

# Annales des sujets de spécialité SVT

## Table des matières

Thème 1 (De la plante sauvage à la plante domestiquée).....	3
Exercice 1 .....	3
2021 - Métropole - Session septembre Sujet 2.....	3
2021 – Polynésie - Sujet 2 .....	3
2021 - Métropole - Sujet 2 .....	3
2021 – Emirats Arabes Unis - Sujet 1 .....	5
2021 – Sujet spécimen .....	6
2021 – Métropole – Session juin Sujet 2.....	7
Exercice 2 .....	8
2021 – Asie – Sujet 2 .....	8
2021 – Emirats Arabes Unis - Sujet 2 .....	11
2021 - Métropole - Session juin Sujet 1 .....	15
2021 – Métropole – Sujet 1 .....	19
Thème 2 (Génétique et évolution).....	23
Exercices 1.....	23
2021 - Métropole - Session septembre Sujet 1.....	23
2021 – Polynésie – Sujet 2 .....	24
2021 - Asie – Sujet 2.....	24
2021 - Métropole – Session juin Sujet 1 .....	24
2021 – Emirats Arabes Unis - Sujet 2 .....	25
2021 – Emirats Arabes Unis - Sujet 1 .....	25
Sujet 0 Exemple n°1 .....	26
Exercice 2 .....	27
2021 – Polynésie – Sujet 1 .....	27
2021 – Métropole – Session juin Sujet 2.....	31
2021 – Sujet spécimen .....	34
Thème 3 : A la recherche du passé géologique de notre planète .....	37
Exercice 1 .....	37
2021 – Métropole – Sujet 1 .....	37
2021 - Polynésie – Sujet 1 .....	38
Sujet 0 Exemple n°3 .....	39
Exercice 2 .....	40
Sujet 0 Exemple n°3 .....	40
Thème 4 (Les climats de la Terre : Comprendre le passé pour agir aujourd’hui et demain).....	43
Exercice 1 .....	43
2021 – Métropole – Sujet 2 .....	43

2021 – Polynésie – Sujet 1 .....	43
2021 – Asie – Sujet 2 .....	43
2021 – Emirats Arabes Unis – Sujet 2 .....	44
Exercice 2 .....	45
2021 – Polynésie – Sujet 2 .....	45
2021 – Emirats Arabes Unis – Sujet 1 .....	48
2021 – Métropole – Sujet 1 .....	52
Thème 5 – Comportements, mouvements et système nerveux (Chap 1 & 2) .....	56
Exercice 1 .....	56
2021 - Métropole – Session juin Sujet 1 .....	56
2021 - Métropole – Sujet 1 .....	56
2021 – Sujet spécimen / Sujet zéro n°2 .....	56
Exercice 2 .....	57
2021 – Métropole – Session juin Sujet 2.....	57
2021 – Métropole – Sujet 2 .....	60
Thème 5 – Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie (Chap 3 & 4).....	64
Exercice 1 .....	64
2021 - Métropole – Session juin Sujet 2 .....	64
Exercice 2 .....	65
2021 – Polynésie – Sujet 2 .....	65
2021 – Métropole – Session septembre Sujet 1 .....	69
2021 - Asie – Sujet 2.....	71
2021 – Emirats Arabes Unis – Sujet 2 .....	73
2021 - Métropole – Session juin Sujet 1 .....	77
Thème 5 – Comportements et stress : vers une vision intégrée de l'organisme (Chap 5 partie I).....	80
Exercice 1 : .....	80
2021 - Métropole – Session septembre Sujet 2.....	80
Exercice 2 .....	81
2021 – Métropole – Session septembre Sujet 1 .....	81
2021 – Polynésie – Sujet 1 .....	84
2021 – Emirats Arabes Unis – Sujet 1 .....	87
Chapitre post écrit .....	91
Génétique et évolution – Exercice 2 .....	91
2021 – Métropole – Session septembre Sujet 2 .....	91
Géologie – Exercice 2 .....	95
2021 – Métropole – Session septembre Sujet 2 .....	95
Géologie (Datation + tectonique) – Exercice 2 .....	98
2021 – Métropole – Sujet 2 .....	98
2021 – Sujet spécimen .....	102

## Thème 1 (De la plante sauvage à la plante domestiquée)

### Exercice 1

2021 - Métropole - Session septembre Sujet 2

#### Synthèse et stockage de matière organique chez les plantes

Une étape fondamentale de la reproduction sexuée des plantes à fleurs consiste en la formation de graines contenues dans les fruits. La synthèse de matière organique est indispensable à la mise en place de ces structures.

**Expliquer comment la photosynthèse d'une plante mère peut permettre le développement d'une nouvelle plante issue de la reproduction sexuée.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. Vous appuierez votre exposé et argumenterez votre propos à partir d'expériences, d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

2021 – Polynésie - Sujet 2

#### La plante productrice de matière organique

**Expliquer comment, à partir de l'énergie lumineuse et de la matière minérale, une plante produit une diversité de molécules organiques qu'elle utilise à différentes échelles.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des expériences, des observations...*

2021 - Métropole - Sujet 2

#### Les sèves des plantes à fleurs

Les végétaux présentent une organisation fonctionnelle adaptée à un mode de vie fixée. Ils sont dotés de structures d'échanges et de transport.

**Expliquer les mécanismes permettant la production des sèves.**

*Vous rédigerez un texte argumenté qui s'appuiera sur le document proposé, complété si besoin d'expériences et/ou d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

**Document :** composition moyenne comparée de quelques éléments de la sève brute et de la sève élaborée.

	Sève brute	Sève élaborée
<b>H<sub>2</sub>O (en %)</b>	99	80
<b>Glucides</b> (saccharose et autres glucides solubles) <b>(en g/L)</b>	Traces	100 à 300
<b>Ions minéraux (en g/L)</b>	0,2 à 4	1 à 5

Source : D'après R. Jones et al, 2013 et S.Satoh, 2006



## La plante productrice de matière organique

Les plantes produisent une grande diversité de molécules appelées métabolites.

**Expliquer l'origine et le rôle des métabolites des plantes impliqués dans leurs interactions avec des espèces animales.**

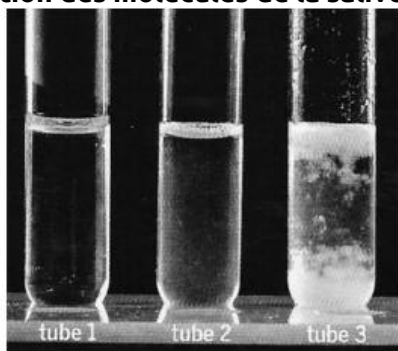
*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples...*

### Document 1 : Abeille butinant une fleur



*Banque nationale de photos en SVT*

### Document 2 : Précipitation des molécules de la salive (tube 3)



Tube 1 : eau + tanins

Tube 2 : salive + eau

Tube 3 : eau + salive + tanins

*Bordas TS SVT édition*

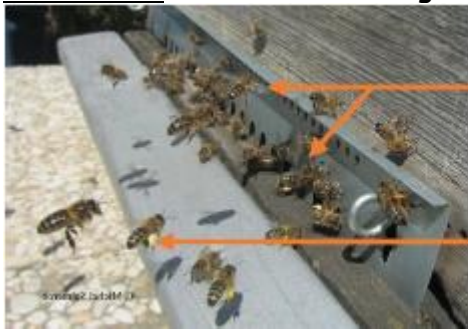
## La colonisation de nouveaux milieux par les végétaux

Bien qu'étant fixés, les végétaux peuvent coloniser de nouveaux milieux. Quelques années après une coulée de lave, des angiospermes s'installent et forment de nouveaux peuplements.

**Présenter les mécanismes liés à la reproduction sexuée qui permettent aux végétaux terrestres de coloniser de nouveaux milieux.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples... Vous intégrerez des arguments issus des documents proposés.*

### Document 1 – Des abeilles chargées de pollen rentrant à la ruche



Abeilles rentrant dans une ruche

Amas de grains de pollen

Site de l'ENS Lyon.

### Document 2 – Une fauvette à tête noire mangeant des fruits de sureau



Site de l'ENS Lyon.

### Plastes et amidon

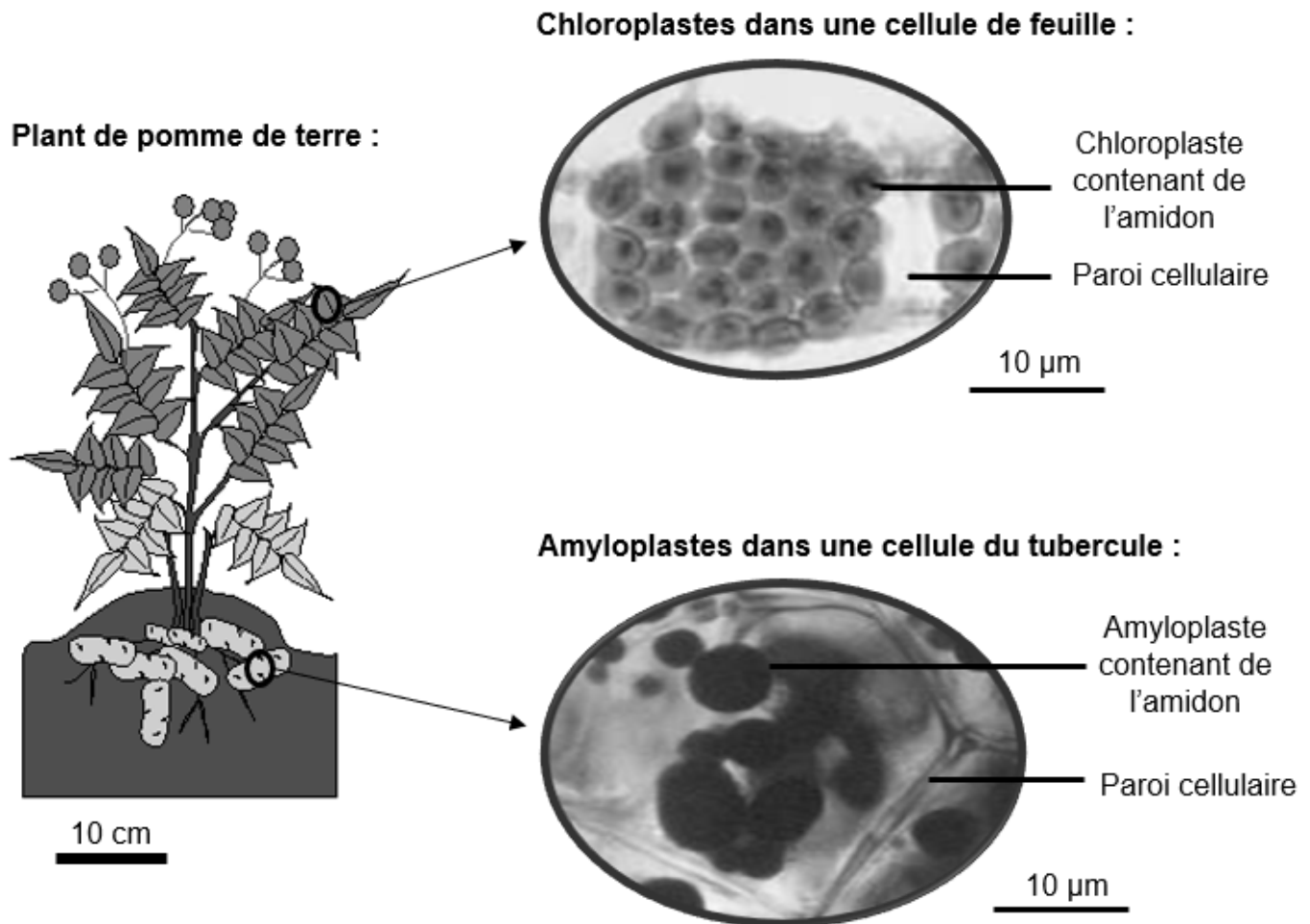
Les angiospermes sont composées de cellules contenant des organites particuliers appelés plastes. Suivant la localisation de la cellule au sein d'une même plante, les plastes peuvent se différencier en chloroplastes ou en amyloplast. Ces derniers sont spécialisés dans le stockage à long terme de glucides sous forme d'amidon.

#### Expliquer les mécanismes aboutissant à la présence d'amidon dans les amyloplast.

*Vous rédigerez un texte structuré et argumenté pouvant s'appuyer sur des expériences et/ou des observations et/ou des exemples.*

**Document : mise en évidence de la présence d'amidon\* dans les chloroplastes et les amyloplast de cellules d'angiospermes (la pomme de terre)**

\*L'amidon est un polymère de glucose insoluble



*Photographies : didier-pol.net et acces-lyon.fr*

Remarque : La présence d'amidon est mise en évidence par une couleur sombre (bleue-noire) lors d'un test à l'eau iodée.

## Exercice 2

2021 – Asie – Sujet 2

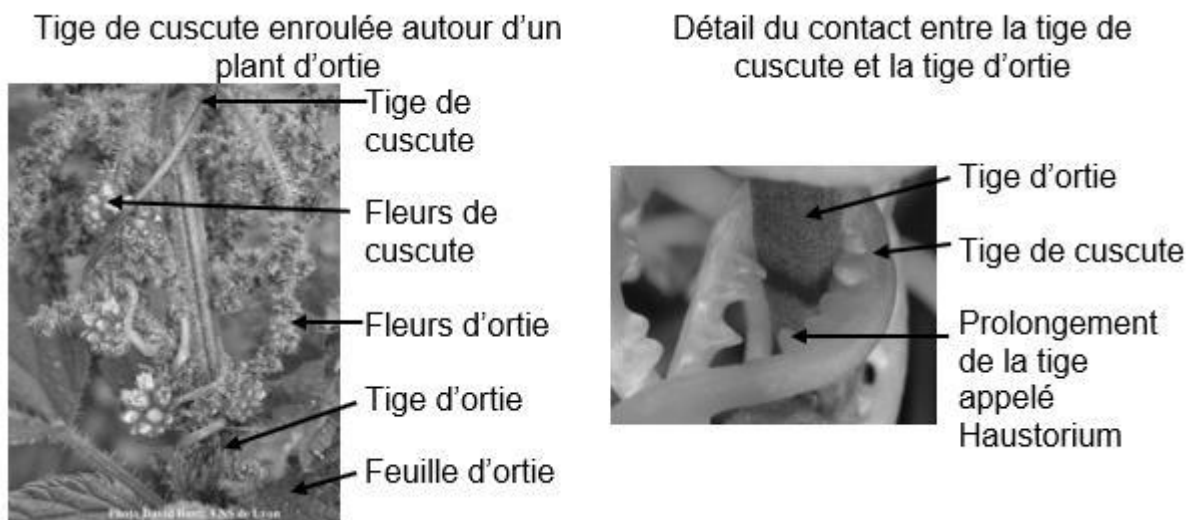
### La nutrition de la cuscute

Les « cuscutes » sont des plantes à fleur qui se développent en formant des tiges fines qui s'enroulent autour d'autres végétaux. Il en existe plus de 100 espèces dans le monde. L'observation attentive d'un plant de cuscute montre qu'il n'y a pas de contact entre la cuscute et le sol. Il n'y a donc pas d'appareil racinaire.

**Expliquer comment la cuscute parvient à assurer sa nutrition.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

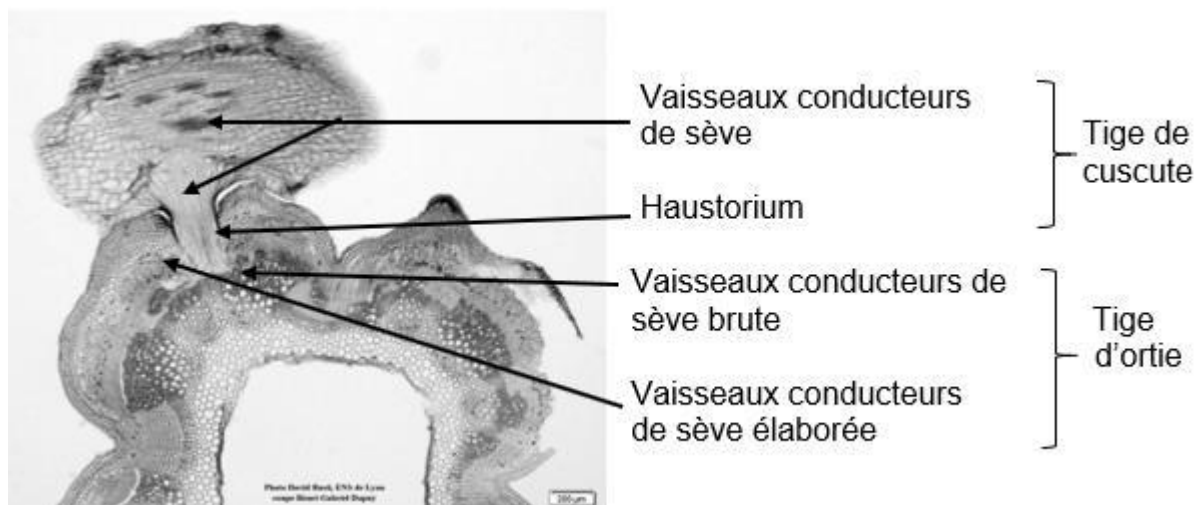
#### Document 1 : Photographies de plants de cuscute



*À partir du site de l'ENS Lyon*

#### Document 2 : Observation microscopique au niveau d'un Haustorium

Des préparations microscopiques sont réalisées au niveau du contact étroit entre la cuscute et l'ortie sur laquelle elle se développe. Il est ainsi possible d'observer les relations anatomiques entre les deux végétaux.



*Photo David Busti ENS Lyon*

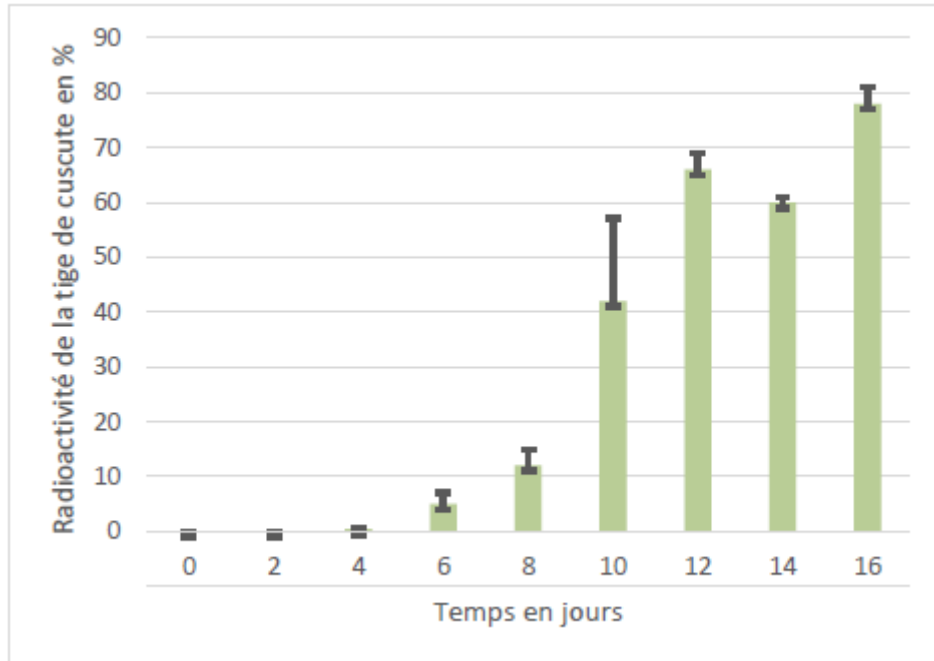


### Document 3 : Suivi des produits de la photosynthèse

Dans cette expérience on utilise des pélargoniums sur lesquels peut se développer une espèce de cuscute. Un pélargonium est placé dans une enceinte éclairée contenant du dioxyde de carbone dont le noyau de carbone est radioactif pendant plusieurs jours. On place ensuite le pélargonium dans une enceinte éclairée avec du dioxyde de carbone non radioactif et on fixe une cuscute sur le pélargonium.

