

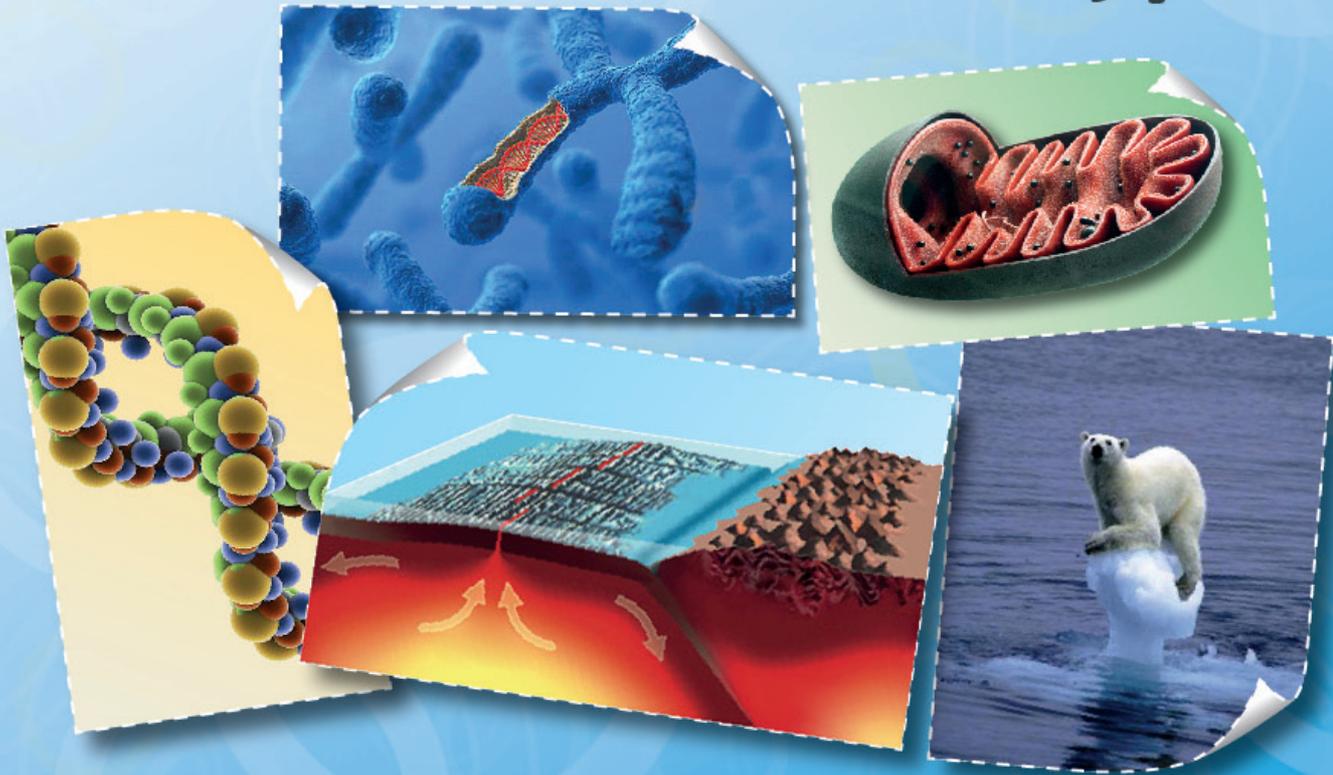
2^{ème} BAC
PC

Conforme aux cadres référentiels du Ministère de l'Education Nationale



GUIDE DU PROFESSEUR

Documents & Activités Scientifiques



Documents du cours
Activités scientifiques
Bilan global

Réalisé par : M. ELBOUKHANI

CHRONO
BIOF
Bac

*Tous droits réservés.
Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite
sans le consentement de l'auteur est illicite.*

DAR IHYAA EL OULOUM AZZAHERA

Adresse : 42, Boulevard Moulay Idriss 1^{er} - Casablanca

Tél / Fax : 05 22 85 20 85 - 05 22 85 01 85

E-mail : edition.dioaz@gmail.com

Collection CHRONO : 2421 - 9525

Dépôt légal :

ISBN :

Impression :

Éditeur

DIO AZ

Avant propos

Ce guide a été conçu comme appui didactique, il fournit toutes les indications et pistes de travail nécessaires au bon déroulement des activités de classe proposées dans le cahier d'activités et documents de l'élève (chrono bac).

Ce travail ne se veut en aucun cas être un travail exhaustif, ce n'est qu'un simple et modeste effort visant à :

- Faciliter la tâche des enseignants dans le processus d'apprentissage des apprenants .
- L'aider à didactiser les situations de classe et accompagner les différentes démarches pouvant être envisagées pour l'enseignement / apprentissage.
- Lui fournir des suggestions de conceptualisation des situations didactiques.
- Lui présenter l'information de base, qui permet aux élèves de la deuxième année de la section internationale du baccalauréat option physique – chimie de s'approprier les énoncés-clés de la leçon.
- Permettre à l'apprenant d'être acteur de son apprentissage en recherchant lui-même la solution du problème.
- Stimuler la motivation et l'autonomie des apprenants, par une sélection de documents orientée vers une démarche d'investigation.

Et pour visualiser les objectifs à atteindre à partir des activités proposées, chacune des quatre unités débute par une description des objectifs et compétences ciblés.

Par ce travail, je souhaite contribuer à enrichir la boîte à outils du professeur et lui fournir des ressources supplémentaires pour l'élaboration des fiches pédagogiques des leçons.

L'auteur

Sommaire

1^{er} Semestre

Unité 1 : La consommation de la matière organique et flux d'énergie

| | |
|--|----|
| Chapitre 1 : Les réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique au niveau de la cellule | 10 |
| ACTIVITÉ 1 : La respiration, processus métabolique permettant la synthèse de l'ATP | 11 |
| ACTIVITÉ 2 : La fermentation, processus de synthèse d'ATP en anaérobiose | 13 |
| Chapitre 2 : Rôle du muscle strié squelettique dans le transfert d'énergie | 15 |
| ACTIVITÉ 1 : Enregistrement des phénomènes mécaniques de la contraction musculaire | 15 |
| ACTIVITÉ 2 : Structure et ultrastructure du muscle strié squelettique | 16 |
| ACTIVITÉ 3 : Structure moléculaire des filaments d'actine et de myosine | 17 |
| ACTIVITÉ 4 : Les différentes voies de régénération de l'ATP dans la cellule musculaire | 18 |

Unité 2 : Nature et mécanisme de l'expression du matériel génétique Transfert de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée

| | |
|--|----|
| Chapitre 1 : Notion de l'information génétique | 22 |
| ACTIVITÉ 1 : Dans quelle partie de la cellule est localisée l'information génétique ? | 23 |
| ACTIVITÉ 2 : Comment se transmet l'information génétique de la cellule mère aux cellules filles lors de la division cellulaire? | 23 |
| ACTIVITÉ 3 : La nature chimique du matériel génétique | 25 |
| Chapitre 2 : L'expression de l'information génétique | 29 |
| ACTIVITÉ 1 : Notion de caractère héréditaire | 29 |
| ACTIVITÉ 2 : Notion de gène, d'allèle et de mutation | 29 |
| ACTIVITÉ 3 : La relation caractère-protéine | 30 |
| ACTIVITÉ 4 : La signification génétique de la mutation : le code génétique | 31 |
| ACTIVITÉ 5 : Expression de l'information génétique : les acteurs de la synthèse protéique | 32 |
| Chapitre 3 : Transmission de l'information génétique par la reproduction sexuée | 33 |
| ACTIVITÉ 1 : Comment la méiose permet-elle le passage de la diploïdie à l'haploïdie ? | 34 |
| ACTIVITÉ 2 : Rôle de la fécondation dans la diversité génétique des individus..... | 35 |
| Chapitre 4 : Les lois statistiques de la transmission des caractères héréditaires chez les diploïdes | 36 |
| ACTIVITÉ 1 : Transmission d'un couple d'allèles (Monohybridisme) et son interprétation chromosomique | 36 |
| ACTIVITÉ 2 : Transmission de deux couples d'allèles (dihybridisme) et son interprétation chromosomique - Carte factorielle..... | 40 |

2^{ème} Semestre

Unité 3 : Utilisation des matières organiques et inorganiques

| | |
|---|----|
| Chapitre 1 : Les ordures ménagères issues de l'utilisation des matières organiques et inorganiques | 46 |
|---|----|

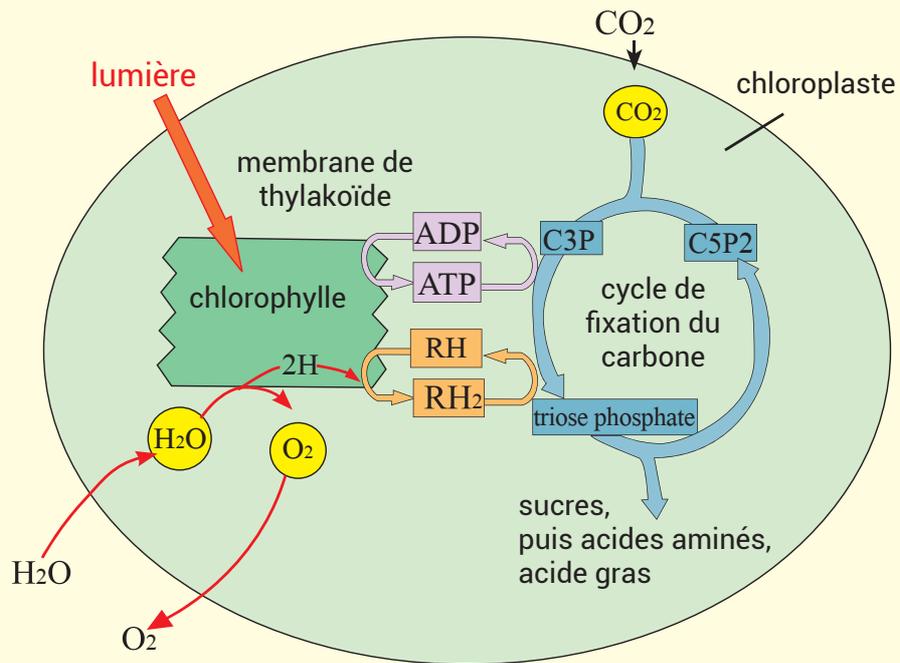
| | |
|--|----|
| ACTIVITÉ 1 : Le problème de gestion des ordures ménagères | 46 |
| ACTIVITÉ 2 : Comment peut-on valoriser les ordures ménagères ? | 47 |
| ACTIVITÉ 3 : Impact des ordures ménagères sur l'environnement | 49 |
| Chapitre 2 : Les pollutions liées à la consommation des matières énergétiques et à l'utilisation des matières organiques et inorganiques dans les industries chimiques, alimentaires et minérales | 50 |
| ACTIVITÉ 1 : Les polluants et les milieux pollués : pollution de l'air | 50 |
| ACTIVITÉ 2 : Les polluants et les milieux pollués : pollution de l'eau | 52 |
| ACTIVITÉ 3 : Les polluants et les milieux pollués : pollution du sol | 53 |
| ACTIVITÉ 4 : Impact des pollutions sur la santé, l'environnement et l'économie | 54 |
| ACTIVITÉ 5 : Les alternatives à l'utilisation des énergies fossiles | 55 |
| ACTIVITÉ 6 : Développement du secteur marocain de l'énergie et politique énergétique nationale | 57 |
| Chapitre 3 : Les matières radioactives et l'énergie nucléaire | 58 |
| ACTIVITÉ 1 : Les éléments radioactifs et la radioactivité | 58 |
| ACTIVITÉ 2 : Les avantages des éléments radioactifs | 58 |
| ACTIVITÉ 3 : Les dangers de la pollution nucléaire | 59 |
| ACTIVITÉ 4 : Problématique de gestion des déchets nucléaires | 60 |
| Chapitre 4 : Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels | 61 |
| ACTIVITÉ 1 : Contrôle de la qualité et de l'état de santé des eaux | 61 |
| ACTIVITÉ 2 : Paramètres de contrôle de la qualité de l'air | 62 |
| ACTIVITÉ 3 : Préservation de la salubrité et de la santé des milieux naturels..... | 62 |
| Unité 4 : Les phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes et leur relation avec la tectonique des plaques | |
| Chapitre 1 : Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques..... | 66 |
| ACTIVITÉ 1 : Les chaînes de subduction. (type Cordillère des Andes) | 66 |
| ACTIVITÉ 2 : Les chaînes d'obduction. (type chaîne d'Oman) | 68 |
| ACTIVITÉ 3 : Les chaînes de collision. (type Himalaya) | 69 |
| Chapitre 2 : Nature des déformations tectoniques caractéristiques des chaînes de subduction et des chaînes de collision | 71 |
| Chapitre 3 : Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques | 72 |
| ACTIVITÉ 1 : Les caractéristiques minéralogiques et structurales des roches métamorphiques | 72 |
| ACTIVITÉ 2 : Les conditions du métamorphisme | |
| ACTIVITÉ 3 : Trajet des roches en profondeur lors du métamorphisme | |
| Chapitre 4 : La granitisation et sa relation avec le métamorphisme | 77 |
| ACTIVITÉ 1 : Origine et mise en place de granite d'anatexie | 77 |
| ACTIVITÉ 2 : Origine et mise en place du granite intrusif et notion de métamorphisme de contact ... | 78 |



La consommation de la matière organique et flux d'énergie

Acquérir des connaissances liées à la consommation de la matière organique et au flux d'énergie au niveau cellulaire, pour comprendre l'importance de l'énergie dans l'activité cellulaire et prendre conscience de son rôle dans le maintien des fonctions vitales de l'organisme;

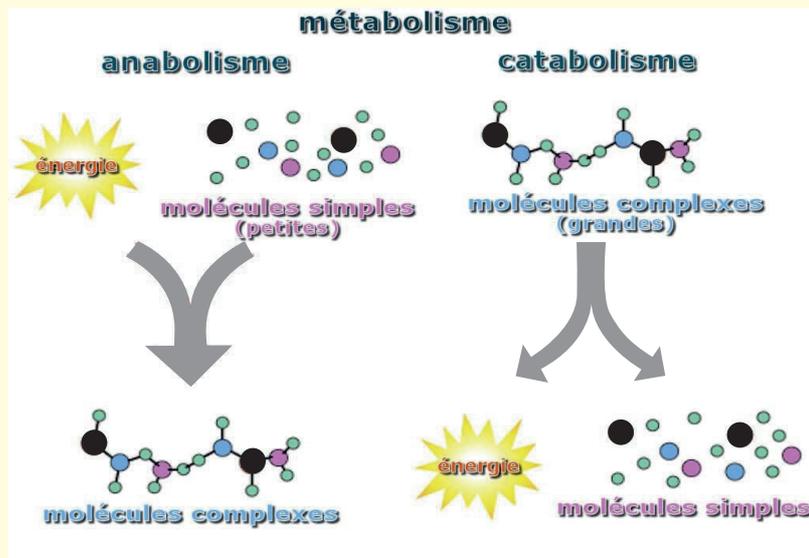
Retrouver les acquis



Les cellules autotrophes chlorophylliennes sont les seules capables de fabriquer leurs molécules organiques à partir de matières minérales, elles convertissent, grâce à la photosynthèse, l'énergie lumineuse en énergie chimique. Ainsi, la matière organique représente de l'énergie chimique potentielle. C'est cette énergie chimique potentielle qui permet à toute cellule, qu'elle soit autotrophe ou hétérotrophe, de réaliser l'ensemble de ses activités cellulaires.

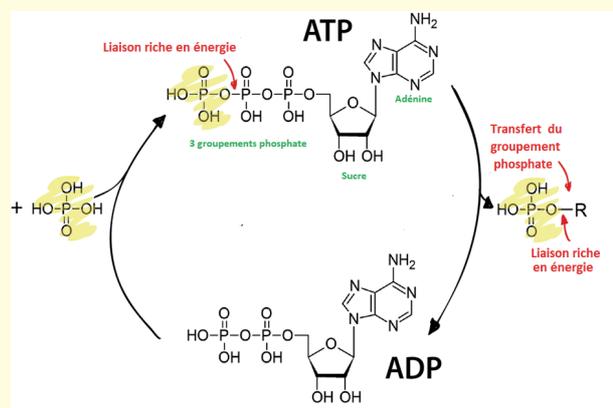
Les cellules réalisent des échanges avec leur milieu. Elles prélèvent de la matière qu'elles utilisent et rejettent des déchets. La matière prélevée permet à la cellule de fabriquer ses constituants et de libérer de l'énergie.

L'ensemble de ces réactions chimiques constituant le métabolisme cellulaire sont, soit des réactions de dégradation (catabolisme), soit des réactions de synthèse (anabolisme) de molécules organiques à partir du milieu extérieur.



Les réactions de dégradation libèrent de l'énergie et les réactions de synthèse en consomment : l'énergie des premières réactions permet la réalisation des réactions de synthèse grâce à un intermédiaire, qui est capable d'emmagasiner cette énergie et de la restituer selon les besoins : C'est la molécule d'ATP qui joue ce rôle d'intermédiaire. L'ATP est un nucléotide, c'est-à-dire, une molécule formée par un sucre à 5 atomes de carbone, le désoxyribose, une base azotée, l'adénine et une chaîne de trois acides phosphoriques.

Ce sont les liaisons entre les groupements phosphate qui sont riches en énergie. Leur hydrolyse s'accompagne de la libération d'énergie



- 1 - Comment la cellule libère-t-elle l'énergie chimique potentielle des composés organiques ?
- 2 - Comment cette énergie est-elle utilisée lors d'une fonction cellulaire (ex: la contraction musculaire) ?

Objectifs du chapitre

- Comparer entre la respiration et la fermentation à partir de l'exploitation des données d'observation et d'expérimentation;
- Montrer la relation entre la respiration, la fermentation et les structures cellulaires intervenantes à partir de l'exploitation de données d'observation et d'expérimentation;
- Appliquer le raisonnement scientifique (formuler un problème, proposer et éprouver l'hypothèse, proposer un protocole expérimental ...) sur des données liées à la respiration et à la fermentation ;
- Dédire les conditions de la respiration et de la fermentation a partir de exploitation des données d'observation et d'expérimentation ;
- Déterminer les étapes essentielles des réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée dans la matière organique et déduire son bilan énergétique;
- Décrire la composition la structure et l'ultra-structure de la mitochondrie et leur mise en relation avec les réactions respiratoires ;
- Comparer le bilan énergétique de la respiration et de la fermentation ;
- Calculer le rendement énergétique de la respiration et de la fermentation ;
- Représenter graphiquement les aspects de la respiration et de la fermentation ;
- Réaliser un schéma de synthèse du bilan de la respiration et de la fermentation.

Capacités et habilités ciblées

Développer une culture scientifique fondée sur des connaissances et sur une approche expérimentale des sciences de la vie et de la terre (Maitriser des connaissances relatives à la consommation de la matière organique et les réactions responsables de la libération de l'énergie emmagasinée - raisonner scientifiquement : Mobiliser, organiser et relier les informations avec les acquis pour résoudre un problème scientifique posé - proposer et formuler des hypothèses en relation avec le problème – proposer des outils adéquats pour vérifier l'hypothèse -Décrire, analyser et comparer des données scientifiques – expliquer /interpréter les résultats) - Développer la capacité de communication (Représenter et interpréter les graphiques et tableaux des aspects de la respiration et de la fermentation – réaliser des schémas de structures cellulaires responsables et des schémas de synthèse des phénomènes)

Pistes de travail

Doc 2 p 7 :

1- **En milieu aérobie (présence d'oxygène)** : les levures, consomment du dioxygène, dégradent une faible masse de glucose, produisent et rejettent du dioxyde de carbone; ceci traduit une augmentation importante de leur masse.

En milieu anaérobie (sans oxygène) : les levures dégradent une masse très importante de glucose; cette dégradation produit un nouveau composé organique, l'éthanol et le dioxyde de carbone, ceci se traduit par une faible augmentation de leur masse.

2- La dégradation du glucose en milieu aérobie est complète (ne produit que du déchet organique), le phénomène responsable est **la respiration**.

3- En milieu anaérobie, la dégradation est incomplète (produit un déchet organique), le phénomène responsable est **la fermentation**

Doc 3 p 9 :

En milieu aérobie, les levures présentent de nombreuses mitochondries bien développées, En milieu anaérobie, les mitochondries sont rares et atrophiées.

Or, en milieu aérobie, les levures respirent tandis qu'en milieu anaérobie, elles fermentent. On peut donc supposer que la respiration a lieu dans les mitochondries tandis que la fermentation se déroule dans le hyaloplasme.

En fait, dans les deux cas (respiration et fermentation) la dégradation du glucose débute toujours dans le hyaloplasme de la cellule par la glycolyse.

ACTIVITE 1 :

La respiration processus métabolique permettant la synthèse de l'ATP

Pistes de travail

Doc 1 p 9 :

1- Après l'injection de glucose au temps T_1 , la teneur en dioxygène dans l'enceinte reste constante.

Après l'injection du pyruvate au temps T_2 , la teneur en dioxygène diminue

2- **Explication** : Les mitochondries ne peuvent pas utiliser directement le glucose. Celui-ci est préalablement dégradé dans le hyaloplasme en pyruvate qui est ensuite utilisé par les mitochondries : c'est la respiration cellulaire. L'étape de dégradation du glucose en pyruvate est la glycolyse.

Doc 2 p 11 :

1- La mitochondrie est un organite cellulaire clos, limité par une double membrane qui isole un espace interne (espace intermembranaire). La membrane interne émet de nombreux replis transversaux dans la matrice, appelés crêtes mitochondriales.

2- L'équipement enzymatique des mitochondries permet la dégradation complète du pyruvate en relation avec une synthèse d'ATP, le pyruvate résultant d'une dégradation préalable du glucose dans le hyaloplasme.

3- La membrane interne est très riche en enzymes en particulier l'ATP synthétase, ce qui suggère qu'elle a un rôle majeur dans la synthèse de l'ATP.

Doc 3 p 13 :

Au temps t_0 : Présence de beaucoup de glucose radioactif dans le milieu externe

t_1 : Moins de glucose radioactif dans le milieu extérieur et apparition de glucose radioactif dans le cytoplasme : Entrée de glucose radioactif dans le hyaloplasme

t_2 : Absence de glucose radioactif dans le milieu extérieur et présence de pyruvate radioactif dans le hyaloplasme (forte radioactivité) et dans la matrice mitochondriale (faible radioactivité) : transformation du glucose en pyruvate

t_3 : Présence de CO_2 radioactif dans le milieu extérieur et absence du pyruvate dans le hyaloplasme. La quantité de pyruvate radioactif augmente dans la matrice mitochondriale : le pyruvate entre dans la matrice mitochondriale et il est à l'origine du CO_2 .

t_4 : Absence de pyruvate radioactif dans la matrice et augmentation des acides de Krebs et du CO_2 radioactif dans le milieu extérieur : Tout le pyruvate a été oxydé en CO_2 qui sort alors de la cellule

Première étape : c'est la glycolyse = transformation de glucose en pyruvate au niveau du hyaloplasme

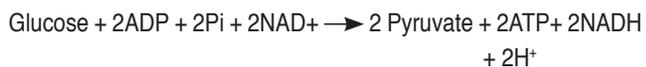
Deuxième étape : c'est l'oxydation de l'acide pyruvique dans la mitochondrie en CO_2 et formation des acides cycle de Krebs

Doc 4 p 13 :

1- La glycolyse est divisée en deux grandes phases :

- La première phase est une phase de phosphorylation du glucose par l'ATP. On l'appelle encore phase de consommation de l'ATP (2 ATP)
- La deuxième phase est caractérisée par une séquence de réactions qui conduisent à la formation de pyruvate ou acide pyruvique, de 2ATP et d'un NADH, H^+ suite à l'oxydation d'un glycéraldéhyde-3-P

2- Le bilan conduit à la formation de 4 ATP et la consommation de 2ATP et peut s'écrire :



NB :

Pour que la glycolyse puisse se poursuivre, il est nécessaire que les composés NAD^+ soient régénérés

Doc 5 p 15 :

1- Première étape :

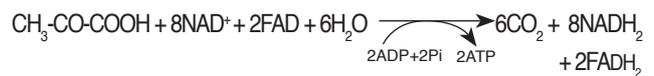
Le pyruvate qui pénètre dans la matrice, va être oxydé (perte de $2e^-$ et 2H^+ , récupérés par l'accepteur NAD^+) puis va subir une décarboxylation et la formation d'un mol de CO_2 . Le groupement Acétyl restant fixe le CoA-SH pour donner l'Acétyl-CoA

Deuxième étape :

L'Acétyl-CoA (C_2) est fixé sur l'oxaloacétate (C_4) pour former le citrate (C_6).

A partir du citrate commence une suite de réactions d'oxydoréductions catalysées par des enzymes, au cours desquelles se succèdent décarboxylations et déshydrogénations qui permettent la dégradation totale du groupement Acétyl, l'ensemble de ces réactions constitue le Cycle de Krebs.

2- L'oxydation d'un mol de pyruvate produit : 6CO_2 , 2ATP ; $8\text{NADH}, \text{H}^+$ et 2FADH_2 .



Doc 6 p 17 :

1- Avant l'addition du dioxygène $[\text{H}^+]$ était nulle .

Après l'addition du O_2 , $[\text{H}^+]$ augmente rapidement jusqu'à un maximum au bout de 30s, après elle commence à diminuer lentement et progressivement jusqu'à sa valeur initiale nulle après 240s

2- On interprète l'augmentation de $[\text{H}^+]$ après l'ajout de O_2 , par l'oxydation des transporteurs réduits, TH, H^+ oxydé en T^+ et sortie de protons hors de la mitochondrie. On interprète la diminution lente et progressive de $[\text{H}^+]$, par le retour des protons H^+ à l'intérieur de la mitochondrie à travers la membrane interne.

Doc 7 p 17 :

1- Dans les conditions naturelles les transporteurs réduits NADH_2 et FADH_2 sont réoxydés au niveau de la membrane interne. Ces réoxydations font intervenir un ensemble moléculaire organisé qui constitue une chaîne respiratoire qui transfère les électrons libérés par réactions d'oxydoréductions jusqu'au O_2 (accepteur final).

