie sûres et propres, car il contribue à fournir une électricité stable qui réduit la dépendance sur les combustibles fossiles et soutient les plans de développement. De même, le projet renforce les capacités scientifiques et d'ingénierie de l'Égypte et ouvre la voie au développement des techniques modernes fondées sur l'utilisation responsable des ressources de la lithosphère.

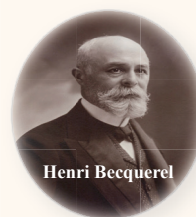


Figure (40) Centrale nucléaire d'El Dabaa

Les recherches récentes s'orientent vers le développement de réacteurs de quatrième génération et de petits réacteurs modulaires (SMRs), qui utilisent des quantités moindres de combustible nucléaire et sont plus faciles à installer, faisant ainsi de l'énergie nucléaire une option prometteuse pour soutenir la transition du monde vers des sources d'énergie durables et respectueuses de l'environnement.

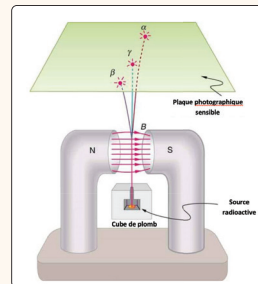
La découverte de la radioactivité

En 1896, Henri Becquerel étudiait les caractéristiques des rayons X. Il exposa l'un des sels d'uranium à la lumière du Soleil et le plaça sur des plaques photographiques enveloppées de papier noir, pensant que l'uranium absorbait l'énergie du Soleil et la libère sous forme de rayons X. Lorsqu'il réalisa son expérience dans un temps nuageux, les images obtenues étaient fortes et nettes, ce qui prouvait que l'uranium émettait un rayonnement sans avoir besoin d'une source d'énergie externe comme le Soleil.



Becquerel utilisa un dispositif, comme illustré sur la figure, pour montrer que le rayonnement qu'il avait découvert ne pouvait pas être des rayons X, car les rayons X sont électriquement neutres et leur trajectoire ne change pas sous l'effet du champ magnétique.

Contrairement à toute attente, le champ magnétique influença le rayonnement émis ; il observa alors trois trajectoires indiquant l'existence de trois types de rayonnements : négatif, positif et électriquement neutre.



Marie Curie commença, avec son époux Pierre, à étudier différentes substances radioactives. Elle introduisit le terme « radioactivité » pour désigner le phénomène découvert récemment par Becquerel. Les Curie extraient l'uranium du minerai et, à leur grande surprise, ils constatèrent que le minerai restant présentait une activité radioactive supérieure à celle de l'uranium pur. Ils en conclurent que le minerai contenait d'autres éléments radioactifs ce qui a conduit à la découverte des éléments polonium et radium .

Précautions de protection contre les rayonnements nucléaires

Il est nécessaire de prendre certaines précautions afin de limiter les risques liés aux substances radioactives, notamment :

- la conservation des sources radioactives protégées (de préférence dans un coffret doublé de plomb).
- ne les transporter qu'en cas d'extrême nécessité, en respectant des règles strictes.
- porter des vêtements de protection pour protéger le corps des rayonnements émis par les isotopes radioactifs.
- porter des masques faciaux afin d'éviter l'inhalation des vapeurs de substances radioactives.
- la surveillance continue du taux de rayonnement dans l'environnement entourant des matières radioactives en utilisant un compteur Geiger ou des appareils similaires.



Sources prometteuses d'énergie renouvelable

La science moderne nous offre de nouvelles perspectives pour comprendre la relation entre la lithosphère et les sources d'énergie renouvelables et comment les caractéristiques des roches et des minéraux contribuent à la génération d'une énergie propre soutenant la durabilité de la planète Terre.

Dans la partie suivante de la leçon, nous découvrirons les moyens par lesquels l'être humain tire l'énergie de la lithosphère, tels que la chaleur du sein de la Terre résultant de l'activité thermique dans les profondeurs des roches, ainsi que l'énergie résultante de la piézoélectricité produite par certains minéraux lors de leur exposition à la pression ou à la vibration. Nous étudierons également l'énergie du stockage de l'air comprimé entre les roches et l'énergie de l'hydrogène naturel.