#### Document 3a : suivi de la radioactivité

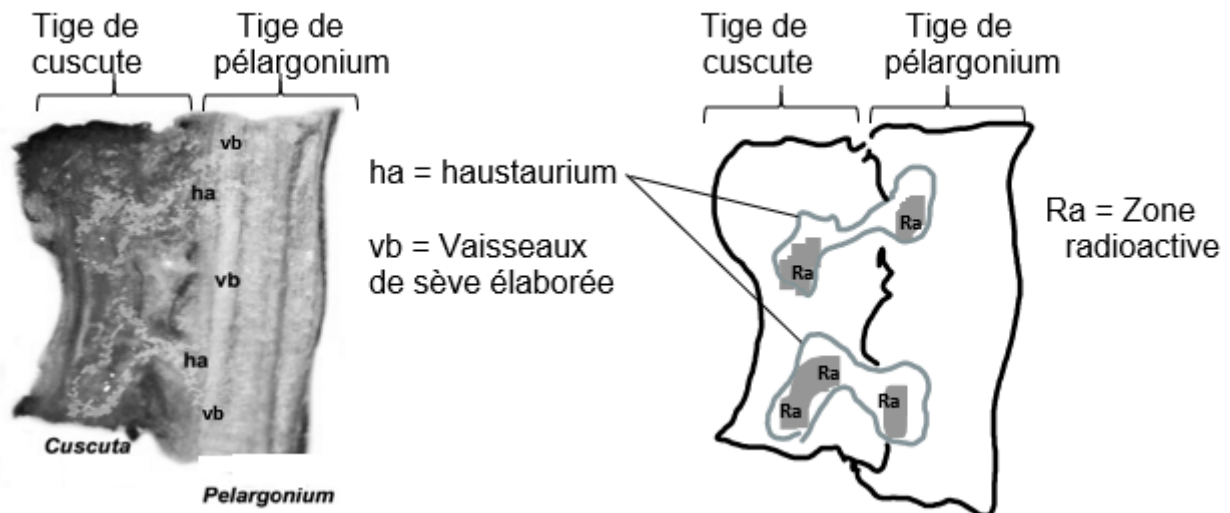
On mesure ensuite, pendant 16 jours, la radioactivité dans la tige de cuscute. Les barres verticales indiquent l'incertitude de la mesure.



*D'après Birschwilks et al. 2006*

#### Document 3b : Localisation de la radioactivité

On localise ensuite la radioactivité dans les deux végétaux.



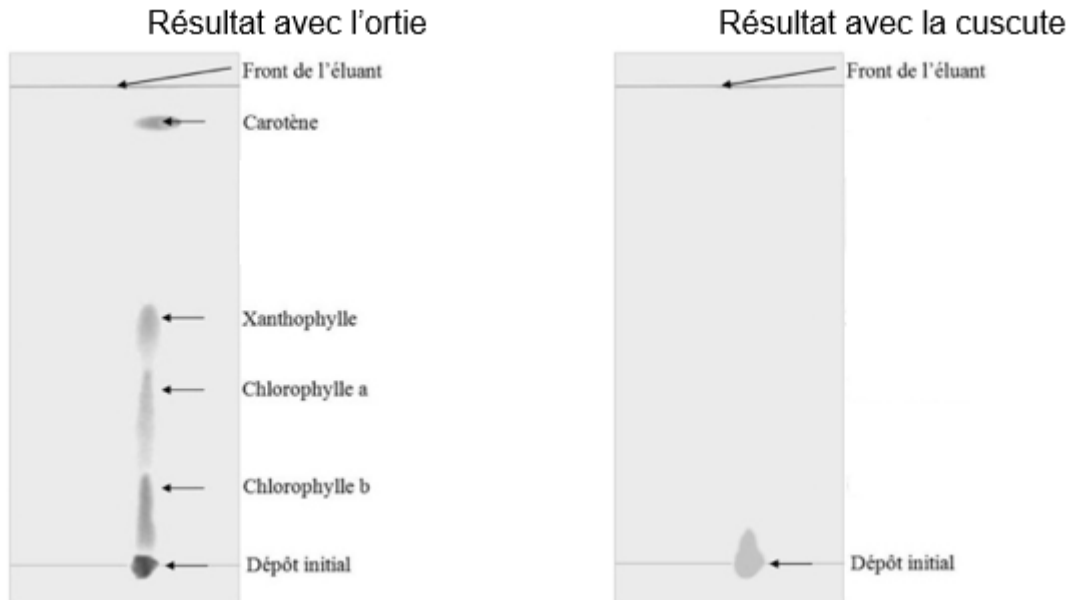
*D'après Birschwilks et al. 2006*

#### **Document 4 : Recherche des pigments dans les deux végétaux**

On recherche les pigments présents dans deux végétaux :

- un plant d'ortie, et plus particulièrement dans ses feuilles,
- un plant de cuscute (tiges et fleurs, c'est-à-dire sur l'ensemble du végétal)

Pour identifier les pigments présents on réalise une chromatographie. Pour cela on dépose un extrait du végétal sur une bande de papier dont la base trempe dans un éluant. L'éluant va migrer le long du papier et entraîner les pigments qui sont plus ou moins solubles ce qui permet de les séparer. On réalise deux chromatographies l'une avec un extrait d'ortie, l'autre avec un extrait de cuscute.



## Multiplier des plantes par culture in vitro pour conserver des espèces

Les végétaux possèdent des propriétés naturelles de totipotence cellulaire, leur conférant une capacité à se régénérer et à se reproduire par multiplication végétative.

**Montrer en quoi les connaissances acquises dans le domaine des hormones végétales offrent des perspectives en matière de conservation des espèces et préciser les limites de la culture in vitro pour préserver les espèces.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

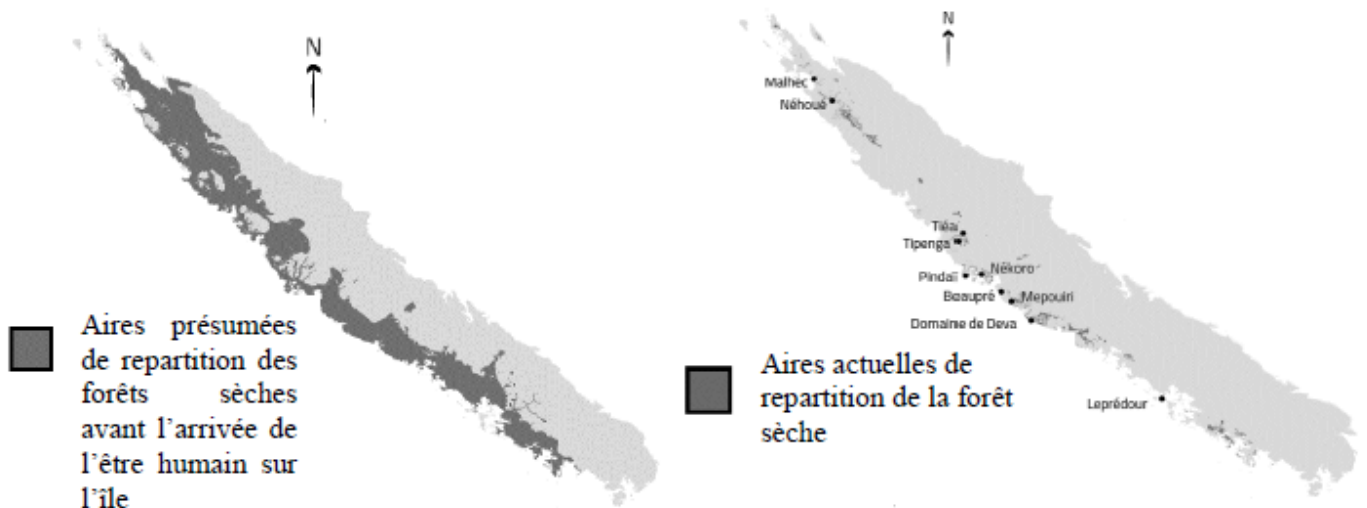
### **Document 1 : La forêt sèche de Nouvelle-Calédonie, un écosystème menacé**

Le déclin de la forêt sèche est lié à une forte déforestation d'origine anthropique.

Cet écosystème abrite des plantes remarquables en danger d'extinction. *Ixora margaretae*, ou fontaine piment, est un petit arbuste qui n'est connu que dans les forêts sèches de Nouvelle Calédonie. Très rare dans son milieu naturel et gravement menacé d'extinction, des moyens sont mis en œuvre pour reproduire *Ixora margaretae* en utilisant la culture in vitro.



*Ixora margaretae*  
© Jean Jacques Villegente



### **Cartographie de la surface de la forêt sèche de Nouvelle-Calédonie**

*D'après <https://www.biodiversite.nc/> et <https://www.oeil.nc/>*

## Document 2 : Les cals embryogènes

Les cals sont des amas de cellules totipotentes capables de régénérer des plantules. Les cals sont obtenus en cultivant des tissus différenciés dans un milieu de culture approprié : sous l'action d'hormones végétales, des tissus de fragment de plante (feuille par exemple) se dédifférencient et aboutissent à la formation de cellules totipotentes.



Lyon- © CNRS Photothèque / Lebedinsky

Photographies de cals embryogènes obtenus dans un milieu de culture in vitro approprié

## Document 3 : Influence des concentrations de deux hormones végétales du milieu de culture sur le devenir de fragments de feuilles

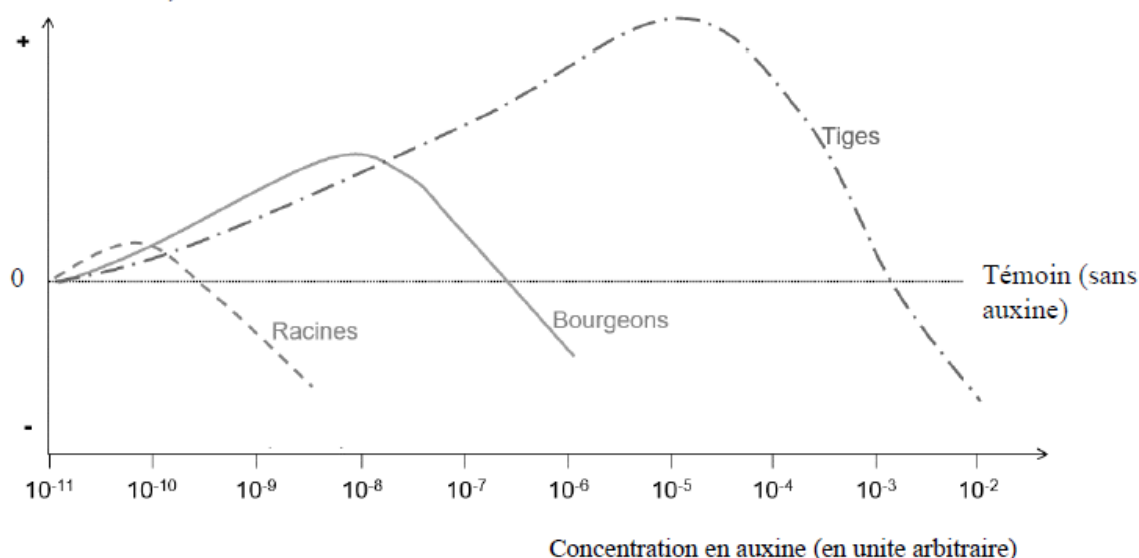
On réalise ici des expériences de culture in vitro, au cours desquelles des fragments de feuilles (appelés explants) sont placés dans des milieux contenant différentes concentrations de deux hormones, l'auxine et la cytokinine, durant 5 semaines. Tableau présentant les concentrations en hormones végétales « auxine » et « cytokinine » dans les milieux de cultures et évolution des fragments de feuilles.

Milieu	Concentration en auxine (mg/L)	Concentration en cytokinine (mg/L)	Evolution des fragments de feuilles :
1	0	0	Les fragments de feuilles augmentent en taille mais conservent une morphologie de feuille.
2	0,5	1	Les fragments de feuilles évoluent en cals.
3	0,005	0	Les fragments de feuilles produisent des racines.
4	0	1	Les fragments de feuilles évoluent en cals. Des feuilles se développent sur ces deniers.

Données issues du site : <http://plantphys.info>

**Document 4 : Influence de la concentration en auxine du milieu sur la croissance de différents organes végétatifs (racines, bourgeons, tiges) de plantes**

Elongation par rapport au témoin  
(en unite arbitraire)



*D'après Thimann 1937*

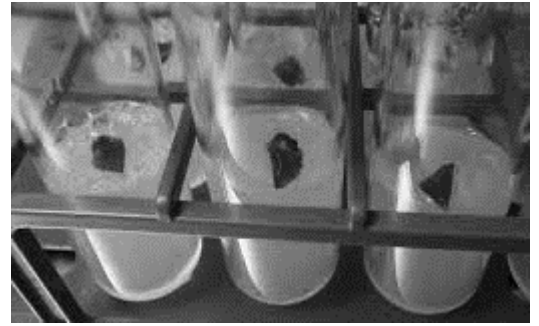
**Document 5 : Les différentes méthodes utilisées pour la conservation génétique des plantes et leurs avantages respectifs**

	<u>Plants obtenus par multiplication végétative</u>			<u>Plants obtenus par reproduction sexuée</u>
Méthodes pour la conservation	Bouturage	Greffes	Culture in vitro	Plantation de graines récoltées sur l'ensemble des populations de plantes
Caractéristiques des plants	Obtention de copies génétiques conformes à l'original.  Régénération de plantes qui réalisent difficilement la reproduction sexuée.			Possibilité de fécondation croisée, et de recombinaisons génétiques des génotypes parentaux dans la descendance.  Conservation possible des graines en chambre froide.

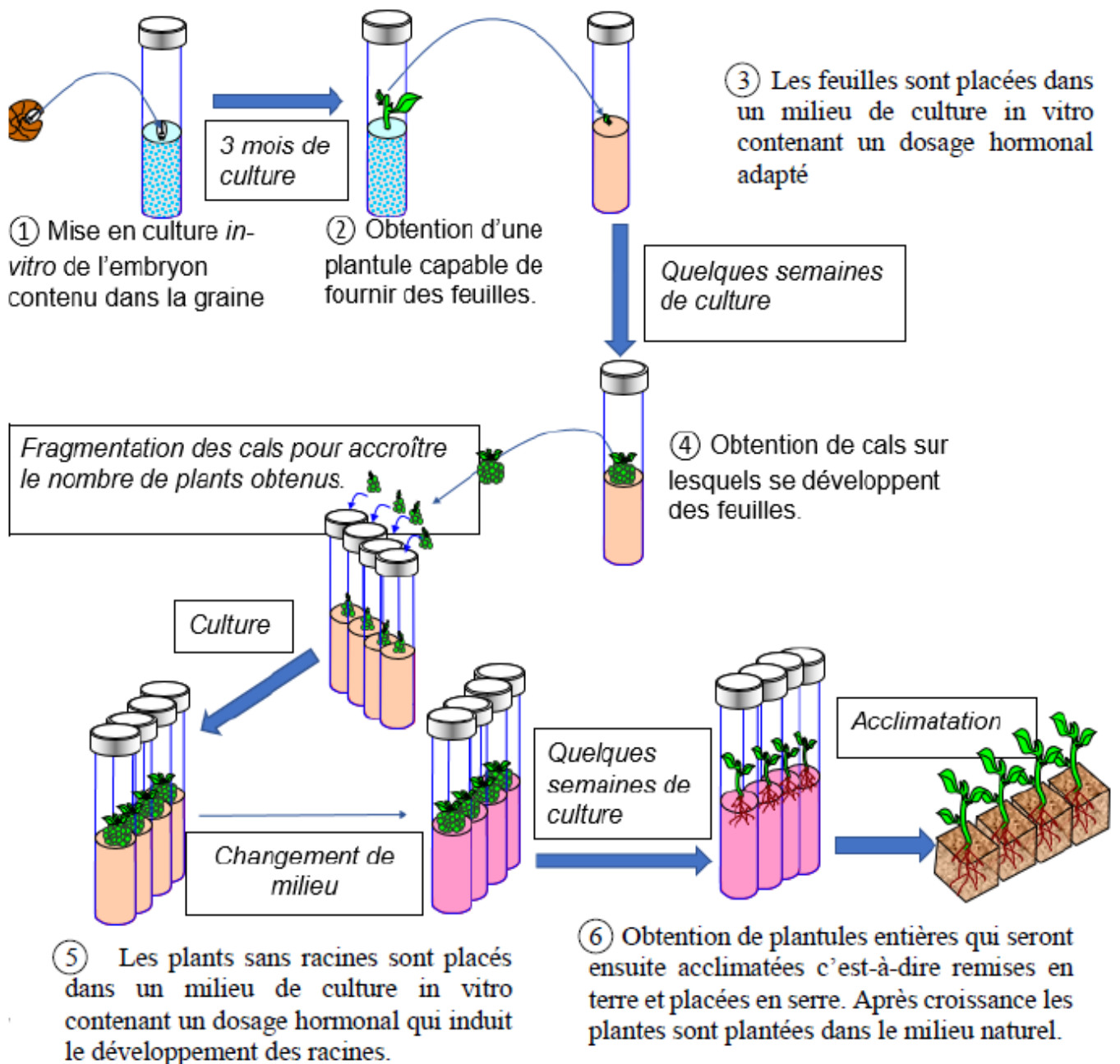
*D'après Collin 2001*

**Document 6 : Protocole de culture in vitro ayant permis la multiplication d'*Ixora margaretae***

Un laboratoire de Nouvelle-Calédonie, travaille sur des méthodes utilisant la culture in vitro comme moyen de multiplication d'espèces en danger comme *Ixora margaretae*.



Photographie de cultures in vitro d'*Ixora margaretae*



D'après B. Fogliani, V. Medevielle et S. Bouraima-Madjèbi, 2009

### **Les mycorhizes : une association symbiotique**

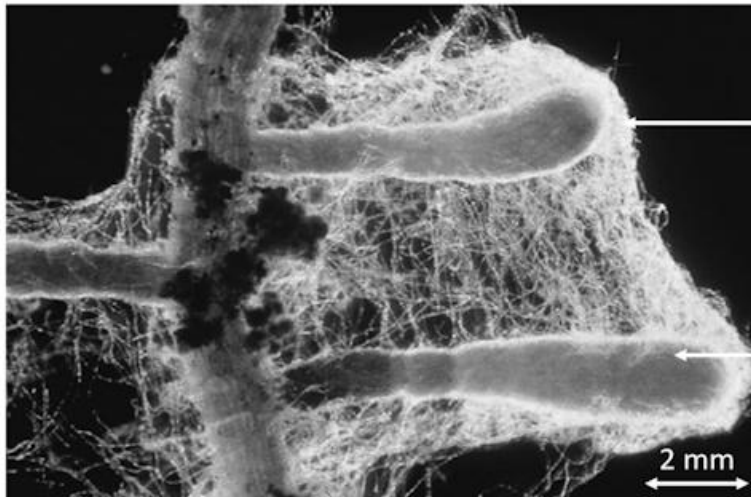
« 90 % des espèces de plantes actuelles sont en interaction avec des champignons au niveau de leurs racines. L'ensemble forme une structure mixte que l'on nomme la « mycorhize », du grec ancien myco, pour champignon, et rhize pour racine ».

Source : D'après <https://www.pourlascience.fr>

**Montrer que l'association mycorhizienne entre un champignon et un végétal chlorophyllien profite aux deux partenaires.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

#### **Document 1 : observation microscopique de mycorhizes**



Filaments mycéliens du champignon formant un manteau autour des racines

Racine du végétal

Source : d'après Simon Egli/WSL



## **Document 2 : comparaison de paramètres morphologiques racinaires et foliaires de plants de Rhododendron mycorhizés ou non**

On cherche à comparer les paramètres morphologiques racinaires et foliaires entre des plants de Rhododendron non mycorhizés (lot 1) et des plants de Rhododendron associés à un champignon mycorhizien (lot 2). Les mesures de la longueur des racines (figure 1) et du nombre de feuilles (figure 2) et de racines (figure 3) ont été réalisées après 20, 40, 60 et 120 jours.

Le début de l'expérience correspond au jour où les plants du lot 2 ont été mis en contact avec le champignon mycorhizien.