Le transfert d' e^- dans la chaîne respiratoire s'accompagne d'une libération d'énergie utilisée pour permettre le passage de H^+ libérés de la matrice vers l'espace intermembraire ce qui crée un gradient de concentration de H^+ vers la matrice appelé **Gradient de protons H^+** .

Doc 8 p 19 :

1- A partir des résultats de la première expérience, on constate que les vésicules avec pédoncules réalisent les réactions d'oxydoréductions (réduction de O_2), mais sont incapables de synthétiser l'ATP à partir de l'ADP.

Les sphères seules sont incapables de réduire l' O_2 mais pouvant synthétiser l'ATP. Ce qui montre qu'elles possèdent une activité ATP-synthétase

A partir des résultats de la deuxième expérience,

on constate que :

- Si $p_{Hi} < p_{He}$, il y a phosphorylation d'ADP
- Si $p_{Hi} = p_{He}$, il n'y a pas de phosphorylation d'ADP
- En présence de DNP, il n'y a pas de phosphorylation de l'ADP.

2- Conditions de synthèse de l'ATP au niveau de la membrane interne mitochondriale :

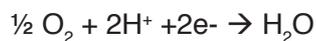
- Présence de sphères pédonculées
- Présence d'ADP + Pi
- $p_{Hi} < p_{He}$ c.à.d. présence d'un gradient de concentration de protons H^+ vers la matrice

Doc 9 p 21 :

1- Les molécules de $NADH^+ H^+$ et de $FADH_2$ cèdent leurs électrons (oxydation) à une série de complexes membranaires (Cytochromes).



Les électrons aboutissent sur l'oxygène (O_2) qui est réduit et s'associe à des protons pour produire de l'eau. **C'est l'oxydation respiratoire**



Le transport des électrons à travers ces complexes (oxydoréduction) libère de l'énergie, qui permet de pomper les protons H^+ à travers la membrane vers l'espace intermembranaire, ce qui produit un potentiel électrochimique = le gradient de protons H^+ .

Le gradient de protons H^+ **crée un reflux** de protons qui regagnent la matrice à travers les sphères pédonculées, ce qui libère de l'énergie permettant à l'ATP synthase **la phosphorylation de l'ADP en ATP** selon la réaction :

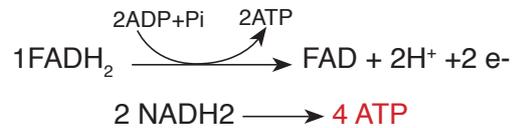
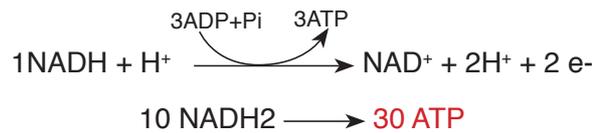


L'oxydation respiratoire et **la phosphorylation de l'ADP** sont donc couplées via le gradient de protons : c'est donc **une phosphorylation oxydative**.

Doc 10 p 21 :

Bilan énergétique de la respiration

La phosphorylation oxydative produit 34 ATP

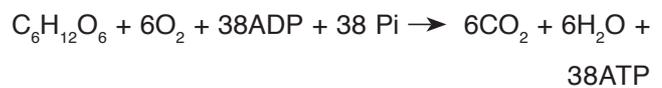


Le bilan pour la respiration cellulaire :

- Glycolyse 2ATP
- Les 2 cycles de KREBS 2ATP
- La phosphorylation oxydative : 34 ATP

Le bilan global : $2 + 2 + 34 = 38 ATP$

Réaction globale de la respiration



ACTIVITE 2 :

La fermentation, processus de synthèse d'ATP en anaérobiose

Pistes de travail

Doc 1 p 23 :

La dégradation d'une molécule de glucose par fermentation débute également par la glycolyse qui aboutit à la production de deux molécules de pyruvate ensuite :

- **Dans le cas de la fermentation alcoolique** : le pyruvate est décarboxylé dans le hyaloplasme en acétaldéhyde qui est réduit en éthanol. Cette réaction étant couplée à l'oxydation du composé réduit $NADH_2$, il s'agit d'une oxydoréduction.

La réaction bilan est :



- Dans le cas de la fermentation lactique : le pyruvate est transformé en acide lactique et de même, cette réaction est également une oxydoréduction.



La dégradation d'une molécule de glucose permet ainsi la synthèse de **deux molécules d'ATP seulement**, ce qui est très faible en regard de la quantité d'ATP produite par respiration. Cependant, ce processus étant anaérobie (n'utilisant pas d' O_2),

il permet une régénération des composés réduits et une production d'ATP dans des cellules vivant dans des conditions où le dioxygène est absent

Doc 2 p 25 :

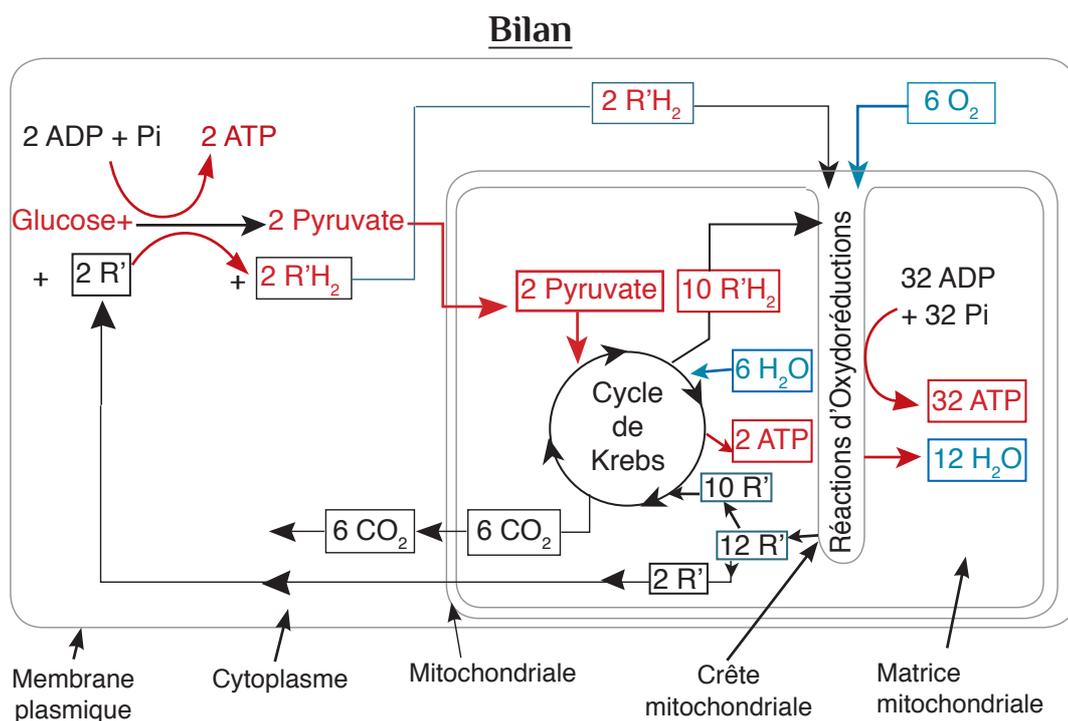
Comparaison de la respiration et de la fermentation

| Caractéristiques | Respiration | Fermentation | |
|--|--|-----------------------------|----------------|
| | | Alcoolique | Lactique |
| Réactifs | Matière organique (Glucose) + O ₂ | Matière organique (Glucose) | |
| Déchets métaboliques | CO ₂ | CO ₂ + éthanol | Acide lactique |
| Lieu de production des composés réduits RH ₂ | Hyaloplasme (glycolyse) Matrice mitochondriale (cycle de Krebs) | Hyaloplasme (glycolyse) | |
| Lieu d'oxydation des composés réduits RH ₂ | Membrane interne des mitochondries (Chaîne respiratoire) | Hyaloplasme | |
| Molécules d'ATP produits par l'oxydation d'une molécule de glucose | 36 ATP | 2ATP | |
| Rendement énergétique | | | |

Le rendement de la respiration (38,6 %) est nettement supérieur à celui de la fermentation (2,1%) car la dégradation du substrat organique est **complète** alors qu'elle est **partielle** au cours de la fermentation. L'éthanol contient encore de l'énergie chimique potentielle. Toute l'énergie chimique potentielle contenue dans une molécule de glucose n'est cependant pas convertie en ATP.

NB :

Pour comparaison : un moteur essence a un rendement maximum de 36 % (15% en ville) et une cellule photovoltaïque un rendement de environ 12%.



Chapitre 2

Rôle du muscle strié squelettique dans le transfert d'énergie

Objectifs du chapitre

- Analyser et interpréter les myogrammes ;
- Comparer l'état d'une fibre musculaire au repos et au cours d'une contraction ;
- Appliquer le raisonnement scientifique (formuler un problème, proposer et éprouver l'hypothèse, proposer un protocole expérimental ...) sur des données liées à la contraction musculaire ;
- Expliquer les mécanismes de la contraction musculaire en exploitant la structure et l'ultra-structure de la cellule musculaire striée ;
- Déterminer les phénomènes thermiques et chimiques accompagnant la contraction musculaire ;
- Montrer la relation entre les phénomènes thermiques et chimiques et la contraction musculaire ;
- Dédire les voies métaboliques de régénération d'ATP nécessaire à la contraction musculaire ;
- Montrer la relation entre les voies de régénération d'ATP et le type d'effort physique,
- Réaliser des dessins explicatifs des mécanismes de contraction musculaire.

Capacités et habilités ciblées

Maîtriser des connaissances relatives au rôle du muscle dans le transfert de l'énergie - raisonner scientifiquement : Mobiliser, organiser et relier les informations avec les acquis pour résoudre un problème scientifique posé - proposer et formuler des hypothèses en relation avec le problème – proposer des outils adéquats pour vérifier l'hypothèse - Décrire, analyser et comparer des données scientifiques – expliquer /interpréter les résultats – Représenter et interpréter les graphiques et tableaux en relation – réaliser des schémas de synthèse

ACTIVITE 1 :

Enregistrement des phénomènes mécaniques de la contraction musculaire.

Pistes de travail

Doc 1-a p 27

En réponse à une seule stimulation efficace , le muscle se contracte rapidement puis se relâche, l'enregistrement obtenu est un myogramme(M) appelé : secousse musculaire isolée et représente trois phases :

- la phase de latence (a) : c'est le laps de temps qui s'écoule entre le moment de l'excitation (S) et le

moment où le muscle commence à se contracter.

La durée de cette phase définie par le diapason (T) est de 1/100s

la phase de contraction (b): c'est l'intervalle de temps entre le début du raccourcissement du muscle et son maximum (défini par l'amplitude (d) de la contraction) . Sa durée est de 6/100s.

- La phase de relâchement (c) : s'étend du sommet du myogramme jusqu'au moment où le muscle a retrouvé sa longueur initiale. La durée de relaxation est de 10 /100s (elle est toujours supérieure à celle de la contraction).

Doc 1-b p 29

- 1-A : deux stimulations efficaces et espacées dans le temps donnent **deux secousses musculaires isolées**.

- 1-B et C : pour deux stimulations rapprochées :

- Si la deuxième stimulation survient pendant la phase de relâchement de la réponse à la première stimulation, la deuxième secousse, distincte de la première (**fusion incomplète**) a une amplitude nettement plus importante. L'effet des deux stimulations s'ajoute : **c'est le phénomène de sommation**.

- Si la deuxième stimulation survient pendant la phase de contraction de la secousse due à la première stimulation, on n'obtient qu'une réponse, de même forme que la secousse isolée mais d'amplitude plus importante, il y a aussi sommation et **fusion complète** des deux secousses élémentaires.

- 2-D et E :

- si chaque stimulation atteint le muscle pendant la phase de relâchement de la secousse précédente, on obtient un **Tétanos imparfait** caractérisé par un palier sinueux .

- Si chaque stimulation atteint le muscle pendant la phase de contraction de la secousse précédente, on obtient un **Tétanos parfait** et le palier est plat.

- L'amplitude importante des tétanos s'explique par le phénomène de sommation (partie ascendante) dont le palier matérialise la valeur maximale.

- 3 : il s'agit d'un tétanos parfait avec un palier descendant malgré la poursuite des stimulations. C'est le signe **de fatigue** d'un muscle fortement sollicité.

N.B: Cette fatigue peut également apparaître lors de stimulations isolées du muscle ; elle se traduit alors par des secousses musculaires d'une amplitude anormalement faible ainsi que par l'allongement de la phase de relâchement.

- 4 : l'enregistrement montre que, pour être efficace, une stimulation doit avoir une intensité au moins égale à une valeur minimale (S2) appelée « **Seuil** ». A partir de l'intensité seuil (ou intensité liminaire), l'amplitude des secousses s'accroît régulièrement avec l'intensité des stimulations jusqu'à une valeur maximale au-delà de laquelle l'amplitude reste constante. **C'est le phénomène de recrutement**

1- Le muscle possède des propriétés particulières qui lui permettent de remplir ses fonctions (L'exécution de mouvements (flexion, extension) et le maintien de la posture et de tonus) Ces propriétés sont :

- **Excitabilité** : c'est la faculté de percevoir un stimulus et d'y répondre. Les stimulus peuvent être de nature différente (chimique, électrique, mécanique...)

- **Contractilité** : C'est la capacité de se contracter avec force en présence de la stimulation appropriée

- **L'élasticité** : C'est la possibilité qu'ont les fibres musculaires de raccourcir et de reprendre leur longueur de repos lorsqu'on les relâche..

Remarque : Quand la contraction s'accompagne d'un raccourcissement, elle se fait à tension constante : on parle de contraction isotonique. Quand le raccourcissement est très faible ou nul, la contraction est dite isométrique.

ACTIVITE 2 :

Structure et ultrastructure du muscle strié squelettique

Pistes de travail

Doc p 31

1- Le muscle est constitué de **fibres musculaires** regroupées en faisceaux séparés par un tissu conjonctif qui forme des cloisons qui s'unissent aux extrémités du muscle pour former les tendons fixés aux os.

Au microscope optique chaque fibre (cellule géante de 1 à 5 cm de long ,10 à 100 μm de diamètre) contient **plusieurs noyaux** et dont

le cytoplasme (=sarcoplasme) contient de très nombreuses myofibrilles s'étendant sur toute la longueur de la fibre, montrant une striation transversale caractéristique en bandes claires et bandes sombres (microscopie électronique).

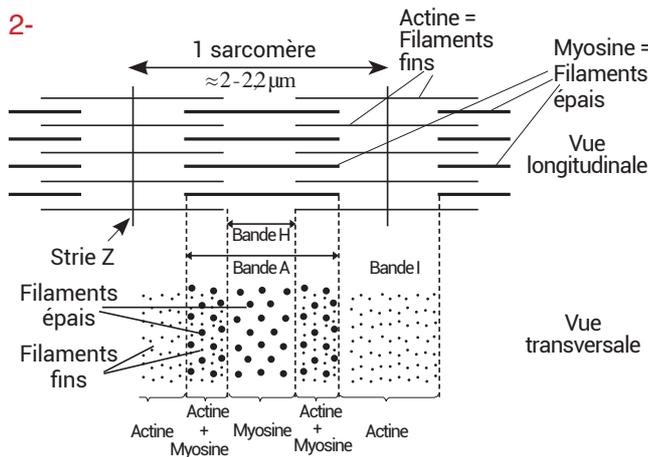
- La microscopie électronique montre que chaque myofibrille est formée d'une succession d'unités structurales, les sarcomères

- Deux sarcomères successifs sont unis au niveau d'une strie Z.

- Chaque sarcomère est constitué de deux types de filaments :

Des filaments épais de myosine localisés au niveau des bandes sombres ;

Des filaments fins d'actine rattachés aux stries Z.



3- L'observation au microscope électronique de sarcomères au repos et en état de contraction révèle que la contraction se traduit par :

un raccourcissement des sarcomères (rapprochement des stries Z)

une réduction de longueur des bandes claires (I) et de la zone H

une relative constance des dimensions des bandes sombres

Les bandes sombres restent de longueur constante, il n'y a donc pas raccourcissement des filaments mais coulissage des uns par rapport aux autres, les filaments d'actine glissent entre les

filaments de myosine, de telle sorte que les bandes claires deviennent plus étroites, cependant les bandes sombres gardent les mêmes dimensions qu'à l'état de repos.

ACTIVITE 3 :

Structure moléculaire des filaments d'actine et de myosine

Pistes de travail

Doc 2 p 33

1- Les filaments fins (diamètre d'environ 7 nm) sont composés de plusieurs molécules globulaires sphériques d'actine et de 2 protéines : la tropomyosine et la troponine.

Les filaments épais (diamètre d'environ 15 nm) sont essentiellement constitués de plusieurs centaines de molécules de myosines qui s'assemblent pour former un filament épais de myosine .

Chaque molécule de myosine est formée d'une queue allongée et fibrillaire enroulée et de deux têtes globulaires se trouvant côte à côte présentant chacune deux sites : un site de fixation de l'ATP et un site de fixation avec l'actine (ponts transversaux).

2- Le déplacement des filaments du sarcomère est lié au rôle des différentes espèces moléculaire et à la création de liaisons (ponts transversaux) entre actine et myosine.

Doc 3 p 35

1- L'injection d'ATP et du Ca^{++} à des myofibrilles isolées déclenche immédiatement une contraction. Donc l'ATP ainsi que Ca^{++} sont indispensables et donc directement impliquée dans la contraction des myofibrilles.

Le relâchement des myofibrilles une seconde et demie après l'injection de salyrgan (qui bloque l'utilisation d'ATP) ou de chélateur du calcium (qui inhibe son action), confirme cette hypothèse.

2-

• **Tableau 1** : L'expérience 1, montre que la formation du complexe A-M est responsable de l'hydrolyse de l'ATP qui fournit l'énergie indispensable à sa contraction.

- L'expérience 2, montre que la troponine et la tropomyosine inhibent la formation du complexe A-M.

- L'expérience 3, indique que les ions calcium, enlèvent l'inhibition due à la troponine et la tropomyosine et établissent la liaison Acto-Myosine nécessaire à la contraction.

• **Tableau 2** : Avant la stimulation, les ions Ca^{++} sont presque absents du sarcoplasme et confinés (stockés) dans le réticulum sarcoplasmique. Après la stimulation, il y a sortie des ions calcium vers le sarcoplasme.

• **Tableau 3** : montre que c'est la libération par le R.E du calcium au niveau du sarcoplasme, due à une stimulation, qui est responsable de la formation du complexe A-M conduisant à la contraction.

Doc 4 p 37

Les mécanismes moléculaires de la contraction au sens strict se déroulent dès la libération du calcium dans le cytosol après une stimulation nerveuse.

• Le calcium démasque (1) les sites de l'actine où s'attachent les têtes de myosine.

• Fixation (2) du complexe ATP- Myosine sur l'actine ;

• Activation (3) de la propriété ATPasique de la myosine ;

• Hydrolyse de l'ATP (b) et production d'énergie de contraction ;

• Pivotelement (C) des têtes de myosine et glissement des filaments d'actine par rapport à la myosine ;

• Raccourcissement des sarcomères : contraction musculaire ;

• Fixation (4) d'une nouvelle molécule d'ATP sur la tête de myosine ;

• Séparation de la myosine et de l'actine (d) ;

• Les sites de fixation de la myosine se masquent par la tropomyosine ;

• Réabsorption du calcium (d) par la R.E (le phénomène est actif).

• Le muscle se relâche (5) : Phénomène passif.

ACTIVITE 4 :

Les différentes voies de régénération de l'ATP dans la cellule musculaire.

Pistes de travail

Doc 1 p 39

1- Les enregistrements obtenus montrent que la production de la chaleur par un muscle en activité se répartit en plusieurs phases :

- Une chaleur dite initiale, libérée en deux étapes, l'une au cours de la contraction, l'autre au cours de relâchement.

- Une chaleur retardée, libérée après la fin de la contraction musculaire pendant entre 1 et 2 minutes

2- La chaleur retardée n'est dégagée que dans un milieu aérobie, donc, dans les fibres musculaires, se produit deux types de réactions chimiques exothermiques :

- Réactions chimiques exothermiques anaérobies qui dégagent la chaleur initiale.

- Réactions chimiques exothermiques aérobies qui dégagent la chaleur retardée.

Doc 2 p 41

Pour le muscle 1 témoin : On constate une baisse de la masse du glycogène et une augmentation de celle d'acide lactique. Or, si l'acide lactique est formé, c'est qu'il y a fermentation lactique.

Le glycogène libère le glucose qui rejoint ensuite la glycolyse et forme deux pyruvate. Ceux-ci sont alors transformés en acide lactique.

L'ATP est stable et on peut donc déduire qu'elle

est produite de manière constante, durant l'effort, grâce au processus de fermentation lactique. Alors que la phosphocréatine est stable et ne participe pas à cette voie de régénération de l'ATP.

Pour le muscle 2 : La phosphocréatine diminue tandis que les autres composés dosés restent stables.

Sans glycolyse (qui est inhibé), la fermentation lactique n'aura pas lieu, ce qui explique la stabilité du glycogène et de l'acide lactique.

L'ATP est stable, elle est donc produite pendant la contraction qui a une durée moyenne. On peut donc dire que la phosphocréatine permet une production d'ATP ; mais pour un effort très court.

Pour le muscle 3 : Le muscle ne se contractait pendant un laps de temps que grâce aux réserves d'ATP faibles, emmagasinées dans le muscle, en bloquant les voies de régénération d'ATP par l'inhibition de la glycolyse et la dissolution de PC.

3- La succession dans le temps des voies de génération de l'ATP :

Les stocks d'ATP musculaires très faibles, s'épuisant rapidement, la fibre musculaire utilise l'ATP fourni, selon les circonstances, par la phosphocréatine, la fermentation lactique ou la respiration.

Pendant la première minute, la voie 1, anaérobie alactique, assure quasiment toute la régénération de l'ATP. Son apport diminue rapidement pour s'annuler vers 40 secondes d'effort ;

Au bout d'environ 10 secondes, la voie 2 anaérobie lactique contribue de plus en plus à la régénération de l'ATP, pour en assurer 90 % au bout de 40 secondes .

La voie aérobie intervient dès le début de l'effort mais n'assure qu'un pourcentage faible (moins de 10% pendant la première minute). Ce taux va augmenter pour atteindre environ 80 % au bout des 10 minutes qui suivent. Le système cardio-respiratoire s'adapte pour assurer un approvisionnement accru en dioxygène. Lorsque ce dernier atteint sa capacité maximale, la fermentation lactique permet également de fournir un surplus d'ATP

4- Le document 2 indique que, pour le skieur (effort d'endurance) , la voie aérobie assure 90 % du renouvellement de l'ATP. Elle est efficace longtemps du fait de l'abondance du glucose et de la capacité de l'appareil cardio-respiratoire à fournir davantage de dioxygène pendant longtemps.

- Pour un haltérophile qui soulève le poids dans un temps qui dure 4 secondes (effort intense de courte durée), la régénération de l'ATP est assurée à 100% par la voie anaérobie alactique utilisant la phosphocréatine, cette dernière permet une production très rapide d'ATP pour un effort très court.



Unité

2

**Nature et mécanisme de l'expression
du matériel génétique**

**Transfert de l'information génétique
au cours de la reproduction sexuée**

Programme de la section internationale du baccalauréat marocain unité 2

| | | |
|--|---|----------------------|
| 1- Unité 2 | Nature et mécanisme de l'expression du matériel génétique - Transfert de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée. | |
| 2- Les pré-requis | 2 ^{ème} année collégiale: La reproduction chez les êtres vivants et transmission des caractères héréditaires chez l'Homme. Tronc commun scientifique: La reproduction chez les plantes. | séances |
| 3- Les contenus à enseigner et enveloppe horaire. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Notion de l'information génétique..... ♦ Localisation de l'information génétique dans le noyau cellulaire. ♦ Rôle des chromosomes dans le transfert de l'information génétique d'une cellule à une autre : <ul style="list-style-type: none"> - Étapes de la mitose chez une cellule végétale et chez une cellule animale ; - Le cycle cellulaire. ♦ Nature chimique du matériel génétique : <ul style="list-style-type: none"> - composition et structure de la molécule d'ADN ; - mécanisme de la duplication de l'ADN. ♦ Première approche des notions: caractère, gène et allèle; notion de mutation. ♦ Relation caractère - protéine et relation gène - protéine. ♦ Signification génétique de la mutation – le code génétique. ♦ Mécanisme de l'expression de l'information génétique : étapes de la synthèse des protéines (La transcription et la traduction: l'initiation, l'élongation et la terminaison) | 12 h |
| | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Transfert de l'information génétique par la reproduction sexuée..... ♦ Rôle de la méiose et de la fécondation dans le brassage des allèles et dans la conservation du nombre des chromosomes d'une génération à une autre au sein de la même espèce: - étapes de la méiose ; <ul style="list-style-type: none"> - observation des cartes chromosomiques des espèces diploïdes ; ❖ Les lois statistiques de la transmission des caractères héréditaires chez les diploïdes..... <ul style="list-style-type: none"> ♦ Transmission d'un couple d'allèles et son interprétation chromosomique: <ul style="list-style-type: none"> - cas d'un gène non lié au sexe (la dominance, la codominance, le gène létal) ; - cas d'un gène lié au sexe. ♦ Transmission de deux couples d'allèles et son interprétation chromosomique (deux gènes indépendants, deux gènes liés). ♦ Importance du Crossing Over dans la diversité des générations et l'établissement de la carte factorielle. | 04 h 06 h 08 h |
| 4- L'évaluation et le soutien. | Evaluation diagnostique au début de l'unité..... | 30 min |
| | Evaluation formative et soutien | |
| | Au milieu de l'unité..... | 60 min |
| | A la fin de l'unité..... | 60 min |
| | Evaluation sommative : | |
| | A la fin de l'unité et doit couvrir l'ensemble de l'unité..... | 90 min |
| Total | | 34 h |

Chapitre 1 Notion de l'information génétique

Objectifs du chapitre

- Dédire la localisation de l'information génétique dans le noyau de la cellule à partir de l'analyse de données ;
- Décrire et identifier les phases de la mitose ;
- Construire et représenter le cycle cellulaire et déduire son rôle dans la stabilité de l'information génétique ;
- Dédire le rôle des chromosomes dans la transmission de l'information génétique d'une cellule à une autre, à partir de l'exploitation des données de l'observation et de l'expérimentation afin d'appliquer le raisonnement scientifique (formuler un problème, proposer et éprouver l'hypothèse , proposer un protocole expérimental ...) ;
- Déterminer la nature chimique du matériel génétique à partir de l'exploitation des données de l'observation et de l'expérimentation afin d'appliquer le raisonnement scientifique (formuler la problématique, proposer et vérifier l'hypothèse, proposer un protocole expérimental...) ;
- Montrer la relation entre les chromosomes et la molécule d'ADN ;
- Montrer le rôle de la réplication de l'ADN dans la stabilité de l'information génétique ;
- Montrer la relation caractère-protéine et gène-protéine à partir de l'exploitation de données ;
- Dédire la signification génétique de la mutation en utilisant le code génétique ;
- Réaliser des schémas en relation avec les étapes de la mitose et la nature chimique du matériel génétique.