À travers cette diversité de sources, nous comprenons comment la lithosphère ouvre à la science de multiples voies pour produire une énergie propre et nous offre des solutions pratiques pour soutenir l'équilibre environnemental et la durabilité des ressources.

1. - L'énergie géothermique

La lithosphère est considérée comme une source importante de plusieurs genres d'énergie, parmi lesquels figure **l'énergie géothermique**. Cette énergie provient de la chaleur emmagasinée dans les profondeurs de la Terre, résultant de plusieurs processus naturels tels que la décomposition des éléments radioactifs à l'intérieur des roches et la présence du magma chaud au-dessous de la croûte terrestre. La température augmente à mesure qu'on se dirige vers l'intérieur de la Terre, phénomène connu sous le nom **de gradient géothermique de la Terre**.

Lorsque des fissures ou des ouvertures existent dans la lithosphère, les eaux souterraines peuvent s'infiltrer en profondeur, se réchauffer fortement, puis remonter à la surface sous forme de **sources chaudes ou de vapeur comprimé**.

Certains pays exploitent cette chaleur naturelle à travers l'établissement des centrales géothermiques, où la vapeur ascendante est utilisée directement pour faire fonctionner **les turbines** produisant de l'électricité, ou bien pour **le chauffage des bâtiments** et dans certaines applications industrielles.

L'énergie géothermique se distingue par le fait **qu'elle est renouvelable et propre** : elle ne produit pratiquement aucune pollution.

De même, sa source est disponible d'une manière continue dans les régions où les conditions géologiques appropriées sont convenables. C'est pourquoi elle est considérée comme l'une des solutions importantes pour réaliser le développement durable et réduire la dépendance aux combustibles fossiles



Figure (41) Centrale géothermique



Figure (42) Chauffage géothermique des bâtiments

Application technologique moderne

La production d'électricité à partir de la chaleur des roches profondes par la technologie EGS

Au cours des dernières années, les scientifiques ont développé une technologie avancée appelée systèmes géothermiques stimulés (EGS). Elle repose sur le forage de puits profonds dans des roches extrêmement chaudes, à des profondeurs pouvant dépasser 4 à 6 kilomètres.

Les ingénieurs pompent des quantités d'eau dans de fines fissures des roches afin qu'elle acquière une température élevée, puis elle remonte à la surface pour faire fonctionner les turbines et produire de l'électricité. Des pays comme les États-Unis ont réussi à faire fonctionner des centrales expérimentales qui dépendent de cette technologie, ce qui prouve que la chaleur souterraine peut devenir une ressource d'énergie propre fonctionnant 24 heures sur 24 toute l'année.

Ce développement constitue une grande réalisation scientifique, car il permet de profiter de la chaleur de la lithosphère, ouvrant ainsi la voie à un avenir énergétique durable qui dépend de « la chaleur de la Terre profonde » comme source d'électricité mondiale.

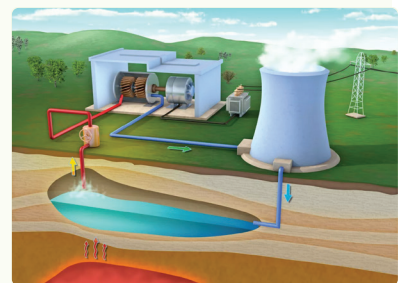


Figure (43) Conception d'une centrale de production d'énergie géothermique

2. L'énergie issue de la piézoélectricité

La piézoélectricité est considérée comme l'une des innovations modernes reposant sur les propriétés de certains minéraux qui se trouvent dans la lithosphère, tels que le quartz. Lorsque ces minéraux sont exposés à une pression, à des vibrations ou à une flexion, ils génèrent une charge électrique sans nécessiter de source d'énergie externe. Cette propriété est aujourd'hui utilisée dans la production de l'énergie propre à partir des vibrations et des mouvements qui nous entourent.