Figure 1 : évolution de la longueur des racines en fonction du temps

Longueur moyenne des racines (mm)

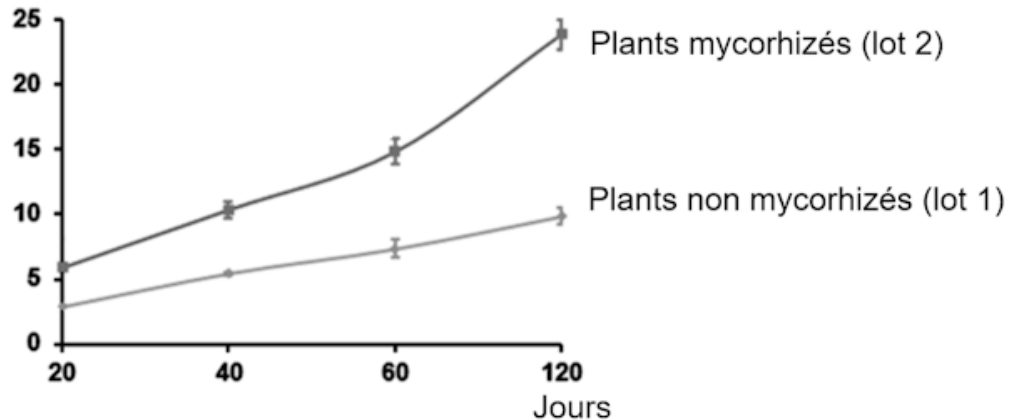


Figure 2 : évolution du nombre de feuilles en fonction du temps

Nombre moyen de feuilles/plant

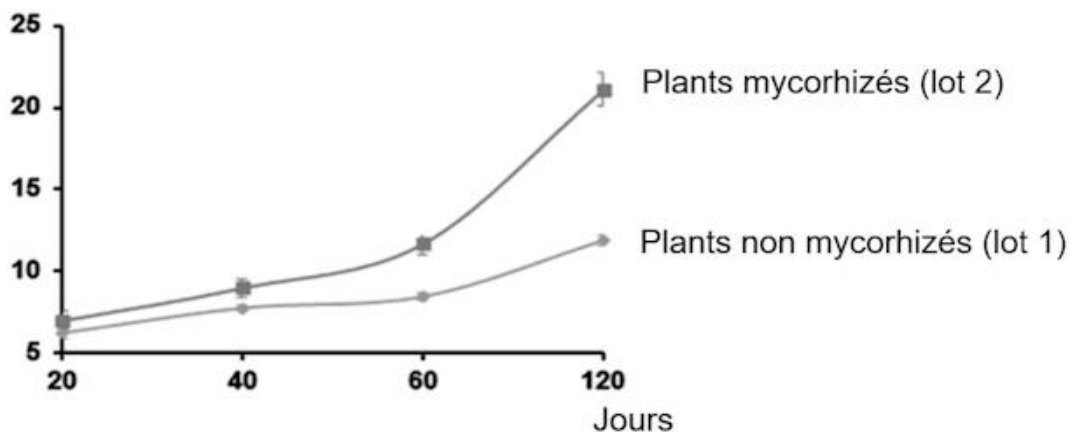
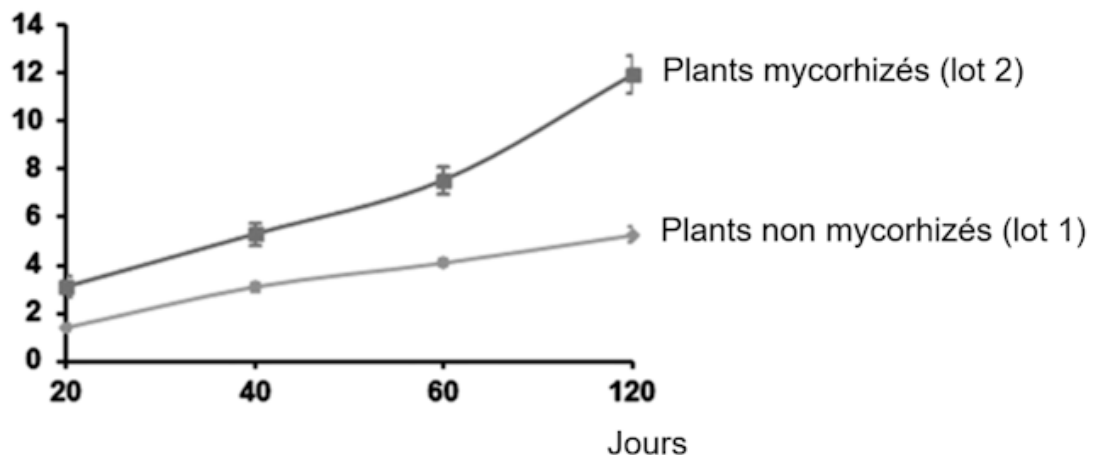


Figure 3 : évolution du nombre de racines en fonction du temps

Nombre moyen de racines/plant



Les incertitudes sont dues à la variabilité des mesures effectuées sur les plants de Rhododendron.

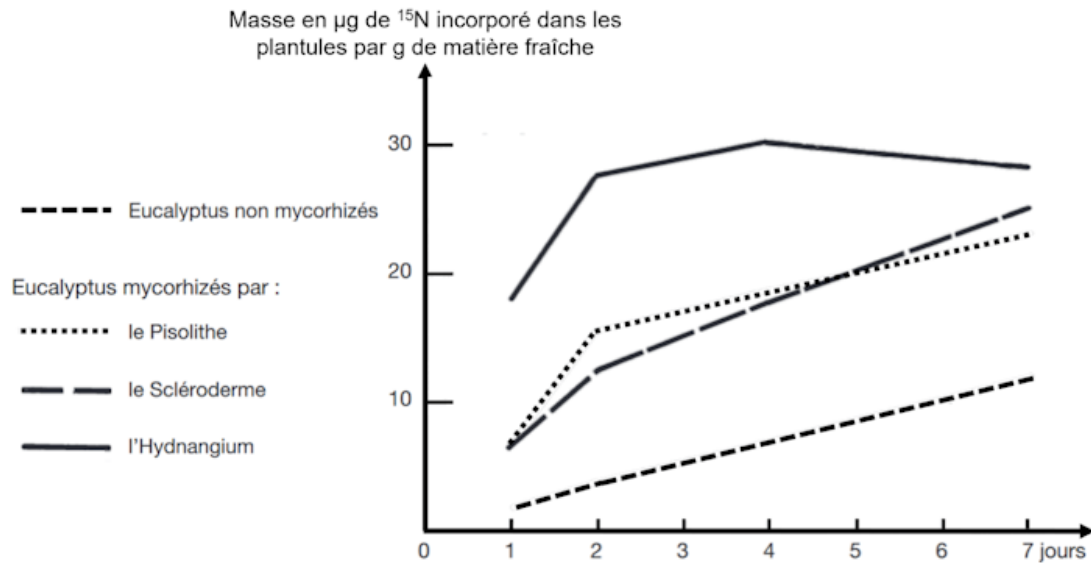
Source : d'après <https://www.nature.com>

## **Document 3 : des échanges de matières entre le champignon et le végétal**



### Document 3a : influence de la mycorhization sur l'absorption de l'ion ammonium par une espèce d'Eucalyptus

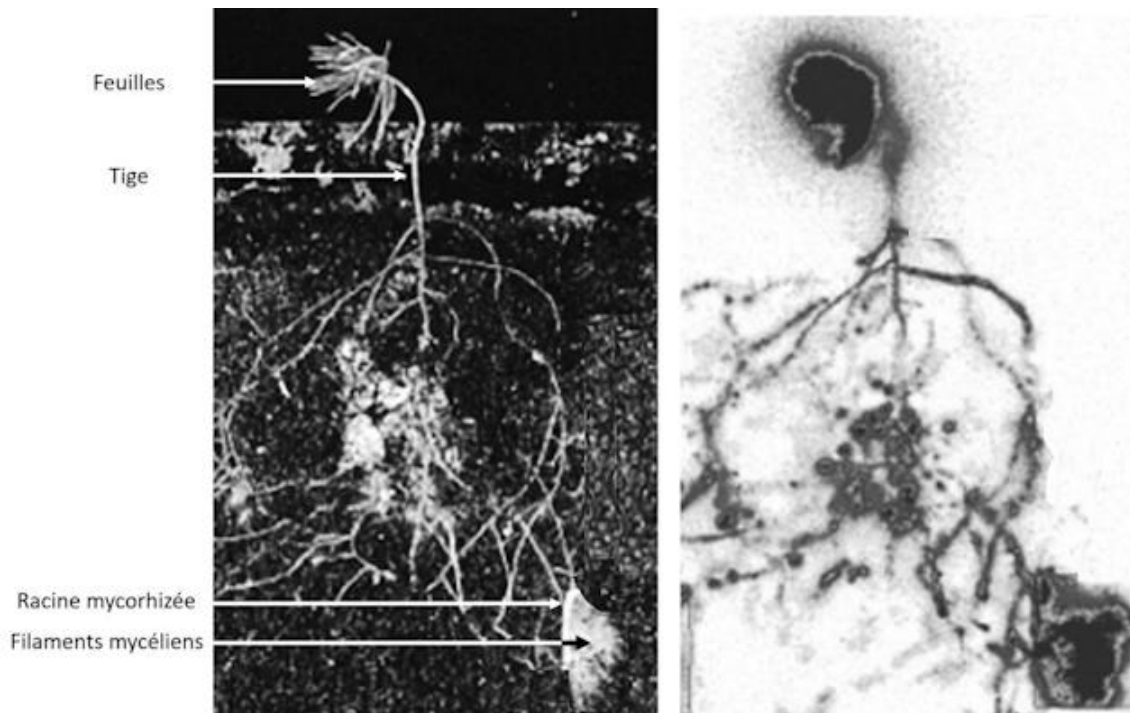
L'ion ammonium, de formule  $\text{NH}_4^+$ , contient de l'azote qui est l'un des principaux éléments nutritifs dont la plante a besoin. Pour tester l'influence de la mycorhization sur l'absorption de l'ion ammonium, de jeunes plantules d'Eucalyptus non mycorhizées ou mycorhizées par différents champignons (Pisolithe, Scléroderme, Hydangium), ont été alimentées pendant une semaine par une solution nutritive enrichie en  $^{15}\text{NH}_4^+$ . L'azote 15 ( $^{15}\text{N}$ ) est un isotope lourd de l'élément azote qui peut être quantifié après son incorporation dans les plantules par spectroscopie de masse. Les résultats de l'expérience sont présentés sur le graphique ci-dessous.



Source : <http://documents.irevues.inist.fr>

### Document 3b : distribution du carbone atmosphérique au sein d'un pin mycorhizé

Pour pouvoir suivre la distribution du carbone atmosphérique au sein d'un végétal, les parties aériennes d'un pin mycorhizé ont été alimentées avec du  $\text{CO}_2$  atmosphérique marqué radioactivement au  $^{14}\text{C}$ . 48 heures après, une autoradiographie a été réalisée pour suivre la localisation du  $^{14}\text{C}$  dans le végétal. Les zones sont d'autant plus sombres sur le résultat de l'autoradiographie que la quantité de carbone radioactif est importante. La photo de gauche correspond au végétal mycorhizé et la photo de droite au résultat de l'autoradiographie.



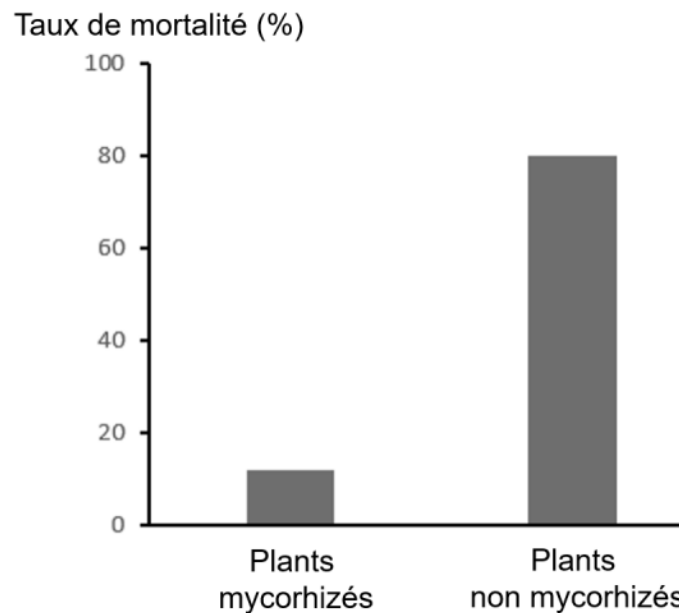
Source : d'après Tree Physiology

### Document 4 : la sensibilité des végétaux mycorhizés ou non face à des agents pathogènes

#### **Document 4a : comparaison du pourcentage de mortalité d'une espèce de pin contaminée par *Phytophthora cinnamomi***

Le microorganisme *Phytophthora cinnamomi* compte parmi les agents pathogènes les plus redoutés à travers le monde. Il est à l'origine de maladies racinaires conduisant au dépérissement de nombreuses espèces végétales. Des chercheurs ont étudié l'influence de la présence de mycorhizes sur la sensibilité d'une espèce de pin.

Taux de mortalité des plants de pin 12 semaines après la contamination par *Phytophthora cinnamomi*



Source : d'après <https://hal.archives-ouvertes.fr>

#### **Document 4b : impact du manteau mycélien dans la défense des végétaux**

Le manteau mycélien peut envelopper les racines des végétaux de façon partielle ou totale. Pour déterminer l'impact de ce manteau dans la défense des végétaux, on met en contact *Phytophthora cinnamomi* avec des racines d'une espèce de pin dont le manteau mycélien est plus ou moins développé et on suit le pourcentage d'infection des végétaux.

Tableau présentant le pourcentage d'infection par *Phytophthora cinnamomi* de racines d'une espèce de pin

	Pourcentage d'infection 3 jours après la mise en contact avec <i>Phytophthora cinnamomi</i>	Pourcentage d'infection 10 jours après la mise en contact avec <i>Phytophthora cinnamomi</i>
Racine mycorhisée avec un manteau mycélien complet	0	6
Racine mycorhisée avec un manteau mycélien partiel	25	43
Racine non mycorhisée	100	100

Source : d'après <https://hal.archives-ouvertes.fr>

## Le phototropisme chez les végétaux

Les parties aériennes de la plante sont les lieux de production de matière organique par photosynthèse. Cette réaction nécessite la présence de lumière. Différentes adaptations permettent aux végétaux d'optimiser la capture de la lumière. L'une d'elles est le phototropisme positif, qui correspond à la capacité de certains organes à s'orienter vers la lumière.

**Expliquer les mécanismes qui permettent à certaines plantes à fleurs d'orienter leur croissance vers la lumière.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

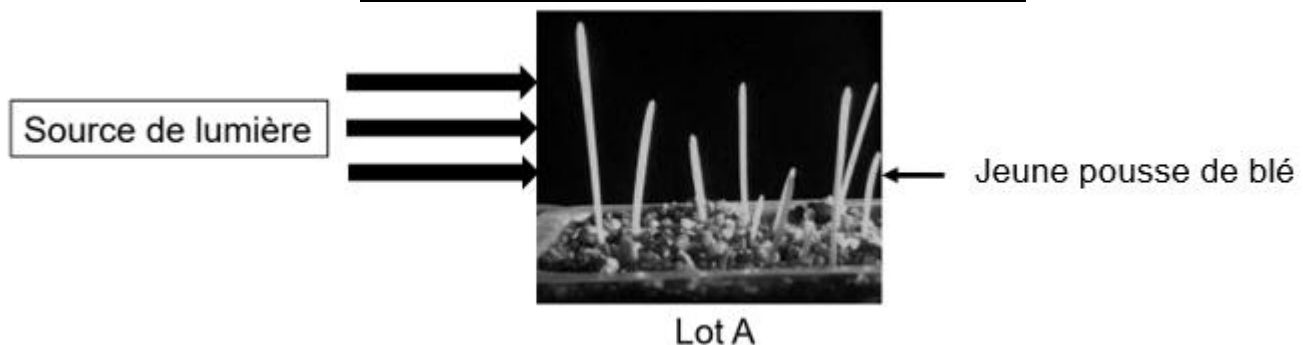
### Document 1 : une croissance différentielle au sein du végétal

Pour tester l'action de l'orientation de la lumière sur la croissance des végétaux, on utilise deux lots de jeunes pousses de blé. Le lot A est initialement éclairé avec une lumière uniforme venant de toutes les directions. On lui applique ensuite une lumière unilatérale pendant 30 secondes. A la fin du protocole, ce lot est à nouveau placé sous une lumière uniforme. Le lot B est éclairé pendant toute la durée de l'expérience avec une lumière uniforme.

On mesure la croissance du côté éclairé et non éclairé des jeunes pousses du lot A et la croissance des jeunes pousses du lot B.

### Document 1a : protocole expérimental

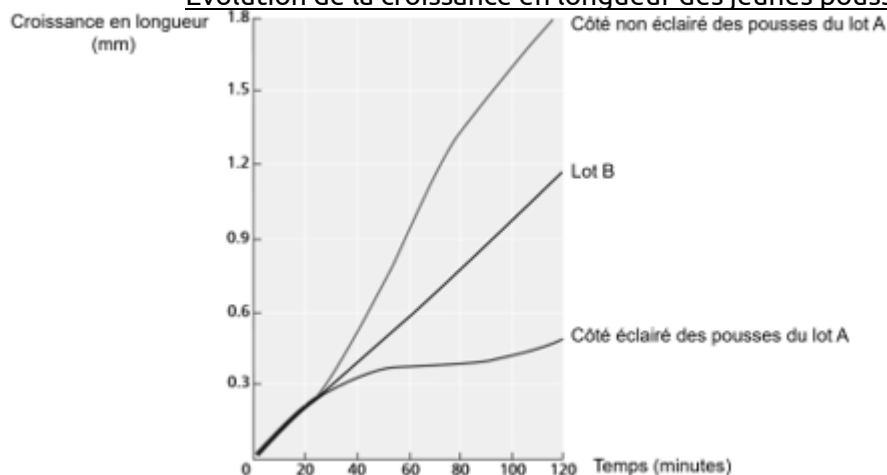
Schéma du protocole expérimental appliqué au lot A



*Source : [www.snv.jussieu.fr](http://www.snv.jussieu.fr)*

### Document 1b : résultats

Evolution de la croissance en longueur des jeunes pousses de blé des lots A et B



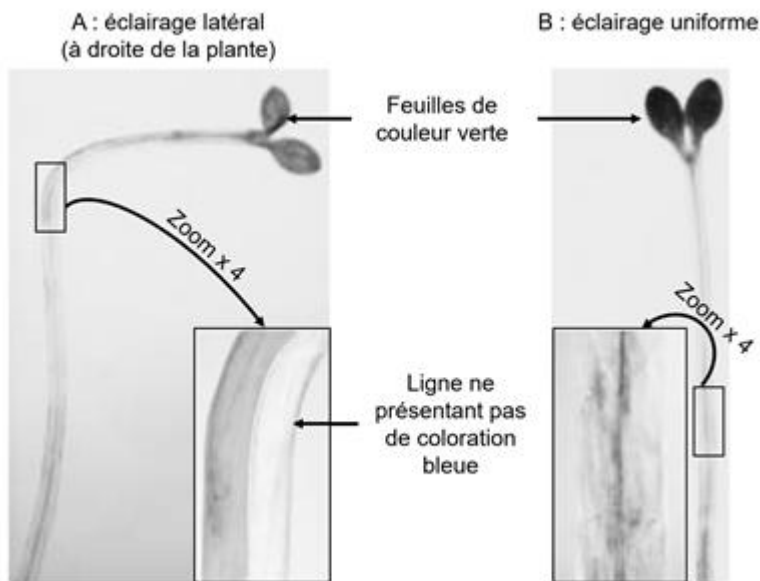
*Source : d'après lino et Briggs 1984*

Remarque : les résultats obtenus pour les pousses du lot B sont similaires quel que soit le côté considéré.

### **Document 2 : la distribution de l'auxine au sein du végétal**

L'auxine est une hormone végétale jouant un rôle essentiel dans le développement des végétaux. Une technique permet de révéler la présence d'auxine par une coloration bleue. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

#### Localisation de l'auxine dans des plants d'*Arabidopsis thaliana* en fonction de l'orientation de l'éclairage



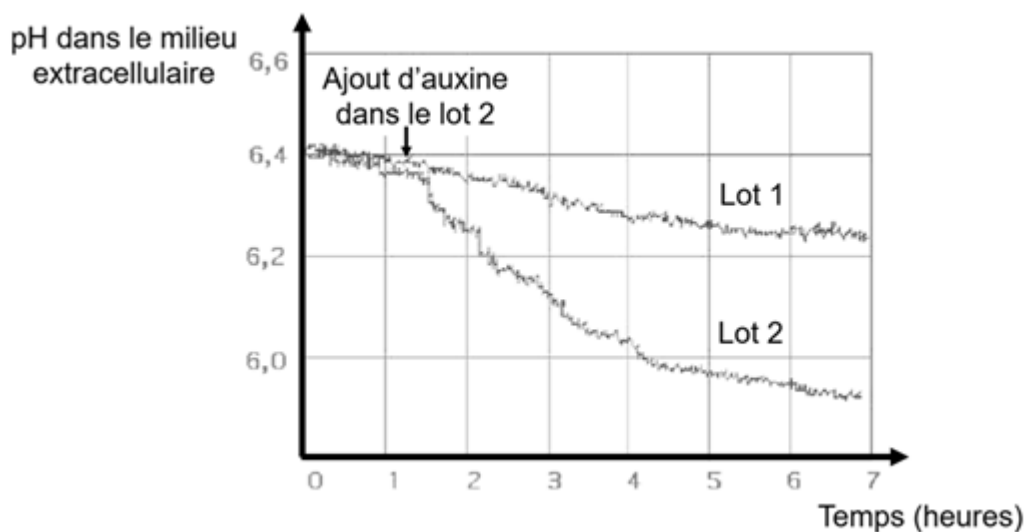
*Source : d'après Plant Physiology Taiz et Zeiger 2002*

Remarque : au niveau des zooms, toutes les zones relevées en gris au sein du végétal apparaissent en bleu sur les photographies en couleur.

### **Document 3 : action de l'auxine sur le pH extracellulaire**

Pour déterminer les mécanismes d'action de l'auxine sur la croissance cellulaire végétale, on a mesuré l'évolution de différents paramètres physico-chimiques, dont le pH, suite à l'injection d'auxine. Dans les résultats présentés ci-dessous, le pH du milieu extracellulaire des cellules de soja a été mesuré. Dans le lot 2 on a ajouté de l'auxine dans le milieu, contrairement au lot 1 où aucune modification n'a été apportée.