Capacités et habilités ciblées

Approfondir les connaissances en relation avec la nature de l'information génétique ,sa relation avec les caractères et sa transmission -

Acquérir une méthodologie scientifique pour résoudre des problèmes relatifs à la nature de l'information génétique et à son expression – utiliser des principes, des lois et des modèles pour expliquer/ interpréter les phénomènes et les données scientifiques - utilisation des outils technologiques, pour étudier les phénomènes associés à la génétique – réaliser des schémas fonctionnels de synthèse

Doc 1 et 45 :

- 1- Où est localisée l'information génétique dans la cellule?
- 2- Quelle est la nature de l'information génétique ?
- 3- Comment cette information génétique est-elle conservée d'une génération à la suivante ?
- 4- Comment l'information génétique détermine-t-elle les caractères héréditaires des individus?

ACTIVITE 1 :

Dans quelle partie de la cellule est localisée l'information génétique ?

Pistes de travail

Doc 1 p 47 :

Exp. 1 : Lorsqu'on isole le chapeau ou la tige des acétabulaires, ils meurent. Mais la partie basale (rhizoïde) se régénère au bout de quelques jours. On en déduit qu'il existe, dans la base, toutes les informations nécessaires pour reformer le chapeau et la tige.

Exp. 2 : En introduisant le noyau extrait du rhizoïde d'*Acetabularia mediterranea* dans la base d'*Acetabularia crenulata*, celle-ci régénère un chapeau de type *Acetabularia mediterranea*. L'expérience inverse, permet la régénérescence d'un chapeau de type *crenulata* dans la base d'*Acetabularia mediterranea*

Conclusion : c'est la base qui détermine le type de chapeau que l'on régénère. Or, celle-ci contient le noyau. On peut en déduire qu'une cellule exprime le programme génétique contenu dans le noyau sous formes de caractères spécifiques du cytoplasme, ici la forme de chapeau.

Doc 2 et 49 :

L'expérience montre le rôle du noyau et du cytoplasme dans la transmission de l'information

génétique, déterminant le caractère.

On en déduit de l'expérience de Gurdon, que le cytoplasme ne possède aucun rôle dans la transmission des informations génétiques.

C'est le noyau des cellules qui contient les informations génétiques responsables des caractères des individus, tels que la pigmentation.

Doc 3 et 49 :

Le noyau est délimité par une enveloppe nucléaire (1) perforée de pores nucléaires (5). Cette enveloppe nucléaire est directement reliée au Réticulum Endoplasmique (4). La substance fondamentale du noyau est appelée le nucléoplasme. Elle contient un amas d'une substance fortement chromophile appelée chromatine (2) présentant une forme de collier en perles constituée d'ADN fortement liée à une masse de protéines appelées histones.

Dans le noyau, on observe une ou plusieurs zones fortement colorables appelées nucléoles (3).

ACTIVITE 2 :

Comment se transmet l'information génétique de la cellule mère aux cellules filles lors de la division cellulaire?

Pistes de travail

Doc 1 p 51 :

1. On peut grouper les cellules observées en deux lots, selon leurs phases :

- Un lot de cellules contenant un noyau complet entouré d'une membrane nucléaire et enfermant un ou deux nucléoles : ces cellules sont dans une phase appelée INTERPHASE.
- Un lot de cellules de formes et d'aspect différentes reconnaissables par la présence de filaments colorés appelés chromosomes

observables uniquement pendant la division cellulaire appelée **MITOSE**

2. Comme nous l'avons vu sur la vidéo, la mitose est un processus continu et peut durer de moins d'une heure à quelques heures. Toutefois, on la divise classiquement en quatre phases caractérisées à la fois, par l'aspect des chromosomes et par leur localisation dans la cellule.

- Prophase (B): Les filaments chromosomiques se condensent et s'individualisent

- Métaphase (C): Les chromosomes se regroupent sur le plan équatorial

- Anaphase (D): Les chromosomes se scindent en deux lots qui migrent vers les pôles opposés de la cellule

- Télaphase (E): on obtient deux lots de chromosomes repartis dans deux cellules filles

Doc 2 p 53 :

1- **Prophase** : les filaments de chromatine disparaissent (le diamètre apparent augmente tandis que la longueur diminue considérablement) et deviennent très individualisés appelés chromosomes; le fuseau achromatique apparaît entre les deux **calottes polaires**, le nucléole se désagrège et l'enveloppe nucléaire disparaît.

2- **Métaphase** : rassemblement des chromosomes condensés à l'équateur de la cellule, pour former la plaque métaphasique (ou équatoriale)

3- **Anaphase** : les chromatides d'un même chromosome se séparent et migrent vers les pôles opposés de la cellule

4- **Télaphase** : Les chromatides disparaissent et la chromatine réapparaît. L'enveloppe nucléaire ainsi que les nucléoles commencent à se reformer, une paroi rigide entre les deux cellules filles apparaît et sépare la cellule mère en deux cellules filles.

Doc 3 p 55 :

1- Les principales différences entre les deux divisions cellulaires :

- L'absence de centriole (origine des asters) dans la cellule végétale et présence de calottes polaires aux deux pôles à l'origine de fuseau mitotique.

- Formation d'une paroi rigide entre les deux cellules filles chez la cellule végétale et d'un étranglement appelé sillon de clivage pour la cellule animale.

2- La mitose est une reproduction dite conforme, c'est-à-dire qu'elle conserve le même nombre de chromosomes au cours des divisions successives.

Doc 4 p 55 :

1- On appelle cycle cellulaire les étapes par lesquelles passe une cellule entre deux divisions successives. Il comporte deux étapes : l'interphase et la mitose.

- Lors de l'interphase, les chromosomes ne sont plus visibles car ils sont décondensés en filaments de **chromatine**. Au cours de la phase S (Synthèse), la cellule **duplique les filaments de chromatine**. A la phase G2, la chromatine est formée de filaments doubles.

La mitose, pendant laquelle la cellule se divise, donne naissance à deux cellules-filles dont lesquelles les chromatides sont répartis.

2- Au cours du cycle cellulaire, les filaments chromosomiques doublent pendant l'interphase. et au cours de la mitose, les cellules filles reçoivent ainsi le même nombre de chromosomes, initialement présents dans la cellule mère.

La mitose est un mode de reproduction conforme, qui maintient constant le nombre de chromosomes, au cours des cycles cellulaires successifs.

Doc 5 p 57 :

1- Pour réaliser un caryotype, les chromosomes sont rangés par paires, par taille décroissante et en tenant compte (pour les chromosomes de même taille) de l'emplacement de centromère et de la disposition des bandes transversales

2- Chez l'être humain, la formule chromosomique normale correspond à 23 paires de chromosomes (soit 46 chromosomes) divisées en :

- 22 paires d'autosomes (ils ne déterminent pas le sexe), numérotées de 1 à 22.

- 2 chromosomes sexuels (gonosomes), ils déterminent le sexe de l'individu), ce sont les chromosomes X Y pour l'homme et XX pour la femme

- Chez un homme à caryotype normal, la formule chromosomique est :

$$(2n = 46 = 22AA + XY = 44A + XY)$$

- Chez une femme à caryotype normal, la formule chromosomique est :

$$(2n = 46 = 22AA + XX = 44A + XX)$$

ACTIVITE 3 :

La nature chimique du matériel génétique

Pistes de travail

Doc 1 p 61 :

1- L'expérience 1 montre que les bactéries S qui possèdent une capsule sont **virulentes** ou pathogènes (mortelles).

- L'expérience 2 montre que les bactéries R d'aspect rugueux et sans capsule sont **non pathogènes**.

- L'expérience 3 montre que les bactéries S tuées par la chaleur sont non pathogènes.

- L'expérience 4 montre que les bactéries R (non pathogènes), mélangées aux bactéries S tuées par la chaleur, **acquièrent un caractère pathogène** qu'elles ne possédaient pas auparavant.

2. Hypothèse : Il y a eu donc, transfert d'une substance chimique des bactéries S mortes aux

bactéries R vivantes, qui transforme celles-ci en S possédant la capsule ; Griffith a appelé cette substance: **principe transformant**

Doc 2 p 63 :

1- Les fractions de protéines ou de glucides n'ont pas de **pouvoir transformant** mais en ajoutant de l'ADN à des bactéries R, la souris meurt, l'ADN a donc un pouvoir transformant R en S. Lorsque l'ADN des souches S est traité par l'ADNase (enzyme qui détruit l'ADN), la transformation ne se produit pas.

2- Le **principe transformant** est donc l'**acide désoxyribonucléique (ADN)** qui est le matériel génétique des cellules. La transformation de la bactérie R est due à l'intégration, dans sa cellule, d'un fragment d'ADN provenant de la bactérie S tuée

Doc 3 p 63-65 :

En utilisant les phages marqués au ^{32}P , la majeure partie de la radioactivité se trouvait dans les cellules bactériennes, indiquant que l'ADN de phage entre dans les cellules bactérienne.

Au contraire, le ^{35}S restait à l'extérieur, montrant que les protéines du phage ne pénètrent pas dans la cellule bactérienne.

On en déduit que **l'ADN est le matériel héréditaire** qui porte l'information génétique responsable des caractéristiques de l'être vivant tandis que les protéines de phages ne sont qu'un emballage qui est écarté une fois que l'ADN a été injecté dans la cellule bactérienne.

Doc 4 p 65 :

Cycle de vie des bactériophages

1. Reconnaissance de l'hôte
2. Fixation du phage sur une bactérie et injection de la molécule d'ADN du phage dans la bactérie.
4. Destruction du chromosome bactérien.

Replication de l'ADN viral et Synthèse des premières protéines virales de structure.

5. Assemblage des protéines de structure et de l'ADN phagique.

6. Lyse bactérienne et libération de nouveaux virus infectieux.

Doc 5 p 67 :

1. Le calcul des rapports $(A+G)/(T+C)$ montre une valeur proche de 1, ce qui permet de déduire qu'il y a autant de bases A que de bases T et autant de bases C que de bases G. Donc **les bases A et T puis C et G sont complémentaires (A-T ; C- G)**

Le rapport $(A + T)/(C + G)$ est lui, différent d'une espèce à l'autre. le nombre de A (identique à celui de T) et le nombre de C (identique à celui de G) est une **caractéristique de chaque espèce**.

1. **Hypothèses :** la molécule d'ADN a une structure formée de deux chaînes de nucléotides.

2. Si le rapport $(A + T)/(C + G)$ est égal à 14/10, alors $(A + T)$ est égal à 14, or ces bases sont complémentaires, donc il y a 7 nucléotides A et 7 nucléotides T. De même, si $(C + G)$ est égal à 10, les nucléotides C et G étant complémentaires, alors il y a 5 nucléotides C et 5 nucléotides G.

L'ADN est formé donc de deux chaînes complémentaires

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | A | A | G | C | T | C | A | G | G | A | A |
| T | T | T | C | G | A | G | T | C | C | T | T |

Pour cette structure de l'ADN, Watson et Crick ont obtenu en 1962 le Prix Nobel de Médecine.

- L'ADN (Acide désoxyribonucléique) est constituée de deux chaînes (ou brins) = (molécule bicaténaire) qui s'enroulent l'une autour de l'autre pour former une **double hélice**.

- Chaque chaîne est une **succession de plusieurs**

milliers d'unités élémentaires : les nucléotides.

L'ADN est un polymère, c'est un polynucléotide.

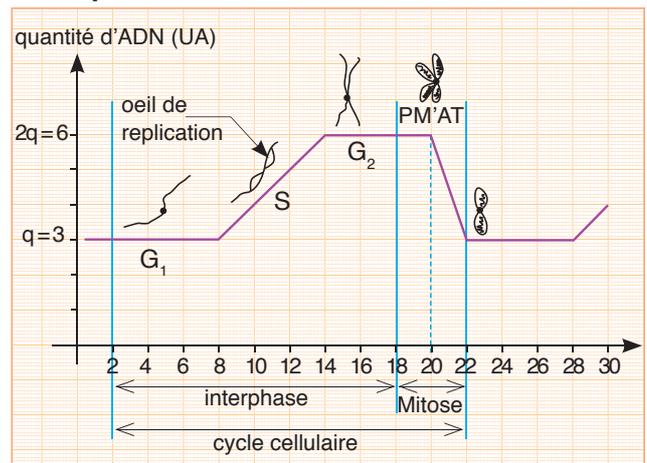
- Les deux chaînes sont reliées entre elles par des **liaisons hydrogènes** entre les nucléotides complémentaires : A est toujours apparié avec T alors que G est toujours apparié avec C. On dit que les 2 chaînes de l'ADN sont complémentaires.

- Les deux brins de l'ADN sont associés d'une manière **antiparallèles** (l'une orienté 5'3' et l'autre 3'5')

Doc 6 p 71 :

Le chromosome est formé de deux chromatides, et chaque chromatide contient un nucléofilament formé d'une molécule d'ADN associée à des protéines. Certaines d'entre elles, les histones, sont assemblées en un complexe autour duquel s'enroule l'ADN, appelé nucléosome. La structure, adoptée par l'ensemble, ressemble à un collier de perles (les nucléosomes), assez régulièrement espacées, le long du filament d'ADN. L'ADN qui a un diamètre de 2nm, va former par empaquetage (enroulement), un chromosome dans le diamètre et de l'ordre de 1400 nm.

Doc 7 p 73 :



En mesurant la quantité d'ADN présente dans le noyau, on constate pendant un cycle cellulaire que :
- pendant la phase G1, la quantité d'ADN normale est Q.

- Pendant la phase S, la quantité d'ADN passe progressivement de Q à 2Q.

Pendant la phase G2, la quantité demeure à 2Q jusqu'à la mitose.

Pendant l'anaphase de la mitose, la quantité passe dans chaque cellule fille de 2Q à Q

On peut relier l'évolution de la quantité d'ADN à l'évolution de l'aspect des chromosomes :

- En phase G1 de l'interphase (ADN = Q), les chromosomes ont l'aspect de chromatine filamenteuse. On dénombre un nucléofilament par chromosome.

- En phase S, le doublement de la quantité d'ADN (**duplication de l'information génétique**) correspond au doublement du nucléofilaments (présence des yeux de réplication)

- En phase G2 (ADN = 2Q), les deux nucléofilaments restent accolés en un point : le centromère

- Lors de la prophase, les deux nucléofilaments accolés, se condensent et deviennent : **le chromosomes à deux chromatides**.

- À l'anaphase, le centromère se fissure et chaque chromatide, identique à son homologue, migre vers un pôle de la cellule et devient un chromosome à part entière (**à une seule chromatide**). La décondensation lors de la télophase assure un retour à l'état initial (un nucléofilament).

Doc 8 p 75 :

Interprétation

- Les tubes 1 et 2 sont des tubes témoins.

- Dans le tube 3 : seule sorte de molécules d'ADN de densité 1,717 donc intermédiaire entre celles de l'ADN lourd (1,724) et de l'ADN léger (1,710) s'interprète bien selon le modèle de la réplication semi-conservative ou dispersive selon

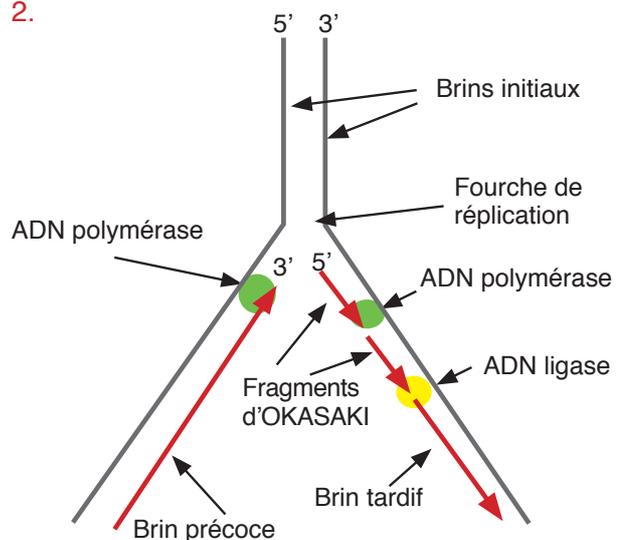
lesquels toutes les nouvelles molécules d'ADN sont hybrides. On peut donc, dès cette première observation, rejeter le modèle conservatif.

- Dans le tube 4 : Au bout de deux générations, la moitié des bactéries contient de l'ADN entièrement léger, et l'autre moitié de l'ADN de densité intermédiaire.. En conclusion, seul le modèle semi-conservatif permet d'aboutir à des résultats attendus, correspondant aux résultats observés. la réplication de l'ADN de ces deux générations s'est donc effectuée sur le modèle de la réplication semi-conservative, qui est donc validée.

Doc 9 p 77 :

1. Chaque œil correspond à deux fourches de réplication d'ADN qui progressent en sens inverse. Au fur et à mesure de l'écartement des deux brins de la molécule d'ADN, sous l'effet d'un complexe enzymatique appelé ADN polymérase qui ne fonctionne que dans le sens 5' vers 3', les nucléotides libres s'apparient avec ceux du brin matrice (initial) par complémentarité des bases azotées. Les différents « yeux » finissent par se rejoindre, permettant la duplication complète de la molécule d'ADN initiale

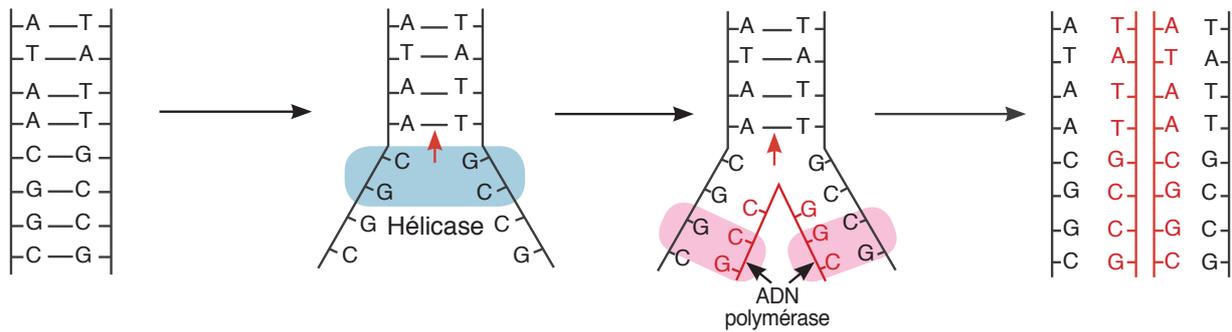
2.



Les deux brins d'ADN sont associés de manière

antiparallèle, chacun d'eux possédant une extrémité 5' et une extrémité 3'. Le complexe enzymatique ADN polymérase ne fonctionne que dans le sens 5' vers 3', ceci nécessite donc la présence d'un brin précoce qui est le brin lu dans le sens de la fourche et donc se réplique dans une continuité et d'un brin tardif qui est le brin lu dans le sens inverse de la fourche et donc se réplique de manière discontinue par formation de fragments d'ADN appelés fragments d'OKAZAKI (environ 200 nucléotides) qui seront par la suite reliés par des enzymes d'assemblage ou ligase.

Doc 10 p 77 :



Une molécule d'ADN initiale = 2 brins matrice

Étape 1 : ouverture enzymatique de la molécule mère

Étape 2 : répliation de chaque brin par complémentarité de bases azotées

Deux molécules filles d'ADN identiques à la molécule mère et identique entre elles

Chapitre 2 L'expression de l'information génétique

Objectifs du chapitre

- Montrer le mécanisme de transcription de la molécule d'ARNm ;
- Montrer la relation entre L' ADN, l'ARNm et la protéine en utilisant le tableau du code génétique (la signification du code génétique) ;
- Déduire les étapes de synthèse des protéines ;
- Construire un schéma résumant les étapes de synthèse des protéines.

Capacités et habilités ciblées

Approfondir les connaissances en relation avec la nature de l'information génétique, sa relation avec les caractères et sa transmission

Acquérir une méthodologie scientifique pour résoudre des problèmes relatifs à la nature de l'information génétique et à son expression – utiliser des principes, des lois et des modèles pour expliquer/ interpréter les phénomènes et les données scientifique - utilisation des outils technologiques, pour étudier les phénomènes associés à la génétique – réaliser des schémas fonctionnels de synthèse

ACTIVITE 1 :

Notion de caractère héréditaire

Pistes de travail

Doc 1 p 79 :

1. La forme du lobe de l'oreille, la capacité d'enrouler la langue, l'albinisme, ... sont des caractères hérités des parents. Ce sont des caractères qui se transmettent de génération en génération. Ils sont des **caractères héréditaires**. Le bronzage de la peau, dû au soleil, est un caractère modifié par les conditions de vie et ne se transmettra pas à la génération suivante (**caractères non héréditaire**).

L'ensemble des caractères héréditaires observables d'un individu sont appelés **caractères phénotypiques** ou **phénotype**.

2. Questions :

- **Comment se transmet un caractère héréditaire**

entre les différentes générations ?

- **Quelle est l'origine des anomalies génétiques comme celui de l'albinisme?**

ACTIVITE 2 :

Notion de gène, d'allèle et de la mutation

Pistes de travail

Doc 1 p 81 :

1. Toutes les colonies « strep S » se développent sur le milieu sans streptomycine, Dans le milieu avec streptomycine, on constate l'absence d'une grande partie des colonies, hormis le développement de certaines d'entre elles. Ce résultat ne s'explique que si on considère que les colonies proviennent d'une bactérie d'origine qui a acquis un nouveau caractère, lui permettant de résister à l'antibiotique et l'a transmise aux générations suivantes.

Il s'agit de l'apparition d'un nouveau caractère,

liée à une modification du programme génétique de cette bactérie, c'est **une mutation**. Cette mutation a un caractère **aléatoire** et **imprévisible** et les colonies apparues constituent des mutants, résistant à la streptomycine ou « Strep R ».

« Strep S » est un **caractère sauvage** et « strep R » un **caractère mutant**

- La mutation : c'est une **modification héréditaire**, aléatoire et **imprévisible** de l'information contenue dans l'ADN qui conduit à une modification du caractère.

- Le gène : unité d'information génétique constituée par une séquence nucléotidique de l'ADN et responsable de la réalisation d'un caractère.

- L'allèle représente une version ou séquence possible que peut avoir un même gène dans une espèce (Allèle sauvage/Allèle muté).

Un locus est l'emplacement du gène ou sa position sur un chromosome.

- Le noyau de la cellule est « la bibliothèque » qui renferme tout le patrimoine héréditaire de l'individu (génome). Le chromosome est « un livre » de cette bibliothèque et le gène « une page » de ce livre.

ACTIVITE 3 :

La relation caractère-protéine

Pistes de travail

Doc 1 p 83 :

- Chez l'Individu sain, les globules sont biconcaves normaux et contiennent une hémoglobine (protéine) **normale soluble (ou HbA)**

- Chez l'Individu drépanocytaire, les globules sont déformés falciformes et contiennent une hémoglobine anormale **fibreuse insoluble (ou HbS)**. (S pour Sickle = faucille) Il en résulte plusieurs symptômes caractéristiques de la maladie.

Donc, les caractères observables d'un individu (phénotype) sont très généralement liés à la présence de protéines et tout changement de cette

dernière entraîne un changement de caractère.

Doc 2 p 85 :

La relation protéine-caractère

- Les deux chaînes bêta diffèrent par un seul acide aminé ; le sixième AA (**Glu**) de HbA est remplacé par (**val**) dans HbS. Mais tous les autres acides aminés sont identiques.

- Chez le drépanocytaire, les chaînes bêta vont s'associer à cause de la valine hydrophobe, donc les hémoglobines s'agglutinent, formant des filaments **fibreux**, ce qui déforme les hématies et leur donne une forme de faucille rigide, alors que normalement l'hémoglobine est **dissoute** dans le cytoplasme.

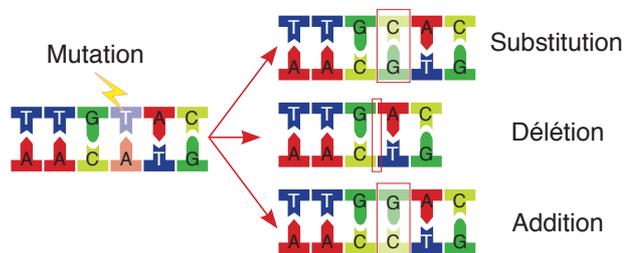
On déduit que **les protéines sont le support moléculaire des caractères**. Toute modification de la séquence en acides aminés de la protéine entraîne une modification du caractère

Relation : gène – protéine

- La comparaison des allèles, au niveau du chromosome 11 permet de constater le remplacement d'un nucléotide à adénine par un nucléotide à thymine à la 17ème position.

- La drépanocytose est donc une maladie génétique : C'est une **mutation génétique par substitution** (remplacement d'un nucléotide par un autre) qui occasionne cette anomalie.

Types de mutations



- Substitution : une paire de nucléotides est remplacée par une autre.

- Délétion : une paire de nucléotides est perdue.

- Addition: une paire de nucléotides supplémentaire est insérée dans l'ADN

ACTIVITE 4 :

La signification génétique de la mutation : le code génétique

Pistes de travail

Doc 1 p 87 :

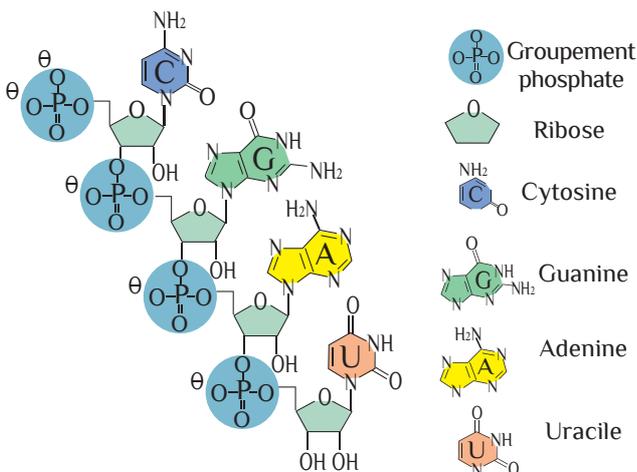
Recherche de l'intermédiaire entre le noyau et le cytoplasme.