L'idée de la piézoélectricité repose sur le fait que la pression mécanique exercée sur le matériau déforme sa structure cristalline, ce qui provoque un déséquilibre dans la distribution des charges et génère une différence de potentiel électrique. L'effet piézoélectrique est utilisé dans le genre de briquet qui produit une étincelle électrique pour allumer le gaz en appuyant sur un bouton, qui à son tour, exerce une pression sur un cristal d'une substance piézoélectrique.

La piézoélectricité est devenue un domaine prometteur dans les applications modernes. Certaines villes en dépendent pour générer l'électricité à partir des pas des piétons dans les gares et les centres commerciaux, où les sols intelligents transforment la pression des pas en énergie utilisée pour l'éclairage ou pour charger de petits appareils. Cette technique est également utilisée dans les capteurs automobiles, les systèmes de sécurité, les dispositifs de surveillance des vibrations dans les ponts et les bâtiments, ainsi que pour charger des capteurs implantés dans le corps humain sans batterie, ce qui constitue une avancée majeure dans les applications médicales.

Ainsi, la science continue d'explorer les caractéristiques des minéraux de la lithosphère afin de les exploiter pour produire une énergie innovante et intelligente, contribuant à la construction d'un avenir fondé sur des sources propres et renouvelables.

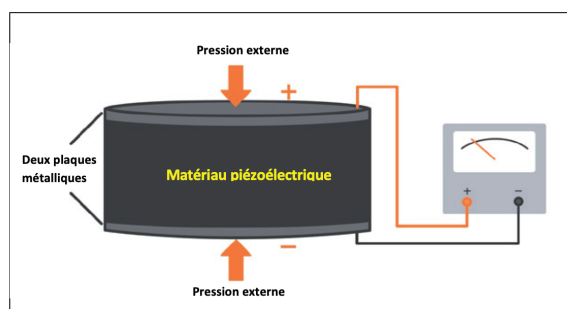


Figure (44) Génération d'une charge électrique sans source d'alimentation externe

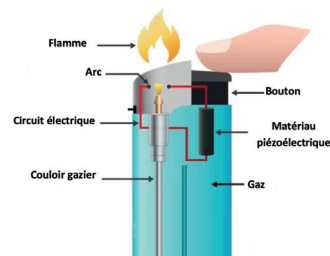


Figure (45) Un briquet à pression pour allumer le gaz



Figure (46) Génération de l'énergie à partir du mouvement des pieds



Figure (47) Génération de l'énergie à partir du mouvement des véhicules

3- Énergie du stockage de l'air comprimé dans les roches

Le stockage de l'air comprimé dans des cavités rocheuses au-dessous de la surface de la Terre est l'une des techniques modernes qui reposent sur la lithosphère comme composant essentiel de la production d'énergie propre et renouvelable. L'idée consiste à utiliser l'électricité produite par des sources renouvelables telles que le soleil ou le vent pour comprimer l'air et le pousser dans des cavités rocheuses profondes. L'air reste emprisonné sous une forte pression à l'intérieur des

roches, et lorsque la centrale électrique a besoin d'énergie supplémentaire, l'air est libéré des cavités à la centrale, ce qui fait fonctionner des turbines générant, à nouveau, de l'électricité.

L'efficacité de cette technique dépend des lois des gaz, qui étudient la relation entre la pression du gaz, le volume et la température. La valeur de la pression atteinte par l'air à l'intérieur des roches dépend de plusieurs facteurs, dont :

- Lorsque la centrale énergétique injecte une grande quantité d'air dans un espace restreint à l'intérieur des roches, la pression augmente fortement dans cet espace.