#### Evolution du pH du milieu extracellulaire en fonction du temps et de l'injection d'auxine

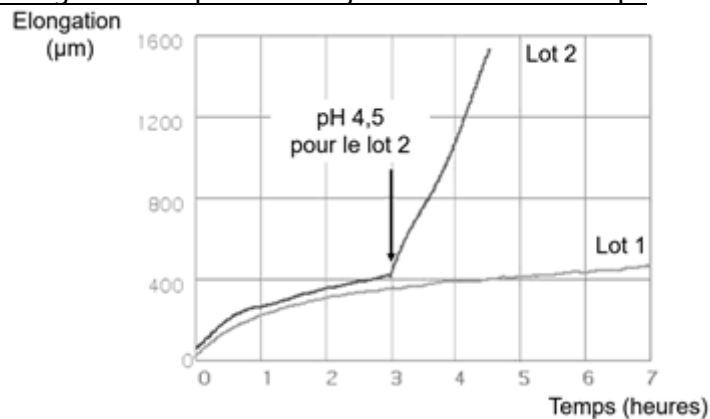


*Source : d'après Biologie et multimédia, Roger Pratt*

#### Document 4 : action du pH sur l'élongation cellulaire

On mesure l'élongation de segments de plants de soja incubés dans un milieu tampon à pH = 6,4. Le pH du milieu du lot 2 est modifié au bout de 3 heures, alors que celui du lot 1 est maintenu constant.

Evolution de l'élongation de segments de plants de soja en fonction du temps



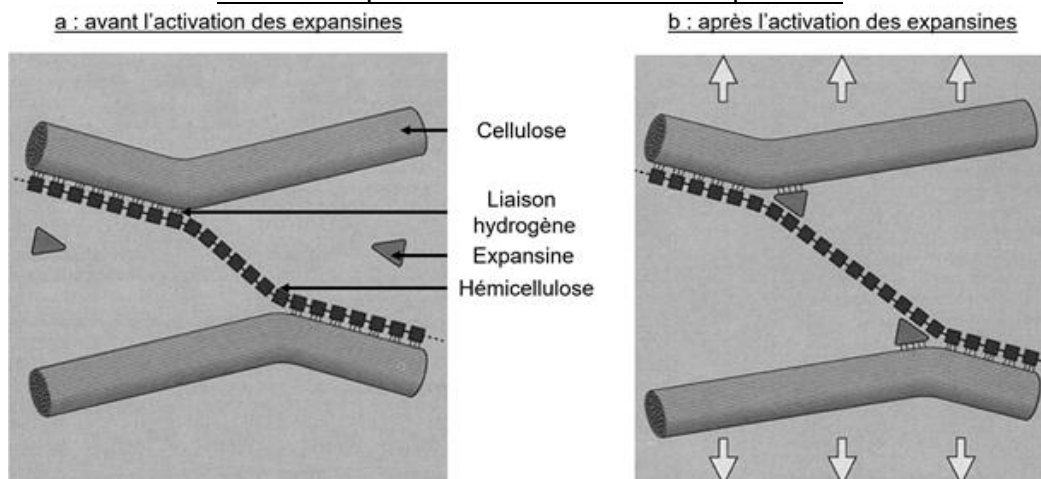
Source : d'après Biologie et multimédia, Roger Pratt

#### Document 5 : le rôle des expansines dans l'élongation cellulaire

##### Document 5a : mode d'action des expansines

Les cellules végétales sont entourées par une matrice extracellulaire (la paroi), qui est composée de nombreuses molécules dont la cellulose et l'hémicellulose. Des liaisons hydrogènes relient ces 2 composants et confèrent à la paroi une forte résistance à l'étirement. Par conséquent, la croissance des cellules végétales ne peut se faire que si ces liaisons sont fragilisées. Les expansines sont des protéines capables, dans certaines conditions de se fixer à des molécules de la paroi comme la cellulose et de s'insérer entre les molécules d'hémicellulose et de cellulose en cassant les liaisons hydrogènes.

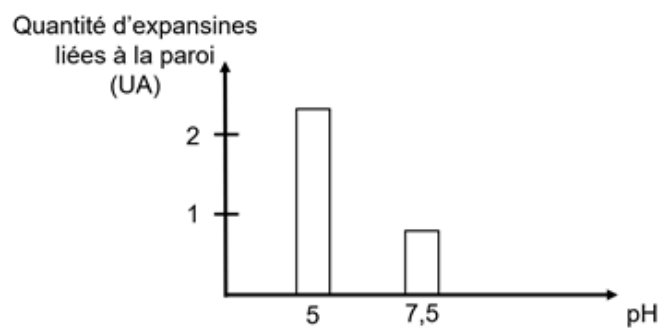
##### Schéma simplifié montrant le rôle des expansines



Source : d'après [www.cell.com](http://www.cell.com)

##### Document 5b : l'action du pH sur l'activité des expansines

Le graphique ci-dessous indique la quantité d'expansines liées à des molécules de la paroi des cellules de blé pour différents pH extracellulaires.



Source : d'après National Center for Biotechnology Information

## Thème 2 (Génétique et évolution)

### Exercices 1

2021 - Métropole - Session septembre Sujet 1

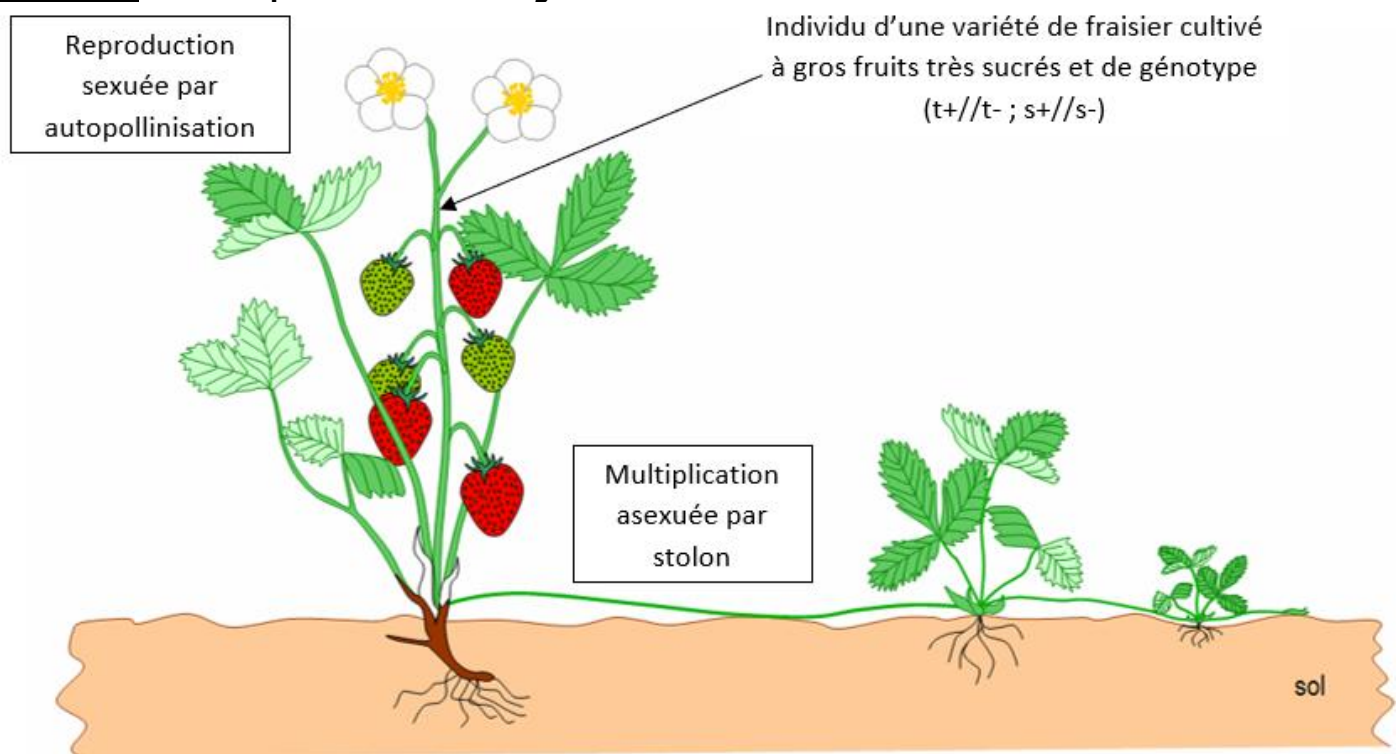
#### Reproduction et hérédité chez les végétaux

En agronomie, certaines variétés végétales aux caractéristiques intéressantes sont cultivées afin de les multiplier en grand nombre et de les commercialiser. Les individus de ces variétés recherchées sont très souvent hétérozygotes pour plusieurs gènes codant les caractéristiques d'intérêt. Ainsi, le choix du mode de reproduction de ces individus hétérozygotes est déterminant pour en obtenir de grandes quantités possédant toutes les mêmes caractéristiques intéressantes.

**Montrer que les modes de reproduction existant chez les végétaux ne sont pas équivalents pour obtenir, à partir d'individus hétérozygotes pour deux gènes indépendants, une descendance elle-même entièrement hétérozygote.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des expériences, des observations, des exemples pour appuyer votre exposé et argumenter votre propos. Vous pourrez utiliser l'exemple proposé dans le document ci-après.*

#### Document : un exemple d'une variété végétale d'intérêt



Source : d'après Banque de schémas, académie de Dijon

Les caractéristiques recherchées chez le fraisier cultivé sont contrôlées par des allèles de deux gènes indépendants :

- le gène « T » qui intervient dans la détermination de la taille des fruits existant sous deux versions : l'allèle dominant « t+ » pour des fruits de grande taille et l'allèle « t- » pour des fruits de petite taille ;
- le gène « S » qui intervient dans la détermination de la teneur en sucre des fruits existant sous deux versions : l'allèle dominant « s+ » pour l'obtention de fruits sucrés et l'allèle « s- » pour l'obtention de fruits très peu sucrés.

**Mitose et méiose**

Mitose et méiose sont deux modalités de division cellulaire chez les êtres vivants.

**Montrer comment les modalités de la mitose et de la méiose ont des conséquences différentes sur les populations cellulaires qui en sont issues.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des observations, des exemples ...*

**Des mécanismes à l'origine de la diversité génétique des individus**


**Montrer comment les crossing-over peuvent être source de diversité génétique.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des expériences, des observations, des exemples ...*

**Document : Les familles multigéniques**

La séquence en nucléotides de certains gènes d'un même organisme présentent de nombreuses ressemblances héritées d'un ancêtre commun.

Exemple des gènes des opsines chez l'Homme

<u>Gènes codant pour les opsines</u>	L M M
<u>Position des gènes sur le chromosome X</u>	

*D'après accés ENS Lyon*

**Diversification des génomes au cours de l'évolution**

La biodiversité actuelle est une étape de l'histoire évolutive du vivant et est le résultat de différents processus. Parmi ceux-ci, certains ont contribué à enrichir les génomes des êtres vivants.

**Expliquer les mécanismes qui permettent d'enrichir le génome des eucaryotes.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des expériences, des observations, des exemples pour appuyer votre exposé et argumenter votre propos.*



### Bactéries et résistance à un antibiotique

La résistance des bactéries aux antibiotiques est un problème majeur de santé publique. En milieu hospitalier notamment, la propagation de bactéries résistantes aux antibiotiques est responsable d'infections à l'origine de plusieurs dizaines de milliers de décès par an en Europe.

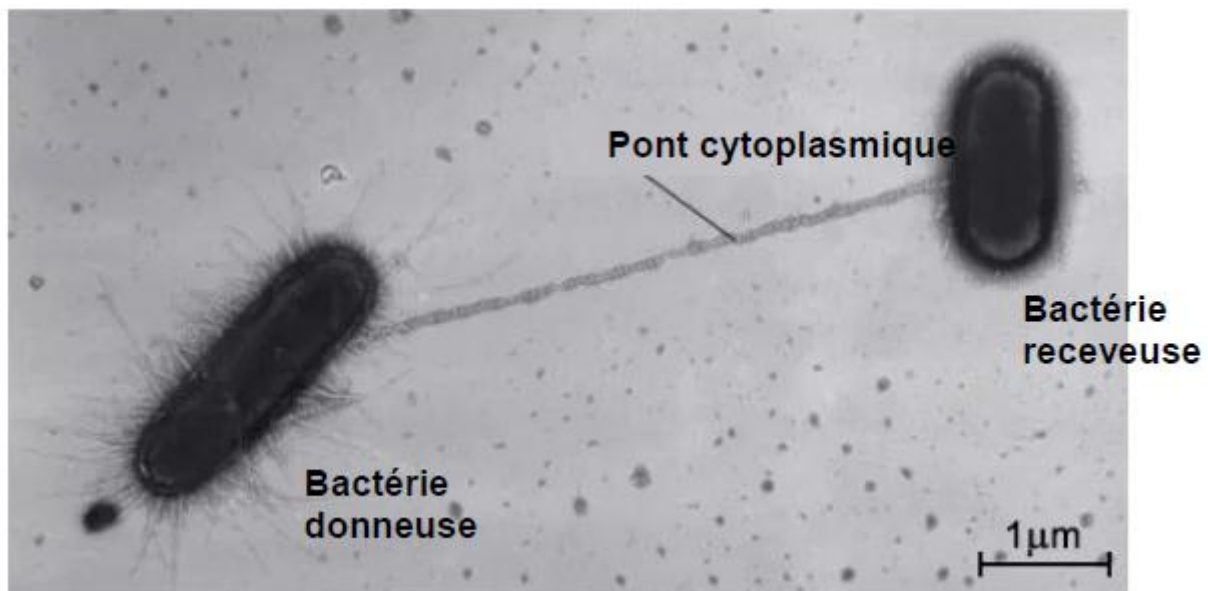
**Expliquer la transmission de la résistance à un antibiotique dans des populations bactériennes et ce qui favorise l'augmentation de sa fréquence.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples...*

#### **Document : Bactéries en cours de conjugaison.**

Il existe différents mécanismes de transfert d'ADN entre deux bactéries appartenant ou non à la même espèce.

La conjugaison bactérienne est l'un de ces mécanismes. Lors de ce processus les deux bactéries établissent un « pont cytoplasmique », permettant le passage d'ADN d'une bactérie donneuse à une bactérie receveuse.



*D'après Brinton, Jr.*

### Reproduction sexuée et diversité génétique

La diversité génétique des individus issus de la reproduction sexuée est immense. Les allèles des gènes sont recombinaisonnés par brassages génétiques pendant la méiose chez les parents. La fécondation conduit ensuite à la formation de cellules-œufs à l'origine de la génération suivante au sein de laquelle chaque individu est génétiquement unique.

**Expliquer comment la reproduction sexuée produit une diversité génétique en prenant le cas de la transmission de deux gènes localisés sur deux paires différentes de chromosomes. Votre explication s'appuiera sur la transmission d'un gène A (ayant deux allèles, A et a) et d'un gène B (ayant deux allèles B et b) d'un couple de parents à sa descendance.**

**Le cas des chromosomes sexuels est hors sujet.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples...*

### **Des mécanismes à l'origine de la diversité génétique des individus [HS maintenant ?]**

La diversité génétique des individus s'explique pour partie par la diversité des gamètes. Le brassage inter chromosomique à lui seul permet à un être humain de produire 223 gamètes différents. Mais en réalité la diversité génétique des gamètes produits est encore plus élevée.

**Présenter les différents mécanismes, dont celui illustré par le document, qui contribuent à la diversité génétique des individus de la descendance.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples...*

**Document : Image de chromosomes réalisées dans des cellules de testicules du criquet migrateur lors de la prophase de première division de méiose.**



## Exercice 2

2021 – Polynésie – Sujet 1

### Complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbioses

L'apparition de la photosynthèse sur Terre a permis l'enrichissement de l'atmosphère en dioxygène. On trouve cette réaction métabolique dans plusieurs groupes dont les cyanobactéries, des procaryotes dont les premières traces sont datées de 3,8 milliards d'années et les Eucaryotes contenant des chloroplastes, dont les premières traces sont datées entre un et deux milliards d'années.

**Montrer que la comparaison des chloroplastes et des cyanobactéries permet de déterminer les mécanismes d'acquisition de la photosynthèse chez les Eucaryotes.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données issues des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

#### DOCUMENT 1 – Composition chimique des membranes et forme de l'ADN

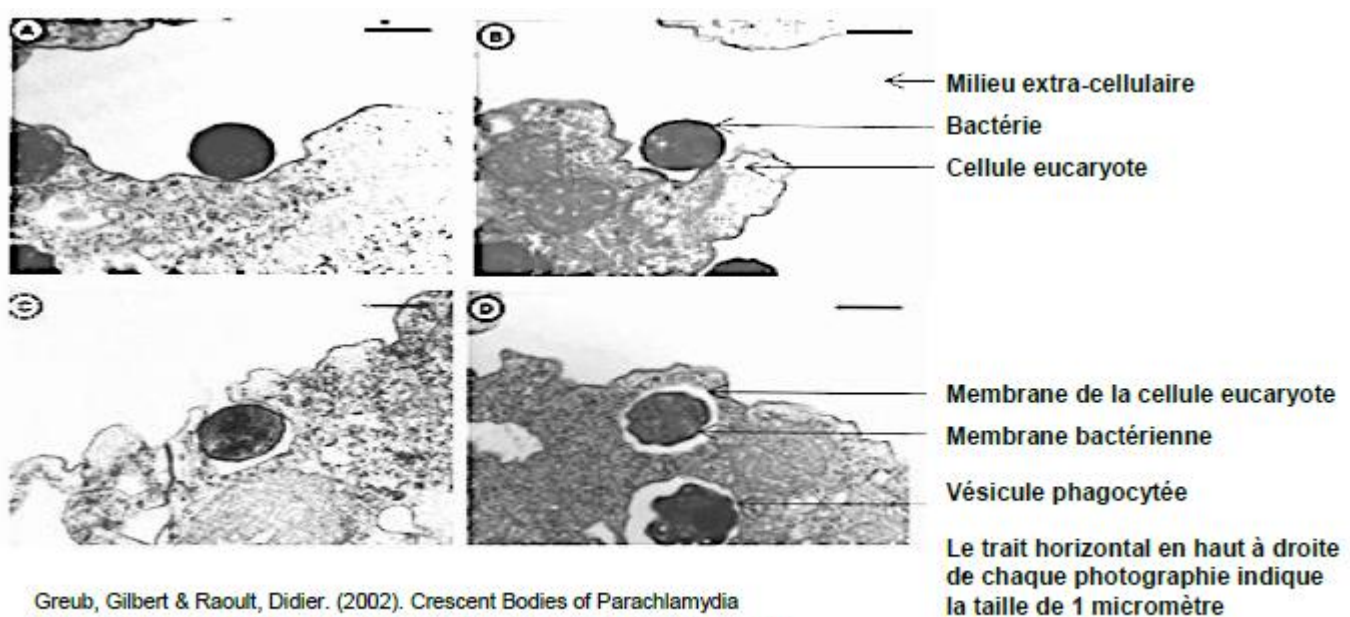
	Cellule procaryote type cyanobactérie	Cellule eucaryote chlorophyllienne		
Type de membrane	Membrane cytoplasmique	Membrane cytoplasmique	Membranes du chloroplaste	
			Membrane interne	Membrane externe
Composition de la membrane	Phospholipides Glycolipides Protéines	Phospholipides Glycolipides Cholestérols Protéines	Phospholipides Glycolipides Protéines	Phospholipides Glycolipides Cholestérols Protéines
Forme de l'ADN	Circulaire dans le cytoplasme	Linéaire dans le noyau	Circulaire dans le stroma	

*D'après BCPST 1e année, Biologie tout-en-un, P. Peycru, D. Grandperrin et C. Perrier, Dunod*

#### DOCUMENT 2 – Détails de la phagocytose d'une bactérie par une amibe, un unicellulaire eucaryote

Les amibes se nourrissent par phagocytose.

A, B, C et D représentent les étapes de la phagocytose d'une bactérie par une amibe (cellule eucaryote). Il arrive parfois que les bactéries phagocytées ne soient pas digérées.