Après 15mn, la radioactivité se localise dans le noyau (a) et après une heure et demie, elle se retrouve dans le cytoplasme.

L'ARN est formé donc dans le noyau à partir de bases azotées dont l'uracile. Mais, contrairement à l'ADN, il peut se retrouver dans le cytoplasme.

L'ARN est la molécule intermédiaire entre l'information génétique, localisée dans le noyau, et les protéines synthétisées dans le cytoplasme de la cellule et appelé pour cela **l'ARN messenger**.

Structure et caractéristiques de la molécule d'ARN.



Constituants et structure de la molécule d'ARN

| | ADN | ARN |
|---------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Situation | Noyau | Noyau et cytoplasme |
| Rôle | support de l'information génétique | transport de l'information |
| Durée de vie | toute la vie | éphémère |
| Sucre | désoxyribose | Ribose |
| Bases | ATCG | AUCG |
| Structure | deux chaînes en hélice. | une chaîne |

Mécanisme de la transcription

Après ouverture de la double hélice d'ADN par un complexe enzymatique appelé **ARN polymérase**, l'un des deux brins, appelé brin transcrit, sert de « matrice » à la synthèse par l'enzyme, d'une nouvelle chaîne. Il se forme un brin **d'ARNm** dont la séquence est complémentaire du brin transcrit de la molécule d'ADN.

Cette synthèse se réalise à partir des nucléotides libres contenus dans le nucléoplasme.

De nombreuses ARN polymérase se suivent le long de la molécule d'ADN, pendant la transcription du gène, ce qui explique la forme hérissée observée sur l'électronographie, et ceci aboutit à la synthèse de nombreuses molécules d'ARN en même temps.

Du gène à la protéine : un message codé ?

- **Les gènes** sont des segments de la molécule d'ADN (séquence longue formée de quatre types de nucléotides) portant l'information génétique.
- **Les protéines** sont une chaîne d'acides aminés (dont on peut trouver 20 types acides aminés différents) .
- L'ordre dans lequel s'enchaînent les acides aminés dans la protéine est déterminé par l'ordre dans lequel s'enchaînent les nucléotides dans le brin « informatif » d'ADN.

Il existe un système de codage qui permet de faire correspondre les séquences de nucléotides et les séquences protéiques appelées : **code génétique**

- Pour la correspondance, 1 nucléotide 1 acide aminé, il est clair que quatre nucléotides ne suffisent pas à désigner 20 acides aminés.
- Si les nucléotides sont associés 2 à 2, on peut obtenir $4^2 = 16$ combinaisons ; ce qui est également insuffisant.
- Si les nucléotides sont associés par trois, on peut former $4^3 = 64$ triplets de nucléotides, c.à.d. plus qu'il n'en faut pour représenter les vingt acides aminés.

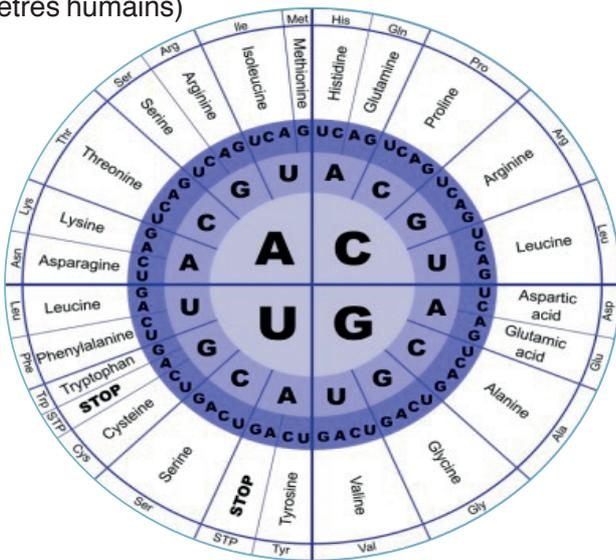
Un triplet est donc le nombre minimum requis pour cette correspondance

Doc 2 p 91 :

Le **code génétique** est un système de codage qui permet de traduire les séquences de nucléotides en séquences protéiques. Il fait correspondre à chaque triplet de nucléotides, appelé **codon**, un **acide aminé** déterminé.

Les caractéristiques du code génétique:

- Code à 3 lettres : un triplet de bases de l'ARNm ou « codon » code pour 1 acide aminé (61 codons ayant un sens (qui correspondent chacun à 1 acide aminé), dont 1 codon d'initiation (AUG) et 3 codons non sens ou stop ou de terminaison (UAA, UAG, UGA).
- il est dégénéré (ou redondant) : plusieurs codons pour un même acide aminé (codons synonymes).
- Non ambiguë : à un codon correspond un seul et unique acide aminé.
- Le code est universel : c.à.d. qu'il est valable pour tous les organismes vivants (bactéries, végétaux, êtres humains)



ACTIVITE 5 :

Expression de l'information génétique : les acteurs de la synthèse protéique

Pistes de travail

Doc 2 p 95 :

- La première phase de la traduction est : **l'initiation**
L'ARNt initiateur relié à la Méthionine se fixe sur un codon initiateur de l'ARNm qui est toujours AUG.

Pendant ce temps, les 2 sous-unités du ribosome viennent se fixer à l'ARNm.

Fixation d'un nouvel ARNt en face du 2^{ème} codon de l'ARNm au niveau du site A et formation d'une liaison peptidique entre la méthionine et le nouvel acide aminé.

- La deuxième phase de la traduction est : **l'élongation**

Le déplacement du ribosome d'un codon libère l'ARNt initiateur et le site A. L'ARNt du second se retrouve dans le site P, ce qui permet la mise en place d'un 3^{ème} acide aminé.

Un nouveau déplacement du ribosome répète le même mécanisme.

- La troisième phase de la traduction est : **la terminaison**

Le ribosome arrive à un codon Stop ou Non sens (UAA, UAG, UGA) auquel ne correspond aucun acide aminé, donc aucun ARNt. La chaîne protéique se détache alors du ribosome et la méthionine se détache de la chaîne.

➤ **À retenir :**

- L'expression de l'information génétique se fait en deux étapes, la transcription et la traduction.
- La transcription du gène se déroule dans le noyau. Elle aboutit à la synthèse de l'ARNm.
- L'enchaînement des nucléotides de l'ARNm est complémentaire de celui du brin transcrit de l'ADN.
- On appelle code génétique la correspondance entre les triplets de nucléotides de l'ADN, ou codons et les acides aminés.
- La traduction de l'ARNm en chaîne polypeptidique se déroule dans le cytoplasme. L'ARNm sert de matrice pour l'assemblage des acides aminés. Des ribosomes, des enzymes et de l'énergie sont également nécessaires.
- Toute modification accidentelle d'un gène ou mutation peut avoir des conséquences sur la structure et le fonctionnement de la protéine pour laquelle il code.

Objectifs du chapitre

- Décrire et reconnaître les phases de la méiose ;
- Analyser des caryotypes d'espèces diploïdes ;
- Dédire le rôle de la méiose et de la fécondation dans le brassage des allèles et le maintien du nombre de chromosomes chez la même espèce de génération en génération et leur rôle dans la diversité génétique à partir de l'exploitation des données de l'observation et de l'expérimentation. Réaliser des schémas en relation avec les étapes de la méiose.

Capacités et habilités ciblées

Approfondir les connaissances en relation avec la nature de l'information génétique, sa relation avec les caractères et sa transmission

Acquérir une méthodologie scientifique pour résoudre des problèmes relatifs à la nature de l'information génétique et à son expression – utiliser des principes, des lois et des modèles pour expliquer/interpréter les phénomènes et les données scientifiques - utilisation des outils technologiques, pour étudier les phénomènes associés à la génétique – réaliser des schémas fonctionnels de synthèse

Pistes de travail

Doc p 97 :

1. Le caryotype des cellules normales, contient 46 chromosomes (23 paires), ce sont des cellules diploïdes.

Chaque gamète, contient seulement 23 chromosomes et n'a plus qu'un seul chromosome de chaque paire. C'est une cellule haploïde.

Concernant les gonosomes, les gamètes femelles portent toujours un chromosome X et les spermatozoïdes peuvent porter soit un chromosome X, soit un chromosome Y.

2. Le passage de la phase diploïde à la phase haploïde est assurée, dans les gonades, par une division particulière, appelée **méiose**.

La rencontre de deux gamètes (cellules reproductrices) qui mettent en commun les 23 chromosomes qu'elles possèdent, est la **fécondation**, ce qui rétablit l'état diploïde à 46 chromosomes.

C'est par les deux processus complémentaires, **la méiose et la fécondation**, que la **stabilité** de la formule chromosomique d'une espèce est assurée au fil des générations.

ACTIVITE 1 :

Comment la méiose permet – elle le passage de la diploïdie à l'haploïdie ?

Pistes de travail

Doc 1 et 2 p 99 - 101 :

| Ordre chronologique | Phase de la méiose | | Commentaire |
|---------------------|--------------------|--------------|--|
| 1 | D | Prophase I | Une cellule avec 12 paires de chromosomes homologues qui s'apparient (cellule Diploïde : $2n = 24$). Quantité d'ADN : $2Q$ |
| 2 | A | Métaphase I | Les chromosomes à 2 chromatides regroupés à l'équateur de la cellule. Quantité d'ADN : $2Q$ |
| 3 | E | Anaphase I | Deux lots séparés de 12 chromosomes à 2 chromatides à chaque pôle de la cellule Quantité d'ADN : $2Q$ |
| 4 | F | Télophase I | Deux cellules (haploïdes) séparées à 12 chromosomes à 2 chromatides. Quantité d'ADN = Q |
| 5 | F | Prophase II | Deux cellules dont les chromosomes ne sont pas nettement individualisés Quantité d'ADN : Q |
| 6 | G | Métaphase II | Deux cellules qui présentent, chacune, des chromosomes à 2 chromatides disposés à l'équateur. Quantité d'ADN : Q |
| 7 | H | Anaphase II | 2 cellules avec, pour chacune d'elles, un lot de 12 chromosomes à 1 chromatide à chaque pôle. Quantité d'ADN : Q |
| 8 | B | Télophase II | 4 cellules contenant chacune 12 chromosomes à 1 chromatide (Haploïde). Quantité d'ADN : $Q/2$ |

Doc 3 p 101 :

1. Une cellule à $2n = 4$ produit $2^2 = 4$ catégories de gamètes différents pour 2 paires de chromosomes homologues et pour deux méioses différentes et on obtient la combinaison suivante: AB ;Ab ; Ba; et ab
Si on considère une cellule à $2n = 6$, on aura $2^3 = 8$ gamètes différents possibles.
Donc, $2n$ catégories de gamètes pour n paires de chromosomes homologues et pour toutes les méioses.

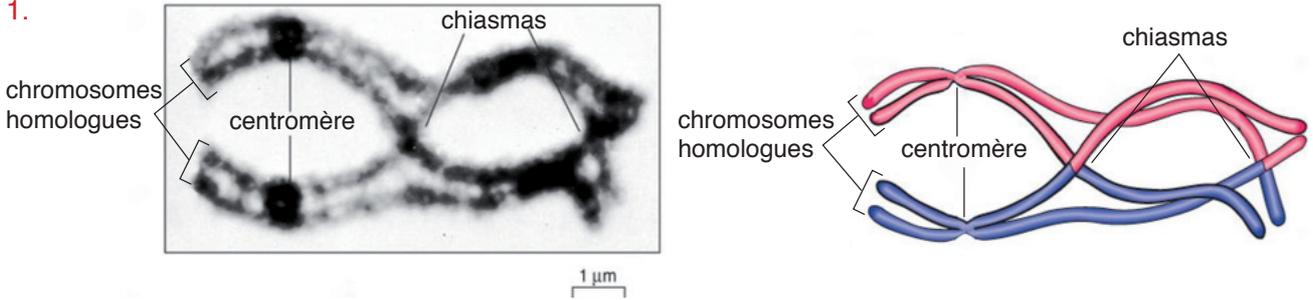
Dans le cas de l'espèce humaine ($n=23$), un individu

peut produire $2^{23} = 8\,388\,608$ gamètes différentes.

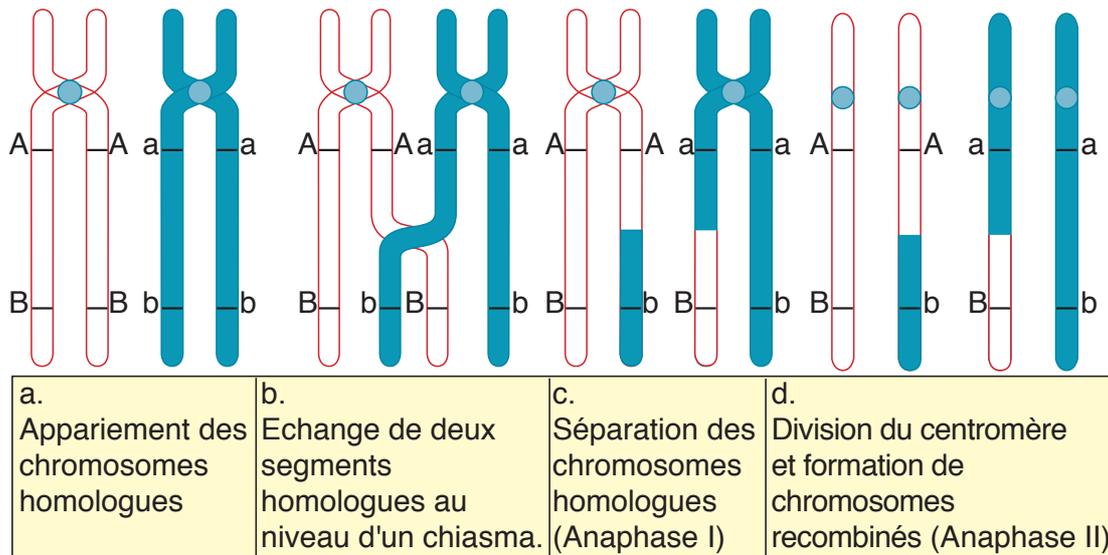
2. En anaphase I, lors de la disjonction des chromosomes, les deux chromosomes homologues de chaque paire se séparent. C'est un phénomène aléatoire, c.à.d. que le chromosome d'une paire peut être associé avec l'un ou l'autre chromosome d'une deuxième paire, ce qui conduit à plusieurs possibilités de combinaisons. Ce phénomène est appelé « Brassage interchromosomique ».

Doc 4 p 103 :

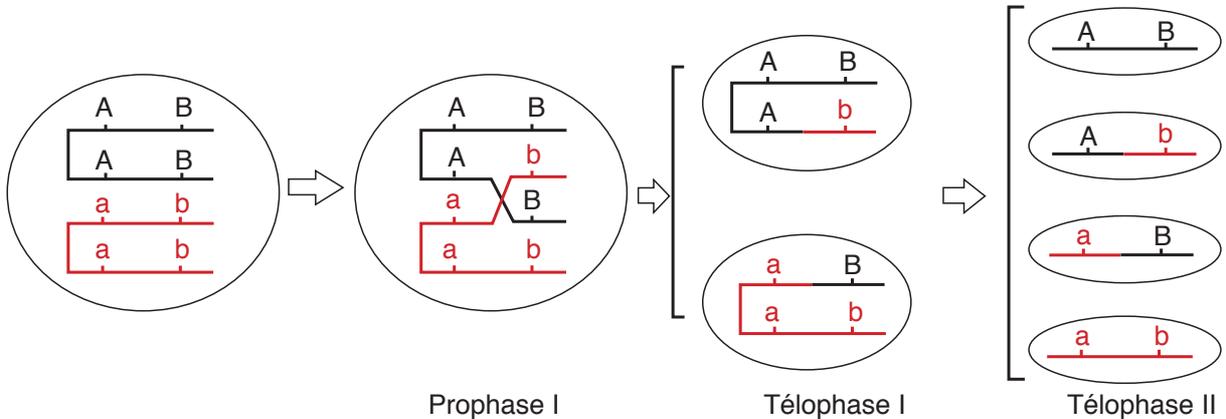
1.



2.



Représentation schématique du brassage intrachromosomique par crossing - over



ACTIVITE 2 :

Rôle de la fécondation dans la diversité génétique des individus

Pistes de travail

| Gamètes | AB | Ab | aB | ab |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| AB | A//A, B//B | A//A, B//b | A//a, B//B | A//a, B//b |
| Ab | A//A, B//b | A//A, b//b | A//a, B//b | A//a, b//b |
| aB | A//a, B//B | A//a, B//b | a//a, B//B | a//a, B//b |
| ab | A//a, B//b | A//a, b//b | a//a, B//b | a//a, b//b |

• Neuf génotypes sont possibles dont celui des parents A//a, B//b. Les descendants peuvent donc posséder un de ces neuf génotypes.

• **La fécondation :**

- Amplifie le brassage interchromosomique et donc la diversité des êtres vivants .

- Permet le retour à la diploïdie et le maintien du nombre de chromosomes stable au fil des générations.

Chapitre 4 Les lois statistiques de la transmission des caractères héréditaires chez les diploïdes

Objectifs du chapitre

- Expliquer et interpréter les résultats de la transmission d'un couple d'allèles à partir de l'étude d'un exemple précis (cas d'un gène lié au sexe et d'un gène non lié au sexe) ;
- Expliquer et interpréter les résultats de la transmission de deux couples d'allèles à partir de l'étude d'un exemple précis (cas de deux gènes indépendants et de deux gènes liés) ;
- Exprimer, par des schémas, le brassage interchromosomique et le brassage intrachromosomique, selon l'exemple étudié ;
- Calculer la distance entre les gènes et établir la carte factorielle.

Capacités et habilités ciblées

Maîtriser des connaissances relatives aux lois de transmission de l'information génétique - utiliser des principes, des lois, des modèles pour expliquer / interpréter les phénomènes et les données scientifiques - proposer et formuler des hypothèses en relation avec le problème - proposer des outils adéquats pour vérifier l'hypothèse - Décrire, analyser et comparer des données scientifiques - expliquer /interpréter les résultats - Représenter et interpréter les graphiques et tableaux en relation - réaliser des schémas de synthèse

ACTIVITE 1 :

Transmission d'un couple d'allèles (Monohybridisme) et son interprétation chromosomique.

Pistes de travail

Doc 1 p 109 :

1. • Une lignée pure : population dont les individus donnent des descendants identiques à eux-mêmes, en ce qui concerne le caractère considéré et sont donc génétiquement identiques.
 - Homozygote : un individu diploïde est dit homozygote pour un gène donné, s'il possède deux allèles identiques de ce gène. Les individus de lignée pure sont homozygotes.
 - Hétérozygote : Un individu est hétérozygote

lorsqu'il porte deux allèles identiques d'un même gène d'une même paire chromosomique. Ce gène est alors à l'état hétérozygote. Cet individu produira deux types de gamètes.

- Lignée hybride : c'est la première génération d'un croisement, animal ou végétal, entre deux variétés distinctes de lignées pures d'une même espèce.
- Le génotype : c'est la composition allélique de tous les gènes d'un individu. On ne représente généralement qu'un sous ensemble du génotype.
- Le phénotype : c'est le caractère observable d'un individu déterminé par un génotype. Un caractère peut être visible à l'œil nu (couleur, forme, maladie) ou nécessite des tests pour le mettre en évidence (groupe sanguin).

2. Premier croisement :

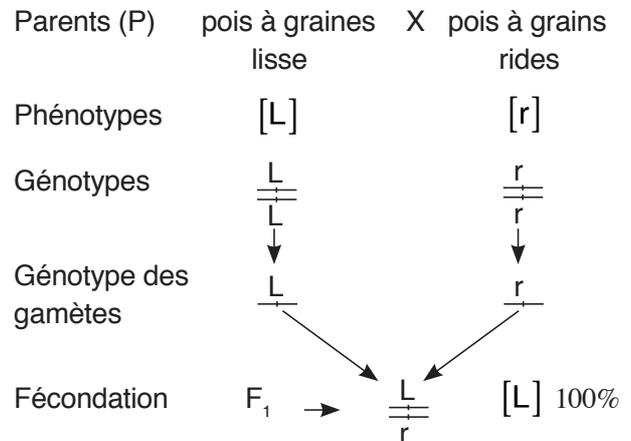
- On réalise le croisement de deux lignées pures qui diffèrent par un seul caractère, on parle donc de monohybridisme.
- Les hybrides obtenus en première génération F1 sont tous (100%) semblables entre eux (génération homogène). **C'est la première loi de Mendel** : la génération hybride, issue du croisement de deux lignées pures, est uniforme.
- Dans la première génération F1, on obtient des plantes à pois lisses uniquement. On dit donc que le caractère «pois lisses» est dominant. Par convention, les caractères dominants sont souvent indiqués en majuscule (L). Tandis que le caractère «pois ridés» est dit récessif. Par convention, les caractères récessifs sont souvent représentés en minuscule (r).
- Les parents sont de lignées pures et sont donc homozygotes, leurs génotypes est (L/L ou r/r).

Deuxième croisement :

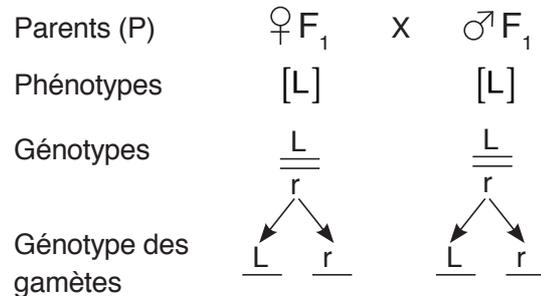
- Les individus qu'on obtient à la 2^{ème} génération (F2) ne sont plus uniformes (le caractère récessif réapparaît) et donnent deux sortes de graines avec un pourcentage différent :
 - les 3/4 des graines sont lisses
 - le 1/4 des graines est ridé
- En 2^{ème} génération F2, qui est issue des hybrides de la F1, il y a disjonction des allèles lors de la formation des gamètes de F1; Chaque parent de la génération hybride F1 transmet soit l'allèle «pois lisses», soit l'allèle «pois ridés» (ségrégation des allèles au moment de la formation des gamètes). **C'est la deuxième loi de Mendel** : loi de ségrégation des caractères et de pureté des gamètes.

Interprétation chromosomique des résultats des croisements

- Premier croisement :



- Deuxième croisement :



Échiquier du croisement :

| | | | |
|--------------------|--------------------|-------------------|--|
| | ♂ F ₁ ♂ | | |
| ♀ F ₁ ♀ | $\frac{L}{L}$ | $\frac{r}{r}$ | |
| $\frac{L}{L}$ | $\frac{L}{L}$ [L] | $\frac{L}{r}$ [L] | |
| $\frac{r}{r}$ | $\frac{L}{r}$ [L] | $\frac{r}{r}$ [r] | |

Résultats théoriques :



[r] : 1/4 homozygotes

Retenir que : Lors de l'étude d'un caractère, si on obtient deux phénotypes en proportions 3/4 et 1/4

en F₂ issus du croisement de F₁ X F₁, il s'agit d'un **monohybridisme avec dominance totale**.

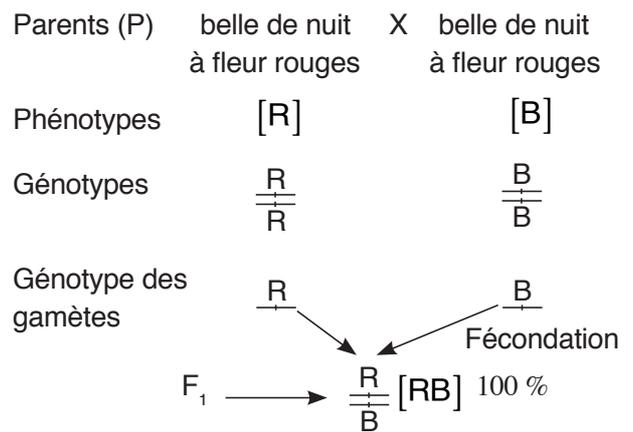
Doc 2 p 109 :

1. On se rend compte, en effectuant des croisements au sein de chaque lignée. Il ne doit pas apparaître de rats dont la couleur diffère de celle des parents.
2. Le résultat en F1 : Monohybridisme – satisfaction de la 1^{ère} loi de Mendel – dominance de l'allèle responsable de la couleur grise. Le résultat en F2 (3/4 et 1/4) : ségrégation des allèles : 2^{ème} loi de Mendel : loi de pureté des gamètes – dominance complète.
3. Le moyen de vérifier le génotype d'un hybride est le croisement test (**test-cross**), qui consiste à croiser un hybride avec un récessif (donc homozygote). Dans le cas considéré ou le parent testé est hétérozygote, le croisement test donne 50%,50%.

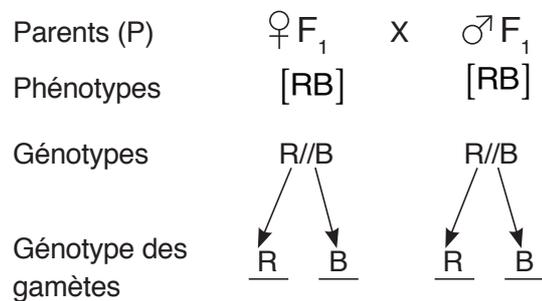
Doc 3 p 111 :

1. On réalise le croisement de deux lignées pures qui diffèrent par un seul caractère, il s'agit donc du monohybridisme.
La génération F1 est homogène (100%) et donc vérification de la première loi de Mendel
La fleur obtenue de génération F1 est rose, c'est une couleur intermédiaire entre rouge et blanc. On peut dire que **les allèles (R) et (B) sont codominants** et on représente la couleur intermédiaire par le symbole RB.
La génération F2 est composée de 1/4 [R], 1/4 [B] et 1/2 [RB]. Ce résultat vérifie la deuxième loi de Mendel (ségrégation des caractères) et la codominance des deux allèles.