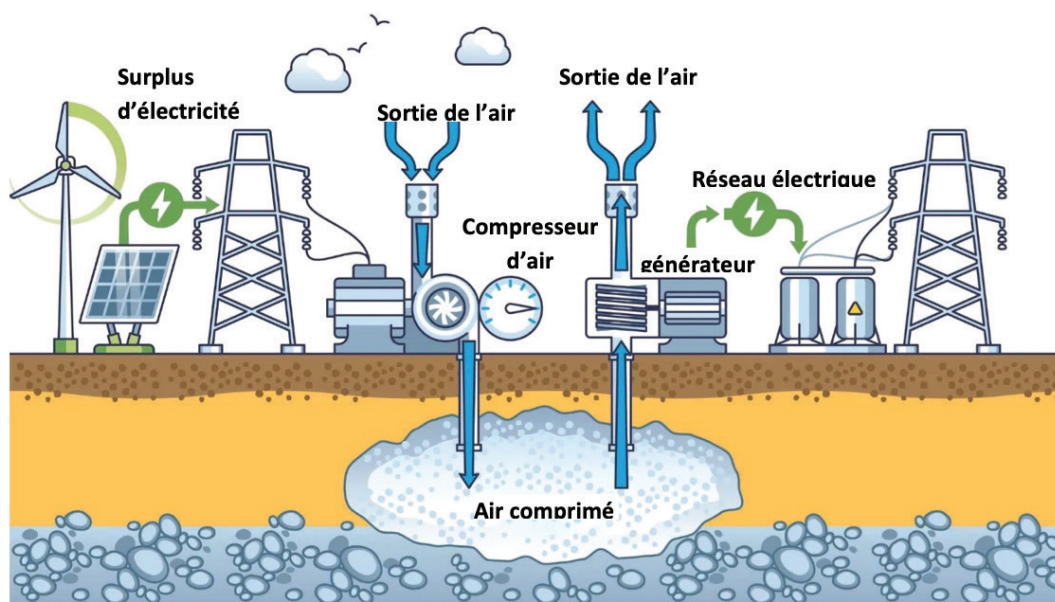


Figure (48) Station de stockage d'air comprimé

- Lorsque l'air est comprimé, non seulement sa pression augmente, mais sa température s'élève également, en raison du rapprochement des molécules d'air et de leur mouvement plus rapide. Certaines centrales électriques stockent l'énergie thermique résultant de la compression de l'air, puis la réutilisent lorsque l'air est libéré vers les turbines, ce qui réduit les pertes d'énergie et augmente le rendement de la centrale.

- L'efficacité de cette technique dépend aussi **des propriétés de la lithosphère, telles que la résistance des roches et leur capacité à supporter la pression**, ce qui rend le stockage de l'air comprimé à l'intérieur possible et sûr. Les roches solides supportent une pression élevée de l'air sans s'effondrer, ce qui permet de retenir de grandes quantités d'air dans leurs cavités. Cette pression élevée confère à l'air, lors de sa libération ultérieure, la capacité d'entraîner les générateurs et de produire de l'électricité.



La centrale de **Huntorf** en Allemagne - la première centrale de stockage d'air comprimé au monde - fonctionne depuis plus de 40 ans. La centrale stocke l'air dans deux cavités rocheuses salines souterraines et l'utilise aujourd'hui pour soutenir le réseau électrique lors des pics de consommation, ce qui contribue à la stabilité du réseau, en particulier les jours où la vitesse du vent varie ou lorsque la lumière du soleil diminue.

4. L'énergie de l'hydrogène naturel (hydrogène blanc)

L'**hydrogène naturel** est considéré comme l'une des sources d'énergie renouvelable les plus récentes découvertes par la science aujourd'hui. Il est parfois appelé **hydrogène blanc**, car il se forme naturellement dans la lithosphère sans intervention humaine.

- Ce gaz se forme dans les roches profondes lorsque l'eau s'infiltre dans les fissures de la lithosphère.

- L'eau rencontre des minéraux riches en fer, tels que l'olivine. Il se produit alors une réaction chimique importante au cours de laquelle les molécules d'eau (H_2O) se lient aux atomes de fer (Fe) à l'intérieur de la roche.