Greub, Gilbert & Raoult, Didier. (2002). Crescent Bodies of *Parachlamydia acanthamoeba* and Its Life Cycle within *Acanthamoeba polyphaga*: an Electron Micrograph Study. *Applied and environmental microbiology*. 68. 3076-84. 10.1128/AEM.68.6.3076-3084.2002

### DOCUMENT 3 – Arbre phylogénétique établi à partir de la comparaison du gène de la petite sous-unité ribosomale

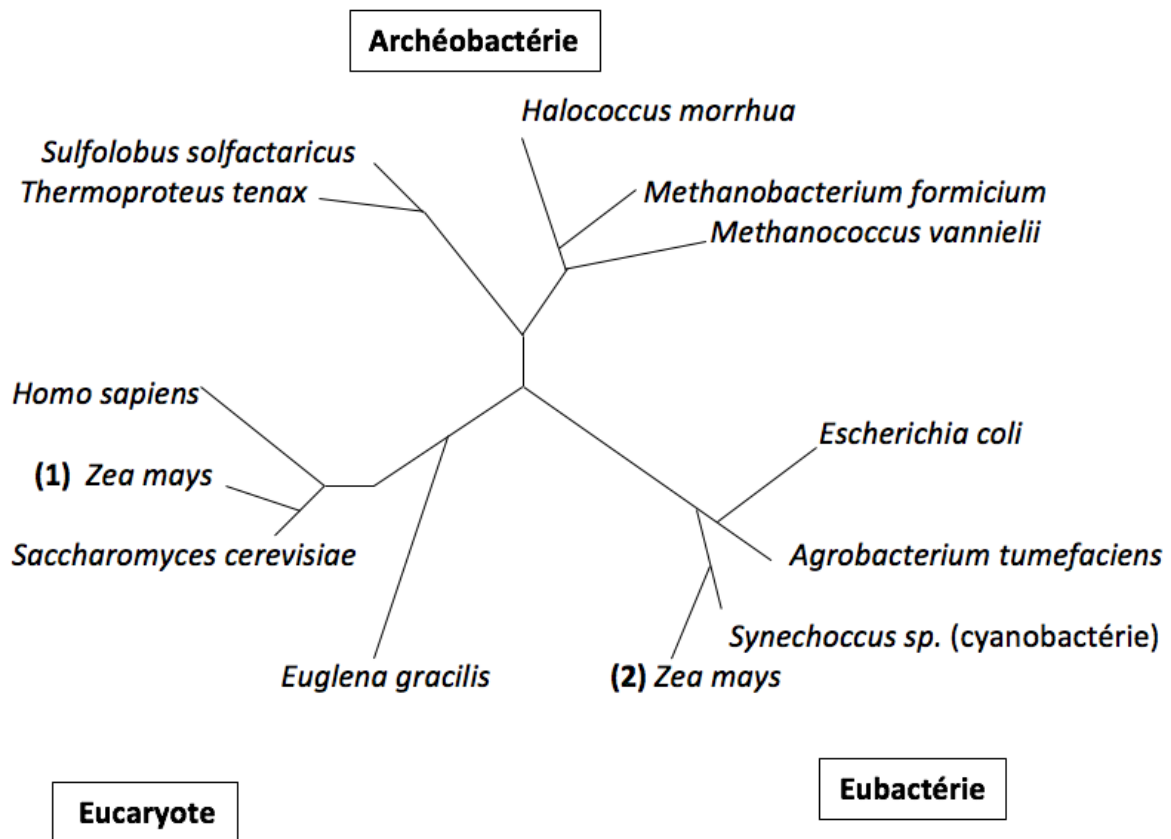
Le ribosome joue un rôle dans la synthèse des protéines. On le retrouve dans toutes les cellules. Il est formé de deux sous unités : une grande et une petite.

Chez le maïs (*Zae mays*), il existe deux types de ribosomes qui diffèrent par leur petite sous-unité:

- La petite sous-unité des ribosomes cytoplasmiques est codée par un gène de l'ADN du noyau ;
- La petite sous-unité des ribosomes du chloroplaste est codée par un gène de l'ADN du chloroplaste.

L'arbre de parenté ci-dessous a été établi en comparant les 2 gènes précédents avec ceux d'autres espèces.

Remarque : dans les procaryotes, on retrouve à la fois les Archéobactéries et les Eubactéries (appelées aussi plus simplement bactéries)



- (1) Résultat en prenant en compte l'ADN du noyau  
(2) Résultat en prenant en compte l'ADN du chloroplaste

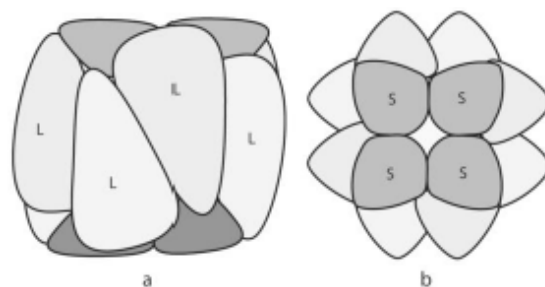
Modifié d'après Médecine/science 2000 ; 16 ; 212-8 L'évolution moléculaire et la révolution génomique, B. Franz Lang, Bruno Paquin, Gertraud Burge

### DOCUMENT 4 – La RubisCO, une enzyme clé dans l'entrée du carbone lors de la photosynthèse

La RubisCO est une enzyme localisée dans le stroma des chloroplastes et dans le cytoplasme des cyanobactéries. Elle est constituée de 8 grandes sous-unités (L) et les 8 petites sous-unités (S).

La grande sous-unité est codée par un gène appelé rbcl.

La petite sous-unité est codée par un gène appelé rbcs.



a : vue de profil  
b : vue de dessus

Source : Schéma R Prat, in Morot-Gaudry, Dunod, 2009

Gène	Localisation cellulaire du gène chez les Eucaryotes		Localisation cellulaire du gène chez les Cyanobactéries
	ADN du noyau	ADN des chloroplastes	ADN circulaire
rbcl		Présent	Présent
rbcS	Présent		Présent

D'après Fernand Vedel. (1986) *Bases moléculaires de la diversité des génomes cytoplasmiques chez les Végétaux supérieurs.*  
*Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques 133:1, pages 53-67.*

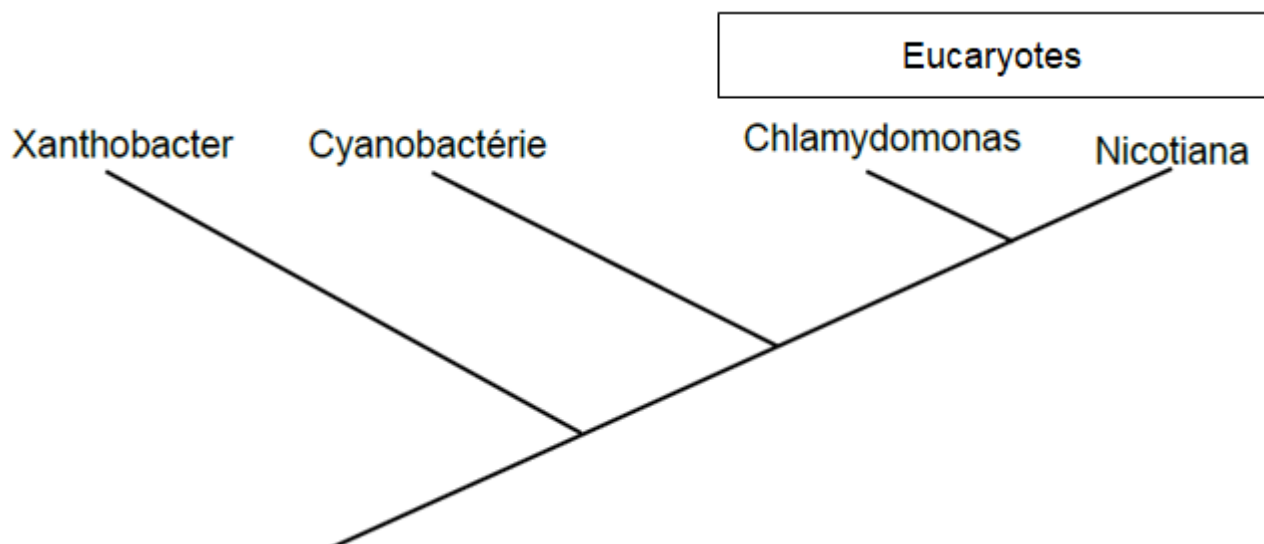
#### DOCUMENT 5 – Comparaison de la séquence d'acides aminés de la petite sous-unité de la RubisCO chez différentes espèces

On mesure le pourcentage d'identités des séquences d'acides aminés de la Rubisco chez différentes espèces. On obtient le tableau suivant :

	Eubactérie <b>Xanthobacter</b>	Eubactérie, cyanobactérie	Eucaryote, algues vertes unicellulaire <b>Chlamydomonas</b>	Eucaryote, plante verte : Tabac <b>Nicotiana</b>
Eubactérie <b>Xanthobacter</b>		36	31	29
Eubactérie, cyanobactérie			45	45
Eucaryote, algues vertes unicellulaire <b>Chlamydomonas</b>				50
Eucaryote, plante verte : Tabac <b>Nicotonia</b>				

*Rampant Horizontal Transfer and Duplication of Rubisco Genes in Eubacteria and Plastids* Charles F. Delwiche' and Jeffrey D. Palmer Department of Biology, Indiana University, Bloomington

A partir du tableau ci-dessus, l'arbre de parenté suivant a été établi :







## La féminisation des populations de cloportes

Dans de nombreuses populations de cloportes (*Armadillidium vulgare*), on observe bien plus de femelles que de mâles.

D'après Wikipédia



**Déterminer les mécanismes qui expliquent la plus forte proportion de femelles que de mâles dans certaines populations de cloportes.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

### **Document 1 : Formules chromosomiques d'un cloporte mâle et d'un cloporte femelle dans des populations où il y a autant de mâles que de femelles**

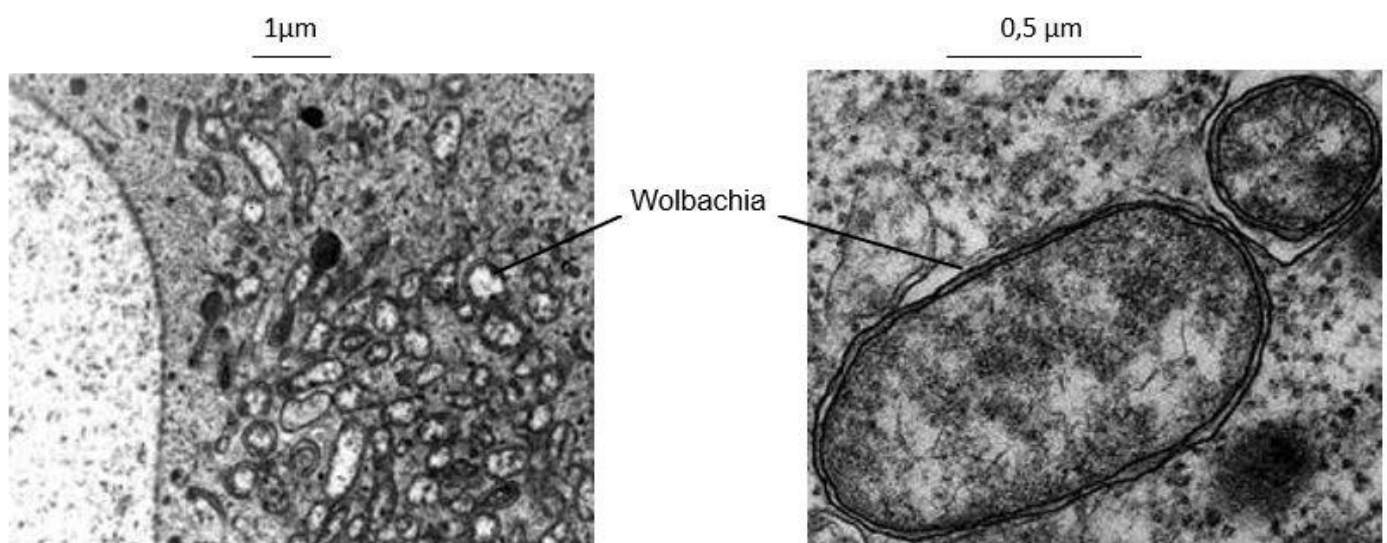
Formule chromosomique d'un cloporte mâle	Formule chromosomique d'un cloporte femelle
$2n = 54$ dont 2 chromosomes sexuels ZZ	$2n = 54$ dont 2 chromosomes sexuels ZW

### **Document 2 : Wolbachia, une bactérie endosymbiotique**

La découverte de bactéries Wolbachia au sein des cellules de cloportes a amené les chercheurs à s'intéresser au rôle de ces bactéries. On les trouve dans les cellules de tous les organes, dont les gonades (ovaires et testicules).

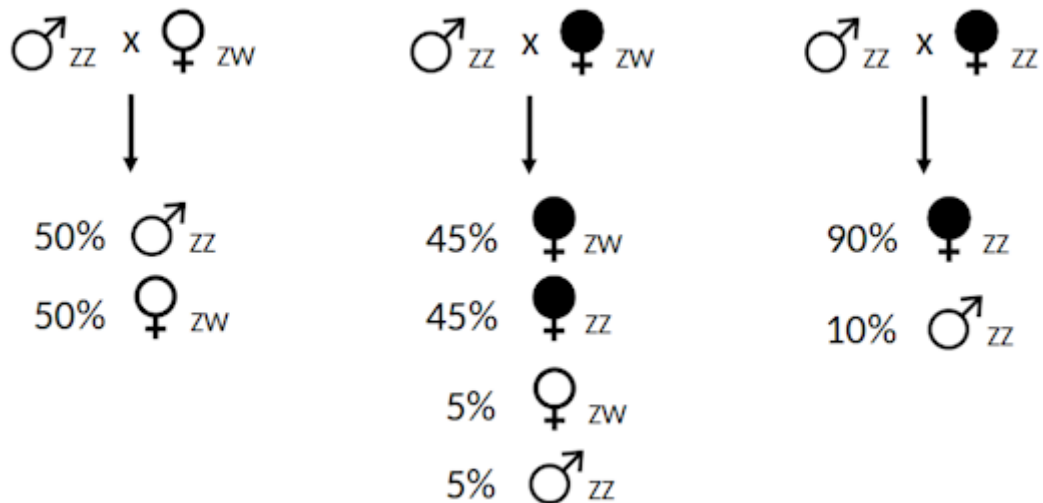
Lors de la reproduction des cloportes, les bactéries Wolbachia qui se trouvent dans l'ovule fécondé se retrouvent dans la plupart des cas dans la cellule-œuf. Les Wolbachia présentes dans les spermatozoïdes ne sont pas transmises.

Devant la forte proportion de femelles au sein de certaines populations de cloportes, les chercheurs ont émis l'hypothèse que tout embryon de cloporte qui contient des bactéries Wolbachia au sein de ces cellules au début de son développement embryonnaire deviendra femelle.



*D'après : Christine Felix, Etude moléculaire de la bactérie intracellulaire féminisante Wolbachia chez *Armadillidium vulgare* (crustacé isopode terrestre). Interactions entre organismes. Université de Poitiers, 2004*

**Document 3 : Croisements impliquant des cloportes porteurs (représentés en noir) ou non porteurs (représentés en blanc) de Wolbachia**



*D'après <https://planet-vie.ens.fr>*

**Légende :** ZZ ou ZW indiquent quels chromosomes sexuels sont présents chez les différents individus. Le taux de transmission de Wolbachia est de 90 % : cela signifie qu'une femelle porteuse de Wolbachia transmettra Wolbachia à 90 % de sa descendance.

**Document 4 : Des cloportes femelles ZZ sans Wolbachia**

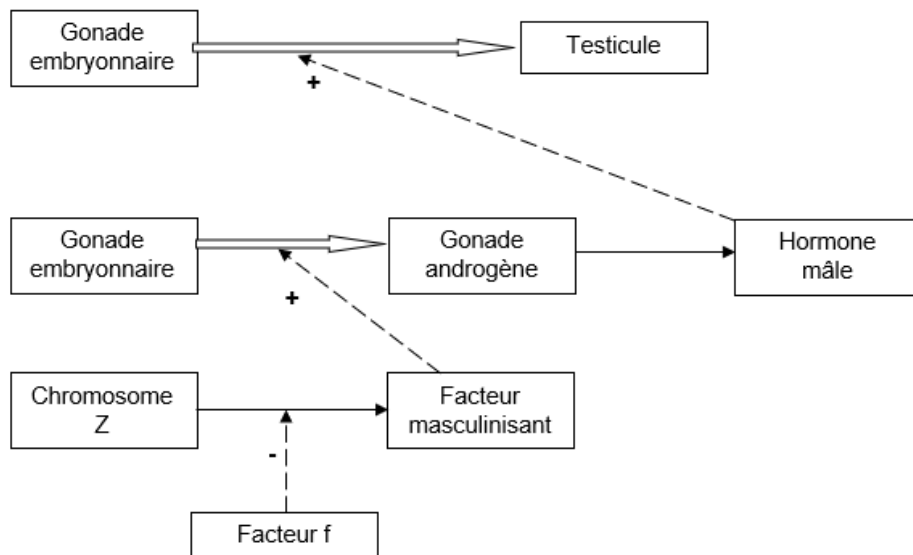
Des cloportes femelles ZZ sans Wolbachia ont été découverts, ce qui a interpellé les chercheurs. Les populations dans lesquelles ont été retrouvées de telles femelles se trouvent à proximité de populations dans lesquelles on retrouve des Wolbachia. Les ancêtres de ces femelles étaient porteuses de la bactérie Wolbachia.

Ils ont alors séquencé le génome de ces cloportes femelles ZZ sans Wolbachia, de cloportes mâles et de la bactérie Wolbachia. Les résultats sont reportés dans le tableau.

<i>Cloportes femelles ZZ sans Wolbachia</i>	<i>Cloportes mâles ZZ</i>	<i>Wolbachia</i>
Présence d'une séquence codant pour une protéine particulière : le facteur f	Absence de la séquence codant pour le facteur f	Présence d'une séquence codant pour une protéine particulière : le facteur f



### Document 5 : Rôle du facteur f dans le développement du phénotype sexuel



#### Légende :

- Se différencie en...
- Est à l'origine de la production de...
- Stimule la production de...
- Empêche la production de...

Au début du développement embryonnaire, une glande indifférenciée se transforme en glande androgène qui produit une hormone mâle responsable de la différenciation des gonades en testicules. Si l'hormone mâle n'est pas produite, les gonades se différencient en ovaires.

*D'après <http://acces.ens-lyon.fr>*

### L'origine du placenta de la lignée humaine

Le placenta est un organe transitoire, lors de la grossesse, dont la fonction première est d'assurer les échanges entre le fœtus et sa mère. On cherche à expliquer son origine.

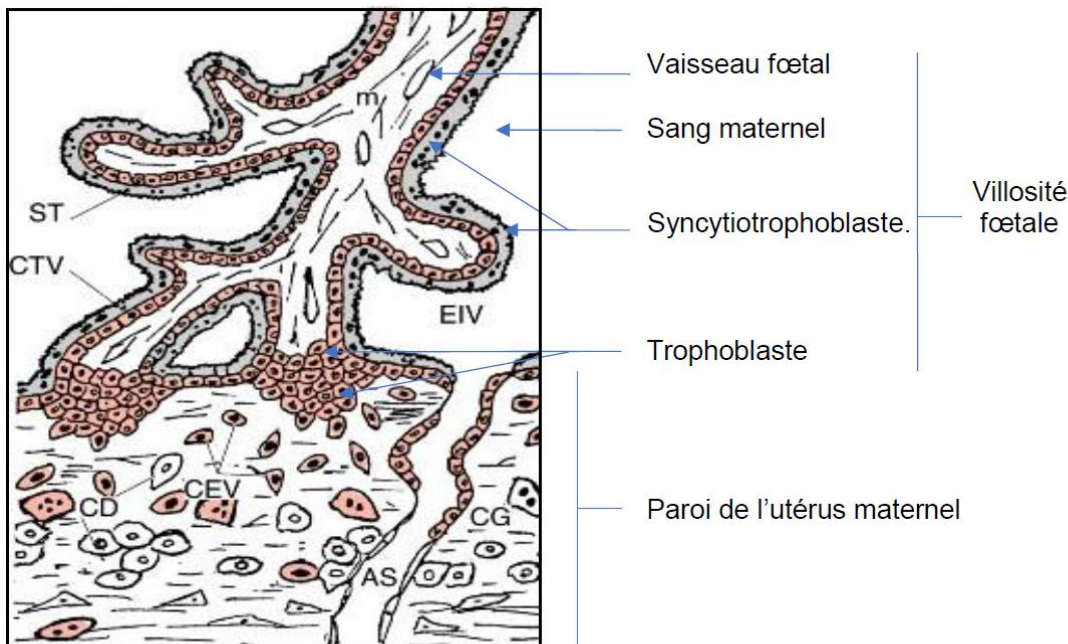
**Expliquez pourquoi les scientifiques lient les caractéristiques du placenta de la lignée humaine à un transfert latéral de gènes.**

*Vous organiserez votre réponse selon la démarche de votre choix à condition qu'elle intègre des données des documents et les connaissances utiles.*

#### Document 1 : Le placenta humain

Ce tissu d'origine fœtale est issu des cellules de l'embryon, les trophoblastes. Ceux-ci font partie des rares cellules de l'organisme humain capables de fusion cellulaire. Environ 6 jours après la fécondation, les trophoblastes fusionnent en un tissu (**le syncytiotrophoblaste**) plurinucléé permettant l'implantation de l'embryon dans la muqueuse utérine.