• Premier croisement :



• Deuxième croisement :



Échiquier du croisement :

| | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| $\frac{R}{B}$ ♂ | $\frac{R}{\quad}$ | $\frac{R}{B}$ [RB] |
| $\frac{B}{\quad}$ | $\frac{B}{\quad}$ | $\frac{B}{B}$ [B] |
| $\frac{R}{\quad}$ ♀ | $\frac{R}{R}$ [R] | $\frac{R}{B}$ [RB] |
| $\frac{B}{\quad}$ | $\frac{R}{B}$ [RB] | $\frac{B}{B}$ [B] |

Résultats théoriques :

1/4 [R] ; 1/4 [B] ; 1/2 [RB]

Retenir que : Lors de l'étude d'un caractère, si on obtient un phénotype intermédiaire et les proportions 1/4,1/4 et 1/2 en F₂ issues du croisement de F₁ X F₁, il s'agit d'un **monohybridisme avec codominance**.

1. Les fleurs rouges autofécondées donnent toujours 100 % des fleurs rouges, de même que les fleurs blanches donnent 100% de descendance blanche, les fleurs rouges et blanches sont

homozygotes. L'autofécondation de fleurs roses conduit au même résultat que la F2 : 25% rouges, 50% roses, 25% blanches . les fleurs roses sont des hybrides hétérozygotes.

Doc 4 p 111 :

1. On étudie la couleur du pelage de la souris.

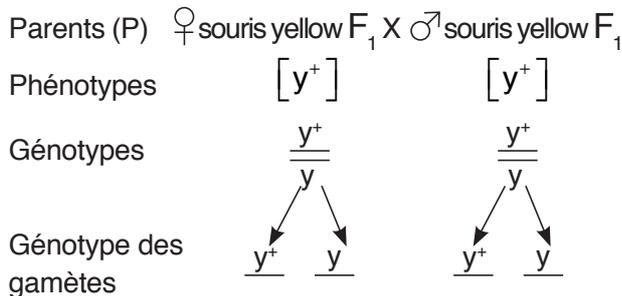
Il s'agit donc de monhybridisme.

Le résultat du premier croisement est de 50% grises et 50% yellow, c'est le résultat d'un test cross entre un hybride F₁ et une lignée pure récessive (appelé back cross) et donc, dans ce cas, la souris yellow est forcément hétérozygote.

- L'allèle « **yellow** » est dominant (**y+**) et l'allèle « **gris** » est récessif (**y**).

- Le deuxième croisement est celui de **deux hybrides F₁ X F₁**

2. • Deuxième croisement :



Échiquier du croisement :

| | | | |
|--------------------|--------------------|--|--|
| | ♂ F ₁ ♂ | $\frac{y^+}{y}$ | $\frac{y}{y}$ |
| ♀ F ₁ ♀ | | $\frac{y^+}{y^+}$ [y⁺] | $\frac{y^+}{y}$ [y⁺] |
| | | $\frac{y^+}{y}$ [y⁺] | $\frac{y}{y}$ [y] |

Résultats théoriques : 3/4 [**y⁺**] ; 1/4 [**y**]

Résultats expérimentaux : 2/3 [**y⁺**] ; 1/3 [**y**]

gène létal à l'état homozygote

3. L'échiquier de croisement donnera 3/4 ; 1/4 qui est un résultat théorique différent de celui expérimental 1/3 et 2/3. Ce dernier peut s'expliquer

si l'on considère que le génotype y//y est létal c. à. d. non viable

Doc 5 p 113 :

1.

- La formule chromosomique chez :
 - Le mâle de la drosophile : 3AA+XY .
 - La femelle de la drosophile : 3AA+XX

La femelle de la drosophile , sexe homogamétique, produit donc un seul type de gamète 3A+X.

Le mâle , sexe hétérogamétique , fournit deux types de gamètes contenant les uns 3A+X et les autres 3A+Y

2. Mode de transmission selon la partie du chromosome sexuel :

- Si un caractère est associé à la partie commune à X et à Y, sa transmission sera de mode autosomal (caractère associé à un autosome).
- Si un caractère est associé à la partie propre à Y, il ne sera présent que chez les mâles et aura une transmission de type toujours dominant (quelque soit l'allèle présent il est toujours seul et peut donc être exprimé).
- Si un caractère est associé à la partie propre à X, on dit que le caractère est «lié au sexe». Il n'est présent qu'en un seul exemplaire chez le mâle (qui ne porte qu'un X) car il n'est pas porté par l'Y.

Doc 6 p 113 :

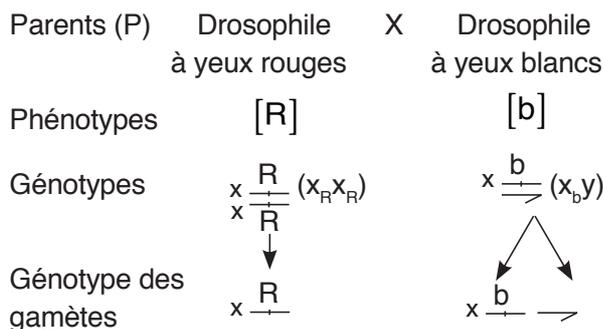
Croisement I :

- On étudie un seul caractère (la couleur des yeux) : Il s'agit donc de monhybridisme.
- Homogénéité des hybrides de la première génération F1 (Satisfaction de la première loi de Mendel).
- L'allèle « yeux rouges » est dominant (w+) et l'allèle « yeux blancs » est récessif (w)
- Dans cette génération, il y a équiprobabilité d'apparition de chacun des sexes.

Croisement II :

- Le croisement inverse donne des résultats différents du premier croisement.
- Il n'y a pas homogénéité des phénotypes des hybrides de la première génération F1 (exception à la première loi de Mendel même si les parents sont de races pures).
- Le résultat montre que les proportions des sexes sont toujours respectées (50 % ♂ et 50 % ♀).
- Tous les mâles F₁ possèdent le phénotype de leur mère et toutes les femelles F₁ celui de leur père
Il s'agit donc de l'hérédité liée au sexe c.à.d. aux chromosomes X et Y et puisque les deux sexes expriment le caractère « couleur des yeux », le gène responsable est donc porté par le chromosome X.

- Premier croisement :

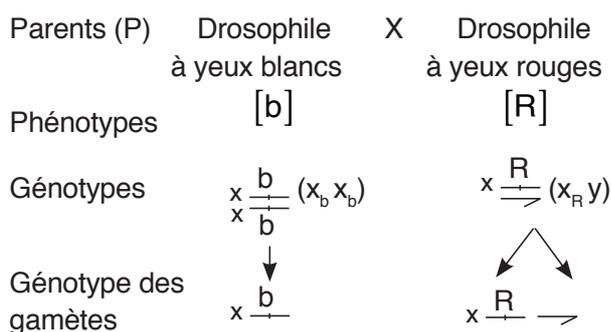


Fécondation (échiquier du croisement)

| | | |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| $\gamma F_1 \sigma^{\circ}$ | $x \frac{b}{+}$ | \rightarrow |
| $\gamma F_1 \text{♀}$ | $x \frac{R}{+}$ [R] | $x \frac{R}{+}$ [R] |

Résultats théoriques : 100% [R] $\left\{ \begin{array}{l} 50\% \sigma^{\circ} \\ 50\% \text{♀} \end{array} \right.$

- Deuxième croisement :



Fécondation (échiquier du croisement)

| | | |
|-------------------------|---------------------|---------------------|
| $\gamma \sigma^{\circ}$ | $x \frac{R}{+}$ | \rightarrow |
| $\gamma \text{♀}$ | $x \frac{R}{+}$ [R] | $x \frac{b}{+}$ [b] |

Résultats théoriques : 50% [R] ♀ ; 50% [b] ♂

A retenir :

Dans le cas de la transmission d'un gène porté par les chromosomes sexuels (hérédité liée au sexe), on obtient des proportions phénotypiques différentes selon le sens du croisement effectué et le phénotype de la descendance est lié au sexe.

ACTIVITE 2 :

Transmission de deux couples d'allèles (dihybridisme) et son interprétation chromosomique - Carte factorielle

Pistes de travail

Doc 1 p 115 :

1.

- Il s'agit de dihybridisme car l'étude porte sur la transmission de deux caractères qui sont « la forme de la graine » et « la couleur de la graine »
- F1 est homogène, la première loi de Mendel est donc satisfaite.
- La descendance obtenue en F1 ne possède que des « graines lisses et jaunes » : On en déduit que l'allèle (L = Lisse) est dominant et l'allèle (l = ridé) est récessif. De même que (J) dominant et (j) récessif.

Dans la descendance de F1, il y a :

- deux phénotypes identiques à ceux des parents que l'on dit de **type parental**
- deux nouveaux phénotypes que l'on dit de **type recombiné**

Les résultats donnent les fréquences statistiques suivantes:

- 56,25 %, soit **9/16** de phénotype [L,J] = type parental dominant
- 18,75 % soit **3/16** de phénotype [L,v] = type recombiné

- 18,75 % soit **3/16** de phénotype

[r,J] = type recombiné

- 6,25 % soit 1/16 de phénotype

[r,v] = type parental récessif.

Ce résultat signifie, que lors de la formation des gamètes, l'hybride F1 produit 4 types de gamètes **équiprobables** et que les deux gènes L/r et J/v sont **indépendants**.

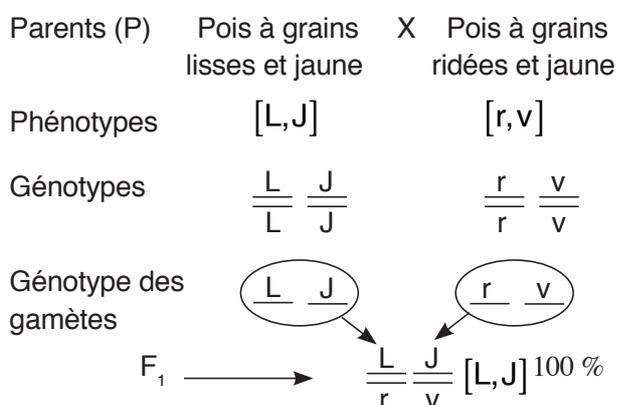
Le hasard des rencontres au moment de la fécondation entraîne la recombinaison des allèles parentaux selon les proportions obtenues **9,3,3,1**

2. La ségrégation du couple d'allèles déterminant la couleur de la graine se fait de manière indépendante de la ségrégation du couple d'allèles déterminant la forme de la graine.

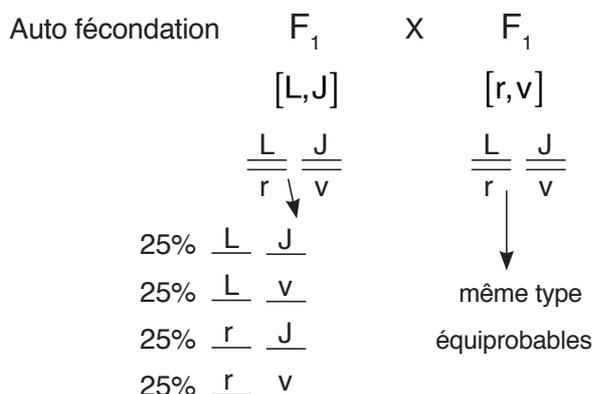
La troisième loi de Mendel : **c'est la loi de disjonction, ou ségrégation indépendante des couples d'allèles.**

Interprétation chromosomique:

- Premier croisement : _



- Deuxième croisement :



Fécondation (Échiquier du croisement)

| | $\frac{L}{L} \frac{J}{J}$ | $\frac{L}{L} \frac{v}{v}$ | $\frac{r}{r} \frac{J}{J}$ | $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ |
|---------------------------|---|---|---|---|
| $\frac{L}{L} \frac{J}{J}$ | $\frac{L}{L} \frac{J}{J} // \frac{L}{L} \frac{J}{J}$ [L,J] | $\frac{L}{L} \frac{J}{J} // \frac{L}{L} \frac{v}{v}$ [L,J] | $\frac{L}{L} \frac{J}{J} // \frac{r}{r} \frac{J}{J}$ [L,J] | $\frac{L}{L} \frac{J}{J} // \frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [L,J] |
| $\frac{L}{L} \frac{v}{v}$ | $\frac{L}{L} \frac{v}{v} // \frac{L}{L} \frac{J}{J}$ [L,J] | $\frac{L}{L} \frac{v}{v} // \frac{L}{L} \frac{v}{v}$ [L,v] | $\frac{L}{L} \frac{v}{v} // \frac{r}{r} \frac{J}{J}$ [L,J] | $\frac{L}{L} \frac{v}{v} // \frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [L,v] |
| $\frac{r}{r} \frac{J}{J}$ | $\frac{r}{r} \frac{J}{J} // \frac{L}{L} \frac{J}{J}$ [L,J] | $\frac{r}{r} \frac{J}{J} // \frac{L}{L} \frac{v}{v}$ [L,J] | $\frac{r}{r} \frac{J}{J} // \frac{r}{r} \frac{J}{J}$ [r,J] | $\frac{r}{r} \frac{J}{J} // \frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r,J] |
| $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ | $\frac{r}{r} \frac{v}{v} // \frac{L}{L} \frac{J}{J}$ [L,J] | $\frac{r}{r} \frac{v}{v} // \frac{L}{L} \frac{v}{v}$ [L,v] | $\frac{r}{r} \frac{v}{v} // \frac{r}{r} \frac{J}{J}$ [r,J] | $\frac{r}{r} \frac{v}{v} // \frac{r}{r} \frac{v}{v}$ [r,v] |

Résultats théoriques :

[L,J]:9/16 ; [L,v]:3/16 ; [r,J]:3/16 ; [r,v]:1/16

A retenir :

Pour 2 gènes représentés par 2 couples d'allèles impliqués dans la transmission de 2 caractères (avec double dominance), si en F2 vous constatez une distribution du type **9/16, 3/16, 3/16, 1/16**, vous pouvez affirmer que les deux gènes ne sont pas liés (**sont indépendants**). Cela est une conséquence de la production par les F1 de 4 sortes de gamètes en quantités égales.

Doc 2 p 115 :

1. Dans ce croisement, on obtient une répartition de 25 % pour chaque type de descendants (**1/4, 1/4** parentaux et **1/4, 1/4** recombinés).

La nature et la fréquence des phénotypes fournies par ce croisement traduisent fidèlement la nature et la fréquence des combinaisons géniques des gamètes produits par les hybrides de la génération F1. Il y a donc **équiprobabilité** de production de ces gamètes et vérification de la troisième loi de Mendel: Les deux paires d'allèles sont portées par des paires de chromosomes homologues différentes (**Les gènes indépendants**).

Interprétation chromosomique :

$$\begin{array}{ccc}
 F_1 & \times & F_1 \\
 [L,J] & & [r,v] \\
 \frac{L}{r} \frac{J}{v} & & \frac{r}{r} \frac{v}{v} \\
 \hline
 25\% \frac{L}{r} \frac{J}{v} & 25\% \frac{r}{r} \frac{J}{v} & \frac{r}{r} \frac{v}{v} \text{ 100\%} \\
 25\% \frac{L}{r} \frac{v}{v} & 25\% \frac{r}{r} \frac{v}{v} &
 \end{array}$$

Échiquier du croisement

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| $\begin{array}{c} \delta \\ \text{récessif} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \delta \\ F_1 \end{array}$ | $\frac{L}{r} \frac{J}{v}$ | $\frac{L}{r} \frac{v}{v}$ | $\frac{r}{r} \frac{J}{v}$ | $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ |
| | $\frac{r}{r} \frac{v}{v}$ | $\frac{L/r}{r} \frac{J/v}{v}$ $[L,J]$ | $\frac{L/r}{r} \frac{v/v}{v}$ $[L,v]$ | $\frac{r/r}{r} \frac{J/v}{v}$ $[r,J]$ | $\frac{r/r}{r} \frac{v/v}{v}$ $[r,v]$ |
| | | 1/4 | 1/4 | 1/4 | 1/4 |

A retenir :

La disjonction ou ségrégation indépendante de deux couples d'allèles peut être vérifiée :

- Soit par l'analyse d'un **croisement test (backcross)** dont les phénotypes se répartissent selon les proportions **1/4, 1/4, 1/4, 1/4**.

- Soit par l'analyse des résultats du croisement

F1 X F1 dont les proportions sont en **F2 : 9, 3, 3, 1**.

Doc 3 p 117 :

1. • Ce croisement intéresse deux caractères : c'est un cas de dihybridisme

- La génération hybride F1 est homogène (première loi de Mendel) : les parents sont homozygotes.

- L'allèle sauvage v+ (ailes longues) domine l'allèle muté v (ailes vestigiales) et l'allèle sauvage (yeux rouges) p+ domine le gène muté p.

- On ne peut pas déduire le génotype car ce croisement est insuffisant, on doit d'abord savoir comment, les deux couples d'allèles se comportent l'un par rapport à l'autre lors de la formation des gamètes de la génération F1.

2. • Analyse du croisement II

C'est un backcross qui a donné (50% [v+, p+] et 50% [v, p]) et 0% de recombinés. Dans ce cas, l'hybride

F1 a produit seulement deux types de gamètes.

Nous devons donc admettre que **les gènes sont liés** et puisque les recombinés sont absents, il y a donc **liaison absolue** ou linkage absolu.

• Analyse du croisement III

On constate une prédominance des types parentaux (45 % [v+, p+] et 42,8% [v, p]) par rapport aux types recombinés (5,36 % [v+, p] et 6,7 % [v, p+]). Ceci ne s'explique que par un brassage intrachromosomique (**crossing-over**) pour **deux gènes liés**. La fréquence de crossing-over étant plus faible, ce qui donne un pourcentage de types recombinés faible. Il s'agit donc de **liaison partielle** ou linkage partiel

• Premier croisement :

Parents (P)

Drosophile ♂ à ailes longues et yeux rouges X Drosophile ♀ à ailes vestigiales et yeux rouges

Phénotypes $[v^+, p^+]$ $[v, p]$

Génotypes $\frac{v^+ p^+}{v^+ p^+}$ $\frac{v p}{v p}$

Génotype des gamètes $\frac{v^+ p^+}{v p}$

Fécondation F₁ → $\frac{v^+ p^+}{v p} [v^+, p^+] 100\%$

• Deuxième croisement :

F₁ ♂ hybride X ♀ double récessif

$[v^+, p^+]$ $[v, p]$

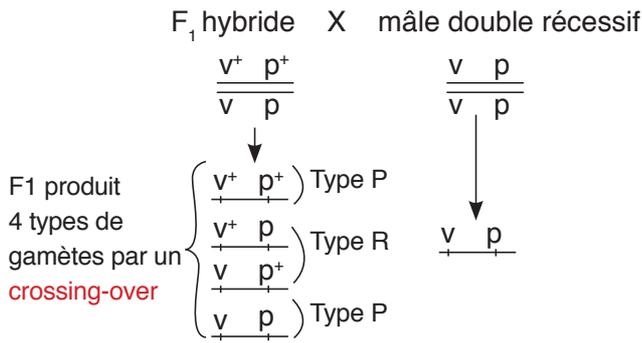
$\frac{v^+ p^+}{v p}$ $\frac{v p}{v p}$

$\frac{v^+ p^+}{v p}$ $\frac{v p}{v p}$

• Fécondation (Échiquier du croisement)

| | | | | |
|--|--|---------------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| $\begin{array}{c} \delta \\ \text{récessif} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \delta \\ F_1 \end{array}$ | $\frac{v^+ p^+}{v p}$ | $\frac{v p}{v p}$ | $[v^+, p^+] 50\%$ |
| | $\frac{v p}{v p}$ | $\frac{v^+ p^+}{v p}$ $[v^+, p^+]$ | $\frac{v p}{v p}$ $[v, p]$ | $[v, p] 50\%$ |

- Troisième croisement :



- Fécondation (Échiquier du croisement)

| | | | | |
|--------------------|--|--|--|----------------------------|
| ♂ F ₁ ♀ | $\frac{v^+ p^+}{v p}$ | $\frac{v^+ p}{v p}$ | $\frac{v p^+}{v p}$ | $\frac{v p}{v p}$ |
| $\frac{v p}{v p}$ | $\frac{v^+ p^+}{v p}$ [v ⁺ ,p ⁺] | $\frac{v^+ p}{v p}$ [v ⁺ ,p] | $\frac{v p^+}{v p}$ [v,p ⁺] | $\frac{v p}{v p}$ [v,p] |
| | 45% | 5,36% | 6,7% | 42,8% |

Morgan avait admis que plus deux gènes sont éloignés l'un de l'autre, plus le taux de recombinaison qu'ils présentent est élevé, et plus

ils sont rapprochés, plus ce taux est faible. Ainsi, le pourcentage de recombinaison existant entre deux gènes liés reflète exactement la distance qui les sépare.

Par convention, l'unité de distance entre les gènes est l'unité Morgan (centimorgan), est qui est égale à 1% de recombinaisons.

Exemple : Calculez chez la drosophile, la distance entre les deux gènes v/v⁺ et p/p⁺.

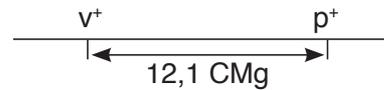
Puis représentez la carte factorielle.

Calcul distance entre les deux gène v⁺/v et p⁺/p

$$\begin{aligned} \%R &= \frac{105 + 132}{881 + 105 + 132 + 838} \times 100 \\ &= \frac{237}{1956} \times 100 = 12,1\% \end{aligned}$$

La distance entre les deux gènes v⁺/v et p⁺/p est de **12,1 cMg**

Carte factorielle :



Unité

3

The image is a composite. The top half shows several tall industrial smokestacks against a clear blue sky, each emitting a plume of dark grey smoke. The bottom half shows a close-up of a landfill, with a large pile of brown, decomposing organic matter (likely food waste or agricultural byproducts) interspersed with various pieces of colorful plastic waste, including bags and fragments in shades of blue, yellow, green, and red.

**Utilisation des matières organiques
et inorganiques**

Programme de la section internationale du baccalauréat marocain unité 3

| | | |
|---|---|----------------|
| 1- Unité 3 | Utilisation des matières organiques et inorganiques | |
| 2- Les pré-requis | <p>1^{ère} année collégiale : Les relations entre les êtres vivants et leur interaction avec le milieu.</p> <p>3^{ème} année collégiale : L'éducation de la santé.</p> <p>Tronc commun scientifique : Science de l'environnement</p> | séances |
| 3- Les contenus à enseigner et l'enveloppe horaire | <p>+ Les ordures ménagères issues de l'utilisation des matières organiques...</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'élimination des ordures et les moyens de leur traitement : • Le tri • La technique de réutilisation et de l'industrialisation • Les impacts sur l'environnement, sur la santé et sur l'économie. | 08 h |
| | <p>+ Les pollutions liées à la consommation des matières énergétiques et à l'utilisation des matières organiques et inorganiques dans les Industries chimiques, alimentaires et minérales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les polluants et les milieux pollués. • Les impacts sur la santé, l'environnement et l'économie. • Les alternatives | 12 h |
| | <p>+ Les matières radioactives et énergie nucléaire</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les matières radioactives. • Les avantages. • Les dangers de la pollution nucléaire. • Problématique des déchets nucléaires. • Les alternatives écologiques. | 07 h |
| | <p>+ Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels</p> | 03 h |
| 4- L'évaluation et le soutien | Évaluation diagnostique au début de l'unité | 30 min |
| | Évaluation formative et soutien | |
| | Au milieu de l'unité. | 60 min |
| | A la fin de l'unité | 60 min |
| | Évaluation sommative : | |
| | A la fin de l'unité et doit couvrir l'ensemble de l'unité | 90 min |
| Total | | 34 h |

Objectifs du chapitre

- Formuler un problème relatif aux ordures ménagères ;
- Déduire les caractéristiques des ordures ménagères ;
- Déterminer les moyens d'élimination des ordures ménagères ;
- Exploiter des données relatives à la gestion des ordures ménagères ;
- Montrer l'importance du recyclage et du traitement des ordures ménagères pour les domaines économique et écologique ;
- Montrer les impacts négatifs des ordures ménagères sur l'environnement et sur l'économie ;
- Montrer les répercussions de la gestion des ordures ménagères sur environnement et l'économie ;
- Proposer des mesures visant à réduire les effets négatifs des déchets ménagers sur la santé et l'environnement.

Capacités et habilités ciblées

Maitriser des connaissances relatives à l'utilisation de la matière organique et inorganique – Gestion des ordures ménagères – pollutions - Développer la capacité de communication (synthèse des informations et des données sous forme d'un texte ou d'un schéma – exprimer une opinion et l'argumenter – réaliser un schéma fonctionnel

ACTIVITE 1 :

Le problème de gestion des ordures ménagères.

Pistes de travail

Doc 1 p 123 :

1. Les ordures ménagères :

- Les déchets ménagers sont les déchets issus de l'activité quotidienne des ménages.
- Ils **contiennent** les résidus alimentaires, emballages, bouteilles, papiers, cartons, journaux,...
- On distingue deux catégories de déchets:
 - **Déchets organiques:**
 - Fermentescibles: résidus alimentaires, bois, papiers, carton,...
 - Non fermentescibles: plastique, caoutchouc, textiles..

➤ **Déchets inorganiques:** Métaux, aluminium, fer, cuivre, verre...

2. La gestion des déchets au Maroc caractérisée par :

- la prédominance des décharges non contrôlées
- la gestion professionnalisée du service faible .
- absence de traitement des déchets.
- l'insuffisance en infrastructures et équipements de collecte et d'élimination des déchets.

3. La gestion des déchets au Maroc (2008 – 2020)

- 1- Dans le PNDM, la collecte et le nettoyage s'emparent des $\frac{3}{4}$ (72%) des dépenses alors que seulement 1,8% est consacré au développement du secteur de la valorisation.
- 2- Un taux de mise en décharge faible (32%)

3- Seuls les déchets qualifiés d'ultimes sont réellement inutilisables et doivent être stockés par enfouissement pour éviter la pollution de l'environnement.

La gestion des déchets

- La gestion des déchets regroupe l'ensemble du processus de traitement d'un déchet. Elle répond à la stratégie des 3R (**réduire, réutiliser, recycler**).

- **La valorisation est considérée comme une solution préférable à l'élimination. En effet, les déchets ménagers constituent un gisement de matière première.**

ACTIVITE 2 :

Comment peut-on valoriser les ordures ménagères ?