- Une partie du minéral se transforme alors en un nouveau minéral appelé serpentine, composé de silicates de magnésium, tandis que le gaz **hydrogène (H_2)** est libéré comme sous-produit de la réaction.

- L'hydrogène pur est poussé ensuite vers les vides et les fissures qui se trouvent dans les roches, où il s'accumule dans des zones à partir desquelles il peut être extrait.

- L'**hydrogène blanc** se distingue par le fait qu'il est moins cher que l'hydrogène produit industriellement et qu'il ne génère pas d'émissions de carbone lorsqu'il est utilisé comme carburant.



Figure (49) Stockage de l'hydrogène pour la production de l'énergie



En 2023, dans la commune de Bourjé en France, les scientifiques ont découvert un petit cratère dans le sol émettant de l'hydrogène naturel. Ce gaz s'écoule des fissures rocheuses. Des essais sont actuellement menés pour utiliser cet hydrogène afin de faire fonctionner des générateurs électriques locaux, ce qui pourrait faire de la commune la première communauté à bénéficier de l'hydrogène naturel issu de la lithosphère.



Activité pratique

Matériaux nécessaires:

- Deux petites boîtes transparentes (boîtes en plastique transparent fermables).
- Une quantité du sol ou du sable pour remplir les deux boîtes jusqu'à la moitié de leur hauteur.
- Deux bouteilles thermiques ou deux flacons isolés contenant de l'eau chaude.
- Deux thermomètres numériques pour mesurer la température.
- Des cartons pour fabriquer « un toit » et un couvercle transparent représentant une maison en plastique (optionnel : couvercle transparent pour imiter une maison en verre).
- Un chronomètre, un papier et un stylo.
- Une source de lumière (lampe de table) pour simuler la chaleur du soleil (optionnel).

Procédure:

- 1- Place une quantité du sol ou du sable dans les deux boîtes à la même hauteur. La boîte A fonctionne comme un réservoir

thermique, tandis que la boîte B sert de référence.

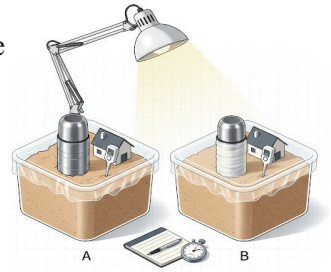
2- Enterre la bouteille d'eau chaude au centre du sol dans la boîte A, en veillant à ce que la bouteille soit protégée et bien fermée.

3- Dans la boîte B, laisse uniquement du sol ou place une bouteille d'eau de même taille mais à l'intérieur d'un couvercle bien isolée afin d'éviter toute fuite de chaleur.

4- Place un thermomètre dans chaque boîte près de la surface du sol (similaire à l'endroit qui représentera « l'intérieur de la maison »). Enregistre la température initiale.

5- Si disponible, place un couvercle transparent sur chaque boîte (dans les mêmes conditions qu'une maison en plastique). Allume la source de lumière au-dessus des boîtes pendant 1 à 2 heures pour simuler le chauffage solaire, puis éteins-la (ou attends que le temps passe).

6- Mesure les températures dans chaque boîte toutes les 15 à 30 minutes pendant au moins deux heures et note les mesures. Observe comment varient l'augmentation et la diminution des températures dans les deux boîtes.



Questions de discussion et d'évaluation:

1- Pourquoi la boîte (A) a-t-elle conservé une température plus élevée ? Décris le processus physique responsable.

2- Comment peut-on améliorer la conception du « stockage thermique » de sorte qu'il conserve la chaleur plus longtemps ?

3- Dans quels contextes réels cette idée peut-elle être appliquée ? Donnez un exemple urbain et un exemple agricole.

4- Quels sont les avantages environnementaux et économiques de l'utilisation de l'énergie géothermique au lieu de la combustion de carburants ?