À partir du 15<sup>e</sup> jour qui suit la fécondation, se développent les villosités choriales, véritables unités fonctionnelles du placenta. Elles sont parcourues par des vaisseaux fœtaux et baignent dans le sang maternel ou s'ancrent dans l'utérus maternel. Le syncytiotrophoblaste est un tissu essentiel, en contact direct avec le sang maternel ; il assure des fonctions d'échange ( $O_2$ ,  $CO_2$ , nutriments, hormones, etc.) entre la mère et le fœtus.



À partir de « Le cytotrophoblaste humain, un casse-tête pour le biologiste » <http://www.ipubli.inserm.fr>, consulté le 12 novembre 2020.

#### Document 2 : Comparaison de la séquence de la protéine MSRV de l'enveloppe du virus HERV-W et de la syncytine du placenta humain.

La protéine virale correspond à la séquence notée *Query* et la syncytine à celle notée *Sbjct*. Les acides aminés communs sont présentés en code une lettre, entre les deux séquences. La partie de la séquence capable de s'insérer dans la membrane plasmique d'une cellule est indiquée par une barre noire.

**Query:** MSRV-Env (GenBank: AAK18189.1)  
**Sbjct:** Syncytin (GenBank: AF072506.2)

#### Alignment statistics

**Score** **Expect** **Method** **Identities** **Positives** **Gaps**  
 944 bits(2439) 0.0 Compositional matrix adjust. 473/542(87%) 490/542(90%) 4/542

Query	1	MALPYHTFLFTVLLPFPALTAPPPCCCTTSSSPYQEFLLWRTRLPGNIDAPSYRSLSKGNS	60
		MALPYH FLFTVLLP F LTAPPPC C TSSSPYQEFLLWR + PGNIDAPSYRSLSKG	
Sbjct	1	MALPYHIFLFTVLLPSFTLTAPPPCRMTSSSPYQEFLLWRMQRPGNIDAPSYRSLSKGTP	60
Query	61	TFTAHTHMPRNCYNSATLCMHANTHYWIGKMINPSCPGGLGATVCWYFTHTSMSDGGGI	120
		TFTAHTHMPRNCY+SATLCMHANTHYWIGKMINPSCPGGLG TVCWYFT T MSDGGG+	
Sbjct	61	TFTAHTHMPRNCYHSATLCMHANTHYWIGKMINPSCPGGLGVTVCWYFTTQTGMSDGGGV	120
Query	121	QGQAREKQVKEAISQLTRGHSTSPYKGLVLSKLHETLRTHRLVSLFNTTLRLHEVSA	180
		Q QAREK VKE ISQLTR H T SPYKGL LSKLHETLRTHRLVSLFNTTLT LHEVSA	
Sbjct	121	QDQAREKHVKEVISQLTRVHGTSSPYKGLDLSKLHETLRTHRLVSLFNTTLTGLHEVSA	180
Query	181	QNPTNCWMCLPLHFRPYISIPVPEQWNNFSTEINTTSVLVGPLVSNLEITHTSNLTCKVF	240
		QNPTNCW+CLPL+FRPY+SIPVPEQWNNFSTEINTTSVLVGPLVSNLEITHTSNLTCKVF	
Sbjct	181	QNPTNCWICLPLNFRPYVSIPVPEQWNNFSTEINTTSVLVGPLVSNLEITHTSNLTCKVF	240
Query	241	SNTIDTSSQCIRWVTPPTRIVCLPSGIFFVCGTSAYHCLNGSSESMCFLSFLVPPMTIY	300
		SNT TT+SQCIRWVTPPT+IVCLPSGIFFVCGTSAY CLNGSSESMCFLSFLVPPMTIY	
Sbjct	241	SNITYTINSQCIRWVTPPTQIVCLPSGIFFVCGTSAYRCLNGSSESMCFLSFLVPPMTIY	300
Query	301	TEQDLYNHVVPKPHNKRVPILPFVIRAGVLGRLGTGIGSITTSTQFYKLSQEINGDMEQ	360
		TEQDLY++V+ KP NKRVPILPFVI AGVLG LGTGIG IITSTQFYKLSQE+NGDME+	
Sbjct	301	TEQDLYSYVISKPRNKRVPILPFVIGAGVLGALGTGIGGITTSTQFYKLSQELNGDMER	360
Query	361	VTDLSVTLQDQLNSLAAVVLQNRRLDLLTAKRGGTCLFLGEEERCYYVNQSRIVTEKVKE	420
		V DSLVTLQDQLNSLAAVVLQNRRLDLLTA+RGGTCLFLGEE CYVNQS IVTEKVKE	
Sbjct	361	VADSLVTLQDQLNSLAAVVLQNRRLDLLTAERGGTCLFLGEECCYYVNQSGIVTEKVKE	420
Query	421	IRDRIQCRAEELQNTERWGLLSQWMPWILPFLGPLAAIIFLLFGPCIFNFLVKFVSSRI	480
		IRDRIQ RAEEL+NT WGLLSQWMPW LPFLGPLAAII LLLFGPCIFN LV FVSSRI	
Sbjct	421	IRDRIQRAEELRNTIGFWGLLSQWMPWILPFLGPLAAIILLLLFGPCIFNLLVNFVSSRI	480
Query	481	EAVKLQIVLQMEPQMOSMTKIYRGPLDRPARLCSVDNDIEVTPPEEISTAQPLLHSNSVG	540
		EAVK LQMEP+MQS TKIYR PLDRPA SDVNDI+ TPPEEIS AQPLL NS G	
Sbjct	481	EAVK----LQMEPKMQSKTKIYRRPLDRPASFRSDVNDIKGTPPEEISAAQPLLRENSAG	536
Query	541	SS 542	
		SS	
Sbjct	537	SS 538	

Alignement de deux séquences protéiques sur le site:  
<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>

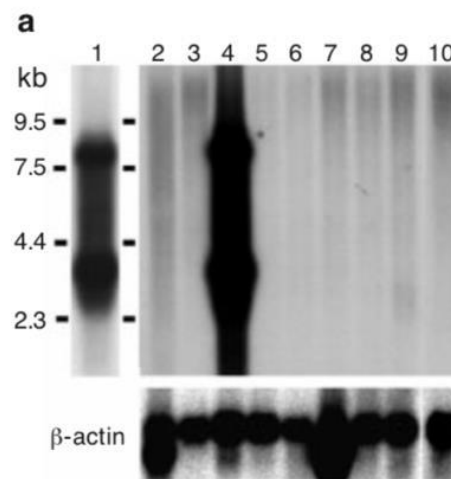
Médecine/sciences, volume 33, numéro 4, avril 2017. <https://www.medecinesciences.org>, consulté le 12 novembre 2020.

### Document 3 : Expression du gène de la syncytine dans différents tissus humains.

Les ARN extraits de cellules de différents tissus humains (pistes 1 à 10) sont soumis à une électrophorèse avant d'être mis en contact avec une sonde radioactive correspondant à un ADN simple brin correspondant au gène de la syncytine, avant visualisation sur un film photographique.

Lignes- 2 : cœur, 3 : cerveau ; 1 et 4 : placenta ; 5 : poumons ; 6 : foie ; 7 : muscles squelettiques ; 8 : rein ; 9 : pancréas ; 10 : rate.

Ligne  $\beta$ -actin : référence permettant de comparer les quantités d'ARN soumis à l'électrophorèse.



*Syncytin is a captive retroviral envelope protein involved in human placental morphogenesis, Nature march 2000.*  
 À partir du site <https://www.researchgate.net> consulté le 12 novembre 2020.

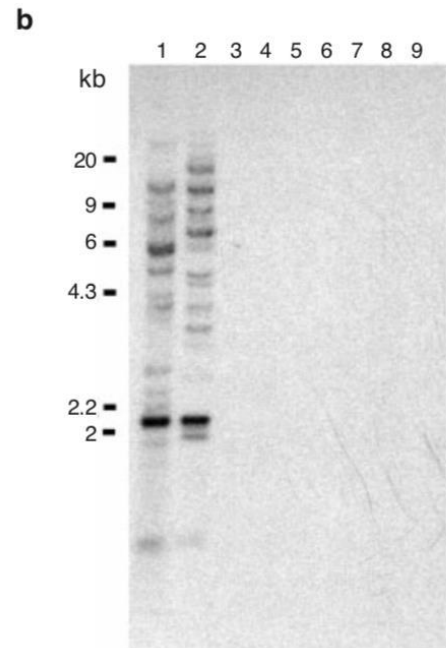
#### Document 4 : Présence du gène de la syncytine dans différentes espèces.

L'ADN de différentes espèces est soumis à une électrophorèse avant d'être mis en contact avec une sonde radioactive correspondant à un ADN simple brin correspondant au gène de la syncytine, avant visualisation sur un film photographique.

Lignes – 1 : humain ; 2 : singe rhésus (singe de l'ancien monde) ; 3 : rat ; 4 : souris ; 5 : chien ; 6 : vache ; 7 : lapin ; 8 : poulet ; 9 : levure.

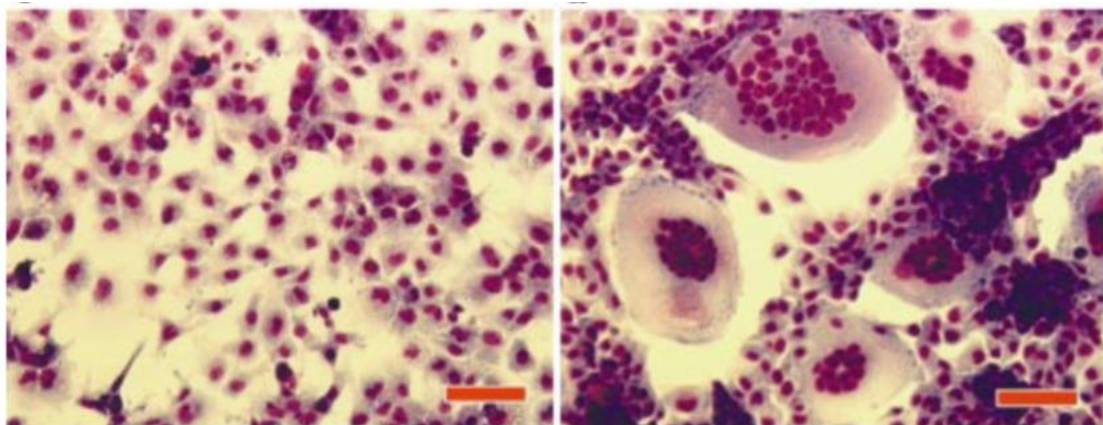
Kb : millier de paires de bases

*Syncytin is a captive retroviral envelope protein involved in human placental morphogenesis, Nature march 2000.*  
À partir du site <https://www.researchgate.net> consulté le 12 novembre 2020.



#### Document 5 : Expérience d'obtention de syncytium

Des cellules utérines humaines sont infectées par un vecteur viral dans lequel est inséré un gène non fonctionnel de la syncytine humaine (image de gauche) un gène fonctionnel de la syncytine humaine (image de droite).

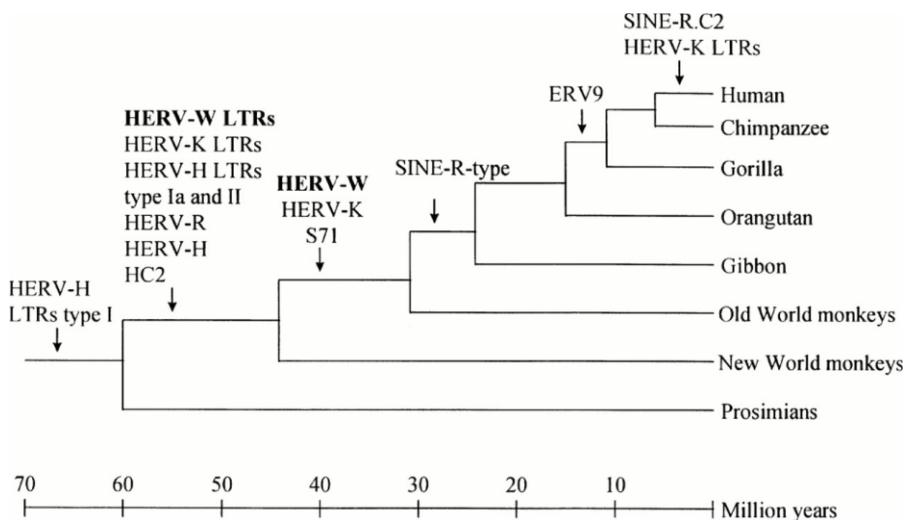


La barre rouge correspond à 100 µm.

*Syncytin is a captive retroviral envelope protein involved in human placental morphogenesis, Nature march 2000.*  
À partir du site <https://www.researchgate.net> consulté le 12 novembre 2020.

#### Document 6 : Arbre évolutif des rétrovirus s'étant intégré dans le génome humain. D'après Kim et al. (1999)

Les noms des rétrovirus sont indiqués au-dessus des flèches matérialisant la période où l'intégration virale a eu lieu.



D'après Kim et al. (1999), journal of general virology. Volume 80, issue 10.



## Thème 3 : A la recherche du passé géologique de notre planète

### Exercice 1

2021 – Métropole – Sujet 1

#### Le temps géologique

Un objet géologique comme le Grand Canyon du Colorado témoigne d'une histoire géologique que l'on peut reconstituer.

**Exposer les principes et les méthodes qui permettent de reconstituer la chronologie des événements enregistrés et des structures présentes dans un objet géologique.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. Vous appuierez votre exposé éventuellement à partir du document proposé et/ou d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

#### Document : Le Grand Canyon du Colorado, matérialisation du temps géologique

Pour nous, le temps, notion abstraite, se matérialise le plus souvent par la trotteuse de l'horloge qui marque les secondes, les minutes ou les heures, le calendrier qui indique les jours, les mois, les années. En géologie, le temps est le plus souvent matérialisé par une séquence de roches, comme cet empilement de couches bien visibles sur les parois du Grand Canyon du Colorado : temps de dépôt d'une première succession de couches, métamorphisme de ces couches conduisant à la formation de roches métamorphiques, soulèvement et longue période d'érosion de ce massif concrétisée par une discordance, dépôt d'une seconde succession de couches sédimentaires, puis basculement et érosion, puis à nouveau succession de périodes de sédimentation entrecoupées de périodes d'érosion. Enfin, une période d'érosion récente est responsable du spectacle que nous offre aujourd'hui le Grand Canyon.

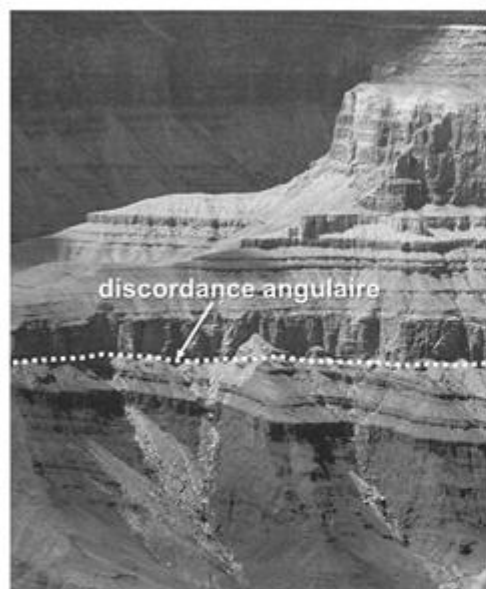
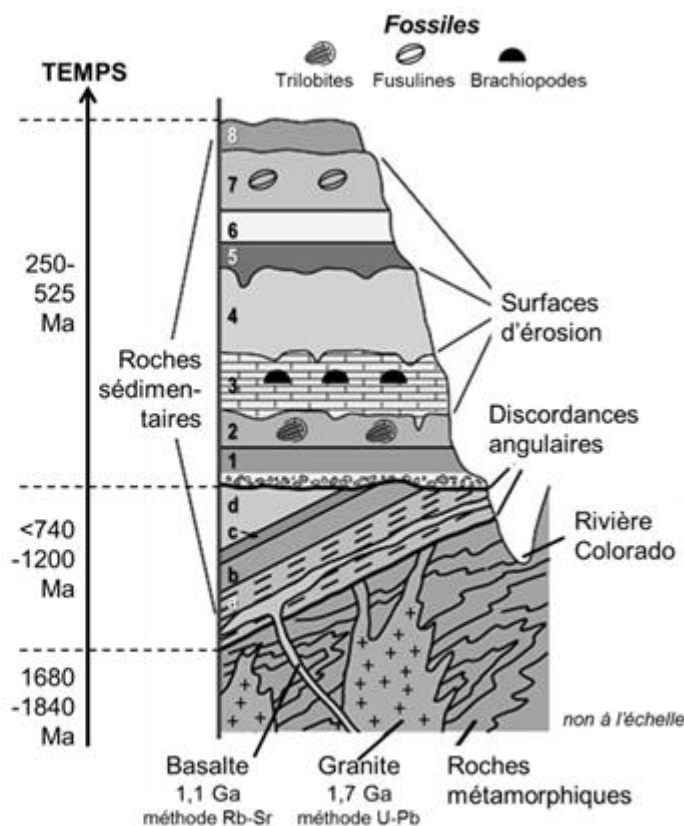


Photo de la paroi du Grand Canyon montrant la discordance angulaire entre deux séries de roches sédimentaires



Coupe schématique montrant la succession des roches visibles dans le Grand Canyon du Colorado

Sources : d'après Pierre André Bourque, Introduction au Chapitre « Le temps Géologique » – [www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete\\_terre.html](http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html) et Wikipedia Commons

### L'histoire géologique de la région de Flamanville

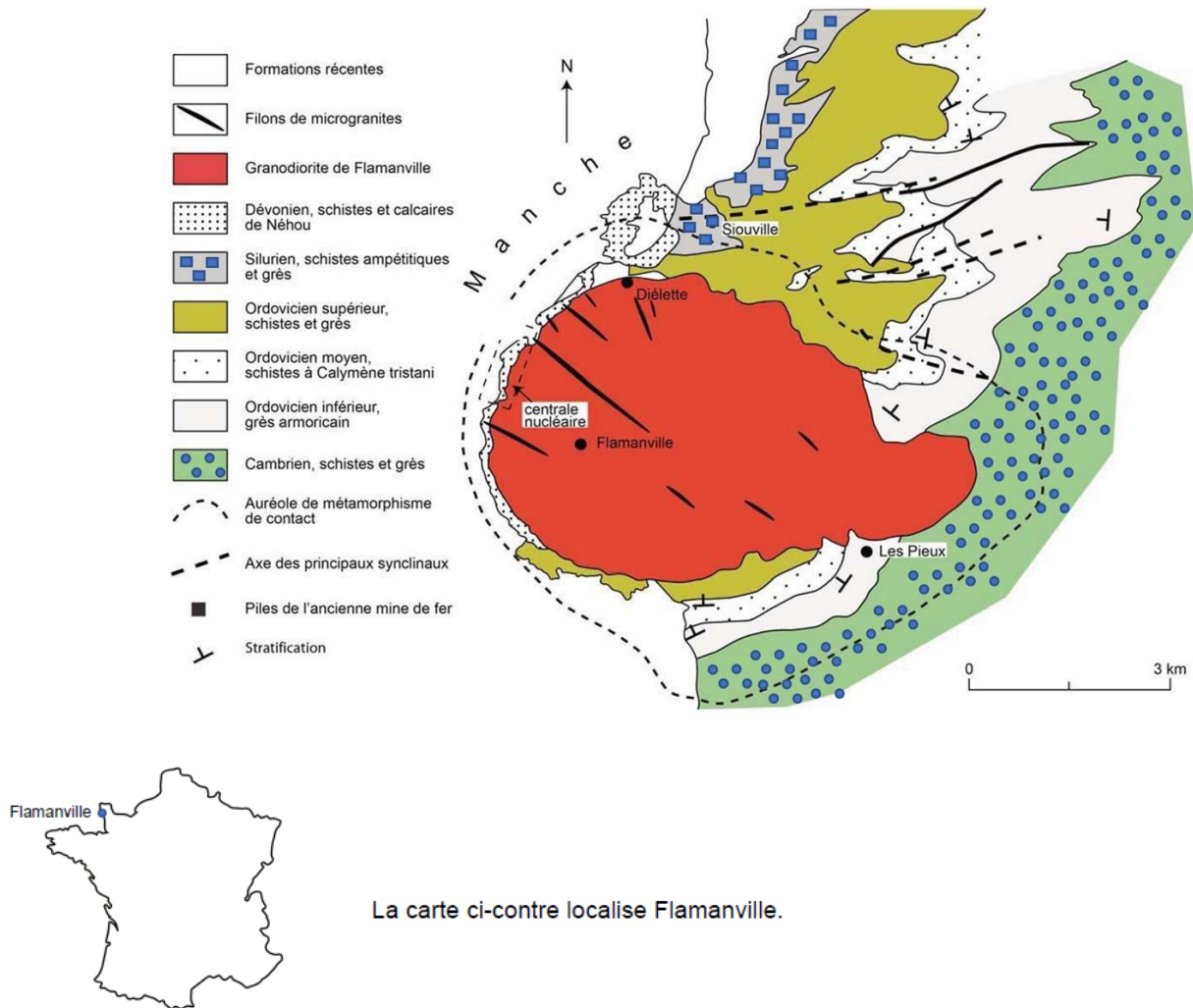
Dans la région de Flamanville, les dépôts sédimentaires datés du Cambrien au Dévonien ont été plissés au Carbonifère. A la fin du Carbonifère, un pluton de granodiorites, des roches magmatiques, se met en place.