Pistes de travail

Doc 1 p 125 :

Durées de vie des ordures ménagères dans le sol

- La durée de vie des déchets abandonnés dans l'environnement **dépend de leur nature**.
- Les éléments **biodégradables**, c'est-à-dire à base de matière organique (déchets verts, papiers, etc.) disparaissent en moins d'un an. En revanche, la dégradation inorganique est extrêmement longue (il faut jusqu'à 1000 ans pour les plastiques, le verre peut résister plus de 4000 ans)

Doc 2 p 125

Secteur informel de tri – recyclage au Maroc

Les derniers chiffres officiels (qui remontent à 2010!), concernant ces quatre filières (le plastique, le papier et carton, le verre et la ferraille), estiment que **les récupérateurs** ont réalisé un chiffre d'affaire annuel de 164,55 millions de DH, les intermédiaires 234,12 millions de DH et enfin les grossistes, eux, ont réalisé un chiffre d'affaire de 362,93 millions de DH.

Tri des ordures ménagères

Pour optimiser le tri, il faut :

- Que les ménages acceptent de trier leurs déchets chez eux
- Sensibiliser le consommateur de l'impact du tri sur l'économie et sur l'environnement.
- Mettre en place des systèmes de redevance incitative (pollueur-payeur)

Doc 3 p 127

2. • Le recyclage permet

- **la réduction** du volume des déchets stockés en décharge.
- Produire des objets tout en limitant **la consommation** et le **gaspillage des matières premières, de l'eau et des sources d'énergie** (**économie verte circulaire**)
- la **création d'emplois** liés à la filière tri-recyclage.
- l'acier recyclé permet d'économiser du minerai de fer;
- chaque tonne de matière plastique recyclée permet d'économiser 700 kg de pétrole brut ;
- le recyclage de 1 kg d'aluminium peut économiser environ 8 kg de bauxite, 4 kg de produits chimiques et 14 kWh d'électricité
- l'aluminium est recyclable à 100 % ; 1 kg d'aluminium donne 1 kg d'aluminium (après avoir été fondu) ;
- chaque tonne de carton recyclé fait économiser 2,5 tonnes de bois ;
- chaque feuille de papier recyclé fait économiser 1 l d'eau et 2,5 W d'électricité en plus de 15 g de bois

3. • **Le compostage** est un procédé de traitement et de valorisation des déchets organiques qui **reproduit en accéléré le processus d'humification de la matière organique (Mo) dans les sols**.

- Dans les deux processus (compostage et humification), la microfaune du sol intervient dans

la fragmentation et la décomposition de la matière organique, en facilitant l'action des **microflore humifiantes et minéralisantes**.

4. Le compostage comporte deux phases importantes:

• **Phase de décomposition (phase active):**

Dégradation de la matière organique par des microorganismes aérobies (qui consomment de l'O₂). Pendant cette phase, la température monte progressivement et plusieurs populations de microorganismes se succèdent selon leur capacité à supporter la chaleur (organismes mésophiles au dessous de 40°C), thermophiles (de 40-70°C)

• **Phase de maturation:**

La maturation correspond à la conversion de la matière organique en humus, une matière résistante à la décomposition bactérienne.

5. Le retournement a pour effet l'aération du tas et la diminution de sa température : ce qui provoque une accélération de sa décomposition (12 semaines seulement au lieu de 27 semaines sont nécessaires à sa maturité).

6. L'utilisation du compost est intéressante à plusieurs points de vue:

- Diminuer le volume des déchets qui sont constitués d'environ 65% de matière organique.
- Amélioration de la structure du sol par augmentation des agrégats (pénétration des racines facilitée).
- Meilleure perméabilité à l'air et à l'eau et une bonne rétention d'eau.
- En se minéralisant, le compost fournit des substances nutritives progressivement assimilables par les plantes.
- Evite la pollution des nappes phréatiques.

Doc 4 p 129

1 • Pour produire du biogaz, on utilise de grandes quantités de **biomasse**, issues de différentes filières (**agricole, ménagère, agro-alimentaire, industrielle...**), Ces substrats sont introduits dans

un digesteur contenant des Méthanobacterium

Le biogaz (Méthane (CH₄)) produit par les bactéries est collecté et transformé en énergie sous forme **d'électricité** et de **chaleur**.

Les résidus issus du processus de méthanisation appelés « **digestat** » servent d'éléments fertilisants (Compost).

2 L'impact de méthanisation sur la gestion des ordures ménagères

La méthanisation est un outil de gestion des déchets permettant :

- la réduction du volume des déchets .
- L'utilisation d'une source d'énergie (production d'électricité, chauffage, biocarburant...) qui permet de diminuer l'utilisation de combustibles fossiles importés et limiter leurs conséquences environnementales. En effet, en brûlant le biogaz(CH₄), on limite son action sur l'effet de serre
- L'utilisation des résidus comme engrais organique

Doc 5 p 131

1 Fonctionnement d'une usine d'incinération

1- Déversement du contenu des camions poubelles dans la fosse à ordures.

2- Un grappin verse les ordures dans un four ventilé afin d'assurer la combustion.

3- L'énergie thermique du four est valorisée par un circuit qui contient de l'eau qui se vaporise avec la chaleur de la combustion

4- L'énergie calorifique est utilisée pour le chauffage et permet grâce à une turbine, de produire l'électricité (l'incinération d'un gobelet en plastique permet à une lampe de 75W de fonctionner pendant 15 minutes).

5- Les résidus solides de combustion appelé mâchefers sont récupérés et utilisés dans les travaux publics (terrassement et revêtement des routes).

6- Les fumées (chargées de déchets toxiques) sont dépollués grâce a des **électro filtres** et des

filtres à eau (laveurs).

7- Les cendres et les boues (obtenues après traitement de l'eau utilisée) sont mélangés à du ciment et acheminées vers un centre d'enfouissement de déchets toxiques.

Avantages et inconvénients

1- Les avantages:

Les déchets sont réduits de 90% en volume.

L'énergie thermique libérée peut être récupérée pour produire de l'électricité ou de la chaleur.

Les résidus (mâchefers: résidu solide issu de l'incinération des déchets) peuvent être utilisés en travaux publics.

2- Les inconvénients:

Les fumées rejetées par les usines d'incinération contiennent des métaux lourds, de la dioxine... qui sont une menace pour la santé de l'homme et l'environnement.

Mais les nouvelles usines d'incinération sont dotées de nouvelles techniques de dépoussiérage, de lavage et de filtration des fumées. Les résidus toxiques récupérés de ces fumées seront stockés

2. • L'incinération ne doit concerner que les déchets non recyclables et non valorisables biologiquement.

• Les ordures ménagères sont constituées à 70 % de matières combustibles et l'incinération constitue une **alternative à la mise en décharge des ordures et à leur enfouissement**. C'est un outil de gestion des déchets permettant de valoriser le potentiel énergétique présent dans les déchets, et donc de **limiter leurs conséquences environnementales et le recours à d'autres ressources d'origine fossiles importées**

ACTIVITE 3 : p 133

Impact des ordures ménagères sur l'environnement

Pistes de travail

- Les décharges sauvages sont également une source d'autres nuisances :
 - Source d'émanations des **odeurs nauséabondes** qui provoquent des nausées
 - **Les lixiviats** chargés de substances solubles polluantes constituent une menace pour la faune et la flore du sol et peut s'infiltrer pour polluer les eaux de surfaces et les nappes phréatiques .
 - Des rongeurs (rats) et insectes (mouches, moustiques) qui peuvent être des **vecteurs de maladies**.

Chapitre 2 Les pollutions liées à la consommation des matières énergétiques et à l'utilisation des matières organiques et inorganiques dans les industries chimiques, alimentaires et minérales

Objectifs du chapitre

- Proposer un problème et formuler des hypothèses relatives à la pollution ;
- Exploitation de données relatives aux agents polluants et à la pollution des milieux naturels ;
- Appliquer le raisonnement scientifique pour résoudre un problème lié à la pollution des milieux naturels ;
- Montrer les répercussions négatives des polluants sur la santé, sur l'environnement et sur l'économie ;
- Exprimer son opinion sur l'utilisation des polluants ;
- Proposer des mesures visant à réduire les effets négatifs des polluants sur la santé, sur l'environnement et sur l'économie.

Capacités et habilités ciblées

Développer et maîtriser des connaissances relatives à l'utilisation de la matière organique et inorganique - Approche expérimentale des sciences - Développer la capacité de communication Représenter et interpréter les graphiques et tableaux en relation avec le problème posé – réaliser des schémas de synthèse

ACTIVITE 1 :

Les polluants et les milieux pollués : pollution de l'air

Pistes de travail

Doc 1 p 139 :

Evolution de la température terrestre depuis l'ère industrielle

1. D'après la figure 2, la différence par rapport à la température moyenne normale du globe terrestre était **négative**. A partir de 1940, cette différence devient **positive** et augmente de plus en plus, atteignant une valeur de 1,8 en 2012. Cette augmentation coïncide (fig.3) avec l'augmentation des GES (CO₂, CH₄, N₂O) rejetés dans l'atmosphère depuis le début de l'ère industrielle,

alors qu'elles étaient stables auparavant.

2. L'augmentation depuis le début de l'ère industrielle, des concentrations atmosphériques des GES, par le **rejet** de quantités importantes de ces gaz dans l'atmosphère, a contribué à une augmentation de la chaleur retenue par l'atmosphère (**L'effet de serre s'est amplifié**) : c'est pour cela qu'on parle de **réchauffement climatique**.

Contribution de différents gaz à effet de serre au réchauffement climatique global d'origine humaine

1. L'utilisation massive de combustibles fossiles (les hydrocarbures : charbon, gaz, pétrole), la déforestation, l'élevage et l'agriculture intensifs produisent de grandes quantités de gaz à effet

de serre qui s'échappent et se concentrent dans l'atmosphère.

- Le CO₂ est le gaz, le plus abondant émit par les activités humaines, assure à lui seul, les deux tiers de l'effet de serre.
- Bien que sa concentration dans l'atmosphère soit très inférieure à celle du CO₂, le méthane contribue à environ 20 % (4% naturelle et 16% d'origine humaine) de l'effet de serre global

2. Les conséquences du changement climatique sont multiples :

- Réchauffement de l'air et des eaux de mer.
- Augmentation de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur.
- Modifications des débits et températures des rivières
- Recul de la banquise et des glaciers.
- Augmentation du niveau des mers de 20 cm à 1 m en 2100.
- Impacts sur les risques liés aux événements extrêmes. (sécheresses, pluies diluviennes, tempêtes...)
- Impacts variés sur la production agricole
- Déplacement d'espèces et d'écosystèmes.

Doc 2 p 143 :

La quantité d'ozone au dessus de l'Antarctique a diminué entre 1979 et 2000 et a atteint les plus faibles valeurs aux années 90.

On parle de «trou» dans la couche d'ozone lorsque la valeur de la colonne intégrée en ozone est inférieure à 220 unités Dobson (la valeur normale étant 300 unités Dobson environ).

Hypothèse : C'est l'activité humaine, à cause de l'utilisation de certaines substances polluantes, qui serait responsable de la destruction de la couche d'Ozone.

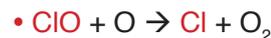
1. p 145 Les mesures de la teneur en ClO et en

ozone, effectuées au dessus de l'Antarctique à une altitude de 18 km entre 1964 et 1970, indiquent que le taux de ClO augmente et la teneur en ozone décroît simultanément. On peut donc déduire que la présence de ClO dans la stratosphère, provoque la destruction de la couche d'ozone.

2. Lorsque les polluants comme le CFC, le HCFC... arrivent dans la stratosphère, ils sont dissociés par les rayons UV et libèrent ainsi du chlore. L'atome de chlore entre ensuite en réaction avec l'ozone pour former une molécule de monoxyde de chlore (ClO) et une molécule de dioxygène (O₂).



• Dans un second temps, en entrant en réaction avec un atome d'oxygène, la molécule de ClO forme un atome de chlore et une molécule d'O₂.



• L'atome de chlore est libéré et peut détruire une nouvelle molécule d'ozone pour former du monoxyde de chlore. Ce qui montre qu'une faible quantité de chlore dans la stratosphère peut détruire une grande quantité d'ozone (On a pu mesurer qu'un atome de chlore pouvait détruire jusqu'à 200 000 molécules d'ozone.)

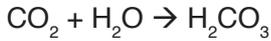
La dégradation de la couche d'ozone implique une moindre filtration des rayons ultraviolets les plus nocifs et une élévation des risques pour la vie terrestre

- brûlures superficielles,
- conjonctivites, cataractes,
- augmentation des cancers et vieillissement de la peau
- maladies du système immunitaire,
- réduction de la photosynthèse : diminution des rendements et de la qualité des cultures,
- disparition du plancton, premier maillon des chaînes alimentaires aquatiques...

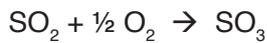
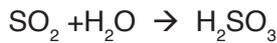
Doc 3 p 147 :

1. Le pH des pluies acides est inférieur à 5,6

- L'eau de pluie acide contient de l'acide carbonique H_2CO_3 formé par réaction du CO_2 atmosphérique et de l'eau.



Les oxydes de soufre et les oxydes d'azote (NOx), aussi présents dans l'atmosphère, réagissent avec l'eau. Cette réaction va produire de l'acide sulfurique H_2SO_4 et de l'acide nitrique HNO_3 .



2. Les pluies acides ont des conséquences visibles sur le sol, la flore et la faune, attaquent des métaux et engendrent des problèmes de santé, parmi eux :

- Des irritations et inflammations des yeux, des muqueuses et du système respiratoire.
- Dépérissement des feuillages des végétaux et le ralentissement de leur croissance, suite à la perturbation de la photosynthèse et à la décomposition de la chlorophylle ;
- Acidification du sol et modification de l'absorption des sels minéraux par les plantes .
- Modification de l'équilibre des eaux de surface (Rivières , lacs,..)
- Dégradation de la surface métallique (zinc et plomb des toitures) et de la pierre (bâtiments, monuments historiques, etc.)

ACTIVITE 2 :

Les polluants et les milieux pollués : pollution de l'eau

Pistes de travail

Doc 1 p 149 :

1. On peut distinguer trois principaux types de sources de pollution des eaux douces :

- les rejets agricoles (Engrais, pesticides)

- les rejets urbains résultant de la collecte et du traitement des eaux usées des ménages, des activités domestiques

- Les rejets industriels (Agroalimentaire, pétrolière, bois, papier, cuir...)

3. Les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples. Elles conduisent à des mortalités massives d'espèces, mais elles ont aussi des effets moins visibles : une eutrophisation des milieux, des effets toxiques à plus ou moins long terme, des maladies ou des perturbations endocriniennes.

| Impact de la pollution d'eau douce | Causes liées à la pollution |
|---|--|
| Une mortalité liée aux altérations physico-chimique | Forte salinité - manque d'oxygène - acidité - modification de la température |
| L'eutrophisation des milieux | Apport excessif de nutriments (phosphore, Azote) |
| Des effets toxiques sur les êtres vivants | Bioaccumulation de certaines substances (métaux lourds) dans l'organisme par le biais de la chaîne alimentaire . |
| La contamination microbiologique des êtres vivants | Présence dans l'eau de bactéries, de parasites ou de virus pathogènes. |

Doc 2 p 151-153 :

les principales sources de pollution des mers et océans

1. Les trois quarts de la pollution marine proviennent de la terre (déchets des villes , des industries ..) et de la pollution des fleuves qui s'y déversent. Le reste est principalement dû à la navigation (naufrages des pétroliers , vidanges...) et aux installations pétrolières (explosion des plateformes pétrolières...)

Les plus célèbres marées noires

Torrey Canyon (Cournouaille et Bretagne, 1967, 118 000 tonnes rejetées)

Amoco Cadiz (Finistère, 1978, 227 000 tonnes rejetées) Tête de puit Ixtoc One (golfe du Mexique, 1979) : 600 000 tonnes rejetées

Exxon Valdez (Alaska, 1989) : 40 000 tonnes « seulement » (notons que cela permettrait de remplir 125 piscines olympiques !) mais les dégâts furent considérables à cause de la fragilité de l'écosystème en Alaska : 250 000 oiseaux, 28000 loutres et 300 phoques furent tués.

Guerre du Koweït (1991, 1 million de tonnes déversées)

Erika (1999, 20 000 tonnes) : 350 Km de côtes furent touchées.

Jessica (Galapagos, 2001) : 1000 tonnes, seulement, mais 62 % des 25 000 iguanes de l'île furent exterminés.

Prestige (Espagne, 2002)

Les effets de la pollution des mers et océans sur les organismes marins.

1. La pollution marine a de multiples conséquences sur les organismes marins.

1- Différents polluants s'accumulent dans les organismes marins, pouvant poser des problèmes de santé aux populations qui en dépendent pour leur alimentation.

2- Les mammifères, les oiseaux et les reptiles marins meurent par étranglement ou étouffement par ingestion de déchets plastique ou en ingérant d'importantes quantités de micro plastiques qui bloquent les systèmes digestifs et respiratoires.

3- Certains déchets sont aussi des supports flottants pour des bactéries pathogènes de l'homme (les vibrios par exemple).

4- Les déchets marins peuvent servir d'habitat pour des communautés microbiennes et agir comme vecteurs de maladies.

5- L'ingestion de micro plastiques chez les poissons

provoque un stress physiologique, différents cancers et des problèmes de fertilité et de reproduction.

6- La pollution d'origine organique engendre l'eutrophisation et l'hypoxie (manque d'oxygène), impactant les organismes vivants et peut être source d'empoisonnement et de cancer chez l'humain.

7- Les mammifères marins comme la baleine blanche de l'Atlantique Nord qui est menacée d'extinction (500 animaux restants), parcourent de grandes distances et meurent par enchevêtrement au débris de filets de pêches .

2. a. Classement des organismes marins .

- Sensibilité élevée : huîtres et alevins , moules et autres bivalves , crustacés.
- Sensibilité faible : gastéropodes et coraux .

b. Le stade alevins et juvénile (stades précoces de développement du poisson) est le plus sensible à la pollution car c'est de ce stade dont dépend la vie saine de l'adulte.

N.B :

La bioaccumulation des polluants par les poissons et bivalves couramment pêchés par l'homme présentent un risque sanitaire lié à leur consommation.

ACTIVITE 3 :

Les polluants et les milieux pollués : pollution du sol

Pistes de travail

Doc p 155 :

1. Les causes de pollutions ou de dégradations des sols dues aux activités humaines sont :
 - la mise en décharge de déchets et l'épandage (répandre sur un champ, divers produits comme les engrais, herbicides , pesticides , fumiers...)
 - les rejets de polluants organiques et de métaux par les sites industriels, ou par les véhicules (gaz

d'échappement des voitures, des camions...).

2. Le ruissellement des eaux de pluie ou d'arrosage drainent le sol et transportent vers des cours d'eau, les produits de traitement des cultures (engrais et pesticides).

Les infiltrations d'eau, de pluie ou d'arrosage, entraînent vers les nappes phréatiques les mêmes produits de traitement des cultures (engrais et pesticides).

Toutes ces menaces affectent les diverses fonctions du sol, notamment celles qui sont primordiales pour la santé humaine, comme la production alimentaire, ou encore la filtration et le stockage des eaux souterraines, principale source d'eau potable

ACTIVITE 4 :

Impact des pollutions sur la santé, sur l'environnement et sur l'économie

Pistes de travail

Doc 2 p 159 :

1. La figure 1, montre que les personnes atteintes présentent une concentration élevée de mercure dans leurs cheveux et plus cette concentration est élevée plus le nombre de décès augmente.

La figure 2 montre que le nombre des malades est très élevé chez les familles qui consomment les poissons de la baie plusieurs fois par semaine .

D'après la fig.3, on constate que la concentration de mercure augmente en allant d'un maillon à l'autre de la chaîne alimentaire. Le **mercure s'accumule donc dans les organismes constituant la chaîne alimentaire** .

La contamination du poisson ingéré par l'homme situé au sommet de cette chaîne est à l'origine de l'épidémie.

2. Le processus biologique responsable est la **bioaccumulation**, c'est l'absorption de substances chimiques, présentes dans l'environnement, et leur **concentration dans certains tissus de**

l'organisme par le biais de la chaîne alimentaire ce qui provoque l'atteinte du seuil toxique et engendre des pathologies.

Doc 3 p 161 :

1.

| Etape | Description |
|---|--|
| Apport excessif de substances nutritives (phosphore et nitrates) | Ces substances peuvent provenir d'épandages agricoles (engrais riches en azote et phosphore) ainsi que de l'utilisation de produits lessiviels riches en phosphates, rejetés via les eaux usées. |
| Croissance et multiplication des algues | Stimulées par cet apport nutritif, certaines algues croissent et se multiplient de manière excessive, en particulier dans les couches d'eau de surface puisque les végétaux ont besoin de lumière pour se développer. |
| Dégradation des algues par les bactéries aérobies . | Les algues en excès, conduisent, lorsqu'elles se décomposent, à une augmentation de la quantité de matières organiques biodégradables dans le milieu aquatique, c'est à dire une augmentation de la quantité de nourriture pour les bactéries aérobies |
| Asphyxie du milieu aquatique et diminution de la biodiversité | Les bactéries finissent par épuiser l'oxygène et les espèces animales sensibles à la baisse de la teneur en oxygène dissous et les bactéries aérobies meurent asphyxiées. Seules les bactéries anaérobies survivent: elles se multiplient et provoquent la fermentation de toute la matière organique accumulée, libérant des gaz nauséabonds (hydrogène sulfuré SH_2 et l'ammoniaque NH_3) |

2. L'eutrophisation des eaux peut avoir plusieurs effets néfastes sur l'environnement.

Les principaux sont :

- la diminution **de la biodiversité animale et végétale** dans les milieux aquatiques
- la prolifération de phytoplanctons ou **d'algues toxiques**

- l'envasement rapide d'espaces aquatiques, avec l'apparition de vase putride et malodorante
- le développement des microorganismes pathogènes favorisé par la diminution de la pénétration des UV qui ont un pouvoir désinfectant
- la dégradation des qualités de l'eau (aspect, couleur, odeur, saveur)

Doc 4 p 161 :

1. Impact commercialisables :

- une disparition des industries touristiques (Diminution du nombre de touristes, des locataires saisonniers, de l'activité de plaisance...)
- La baisse de l'activité piscicole (Interdiction de la pêche) diminue les revenus des pêcheurs
- La consommation des produits marins contaminés par les éléments toxiques a une influence directe sur la santé et indirecte sur l'économie (Jours de travail perdus, dépenses de soins...).
- La dépollution qui peut s'étaler sur plusieurs années à des coûts très élevés.

Impact non commercialisables :

- Des effets nuisibles pour les écosystèmes marins comme la stérilité des mammifères marins, avec pour conséquence, un appauvrissement de la biodiversité.

ACTIVITE 5 :

Les alternatives à l'utilisation des énergies fossiles

Pistes de travail

Doc 1 p 163 :

1. On observe que les trois courbes, qui représentent la production mondiale des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) atteignent leur maximum selon les estimations entre 2020 et 2050, puis il semble que la production de ces énergies devrait fortement baisser. On dit que, les ressources d'énergie fossile s'épuisent (pétrole, charbon, gaz), après 2050.

Une énergie non-renouvelable est une **source d'énergie** qui ne se renouvelle pas assez rapidement pour être **considérée comme inépuisable** à l'échelle de l'homme, ou même qui ne se renouvelle pas du tout.

2. Les énergies renouvelables rejettent beaucoup moins de GES que les énergies fossiles et on peut les qualifier d'énergies propres.

Les énergies renouvelables sont une source d'énergie inépuisable, disponibles en masse autour du globe et sont « gratuites », peu polluantes et respectueuses de la nature.

Aujourd'hui, les énergies renouvelables sont sous-exploitées par rapport à leur potentiel. Ils couvrent seulement 20 % de la consommation mondiale d'électricité.

Doc 2 p 165 :

I/ L'énergie solaire

1. Avantages :

- Sources propres, qui ne polluent pratiquement pas (peu d'émissions de gaz à effet de serre)
- Ressources qui se renouvellent assez rapidement. Elles sont inépuisables.
- Sources qui possèdent un fort potentiel. Par exemple, l'énergie solaire reçue par la terre représente 8000 fois la consommation de l'humanité.

Inconvénients :

- Sources dont les performances sont irrégulières. La quantité d'énergie fournie par le soleil dépend totalement des conditions climatiques.
- Techniques encore en cours de développement. Cette filière coûte cher actuellement, mais le développement de nouvelles technologies à plus grande échelle et de nouveaux marchés fera baisser les prix.

II/ L'énergie éolienne

1. • L'énergie éolienne est l'énergie produite par le vent. Les éoliennes sont composées d'une hélice de 2 à 3 ailes ou pales, située en haut d'une tour

de 50 m à 110 m, tournant autour d'un rotor à axe horizontal. Le diamètre qu'elles balaient varie de 40 m à 120 m. L'hélice fait tourner un générateur électrique.

- Entre l'hélice et le générateur électrique de l'éolienne, se trouve en général un multiplicateur de vitesse, car l'hélice de l'éolienne tourne à des vitesses d'environ 100 à 650 tours/ min alors qu'un générateur électrique doit être entraîné à environ 1500 à 3000 tours/ min.

2.

- Pour implanter une éolienne, il est nécessaire de trouver un site favorable, qui présente les conditions suivantes :

- Un vent assez fort (gisement de vent entre 20 et 90 km/h) et une topographie adéquate pour assurer la rentabilité de l'éolienne.

- Un sol résistant aux forces de rotation de l'éolienne.

- Une prise en considération des différents facteurs environnementaux, paysagères et patrimoniales. (l'impact sur la faune ou la flore, l'acoustique engendrée...)

- Installer les éoliennes le plus près possible des villes qu'elles desserviront (400m) pour diminuer les coûts financiers .

- Faire un essai, en installant un mât de mesure pendant une durée de 6 à 12 mois pour évaluer le site.

III/ L'énergie hydraulique

1. Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique :

- Le barrage retient l'écoulement naturel de l'eau pour former un lac de retenue.

- Une fois l'eau stockée, des vannes sont ouvertes pour que des tuyaux conduisent l'eau vers la centrale hydraulique, située en contrebas.

- La force de l'eau fait tourner une turbine qui fait à son tour fonctionner un alternateur produisant un courant électrique alternatif (La puissance de la centrale dépend de la hauteur de la chute et du débit de l'eau.)

- Un transformateur élève la tension du courant électrique qui est transporté dans les lignes à très haute et haute tension.