Évaluation de la leçon (3)



Premièrement : Questions à choix multiples

Choisis la bonne réponse:

1. Laquelle des méthodes suivantes est utilisée pour extraire le pétrole du sein de la terre?

- a) La détection sismique tridimensionnelle
- b) La pression mécanique à la surface de la Terre
- c) Les réactions de fission nucléaire
- d) Les systèmes géothermiques améliorés

2. Quel est l'objectif du processus de distillation fractionnée du pétrole?

- a) La séparation de ses composés selon leur couleur
- b) La séparation de ses composés selon leurs points d'ébullition différents
- c) La mélange de ses composés chimiques ensemble
- d) L'augmentation du contenu thermique de ses composants

3. Lequel des groupes des produits suivants résulte de la distillation fractionnée du pétrole?

- a) L'essence, la cire et l'asphalte
- b) L'eau, le sel et le fer
- c) L'uranium, le silicium et le quartz
- d) Le gypse, la pierre calcaire et l'argile

4. Pourquoi certains micro-organismes (microbes) sont-ils utilisés dans l'extraction du pétrole?

- a) Pour colorer le pétrole
- b) Pour décomposer les roches et déplacer le pétrole piégé dans les pores rocheux
- c) Pour geler le pétrole
- d) Pour produire directement de l'électricité

5. Quel est le facteur essentiel qui affecte la quantité du pétrole extraite des roches?

- a) La quantité de sels dans l'eau souterraine
- b) La perméabilité des roches et la taille de leurs pores
- c) La température de l'air autour du site de forage
- d) Le type d'organismes ayant été transformés en pétrole

6. Quelle est la source de l'énergie nucléaire utilisée dans la centrale d'El-Dabaa?

- a) L'énergie solaire
- b) La chaleur interne de la Terre
- c) L'uranium
- d) Le gaz naturel

7. Pourquoi l'énergie géothermique est-elle considérée comme une source durable d'énergie?

- a) Parce qu'elle dépend des combustibles fossiles
- b) Parce qu'elle est continue et renouvelable grâce à l'effet de la chaleur au sein de la Terre
- c) Parce qu'elle produit une forte pollution
- d) Parce qu'elle est limitée et s'épuise rapidement

8. Lors de la fission nucléaire du noyau de l'uranium, l'énergie est libérée sous forme de.....

- a) chaleur seulement
- b) lumière seulement
- c) chaleur, énergie cinétique et particules nucléaires
- d) ondes sonores

9. - L'énergie géothermique peut être exploitée directement dans.....

- a) le fonctionnement des téléphones portables
- b) le chauffage des maisons et des fermes
- c) la fabrication du verre
- d) L'extraction du fer

10. Lequel des caractéristiques suivantes fait des roches une bonne source d'énergie nucléaire?

- a) Une faible densité et la présence de mica
- b) La présence de minéraux radioactifs
- c) La couleur foncée
- d) Une forte perméabilité à l'eau

11. Quel rôle jouent les réservoirs d'eau souterraine dans les centrales géothermiques?

- a) Le stockage de l'énergie
- b) L'échange thermique entre les roches et l'eau
- c) Le stockage direct de l'électricité sans chaleur
- d) L'augmentation de la pression au sein de la Terre

12. Quelle est la technique utilisée par le projet EGS pour produire de l'électricité ?

- a) Il dépend de l'énergie solaire concentrée
- b) Il utilise des forages profonds pour pomper l'eau dans les roches chaudes afin de générer l'électricité
- c) Il brûle le charbon afin de produire la vapeur
- d) Il dépend du vent pour chauffer les roches

13. Quel est l'avantage environnemental principal de l'utilisation de l'énergie nucléaire et de l'énergie géothermique au lieu des combustibles fossiles?

- a) L'augmentation de la consommation du charbon
- b) La réduction des émissions de gaz à effet de serre
- c) L'augmentation de la production de l'hydrogène blanc
- d) La réduction de la consommation des eaux fluviales

14. Quelle situation de ce qui suit illustre le mieux une application pratique fondée sur le principe du stockage de l'énergie par l'air comprimé dans des cavités de la lithosphère?