**Expliquer comment les données de la chronologie relative et de la chronologie absolue sont utilisées pour reconstituer l'histoire géologique de différentes régions.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des observations, des expériences, ... Le candidat peut choisir d'autres arguments que ceux des documents.*

#### Document 1 – Carte géologique réalisée dans la région de Flamanville

(Eric MARCOUX, Erwann LEBRUN, Elsa BAGES, *Géologie de la France* n°2, 2012)

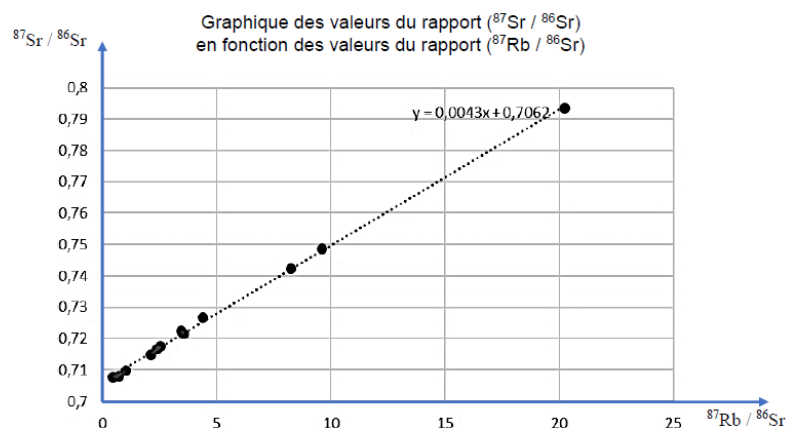


#### Document 2 – Mesures des rapports isotopiques dans les granodiorites de Flamanville

$$\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$$

Ces données ont permis de dater la cristallisation du magma, donc la fermeture du système à l'origine du pluton de granodiorites, à 302 Millions d'années.

(<http://lithotheque-svt.ac-rennes.fr/echelle/echelle.htm>, s.d.)



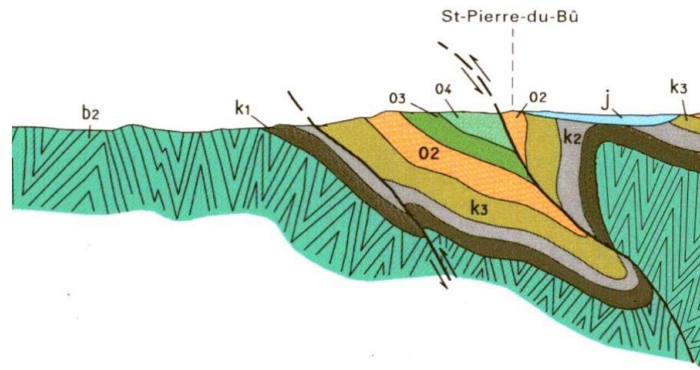
La datation est donnée par la relation :  $t = \frac{a}{\lambda}$

### Les témoins d'une histoire géologique

Une coupe géologique comme celle effectuée à partir de la carte géologique de Falaise témoigne d'un passé géologique.

**Exposez les principes qui permettent de reconstituer une chronologie d'événements enregistrés et/ou de structures observées dans un objet géologique.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des observations, des exemples... éventuellement issus du document proposé.*



**Document 1 : coupe géologique effectuée à partir de la carte géologique de Falaise** (Falaise est une commune située dans le département du Calvados en région Normandie).

#### Légende :

Légende des formations de la carte	Nature des formations	Caractéristiques des formations
J	Jurassique	Sédiments calcaire marins
O4	Formation du Grés de May (Ordovicien moyen)	Sédimentation en milieu peu profond
O3	Formation des schistes d'Urville (Ordovicien inférieur)	Formations marines profondes
O2	Formation du Grés armoricain (Ordovicien inférieur)	Formations marines littorales
k3	Formation des schistes violacées (Cambrien inférieur)	Formation marines traduisant un recul de l'océan
k2	Calcaire à Rosnaiella <sup>1</sup> du Cambrien inférieur	Calcaire marin traduisant des formations marines littorales
k1	Formation de conglomérats du Cambrien inférieur	Conglomérats de démantèlement de la chaîne cadomienne
b2	Terrains briovériens	Terrains intensément plissés suite à l'orogénèse cadomienne (-750 Ma à -540 Ma)

<sup>1</sup> Les Rosnaiella appartiennent à un groupe d'animaux disparus à la fin du Cambrien et qui étaient des constructeurs de récifs.

## Exercice 2

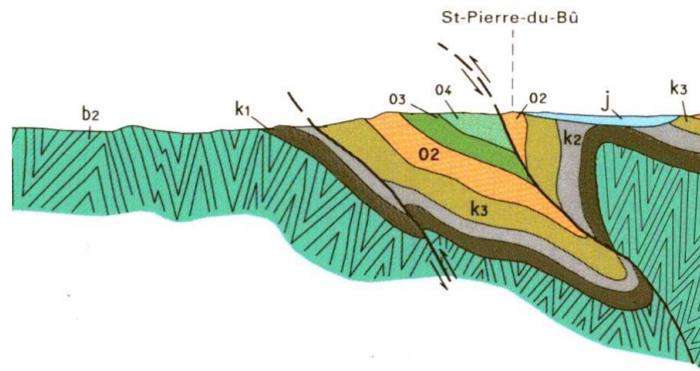
Sujet 0 Exemple n°3

### Reconstitution d'une histoire géologique

Une coupe géologique comme celle effectuée à partir de la carte géologique de Falaise témoigne d'un passé géologique.

#### Reconstituer l'histoire géologique de cet affleurement du Briovérien au Jurassique.

*Vous organiserez votre réponse selon la démarche de votre choix à condition qu'elle intègre des données des documents et les connaissances utiles.*



#### Document 1 : coupe géologique effectuée à partir de la carte géologique de Falaise

##### Légende :

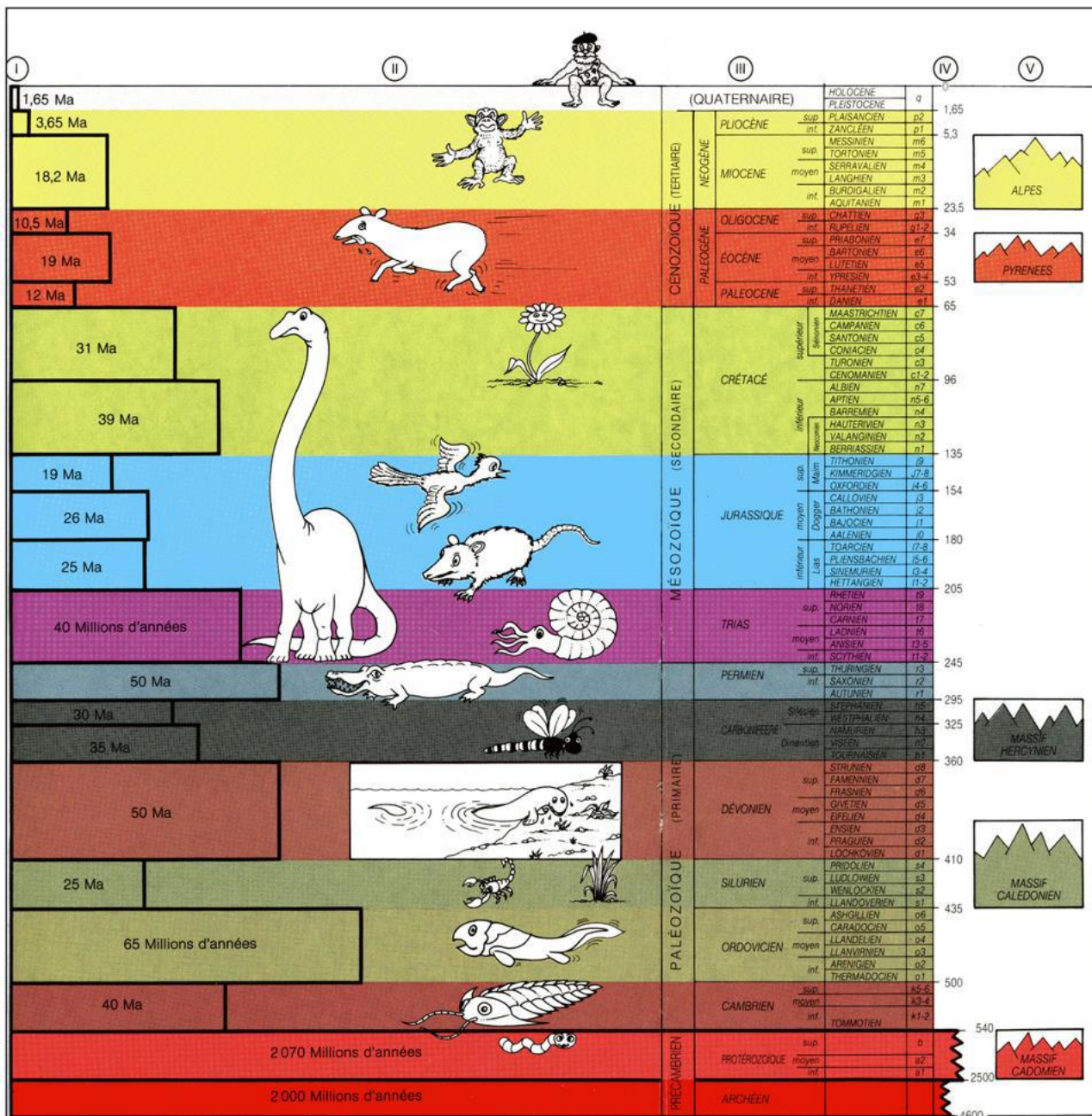
##### Légende des formations de la carte

	Nature des formations	Caractéristiques des formations
J	Jurassique	Sédiments calcaire marins
O4	Formation du Grés de May (Ordovicien moyen)	Sédimentation en milieu peu profond
O3	Formation des schistes d'Urville (Ordovicien inférieur)	Formations marines profondes
O2	Formation du Grés armoricain (Ordovicien inférieur)	Formations marines littorales
k3	Formation des schistes violacées (Cambrien inférieur)	Formation marines traduisant un recul de l'océan
k2	Calcaire à Rosnaiella <sup>1</sup> du Cambrien inférieur	Calcaire marin traduisant des formations marines littorales
k1	Formation de conglomérats du Cambrien inférieur	Conglomérats de démantèlement de la chaîne cadomienne
b2	Terrains briovériens	Terrains intensément plissés suite à l'orogénèse cadomienne (-750 Ma à -540 Ma)

<sup>1</sup> Les Rosnaiella appartiennent à un groupe d'animaux disparus à la fin du Cambrien et qui étaient des constructeurs de récifs.

#### Document 2 : Échelle simplifiée des temps géologiques (© BRGM)







## Thème 4 (Les climats de la Terre : Comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain)

### Exercice 1

2021 – Métropole – Sujet 2

#### **Climats et dioxyde de carbone**

Depuis le début du Paléozoïque, la température globale n'a cessé d'évoluer et ce, à différentes échelles de temps.

**Montrer que les variations du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique et les perturbations du cycle du carbone depuis le Paléozoïque jusqu'à l'actuel permettent d'expliquer en partie l'évolution de la température mondiale.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. Vous appuierez votre exposé éventuellement à partir du document proposé et/ou d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

2021 – Polynésie – Sujet 1

Des témoins géologiques montrent que notre planète a subi de nombreux changements climatiques globaux. Il a été montré dans de nombreux exemples un lien entre le taux atmosphérique de CO<sub>2</sub> et les conditions climatiques.

**Expliquer le lien entre les variations climatiques à différentes échelles de temps et les mécanismes qui modifient le taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des observations, des expériences, ...*

2021 – Asie – Sujet 2

#### **Production et destruction des lithosphères : influence sur les évolutions climatiques à l'échelle des temps géologiques**

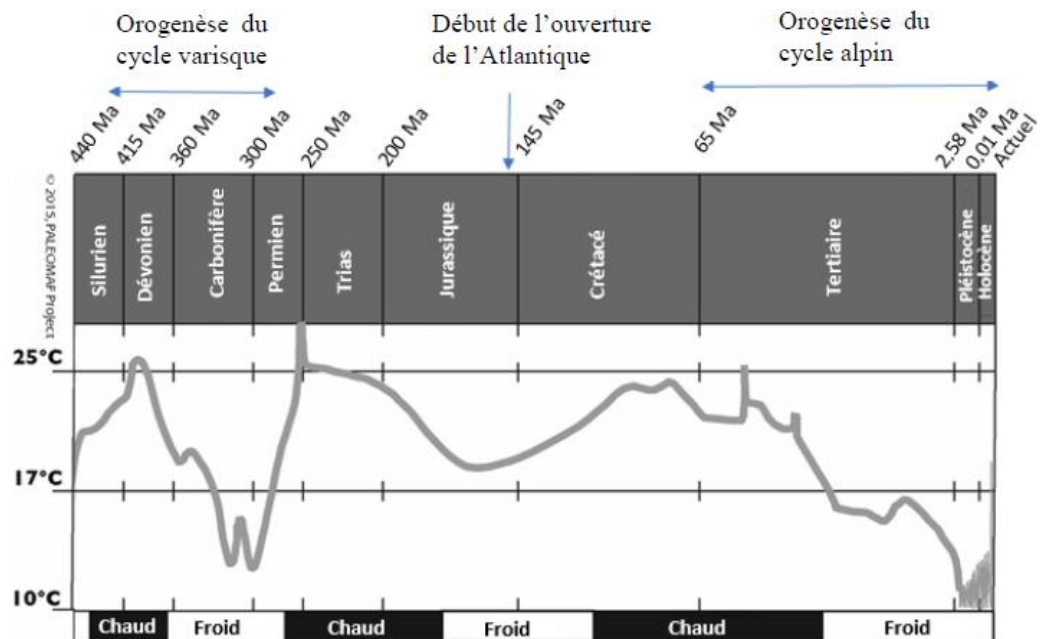
La concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est un paramètre crucial pour expliquer les variations du climat terrestre à l'échelle des temps géologiques.

**Expliquer en quoi les processus de formation et d'altération des lithosphères ont contribué à l'alternance de climats froids et chauds au cours des temps géologiques.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des arguments pour appuyer l'exposé comme des expériences, des observations, des exemples ...*

**Document : Evolution de la température moyenne du Silurien à l'actuel et chronologie de quelques grands événements géologiques**

D'après C. Scotese.  
PALEOMAP Projet



2021 – Emirats Arabes Unis – Sujet 2

**Les indices des variations du climat**

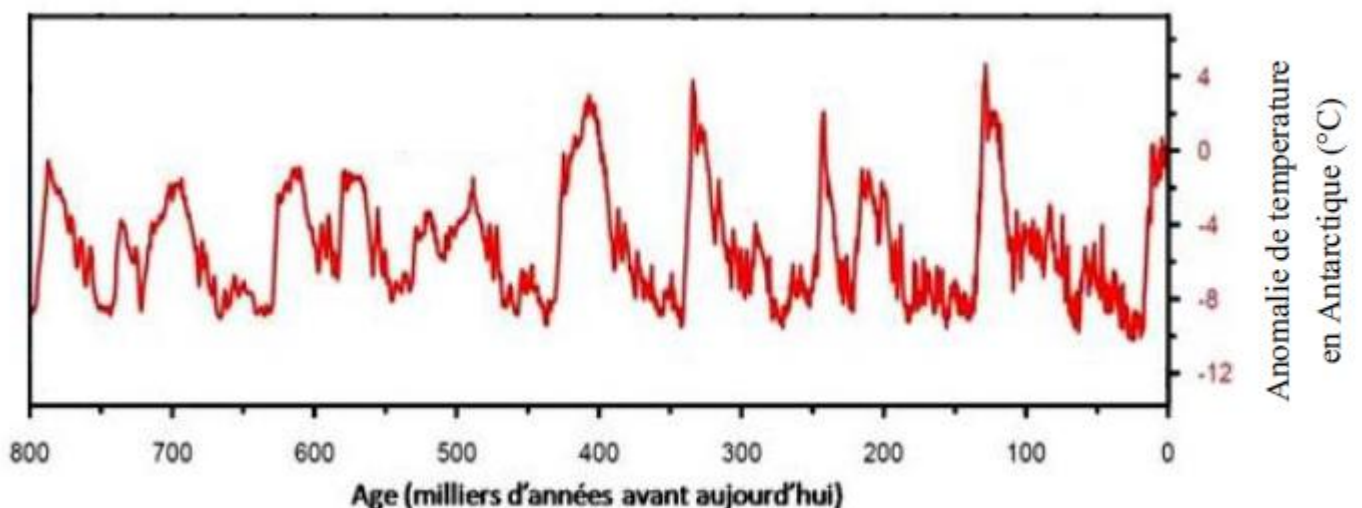
Les scientifiques indiquent une variation cyclique du climat pendant les derniers 800 milliers d'années.

**Expliquer quels indices et méthodes permettent d'établir des variations cycliques du climat terrestre pendant les 800 000 dernières années.**

*La corrélation entre cyclicité des variations climatiques et périodicité des paramètres orbitaux de la Terre n'est pas attendue.*

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples...*

**Document : Les variations de la température en Antarctique de -800 000 ans à l'actuel**



D'après Météo France 2004

## Exercice 2

2021 – Polynésie – Sujet 2

### Les périodes froides du Paléozoïque et du Cénozoïque

Les enjeux climatiques font partie des préoccupations contemporaines.

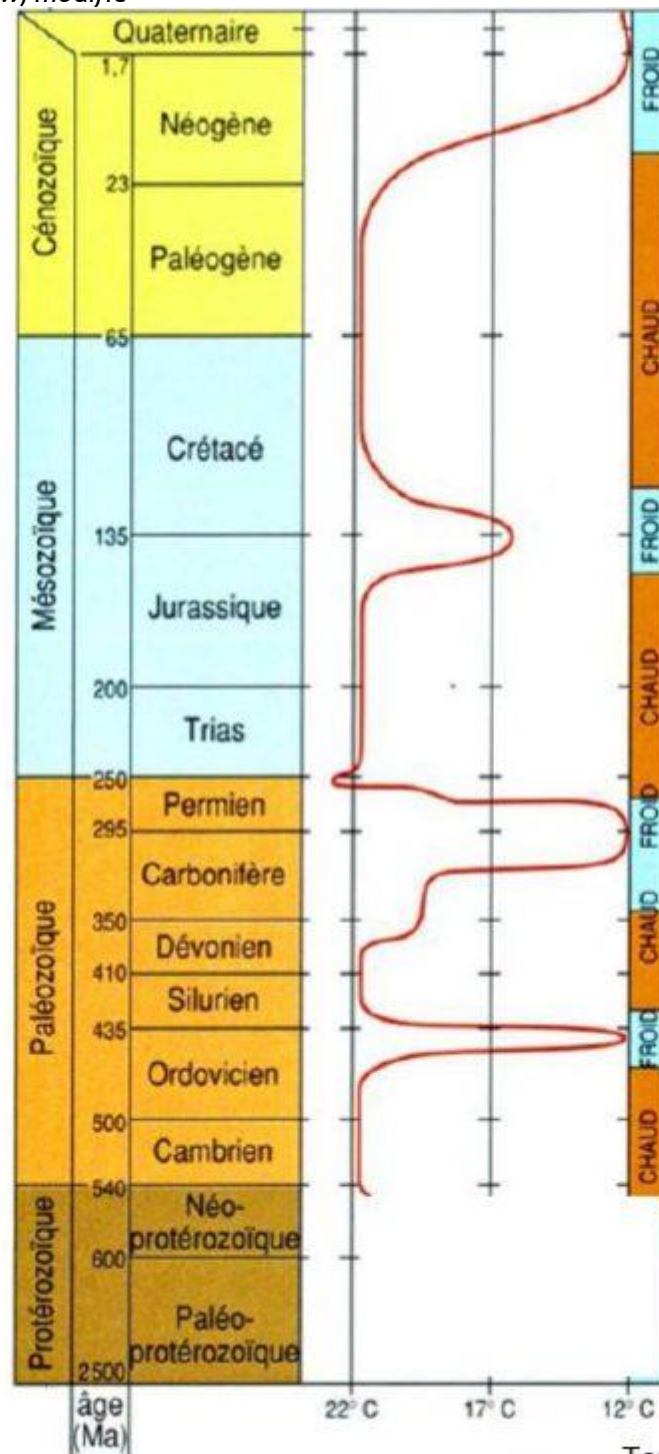
Afin d'envisager le futur, il est nécessaire de comprendre les variations climatiques du passé.