- L'eau turbinée qui a perdu de sa puissance rejoint la rivière par un canal spécial appelé canal de fuite.

2. L'énergie potentielle de l'eau est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : chutes d'eau, cours d'eau, courants marins, marées, vagues (ex : énergie marémotrice, hydrolienne...)

IV/ L'énergie géothermique

1. Son principe est de prélever des eaux chauffées à grande profondeur, soit directement dans une nappe, soit au travers de réseaux de failles où elles circulent naturellement, sans créer de nouvelles fractures. Les eaux prélevées, une fois refroidies, sont ensuite réinjectées. Ces eaux peuvent être utilisées soit pour la production d'électricité dans des centrales géothermiques où elles entraînent des turbines, soit pour la production d'électricité et de chaleur en cogénération, soit uniquement pour l'alimentation en chaleur.

2. Avantages :

- Préserve l'environnement car elle ne dégage pas de GES

- Ressource énergétique renouvelable qui sert au : chauffage de logements, de bâtiments (60 à 80°C), serres (30°C), piscicultures (30°C), élevages d'animaux, séchage de produits agricoles, mise hors gel des routes (serpentins d'eau chaude sous

le bitume à 30°C), climatisation ou réfrigération...

Inconvénients :

- le prix des installations est très coûteux.
- Les centrales géothermiques émettent en moyenne 55 g de CO₂ par kWh, c'est dix fois moins qu'une centrale thermique fonctionnant au gaz naturel. De plus, les installations modernes réinjectent les liquides géothermaux dans leurs réserves souterraines, ce qui réduit à 0 les émissions de CO₂.

V/ L'énergie de la biomasse

On distingue deux filières de productions : la filière sucre et la filière huile.

- **Dans la filière sucre**, les espèces végétales (la canne ou la betterave à sucre ou qui sont riches en amidon comme le maïs ou le blé) sont cultivés pour fermenter, on obtient de l'éthanol. Celui-ci est ensuite distillé et mélangé à un certain pourcentage aux carburants conventionnels.
- **Dans la filière huile**, on cultive des espèces végétales qui sont riches en huiles, comme le colza et le palmier à huile. L'huile est ensuite

extraite et transformé par transestérification en biodiesel (diester)

ACTIVITE 6 :

Développement du secteur marocain de l'énergie et politique énergétique nationale

Pistes de travail

Doc 2 p 173 :

Au Maroc, tout comme à l'échelle globale, le secteur de l'énergie est l'un des principaux facteurs du changement climatique.

De plus, le Maroc est **fortement dépendant des importations de combustibles fossiles**, ce qui met sérieusement en péril sa sécurité énergétique présente et future

Pour assurer la transition vers un **développement plus durable**, plus responsable de l'environnement et surtout vers une planète plus vivable, nous devons modifier radicalement notre secteur énergétique et poser les bons échelons pour un avenir plus propre et plus juste, alimenté par **100% d'énergies renouvelables**.

Objectifs du chapitre

- **Déterminer et formuler des problèmes** liés à l'utilisation des matières radioactives et de l'énergie nucléaire;
- **Exploiter** des données relatives à l'utilisation des matières radioactives et de l'énergie nucléaire;
- **Appliquer** un raisonnement scientifique pour résoudre un problème lié à l'utilisation de matières radioactives et à l'énergie nucléaire.
- **Soulever la problématique** liée à la gestion des déchets nucléaires;
- Montrer les avantages et les risques de l'utilisation des matières radioactives et de l'énergie nucléaire;
- **Exprimer** une opinion sur l'utilisation de l'énergie nucléaire;
- **Proposer** des mesures pour réduire les effets négatifs des déchets nucléaires sur la santé et sur l'environnement

Capacités et habilités ciblées

Maitriser des connaissances relatives à l'utilisation de la matière organique et inorganique – gestion des éléments radioactifs et de l'énergie nucléaire - Développer la capacité de communication (synthèse des informations et des données sous forme d'un texte ou d'un schéma – exprimer une opinion et l'argumenter – réaliser un schéma fonctionnel

ACTIVITE 1 :

Les éléments radioactifs et la radioactivité

ACTIVITE 2 :

Les avantages des éléments radioactifs

Pistes de travail

Doc 1 p 179 :

• **Circuit primaire :**

Dans le réacteur, la fission des atomes d'uranium produit une grande quantité de chaleur. Cette chaleur fait augmenter la température de l'eau qui circule autour du réacteur, à 320 °C. L'eau est maintenue sous pression pour l'empêcher de bouillir.

• **Circuit secondaire :**

L'eau chaude du circuit primaire chauffe l'eau du circuit secondaire qui se transforme en vapeur. Le générateur de vapeur fait tourner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur. Celui-ci produit un courant électrique alternatif.

Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes très haute tension.

• **Le circuit de refroidissement :**

À la sortie de la turbine, la vapeur du circuit secondaire est à nouveau **transformée en eau**, qui est refroidie au contact de l'air circulant dans

de grandes tours, appelées **aéroréfrigérants**

N.B :

Les 3 circuits d'eau sont étanches les uns par rapport aux autres.

La fumée des grandes cheminées rondes des centrales, n'est que de la vapeur d'eau

Doc 2 p 181 :

Datation au carbone 14

1. Il faut 5 570 ans pour que la quantité de carbone 14, radioactif, soit divisée par deux : c'est la demi vie du carbone .

2. Pour dater un échantillon de bois ancien, on compare l'activité A d'un échantillon de ce bois ancien à l'activité A0 d'un échantillon actuel de même masse.

La constante de désintégration étant de $14C$ est $\lambda = 1,245 \cdot 10^{-4}$

En utilisant la loi de désintégration radioactive, le carbone 14 contenu dans ces fragments a permis de dater l'éruption volcanique responsable de leur carbonisation :

elle a eu lieu, il y a 3695 années.

3. La datation au carbone-14 ($14C$) est inappropriée pour les roches qui sont bien plus âgées. Les plus anciennes ont plus d'un milliard d'années et les plus jeunes au moins quelques millions.

- La technique du carbone-14 est donc essentiellement réservée pour le travail des archéologues s'intéressant aux débris hérités de peuples préhistoriques.

- D'autres couples d'isotopes sont utilisés en géologie comme :

- Le couple potassium-40 ($40K$) et argon-40 ($40Ar$), la demi-vie a une durée de 1,3 milliards d'années

- Le couple uranium-235 ($235U$) et plomb-207

($207Pb$), la demi-vie est de 713 millions d'années.

ACTIVITE 3 :

Les dangers de la pollution nucléaire

Pistes de travail

Doc 1 p 185 :

1. L'exposition aux rayonnements ionisants a deux origines :

- **d'origine naturelle** : le radon, Le rayonnement cosmique, le rayonnement tellurique, les eaux minérales et les aliments.

- **artificielle ou accidentelle** : l'exposition médicale, les essais nucléaires, l'industrie nucléaire et les accidents nucléaires.

2. Le Radon est un isotope qui fait partie de la filiation radioactive de l'uranium-238 dont il constitue le sixième descendant. Il est issu de la désintégration du radium et se désintègre lui-même en quelques jours en Polonium-218, en émettant une particule alpha

Le radon peut s'accumuler dans les espaces clos cave, cuisine, il émet des rayonnements Alpha peu pénétrants mais qui irradient les cellules les plus sensibles des bronches.

Doc 4 p 189 :

Les dangers de la pollution nucléaire

Les effets sur l'organisme dépendent de plusieurs facteurs comme le type de rayonnement, la dose absorbée et la durée de l'exposition.

- **La contamination radioactive provoque :**

- Des lésions à la peau, des cataractes du cristallin de l'œil ou une stérilité temporaire ou définitive.

- Des cancers de la thyroïde qui sont particulièrement importants.

- Une diminution des capacités de l'organisme à se défendre contre les infections

- Des malformations de l'embryon, des retards

mentaux ou des troubles de la croissance.

Doc 5 p 191 :

Le rôle de l'iode distribué aux habitants de la ville après l'accident

- L'iode est la principale composante des hormones thyroïdiennes qui jouent un grand rôle dans la croissance et le développement de l'organisme.
- C'est un antidote des accidents nucléaires. L'ingestion des comprimés d'iode permet de saturer la thyroïde en iode. Cela empêche l'iode radioactif de s'y fixer.
- Mais il est insuffisant du fait que d'autres éléments radioactifs peuvent être des sources de contaminations (césium, strontium...)

Conséquences des retombées des essais d'armes nucléaires sur les populations.

- Modifications de l'expression du génome (mutations), qui aboutit à des anomalies morphologiques divers.
- Apparitions de tumeurs cérébrales des enfants et troubles du développement du système nerveux central.

- Apparition de cancers après plusieurs décennies

ACTIVITE 4 :

Problématique de gestion des déchets nucléaires

Pistes de travail

Doc 1 p 193 :

On réduit la nuisance des différentes catégories de déchets par :

- **Traitement et mise en colis .**
 - **Vitrification** : incorporation des résidus très radioactifs dans du verre
 - **Calcination** : formation des résidus calcinés par chauffage.
 - Par d'autres procédés comme le compactage, fusion, cimentation ...
- **l'entreposage ou le stockage** en surface ou en profondeur dans des centres pour des déchets nécessitant un niveau d'isolation vis-à-vis de la biosphère (couches géologiques stables).

Doc 2 p 195 :

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| L'énergie nucléaire ne rejette pas de CO ₂ mais seulement de la vapeur d'eau | Ils sont maintenus en surface et menacent les générations futures car leur radioactivité diminue de façon très lente |
| Le nucléaire permet d'économiser les ressources naturelles | Leurs transport est dangereux et n'est pas sans risques |
| L'énergie nucléaire est quasi inépuisable (L'uranium n'est pas près d'être épuisée et que le combustible est recyclé pour être réutilisé) | Les mesures de sécurité nécessaires dans une centrale nucléaire coûtent très cher La durée de construction d'une centrale nucléaire est de 10 ans, et sa durée de fonctionnement n'est que de 30 à 40 ans. |
| L'énergie nucléaire ne produit presque pas de radiations (0,1% du taux de radiation totale) | Une centrale nucléaire nécessite la présence d'une rivière afin de refroidir le réacteur. L'eau qui en ressort est réchauffée, ce qui détruit la faune La surcharge du réacteur peut provoquer l'explosion de la centrale : danger pour l'être humain (Tchernobyl, Fukushima...) |

Chapitre 4 Contrôle de la qualité et de la salubrité des milieux naturels.

Objectifs du chapitre

- Déterminer / Évaluer la qualité et la salubrité des milieux naturels en appliquant des normes de contrôle et en exploitant diverses données;
- Proposer des mesures pour préserver la salubrité des milieux naturels.

Capacités et habilités ciblées

Maîtriser des connaissances relatives à l'utilisation de la matière organique et inorganique - Développer la capacité de communication (synthèse des informations et des données sous forme d'un texte ou d'un schéma – exprimer une opinion et l'argumenter – réaliser un schéma fonctionnel

ACTIVITE 1 :

Contrôle de la qualité et de l'état de santé des eaux.

Pistes de travail

Doc 1 p 199 :

1. L'eau du robinet est le produit alimentaire le plus surveillé, pour éviter tout problème de qualité sanitaire.

Elle est soumise à de multiples analyses et à des contrôles quotidiens, depuis son origine jusqu'au robinet.

2. - **Paramètres physiques** : MES (matières en suspension) ; Turbidité ; transparence

- **Paramètres chimiques** : DBO5 ;DCO ; NH4 ; NO2- ; phosphates.

- **Paramètres microbiologiques** : coliformes fécaux.

3. Une eau de bonne qualité : voir tableau.

Doc 2 p 201 :

1. Les observations biologiques peuvent apporter un contrôle plus fiable que les analyses chimiques,

car elles tiennent compte des effets cumulés passés et présents alors que les résultats chimiques ne sont que ponctuels.

2. L'échantillon contient 3 unités systématiques (sangsues, aselles, hémiptères).

3. L'indice biotique d'un prélèvement contenant des larves d'odonates et renfermant 12 US est, d'après le tableau, égal à 5 indiquant une pollution moyenne.

ACTIVITE 2 :

Paramètres de contrôle des qualités de l'air

Pistes de travail

Doc 1 p 203 :

3. Pendant la semaine de mesure, on constate que la qualité de l'air est bonne au niveau des stations 1 et 2 et mauvaise au niveau de la station ONCF. La circulation est l'une des sources majeures de pollution dans la capitale économique. Elle est particulièrement élevée dans la station ONCF du

fait des déplacements qui affluent vers cette zone, utilisent des moyens de transport vieillissants et polluants (taxis..) et de sa proximité de la zone industrielle d'Ain Sabaa.

4. Propositions : limiter la circulation des voitures
- encourager le télétravail, utiliser les moyens de transport propres (Tram), délocaliser les usines hors du périmètre urbain...

ACTIVITE 3 :

Préservation de la salubrité et de la santé des milieux naturels .

Pistes de travail

Face à l'intensité des pressions environnementales, le Maroc a entrepris plusieurs mesures, pour protéger l'environnement.

Des projets et des actions concrètes : Restauration d'écosystèmes dégradés, création de réserves nutritives, protection et mise en valeur du littoral...

Des mesures institutionnelles et législatives (loi sur l'eau, loi relative à la protection et la mise en valeur de l'environnement, loi relative aux études d'impacts sur l'environnement, charte de l'environnement...).

Parcs nationaux au Maroc

- Le parc national est une région naturelle, caractérisée par sa richesse biologique et paysagère, des traditions humaines ancestrales et un intérêt scientifique et touristique.
- Le parc national du Haut Atlas oriental est un parc situé dans la province de Midelt (région de Meknès-Tafilalet), près de la localité d'Imilchil.
- Le parc national de Talassemtane à Chefchaoun.
- Le parc national d'Al Hoceima
- Le parc national d'Iriqui à Zagora
- Le parc national de Khénifra
- Le parc national Khenifiss (Inscrit sur la liste de la convention Ramsar (qui protège les zones humides d'importance internationale)
- Le parc national du Sous Massa (Inscrit sur la liste de la convention Ramsar)
- Le parc national d'Ifrane
- Le parc national de Tazekka à proximité de la ville de Taza
- Le parc national du Toubkal
- Le parc national de Dakhla (Inscrit sur la liste de la convention Ramsar)

Unité

4

**Les phénomènes géologiques
accompagnant la formation des
chaînes de montagnes et leur
relation avec la tectonique des
plaques**

Open
Stax

Programme de la section internationale du baccalauréat marocain unité 4

| | | |
|---|---|----------------|
| 1- Unité 4 | Les phénomènes géologiques accompagnant la formation des chaînes de montagnes et leur relation avec la tectonique des plaques. | |
| 2- Les pré-requis | 1 ^{ère} année collégiale: Les phénomènes géologiques externes. 2 ^{ème} année collégiale : Les phénomènes géologiques internes. 1 ^{ère} année du Baccalauréat | séances |
| 3- Les contenus à enseigner et enveloppe horaire. | ❖ Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques..... | 05 h |
| | ♦ Les chaînes de subduction. ♦ Les chaînes de collision. ♦ Les chaînes d'obduction. | |
| | ❖ Nature des déformations tectoniques caractéristiques des chaînes de subduction et des chaînes de collision..... | 04 h |
| | ♦ Les plis. ♦ Les failles. ♦ Les nappes de charriages. | |
| | ♦ Le métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques..... | 11 h |
| ♦ Les caractéristiques minéralogiques et structurales des roches métamorphiques au niveau des zones de subduction et des zones de collision. ♦ Les conditions de température et de pression responsables de la formation des roches métamorphiques. ♦ Notions du minéral indicateur et de la série métamorphique. ♦ Notions de métamorphisme de subduction (dynamique) et de métamorphisme dynamo-thermique. | | |
| ❖ La granitisation et sa relation avec le métamorphisme..... | 08 h | |
| ♦ Origine et mise en place du granite d'anatexie : - relation entre les roches granitiques et les roches métamorphiques avoisinantes; - étude comparative de la structure et de la composition minéralogique du granite d'anatexie et des roches métamorphiques avoisinantes. ♦ Effet de l'intrusion du magma granitique sur les roches avoisinantes: notion de métamorphisme de contact. | | |
| ❖ Bilan : Relation des différents phénomènes géologiques étudiés avec la tectonique des plaques..... | 02 h | |
| 4- L'évaluation et le soutien. | Evaluation diagnostique au début de l'unité..... | 30 min |
| | Evaluation formative et soutien | |
| | Au milieu de l'unité..... | 60 min |
| | A la fin de l'unité..... | 60 min |
| | Evaluation sommative : A la fin de l'unité et doit couvrir l'ensemble de l'unité..... | 90 min |
| Total | | 34 h |

Rappel des acquis antérieurs :

Pistes de travail

1- Structure interne du globe terrestre : p 209

1. Les discontinuités dans les vitesses des ondes sismiques ont permis le découpage suivant :

De la surface vers le centre de la Terre (rayon de 6 400 km.), on trouve :

- la lithosphère qui a un comportement rigide (cassant), elle est formée de :

- la **croûte océanique** (7-12 Km d'épaisseur) à une composition moyenne proche de celle du «basalte» donc une densité relativement élevée (3,2g/cm³) et un âge inférieur à 200 MA

- la **croûte continentale** (30 à 70 Km d'épaisseur) a une composition proche de celle du «granite», donc une densité relativement faible (2,8) et a un âge jusqu'à 3800 MA

- **Manteau supérieur** (la partie supérieure du manteau), constituée de péridotite « froide », donc rigide et séparée de la croûte par la discontinuité de MOHO

l'asthénosphère est la partie ductile du manteau (constituée de péridotite « chauffée »), sur laquelle se déplacent les plaques tectoniques (rigides).

- le manteau inférieur solide (parfois appelé mésosphère)
- le noyau (dont la partie externe est liquide).

2- les plaques tectoniques : p 209

1. Les séismes et les volcans sont localisés dans des régions particulières, les dorsales et les fosses océaniques. C'est cette répartition qui a permis de découper la lithosphère en plaques rigides animées de mouvement créant ainsi au

niveau des frontières de plaques des mouvements de divergence, convergence et/ou de coulissage.

2. Une plaque tectonique est un fragment de la lithosphère (océanique ou océanique et continentale). Elle est rigide et se déplace sur l'asthénosphère plus ductile

3- Le mouvement des plaques tectoniques : p 211

1. • croûte continentale , 2-Manteau supérieur lithosphérique, 3- croûte océanique, A-Dorsale océanique = zone de divergence ou d'expansion océanique, B- Faille transformante = zone de coulissage, C- Fosse de subduction = zone de convergence,

E- Marge active, F- Marge passive, G- rift continental, H- point chaud.

- Le moteur de ces mouvements est le phénomène de convection qui se produit à l'intérieur du manteau terrestre.

Dans le manteau, la chaleur produite par la radioactivité se propage par convection c.à.d. avec déplacement de la matière. Les dorsales où la chaleur est évacuée correspondraient aux mouvements ascendants et les fosses océaniques aux mouvements descendants de la cellule de convection.

- Dans le modèle de la tectonique des plaques, la croûte océanique est formée en permanence au niveau des dorsales océaniques (Zones d'expansion océanique) puis s'en éloigne. Son épaisseur et sa densité augmentent, jusqu'à dépasser la densité de l'asthénosphère puis s'enfonce et disparaît au niveau des fosses océaniques.

Chapitre 1 Les chaînes de montagnes récentes et leur relation avec la tectonique des plaques

Objectifs du chapitre

- Dégager les caractéristiques structurales et pétrographiques des chaînes de montagnes récentes à partir de l'étude de cartes et coupes géologiques ;
- Établir la relation entre les chaînes de montagnes récentes et la dynamique des plaques ;
- Déterminer les étapes de la genèse des chaînes de montagnes récentes à partir de l'exploitation des données de coupes géologiques ;
- Représenter graphiquement les conditions de formation d'une chaîne de montagnes récentes ;
- Réaliser un schéma de synthèse des étapes de formation d'une chaîne de montagnes récentes.

Capacités et habilités ciblées

Développer et maîtriser des connaissances relatives à la formation des chaînes de montagnes et sa relation avec la tectonique des plaques – Mobilisation des informations dans la résolution du problème posé ou dans l'explication du phénomène objet d'étude - Développer la capacité de communication (synthèse des informations et des données sous forme d'un texte ou d'un schéma – exprimer une opinion et l'argumenter – réaliser un schéma fonctionnel

Pistes de travail

Doc 1 p 211 :

1. Une chaîne de montagnes naît dans une zone du globe où deux plaques tectoniques s'affrontent (**convergent**).

Les différentes sortes d'affrontement entre les plaques à l'origine des chaînes de montagnes sont :

- **La subduction** : la plaque lithosphérique océanique s'enfonce dans l'asthénosphère sous le bord d'un continent, ce qui engendre une «chaîne de subduction», ou **cordillère** (Cordillère des

Andes), ou sous une autre lithosphère océanique ou «**arc insulaire**», (type Japon, ou Antilles).

- **L'obduction** : lorsqu'une partie de croûte océanique, chevauche une autre croûte océanique ou le bord d'un continent, ce qui fait naître une « chaîne d'obduction » (type Oman).

- **La collision** : c'est l'affrontement de deux lithosphères continentales résultant de la disparition d'un domaine océanique par subduction, ce qui engendre une «chaîne de collision», (type Himalaya).

ACTIVITE 1 :

Les chaînes de subduction. (type Cordillère des Andes)

Pistes de travail

Doc 1 p 215 :

1. Les caractéristiques principales, témoins de subduction sont :

- Chaîne de montagnes qui s'étend du nord au sud de l'Amérique du sud bordant la côte occidentale (chaîne liminaire).
- La présence d'une fosse océanique, dépression abyssale longue et étroite longeant le continent, foyers profonds des séismes alignés suivant un plan, appelé plan incliné de Wadati-Benioff (A proximité de la fosse, les séismes sont très superficiels. Plus on s'éloigne de la fosse en allant vers l'intérieur du continent, plus la profondeur des foyers des séismes augmente), qui s'explique par le plongement de la lithosphère rigide à l'intérieur du manteau (subduction de la lithosphère océanique)
- La répartition particulière des flux de chaleur (anomalies des isogéothermes) témoigne de l'enfouissement de roches « froides » dans l'asthénosphère « chaude ».
- Existence d'un prisme d'accrétion, formé de matériaux (sédiments) rabotés et entraînés dans la subduction et qui sont agglomérés (accrétés) dans la fosse.

2. Exploitation de la carte et de la coupe géologiques :

La Cordillère des Andes est constituée de deux chaînes de montagnes séparées par le plateau d'Altiplano.

- La Cordillère occidentale se caractérise par

une activité magmatique plutonique importante (granitoïdes), un magmatisme volcanique andésitique et des failles normales témoins de distension.

- La Cordillère orientale : caractérisée par des déformations tectoniques qui témoignent d'un régime compressif : failles inverses et plis (le plissement est marquée par des plis droits en accordéon)

Doc 2 p 217 :

1. • L'Andésite a une structure microlithique :

A l'œil nu : existence de gros cristaux visibles dans une pâte non cristallisée

Au microscope : grands cristaux et petits cristaux (microlithes) visibles dans une pâte non cristallisée (vitreuse).

Cette structure, témoigne que le magma à l'origine de la roche, a subi un refroidissement rapide en surface, en donnant une masse pâteuse où s'expriment peu de cristaux.

Le Granodiorite (granitoïde) a une structure grenue : les cristaux sont visibles à l'œil nu et au microscope et l'ensemble de la roche est entièrement cristallisée.

Cette structure, témoigne que le magma d'origine, a subi un refroidissement lent en profondeur, la cristallisation a le temps de s'exprimer pour donner une roche entièrement formée de cristaux.

2. Les 2 roches présentent la même composition chimique, contiennent de l'eau et un pourcentage élevé d'oxyde de silicium. Le Granodiorite contient plus d'oxyde de silicium que l'andésite.

- Les deux roches proviennent donc d'un même magma hydraté riche en oxyde de silicium qui

s'est refroidi dans des conditions différentes.

- Le magma en remontant, s'enrichit en silice, et devient de plus en plus visqueux.

S'il arrive en surface, il refroidit rapidement pour donner une roche volcanique (l'andésite) .

S'il ne parvient pas à s'échapper en surface, il cristallise entièrement en profondeur, et engendre la formation de roches plutoniques ou granitoïdes (granodiorite).

4 Hypothèses

- Les péridotites du manteau subissent une fusion partielle.
- La croûte océanique subduite subit une fusion partielle.

Doc 3 p 219 :

1. On constate

- Pour le premier cas que, le géotherme de la plaque subduite ne croise jamais la limite «solidus» c.à.d que, dans la zone de subduction, la température n'est pas suffisante pour faire fondre une péridotite sèche.
- Pour le deuxième cas, la température du solidus a baissé et du coup, le géotherme de la zone de subduction et le solidus des péridotites hydratées s'entrecoupent entre 80 et 160 Km c.à.d que, dans cette zone, la présence d'eau provoque l'abaissement du point de fusion des péridotites hydratées.

Conclusion:

Les volcans des zones de subduction se trouvent généralement à l'aplomb d'une zone où le toit de la lithosphère plongeante est situé à 100 km de profondeur. À ce niveau, la température, de l'ordre de 1 000 °C, permet à des péridotites hydratées

de fondre partiellement pour donner naissance à un magma.

2. • Au cours de la subduction, les conditions P et T entraînent une transformation (métamorphisme) des roches, qui s'accompagne d'une déshydratation.

L'eau libérée par les roches passe dans les péridotites dont la température de fusion s'abaisse. et provoque, leur fusion partielle.

- Après la fusion partielle, l'eau et le CO₂ s'ajoutent au magma formé. Moins dense que le manteau, ce magma remonte et atteint la lithosphère chevauchante, s'enrichit en silice (par une contamination par la croûte continentale) et sa viscosité augmente. Il peut alors cristalliser (par une cristallisation fractionnée) en profondeur donnant des granodiorites ou s'échapper en surface donnant l'andésite.

Les gaz dissous dans le magma visqueux sont libérés lors de la décompression liée à sa montée vers la surface, il y a une éruption explosive dont la violence est proportionnelle à la quantité de gaz accumulée

Doc 4 p 219 :

1. On peut invoquer deux mécanismes essentiels pour expliquer l'épaississement de la croûte dans les Andes :

- Le magmatisme, associé à la zone de subduction
- La compression associée à l'expansion de l'océan atlantique, provoquant des plissements, des failles inverses et des chevauchements.