- a) Le stockage de l'électricité dans des batteries au lithium à l'intérieur des bâtiments industriels
- b) La compression de l'air à l'intérieur de cavités salines et le libérer en cas de besoin.
- c) L'augmentation de la vitesse du vent autour des turbines pour améliorer l'efficacité de la production d'électricité.
- d) Le transfert du gaz naturel dans des pipelines souterrains

15. L'hydrogène naturel dépend d'une réaction à l'intérieur des roches. Quel est le résultat le plus logique si les roches contiennent peu de minéral d'olivine?

- a) La production d'hydrogène naturel augmente en raison de l'élévation de la perméabilité des roches
- b) La production d'hydrogène s'arrête complètement car les roches deviennent incapables d'absorber l'eau
- c) Le taux de formation de l'hydrogène naturel diminue en raison de l'absence de l'élément essentiel de la réaction
- d) La pression à l'intérieur des roches augmente provoquant leur explosion

16. Quelle explication montre la raison de la préférence de certains pays à stocker l'énergie par l'air comprimé dans des cavernes rocheuses plutôt que dans des installations industrielles en béton?

- a) Les roches offrent une température stable qui réduit les pertes d'énergie pendant le stockage
- b) Les installations en béton sont plus coûteuses mais stockent davantage d'énergie
- c) L'air comprimé se déplace plus rapidement dans le béton que dans les roches
- d) Les roches empêchent totalement toute perte d'air pendant le fonctionnement

17. Parmi les méthodes d'utilisation de la lithosphère comme source d'énergie pour produire de l'électricité :

- **Méthode (1) : injection d'air comprimé dans les roches, puis récupération.**
- **Méthode (2) : obtention d'hydrogène naturel à partir des roches.**

Laquelle des affirmations suivantes est correcte ?

- a) Les deux méthodes dépendent de la chaleur du sein de la Terre.
- b) La méthode (1) repose sur des processus chimiques dans les roches tandis que la méthode (2) repose sur des processus physiques.
- c) L'air comprimé et l'hydrogène blanc existent naturellement sans intervention humaine.
- d) La méthode (1) nécessite la présence des roches plus solides que la méthode (2).

Deuxièmement : Questions à développement**Explique pourquoi?**

- 1- Le pétrole brut a besoin de la distillation fractionnée avant d'être utilisé dans les moyens de transport et les usines.
- 2- Les micro-organismes peuvent contribuer à améliorer la quantité du pétrole extraite des roches.
- 3- La quantité de pétrole pouvant être extraite des roches dépend de leur perméabilité.
- 4- La raison de la différence d'utilisation des produits pétroliers selon leurs points d'ébullition après la distillation fractionnée.
- 5- La boîte contenant la réserve de chaleur dans le dispositif de chauffage reste plus chaude que la boîte de référence.
- 6- La raison de l'utilisation d'éléments radioactifs comme l'uranium dans la génération de l'énergie nucléaire plutôt que les autres minéraux stables.
- 7- La chaleur stockée au sein de la Terre peut aider à chauffer les maisons et les fermes tout au long de l'année.
- 8- La relation entre la densité des roches et la quantité de la chaleur pouvant y être stockée dans l'énergie géothermique.

Révisé et modifié par

M. Mohamed Abdel Latif Mohamed

M. Abdullah Mostafa Mohammad

Mme. Doaa Mohammad Abdel Azim

M. Sameh Mansour

Dr. Hussein Abdel Rahman Bakhat

M. Magdy Fathi Mohamed

M. Adel Mohammed Al-Hafnawy

M. Amr Mali Moawad

M. Ayman Shawky Al-Sayed

M. Fayez Fawzi Hanna

Dr. Hanan Abu Al-Abbas Mohammad



Il est interdit de distribuer ce livre en dehors du ministère de l'Éducation et de
l'Enseignement Technique