2. La chaîne des Andes s'était formée au cours d'une succession de deux phases tectoniques.

- Entre -95MA et - 25MA, c'est une phase extensive, caractérisée par des failles normales et

un magmatisme intense à l'origine des premiers reliefs de la Cordillère occidentale.

• A partir de - 25Ma, c'est une **phase compressive** (période à laquelle la totalité de l'ouverture atlantique s'applique à la plaque Amérique du Sud), la croûte continentale orientale se fracture et s'écrase sous les Andes qui voient ainsi leur racine crustale s'épaissir (surrection des Andes).

ACTIVITE 2 :

Les chaînes d'obduction. (type chaîne d'Oman)

Pistes de travail

Doc 1 p 221 :

1.

- La chaîne d'Oman est formée par un complexe rocheux sous forme d'une nappe de charriage (nappe de Samail) appelée **ophiolite**. Ces roches recouvrent en **discordance** le socle rocheux de la plaque arabique et des **roches continentales déformées** (écailles de Mascate). Ces derniers affleurent en **fenêtre** sous les ophiolites.

Des sédiments très variés, d'origine marine (les radiolarites), appelés **complexe d'Hawazina**, constituent la limite sud de la chaîne d'Oman.

- Les ophiolites sont un ensemble de roches appartenant à une portion de lithosphère océanique.

Déduction : Les ophiolites d'Oman sont donc des **vestiges d'une lithosphère océanique ancienne**.

Il y a donc eu une **obduction**, c'est à dire un charriage de la lithosphère océanique et des sédiments marins formant le complexe d'accrétion d'Hawazina, accompagnée d'une déformation très importante du socle et des sédiments continentales arabiques (Ecailles de Mascate).

2. **Le problème** qui se pose, est de comprendre, comment la lithosphère océanique dense a pu surmonter une croûte continentale moins dense ?

3. • A partir de -100Ma, lors de la fermeture de l'océan Téthysien, une compression entre les deux plaques arabique et eurasiatique, provoque une **rupture de la croûte océanique** et entraîne une subduction intra-océanique

• A -85 Ma : Ce chevauchement conduit à la formation d'un prisme d'accrétion constitué de sédiments profonds qui deviendront plus tard les nappes de Hawazina.

• Du -5Ma à l'actuel : Le continent de la plaque arabique, entraîné dans la zone de subduction, et en raison de sa densité faible, ne peut pas s'enfoncer dans le manteau au-delà d'une soixantaine de kilomètres. Il y a donc **blocage de la subduction** (Avortement de la subduction) qui produit un **gigantesque charriage** du matériel océanique sur le continent (L'ampleur horizontale des charriages atteint parfois une centaine de kilomètres) entraînant une partie des sédiments, très variés, du bassin océanique (nappes d'Hawazina).

Conclusion :

L'ophiolite d'Oman est donc une nappe de charriage : nappe de lithosphère océanique de la plaque eurasiatique charriée sur la lithosphère continentale en raison du rapprochement de la plaque arabique et de la plaque eurasiatique.

Remarque :

Les géologues prévoient que, dans deux millions d'années, l'océan aura disparu et qu'une suture contenant des ophiolites fragmentées se met en place entre les deux continents arabique et eurasiatique.

ACTIVITE 3 :

Les chaînes de collision. (type Himalaya)

Pistes de travail

Doc 1 p 225 :

1.

| Caractéristiques structurales et rocheuses | Significations géologiques |
|--|---|
| L'Himalaya se trouve entre deux plaques : Inde-Australie au sud et Eurasiatique au nord séparées par la suture de Tsang po | Il s'agit d'une zone de convergence où s'affrontent deux lithosphères continentales (collision) et l'emplacement de la suture ophiolitique , indique la limite entre les deux plaques. |
| Présence d'ophiolites au nord de l'Himalaya. | Les ophiolites sont les vestiges d'un ancien plancher océanique qui séparait le continent indien de l'Eurasie. |
| Les sédiments marins et prisme d'accrétion | La présence de sédiments marins confirme la présence d'une ancienne lithosphère océanique disparue et confirme la collision . |
| | Le prisme témoigne de la subduction intraocéanique qui a précédé la collision |
| Les plutons de granitoïdes | Sont des témoins d'un magmatisme de subduction |
| Existence de 3 chevauchements, (MBT, MCT, MFT) | Empilement d'unités de croûte continentale, résultant d'une tectonique en compression ., provoquant l'épaississement de La racine crustale (elle atteint 60 Km de profondeur au niveau du Tsang po) associés à des reliefs très élevés. |

2. Un scénario de la formation de la chaîne d'Himalaya:

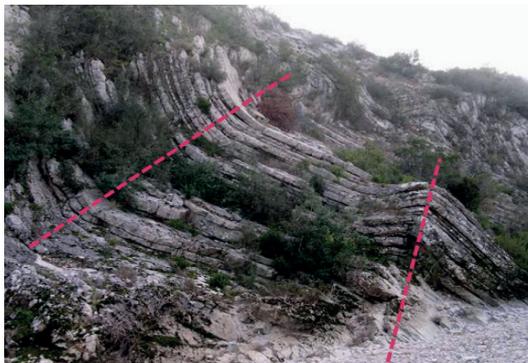
- Il existait entre l'Inde et l'Asie, un océan (indices: ophiolites, sédiments marins)
- Dans un contexte de convergence entre la plaque indienne et l'Eurasie, la formation de la chaîne débute par une subduction (prisme d'accrétion, granitoïdes). Celle-ci entraîne, une migration de l'Inde et la fermeture progressive de l'océan.
- Lorsque les deux croûtes continentales sont entrées en collision, les forces de compression ont provoqué **d'intenses déformations de sédiments marins** et de la croûte chevauchante (failles, plissements,,) et une obduction de la croûte océanique (ophiolites) qui marque la zone de suture entre les deux plaques.
- Les forces de compression ont provoqué des chevauchements, qui par empilement ont induit un raccourcissement et un épaississement de la croûte continentale indienne au niveau de la zone d'affrontement des plaques formant, une chaîne de montagnes avec un très fort relief.

Objectifs du chapitre

- Classer les plis et les failles ; - Analyser des cartes et des coupes géologiques de chaînes de montagnes récentes ;
- Déterminer les caractéristiques structurales des nappes de charriage ;
- Établir la relation entre les déformations et les contraintes tectoniques ;
- Établir la relation entre les déformations tectoniques et les conditions de formation des chaînes de subduction et de collision ;
- Schématiser les déformations tectoniques en relation avec les contraintes tectoniques.

Capacités et habilités ciblées

Développer et maîtriser des connaissances relatives au métamorphisme et sa relation avec la tectonique des plaques - Déterminer et formuler des problèmes scientifiques -Relier les informations avec les acquis pour résoudre le problème posé- Développer la capacité de communication (synthèse des informations et des données sous forme d'un texte ou d'un schéma – exprimer une opinion et l'argumenter – réaliser un schéma fonctionnel
– réaliser des schémas de synthèse



pli déjeté



plissements à différentes échelles

Pistes de travail

Doc 3 p 229 :

Chevauchement : C'est un mouvement tectonique conduisant un ensemble de terrains à en recouvrir un autre par le biais d'un contact anormal de type faille inverse ou pli-faille, généralement de faible inclinaison, nommé surface de chevauchement.

Nappe de charriage : C'est un ensemble de couches géologiques qui, lors d'une orogénèse, se sont décollées du socle et se sont déplacées sur de grandes distances.

Objectifs du chapitre

- **Déterminer** les caractéristiques structurales et minéralogique du granite anatectique et des roches métamorphiques avoisinantes à partir de l'étude d'échantillons de roches et de lames minces et l'analyse des données (tableaux de composition minéralogique et chimique);
- **Analyser** les cartes et les coupes géologiques liées au granite et sa relation avec le phénomène de métamorphisme;
- **Exprimer** graphiquement la granitisation et sa relation avec le phénomène de métamorphisme.

Capacités et habilités ciblées

Développer et maîtriser des connaissances relatives à la granitisation et sa relation avec le métamorphisme - Approche expérimentale des sciences - Développer la capacité de communication (interpréter des coupes et cartes géologiques en relation avec le problème posé - réaliser des schémas fonctionnels - réaliser des schémas de synthèse

ACTIVITE 1 :

Les caractéristiques minéralogiques et structurales des roches métamorphiques

Pistes de travail

Doc p 231 :

1. Les roches métamorphiques présentent les structures caractéristiques suivantes :

- Les schistes sont des roches qui se débitent en feuillets (**schistosité**). Mais certains schistes gardent le **litage** caractéristique des roches sédimentaires.
- Un micaschiste contient de nombreuses lamelles de mica (mica blanc ou muscovite, Mica noir ou biotite) qui forment des feuillets entiers (**schistosité**)
- Les gneiss ne se débitent pas en feuillets, mais

contiennent des minéraux disposés en bandes claires et sombres (**foliation**)

2. Les trois roches ont la même composition chimique (taux élevé de silice et d'aluminium, ce sont des silicates d'alumines), mais leur composition minéralogique est différente, ce qui montre qu'elles ont la même origine, mais des conditions de formation différentes.

Le pourcentage de l'eau diminue en allant du schiste au gneiss et la structure change, passant du litage à la schistosité et à la foliation : **le degré de métamorphisme augmente donc en allant du schiste, moins métamorphisé au gneiss, qui présente un degré de métamorphisme le plus élevé.**

3. Les roches métamorphiques (schiste,

micaschiste et gneiss) proviennent donc de la transformation progressive de l'argile (Argile → schiste → micaschiste → gneiss) lorsque les conditions de T et la P augmentent .

ACTIVITE 2 :

Les conditions du métamorphisme

Pistes de travail

Doc 1 p 233 :

1. L'expérience de Daubrée montre que les minéraux de la roche, sous l'action de la pression exercée, s'orientent perpendiculairement à la force exercée. La pression change la structure de la roche.

2. Dans la nature, l'augmentation de la pression est liée à :

- **La pression lithostatique** : qui est la pression exercée sur une roche, par les roches qui la surmontent. Cette pression est fonction de la densité des roches et de la profondeur à laquelle elle s'exerce.

- **La pression tectonique** : c'est la pression exercée sur les roches par l'action des forces tectoniques, elle est liée aux processus orogéniques (formation des chaînes de montagnes).

- **La pression des fluides** : c'est la pression exercée au sein des pores des roches par les fluides (H₂O et de CO₂) libérés lors de réactions chimiques de déshydratation ou de décarboxylation.

N.B :

Le temps est un facteur important car il faut que les conditions physico-chimiques soient modifiées durablement pour que les transformations minéralogiques et structurales aient le temps de se produire.

Doc 2 p 235 :

1. L'expérience de Winkler montre que :

- A une pression de 2 kilobars et une température de 570°C, la minéralogie de l'argile change

- A la même pression et à 700°C, on obtient

- Une phase solide formée de cristaux de quartz, de biotite et de Sillimanite. Ce sont les principaux minéraux d'un **Gneiss**

- une phase liquide qui montre la limite de transformation à l'état solide (représenté par le gneiss)

2. Dans la nature :

- La température augmente avec la profondeur, on parle de «**gradient géothermique**» (1°C tous les 30 mètres ou 30°C/km) .

- La température varie en fonction des zones orogénique (**zones tectoniques**)

- La température est élevée à proximité des **corps magmatiques**.

Doc 3 p 235 - 237 :

- L'expérience montre que la transformation des roches préexistantes se fait de deux manières :

- **Modification de la composition minéralogique** sans changement de la composition chimique: En effet les minéraux sont stables dans certaines conditions de T et de P. Si l'on modifie ces facteurs, on voit apparaître de nouveaux minéraux et la disparition d'autres, **non stables** dans les nouvelles conditions

- Si on ajoute une déformation à ces variations, les nouveaux minéraux s'orientent et **la structure change**.

- Définition du métamorphisme :

Le métamorphisme correspond aux transformations minéralogiques et structurales d'une roche à l'état solide, sous l'effet de variations de température et de pression, sans modification importante de sa composition chimique.

ACTIVITE 3 :

Trajet des roches en profondeur lors du métamorphisme - Notion de faciès métamorphique

➤ Notion de minéral index (indicateur)

Pistes de travail

Doc 4 p 237-239 :

1. En fonction des conditions P et T au moment de la cristallisation, les silicates d'alumines vont se recristalliser dans l'un ou l'autre des 3 formes, donnant soit :

- l'Andalousite à **Pression basse et Température moyenne**.
- La Sillimanite à **Pression moyenne à forte et Température haute**
- Le disthène à **Pression forte et Température basse à moyenne**

2. L'existence de ces minéraux dans les roches permettra de connaître les conditions de leur formation.

- Par exemple, si on trouve de l'Andalousite dans la roche, on saura qu'elle a été formée à basse pression.
- A l'inverse, la Sillimanite dans une roche est un marqueur de conditions de haute pression et de haute température.
- Le disthène est un minéral indicateur de hautes pressions

Un minéral index : est un minéral, qui ne se forme que dans des conditions de pression et de température spécifiques, il fournit des informations sur le degré métamorphique que la roche a subi.

➤ **Faciès métamorphique et séquence métamorphique**

1. • Un faciès métamorphique est un groupe de roches caractérisées par un assemblage de minéraux indicateurs, acquis sous certaines

conditions de pression et de température, en équilibre parfait les uns avec les autres et représentant le degré de métamorphisme de la roche.

- Le faciès de BP-BT : **schiste vert**
- Le faciès de MP-B/MT : **schiste bleu**
- Le faciès de MP-M/HT : **Amphibolite**
- Le faciès de MP-HT : **Granulite**
- Le faciès de HP-M/HT : **Eclogite**

• Une séquence métamorphique est l'ensemble de roches métamorphiques issues d'une même roche de départ.

Exemple : Argile → schiste → Micaschiste → Gneiss

Gabbro → schiste vert → schiste bleu → eclogite

Calcaire → Marbre

Grès → quartzite

• Une série métamorphique correspond à la succession de différents faciès métamorphiques issus d'un même type de roches le long d'un gradient pression –température.

2. La détermination du faciès et de la série métamorphique nous permet donc de connaître les conditions tectoniques (collision, subduction..) à l'origine de la formation d'une roche métamorphique et de reconstruire l'histoire géologique de la région dans laquelle elle a été récoltée.

➤ **Les différents types de métamorphisme**

• **Métamorphisme 1 : Métamorphisme de contact (ou thermique)**

C'est un métamorphisme de basse pression et haute température. Il s'étend sur quelques Cm à quelques Km **autour d'une intrusion magmatique** en formant une auréole métamorphique.

• **Métamorphisme 2 : Métamorphisme régionale (ou dynamo-thermique)**

Associé à une élévation de la température et de la pression, il est lié à un enfouissement ou à des

phénomènes tectoniques liés par exemple aux chaînes de collision.

• **Métamorphisme 3 : Métamorphisme dynamique (ou subduction)**

C'est un métamorphisme de basse température et haute pression. C'est le type de métamorphisme lors de la subduction

Doc 5 p 241 :

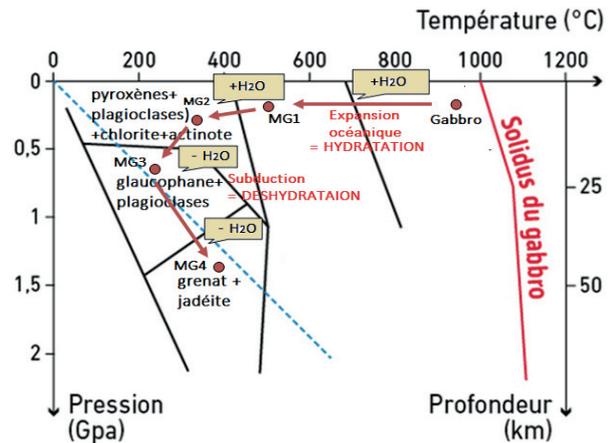
1. Dans le MG1, l'hornblende forme une auréole autour des plagioclases. Dans le MG2, la glaucophane forme une auréole autour du pyroxène. C'est la présence de cette auréole qui permet donc de suggérer qu'une réaction de métamorphisme peut intervenir entre deux minéraux voisins.

2. Transformations subies par les roches :

| Lame mince | Minéraux de la roche initiale | Minéraux néoformés | |
|------------|---------------------------------|-------------------------|----------------|
| 1 | Plagioclase, pyroxène | Amphibole (hornblende). | Hydratation |
| 2 | Plagioclase, hornblende | chlorite | Hydratation |
| 3 | Plagioclase, actinote, chlorite | glaucophane | Déshydratation |
| 4 | Plagioclase, glaucophane | Grenat, Jadéite, | Déshydratation |

1. Au cours de l'expansion océanique, la croûte océanique est en contact avec l'eau, son refroidissement et son hydratation sont à l'origine d'un métamorphisme dit **hydrothermale**, les gabbros sont ainsi transformés (+Hydratés) en métagabbros 1 et 2 de faciès schiste vert (présence d'hornblende et de chlorite).

Lorsque la lithosphère océanique entre en **subduction**, la pression augmente et les roches, de plus en plus déshydratées, sont transformées en métagabbros 3 et 4 de faciès schiste bleu et écolite.



2. L'eau libérée par les réactions entre les minéraux hydrate les péridotites du manteau de la plaque chevauchante, ce qui abaisse leur température de fusion partielle, qui est à l'origine du magmatisme des zones de subduction.

3. La présence des roches étudiées dans les Alpes franco-italiennes témoigne dans un contexte de convergence de plaques lithosphériques, de la subduction d'une lithosphère océanique et de la disparition d'un domaine océanique.

Doc 6 p 243 :

1. La roche d'origine R1 (roche préexistante: qui peut être sédimentaire, magmatique ou métamorphique) passe par différentes conditions P,T au cours du temps.

Pendant l'enfouissement lors de la collision de deux continents, la roche est soumise à un métamorphisme très intense (la pression et la température augmentent). Il y a transformation des minéraux de la roche qui passe du faciès schiste vert au faciès Amphibolite. Il s'agit donc d'un métamorphisme dynamothermique ou régional. A la fin de l'orogénèse (et à l'arrêt des contraintes tectoniques) et sous l'action du phénomène de réétalement gravitaire (flèches rouges), la croûte s'amincit (pénéplanation), la pression diminue

mais la température augmente légèrement.
La roche remonte et ses minéraux se déstabilisent.
Le disthène disparaît et apparition de sillimanite.
La roche continue sa transformation et sera moins métamorphisée, au cours de la pénéplanation jusqu'à son affleurement.

2. Le métamorphisme de R1 en R2 (trajet rouge) montre qu'il s'agit d'un métamorphisme dynamothermique avec une élévation de température et de la pression, due à l'épaississement de la croûte et l'enfouissement de la roche en profondeur lors de la collision.

Le métamorphisme de R2 en R3 se fait à l'arrêt de l'orogénèse. Sous l'effet de son poids et de la poussée, la roche d'origine R (qui peut être sédimentaire, magmatique ou métamorphique) passe par différentes conditions P,T au cours de sa formation.

Pendant l'enfouissement lors de la collision de deux continents, les conditions P,T augmentent. Il y a transformation des minéraux de la roche et de nouveaux assemblages apparaissent.

La roche passe du faciès schiste vert au faciès Amphibolite.

La roche est soumise à un métamorphisme très intense (la pression et la température augmentent). Il s'agit donc d'un métamorphisme dynamothermique ou régional.

A la fin de l'orogénèse (formation de la chaîne de montagnes) et sous l'action du poids des reliefs et de la poussée d'Archimède s'exerçant sur la racine (flèches rouges), la croûte s'amincit (pénéplanation), la pression diminue mais la température augmente légèrement, la roche remonte et ses minéraux se déstabilisent. C'est le rétro métamorphisme (rétrograde) donnant une roche moins métamorphisée.

3. La roche est soumise au départ à un degré de métamorphisme très intense : il s'agit d'un **métamorphisme prograde**.

La roche se transforme ultérieurement lors de la pénéplanation (trajet bleu) et jusqu'à son affleurement (trajet jaune sur le diagramme des faciès) et donnera une roche moins métamorphisée : C'est le **rétro métamorphisme (rétrograde)**

Objectifs du chapitre

- Déterminer les caractéristiques structurales et minéralogiques du granite anatectique et des roches métamorphiques avoisinantes à partir de l'étude d'échantillons de roches et de lames minces et l'analyse des données (tableaux de composition minéralogique et chimique);
- Analyser les cartes et les coupes géologiques liées au granite et sa relation avec le phénomène de métamorphisme;
- Exprimer graphiquement la granitisation et sa relation avec le phénomène de métamorphisme.

Capacités et habilités ciblées

Maîtriser des connaissances relatives au magmatisme granitique et sa relation avec le métamorphisme - décrire et analyser des données scientifiques - comparer et expliquer / interpréter des résultats - représenter une structure ou un phénomène géologique par un schéma – réaliser une synthèse des informations et des données sous forme d'un schéma – réaliser un schéma fonctionnel

ACTIVITE 1 :

Origine et mise en place de granite d'anatexie

Pistes de travail

Doc 1 p 245 :

Le granite d'Ourika s'étend sur une grande surface (dizaines de Km) et avoisine des roches métamorphiques (le gneiss). Sa limite avec les roches métamorphiques est représentée par une roche appelée Migmatite.

Doc 2 p 247 :

1. Le granite : roche grenue

Roche montrant un assemblage de cristaux tous visibles à l'œil nu, de teinte claire. Les minéraux essentiels (80 % de la masse) sont le quartz et les feldspaths (plagioclase, orthose). Les minéraux

secondaires sont très variés : mica, amphibole, pyroxène ...

2. Le gneiss : Roche à foliation

Roche le plus souvent à grains moyens ou grossiers (du mm au cm), souvent nette, caractérisée par des lits sombres (riches en micas, amphiboles, ...) alternant avec des lits clairs (quartz et feldspaths).

3. Les migmatites : roche grenue à foliation

cette roche montre deux faciès, un faciès clair ressemblant à celui du granite et un faciès sombre rappelant le gneiss

Hypothèse :

La migmatite résulte d'un gneiss qui a subi une fusion partielle localisée qui a généré un magma localisé. Ce magma en se refroidissant a donné un granite.

Doc 3 p 247 :

1. • Les expériences réalisées montrent qu'après le métamorphisme de la série argileuse : argile, schiste, micaschiste et gneiss, ce dernier fond partiellement à une température comprise entre 695°C et 725°C appelée « **Température anatectique** »

• Quelque soit leur composition minéralogique d'origine, elles donnent toutes après fusion, un **liquide anatectique** dont la **composition est stable**, lequel en se solidifiant donne une roche granitique contenant toujours trois minéraux (**le feldspath orthose, le quartz et le feldspath plagioclase**) appelée **granite d'anatexie**.

L'hypothèse est donc confirmée par cette expérience, que le granite d'Imin Taddart à l'Ourika est un granite d'Anatexie.

2. **Définition** : L'anatexie est un phénomène géologique subi par une roche à l'issue de son métamorphisme dans un contexte régional de HP et HT qui provoque sa fusion partielle ou totale.

Doc 4 p 249 :

1. Dans les chaînes de collision, les roches qui s'enfouissent sont soumises à de hautes pressions et de hautes températures et subissent un métamorphisme (**Gneiss**).

• A l'arrêt de l'orogénèse et sous l'effet du **réétalement gravitaire** et de l'érosion, la pression diminue mais la température reste élevée. Ces conditions aboutissent à la fusion partielle des gneiss et à la formation de petites poches d'un magma anatectique : c'est **la migmatite**.

• Si la fusion est plus importante, les produits de la fusion partielle peuvent migrer et se rassembler pour former un magma qui refroidit à l'endroit où elle est formée et on obtiendra un granite

d'**anatexie** après refroidissement.

2. Un magma formée à une température anatectique peut remonter, mais refroidit en profondeur. Pour qu'un magma arrive en surface, il faut que sa température dépasse 970°C (il donnera, dans ce cas, une roche de composition granitique mais de structure microlithique appelée Rhyolite)

ACTIVITE 2 :

Origine et mise en place du granite intrusif et notion de métamorphisme de contact

Pistes de travail

Doc 1 p 251 :

Les caractéristiques du granite des Zaër :

1. La **superficie** occupée est relativement **faible** (40 km de grand axe et 15 à 20 km de large)

• Il apparaît sous forme d'un **pluton circonscrit**, dont les **limites sont nettes** et recoupant les structures avoisinantes

• Le pluton granitique est entouré de roches transformées appelées **auréole de métamorphisme**.

2. **Hypothèse** : Le granite de Zaër provient d'un magma qui a traversé les roches encaissantes (magma intrusif) et provoque leur métamorphisme (métamorphisme de contact)

Doc 2 p 253 :

1. Origine de l'auréole de métamorphisme

En s'éloignant progressivement du granite, on peut rencontrer une cornéenne suivi d'un Schiste à Cordiérite, un Schiste à Andalousite et un Schiste à Chlorite.

• Les minéraux (feldspath potassique, cordiérite et Sillimanite) sont des indicateurs de **haute température**.

- L'Andalousite est un minéral indicateur de conditions de **température modérée** et de basse pression durant le métamorphisme.
 - La chlorite indique une **basse température** et une basse pression
2. On peut donc déduire que le **gradient géothermique** de l'auréole augmente en passant de schiste à chlorite au cornéenne : ceci témoigne que le granite de Zaer est le résultat du refroidissement lent, en profondeur, de **un magma intrusif** qui forme un pluton (ou batholite) métamorphisant les roches encaissantes (formant une **auréole de contact**)

3.

| | Granite d'anatexie | Granite intrusif |
|---|---|--|
| Surface | Possède une grande surface | Possède une petite surface limitée |
| Origine du magma | Formé d'un magma refroidi à l'endroit où il est formé. Ce magma est issu de la fusion totale du Gneiss (anatexie) . | Provient d'un magma issu de la fusion totale du Gneiss (anatexie) , ce magma monte à travers les roches jusqu'à un endroit, va refroidir puis va provoquer le métamorphisme des roches encaissantes |
| Relation avec les roches métamorphiques avoisinantes | Ce granite est adjacent au Migmatite qui est formé par la fusion partielle du Gneiss (anatexie) | Auréole métamorphique formée par les roches encaissantes qui ont subi une transformation minéralogique à cause de la haute température du magma. |
| Type du métamorphisme | Métamorphisme régional | Métamorphisme de contact |