**Montrer que les deux périodes froides du Paléozoïque d'une part, et celle de la fin du Cénozoïque d'autre part, ont pu être favorisées par des mécanismes communs que vous explicitez.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données issues des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

### **DOCUMENT 1 – Courbe des températures moyennes de surface estimées au cours de l'histoire de la Terre**

*d'après Scotese et Mc Kerrow, modifié*

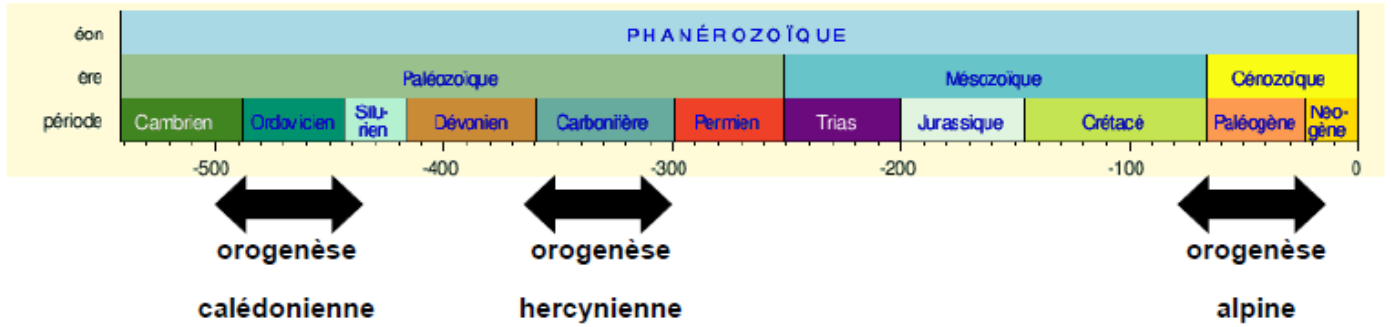


L'âge est donné en millions d'années (Ma)

Températures moyennes de surface en degré Celsius



## DOCUMENT 2 – Emplacements temporels des principales orogénèses du Phanérozoïque



Remarques : – Les valeurs correspondent à des millions d'années.  
– Orogenèse = formation de chaînes de montagnes intracontinentales.

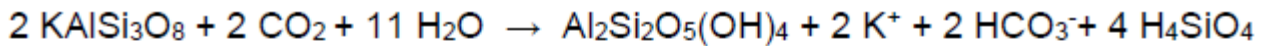
*d'après Wikipedia et Géopolis, modifiés*

### **DOCUMENT 3 – Altération minérale et dioxyde de carbone**

On considère que les processus d'altération puis d'érosion des continents sont d'autant plus intenses que les reliefs sont accentués.

On rappelle que les roches terrestres sont principalement composées de minéraux silicatés. C'est le cas en particulier des granites, principales roches continentales, qui sont composés essentiellement de feldspaths, de quartz et de micas.

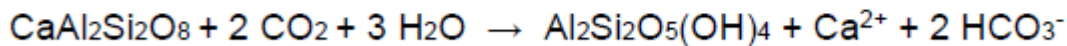
Les équations chimiques suivantes illustrent l'altération de deux minéraux : l'orthose (un feldspath potassique) et l'anorthite (un feldspath plagioclase calcique).



orthose

minéral argileux

acide silicique



anorthite

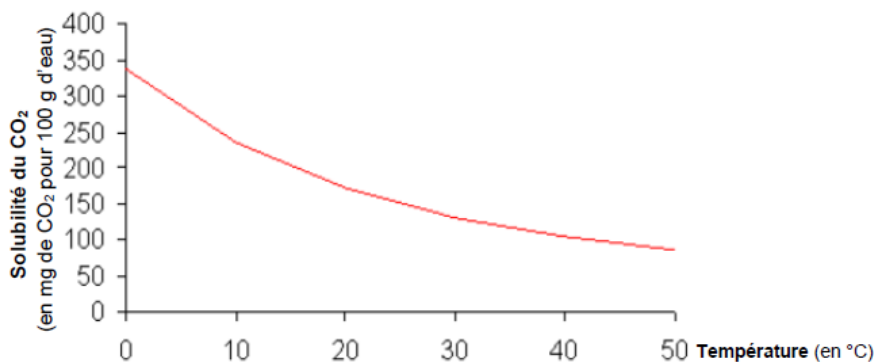
minéral argileux

### **DOCUMENT 4 – Solubilité du CO<sub>2</sub> et température des océans**

(d'après [www.4college.co.uk](http://www.4college.co.uk))

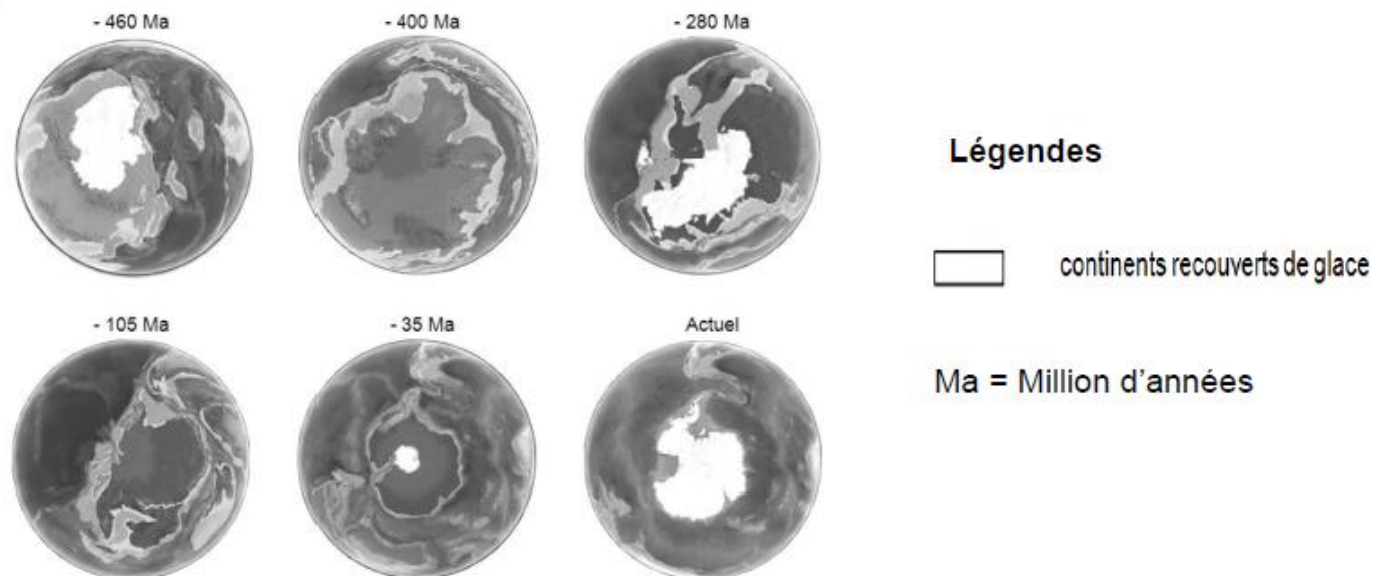
Atmosphère et océans sont des enveloppes fluides qui interagissent, notamment en ce qui concerne le dioxyde de carbone qu'elles contiennent. Le CO<sub>2</sub> gazeux atmosphérique peut se solubiliser dans les océans et, inversement, le CO<sub>2</sub> dissous des océans peut être relargué dans l'atmosphère.

La température de l'eau intervient dans cet équilibre réactionnel, selon le graphique suivant :



**DOCUMENT 5 – Reconstitutions paléogéographiques à différentes périodes géologiques (en vues polaires Sud) et albédo de diverses surfaces**

*d'après Global Paleogeographic sur Google Earth*



Types de surface	Valeurs de l'albédo
Forêts	0,05 à 0,20
Mers et océans	0,05 à 0,15
Plupart des roches nues	0,05 à 0,45
Glace ou neige	0,60 à 0,90

L'albédo est le rapport entre la quantité d'énergie lumineuse réfléchie et la quantité d'énergie lumineuse reçue par une surface éclairée.



### Reconstitution climatique d'une période récente

Le Petit Âge Glaciaire aurait été une période climatique relativement froide à l'échelle planétaire de la fin du Moyen-Âge (vers 1300-1400) à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle.

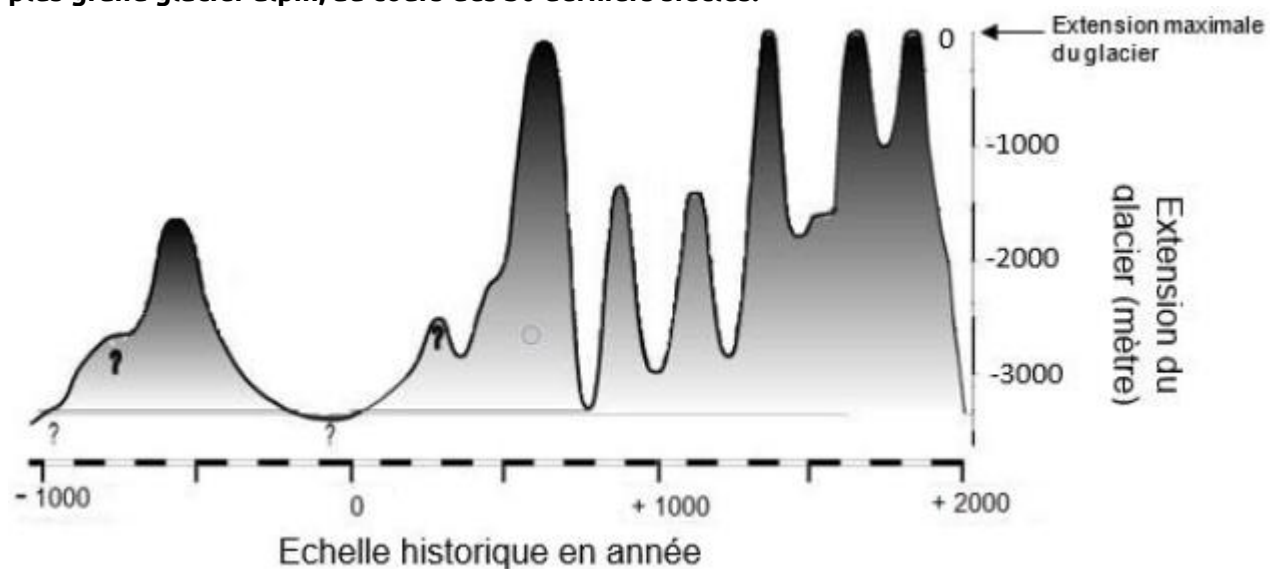
Son origine est attribuée à deux causes initiales : la fluctuation d'un paramètre astronomique et l'activité interne du globe. Les conséquences climatiques ont probablement été amplifiées par boucle de rétroaction positive.

**Mettre en évidence les caractéristiques climatiques pendant le petit âge glaciaire et présenter les causes possibles de cette période relativement froide.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

#### Document 1 : Des indicateurs de variations climatiques récentes dans l'hémisphère Nord

**Document 1a.** Reconstitution des phases d'accroissement et de retrait du glacier d'Aletsch (Suisse), le plus grand glacier alpin, au cours des 30 derniers siècles.



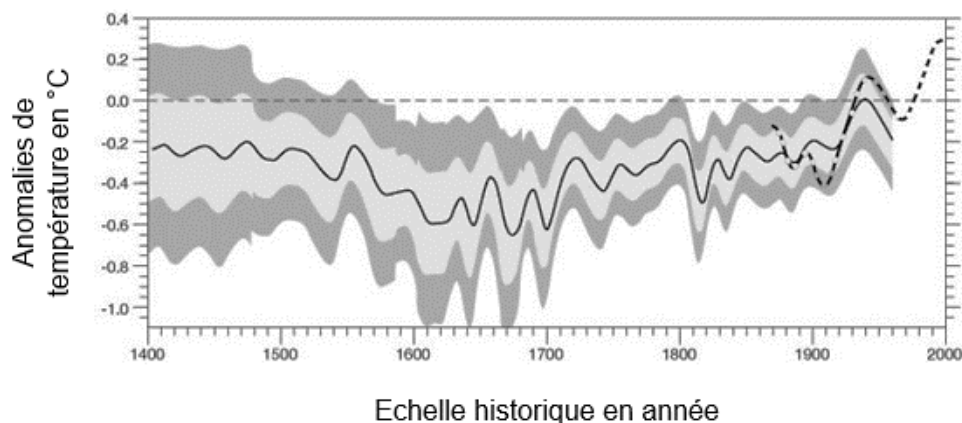
? : Reconstitution incertaine

*D'après Holzhauser et Zumbuhl, 2003*

Pour décrypter le signal climatique enregistré par un glacier, il est nécessaire de mesurer et d'analyser le bilan de masse de l'ensemble du glacier. Ce bilan de masse résulte de l'équilibre entre l'accumulation d'une part et l'ablation d'autre part. L'accumulation est le gain de masse principalement dû aux chutes de neige. L'ablation correspond à la perte de masse par fonte. Des périodes au cours desquelles les saisons sont fortement enneigées et/ ou froides provoquent l'accroissement des dimensions du glacier. Celles avec des saisons sèches et/ou chaudes les réduisent.

*D'après <https://www.encyclopedie-environnement.org/climat/glaciers-montagne-changements-climatiques/>*

**Document 1b. Reconstitution des variations de températures estivales de l'hémisphère Nord à partir de l'étude de la densité du bois**



----- Référence : moyenne des températures mesurées pour la période 1961-1990

— Variation déduite d'un traitement statistique de mesures de la densité du bois pour la période 1400-1960

- - - - - Variation déduite de mesures directes de la température pour la période 1870-2000

Les parties grisées indiquent deux intervalles de confiance :  
gris clair : intervalle de confiance à 65% ;  
gris foncé : intervalle de confiance à 98%

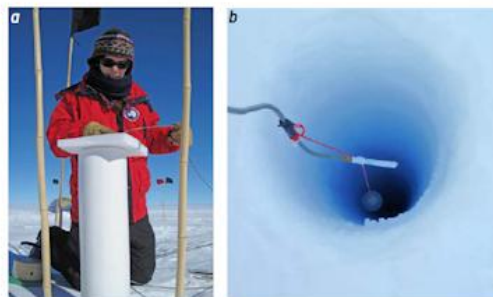
D'après Briffa et al, 2001

D'après Briffa et al., 2001

**Document 2. Indicateur de variations climatiques récentes dans l'hémisphère Sud par mesure de la température au fond de trous de forage en Antarctique**

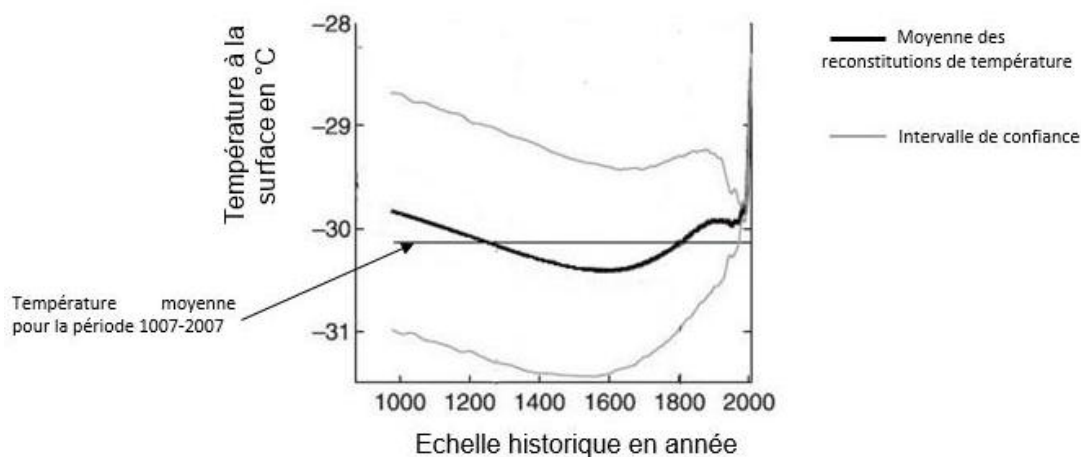
La neige garde en mémoire la température qu'il faisait lorsqu'elle était à la surface car la température met des centaines d'années à s'y homogénéiser.

Ainsi en mesurant la température dans un trou de forage (plusieurs mois après l'extraction de la carotte de glace) avec un thermomètre précis (b), l'auteur (a) a établi l'évolution de la température en fonction de la profondeur qu'elle a ensuite traduit en évolution de la température au cours du temps.



Source : Mille ans de variations climatiques en Antarctique, Pour La Science n°458

Reconstitution de la température au cours du temps à partir des mesures dans des trous de forage au camp WAIS :



D'après Orsi et al. 2012

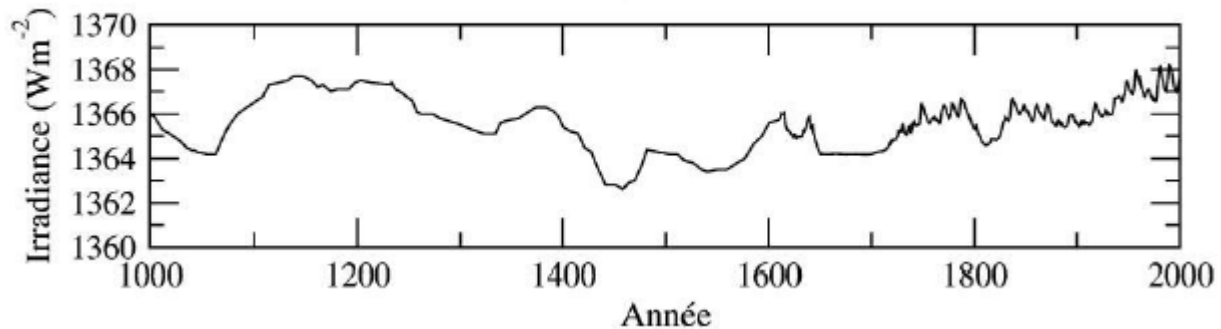
Les mesures ont été réalisées pendant l'hiver austral (juillet 2008) puis l'été austral (janvier 2009), elles donnent les mêmes résultats.

### **Document 3. Variations de l'activité solaire au cours des derniers siècles**

L'irradiance désigne la puissance du rayonnement solaire par unité de surface au sommet de l'atmosphère terrestre.

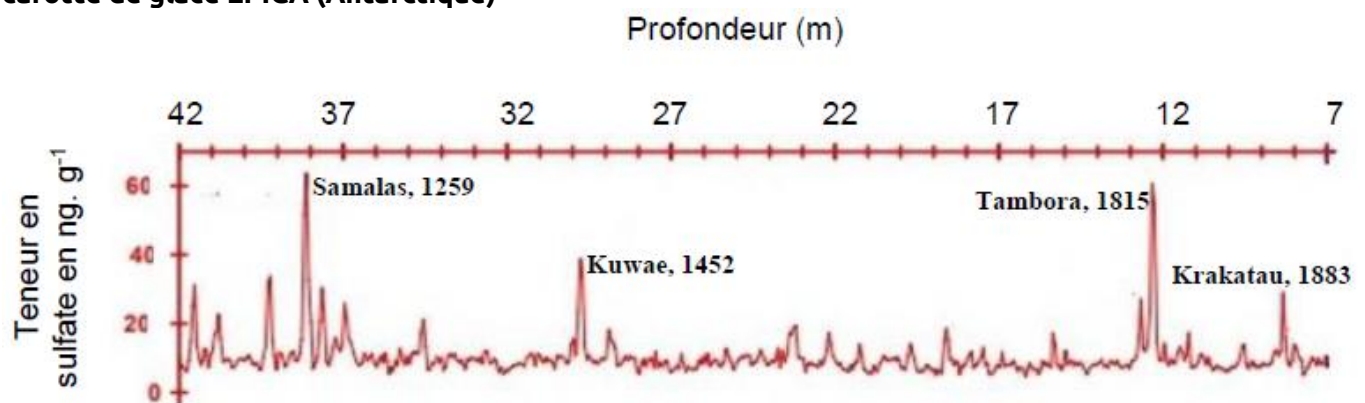
Des modélisations climatiques indiquent qu'une baisse de l'irradiance de  $5 \text{ W.m}^{-2}$  réduit l'apport d'énergie solaire à la surface du globe et diminuerait la température de  $0.25^\circ\text{C}$  à  $0.95^\circ\text{C}$ .

**Reconstitution de l'activité solaire, représentée par l'irradiance, depuis l'an 1000 :**



*D'après Bertrand 2004 et Francou et Vincent 2010*

### **Document 4. Repérage de signaux volcaniques par mesure de la teneur en ions sulfate le long de la carotte de glace EPICA (Antarctique)**

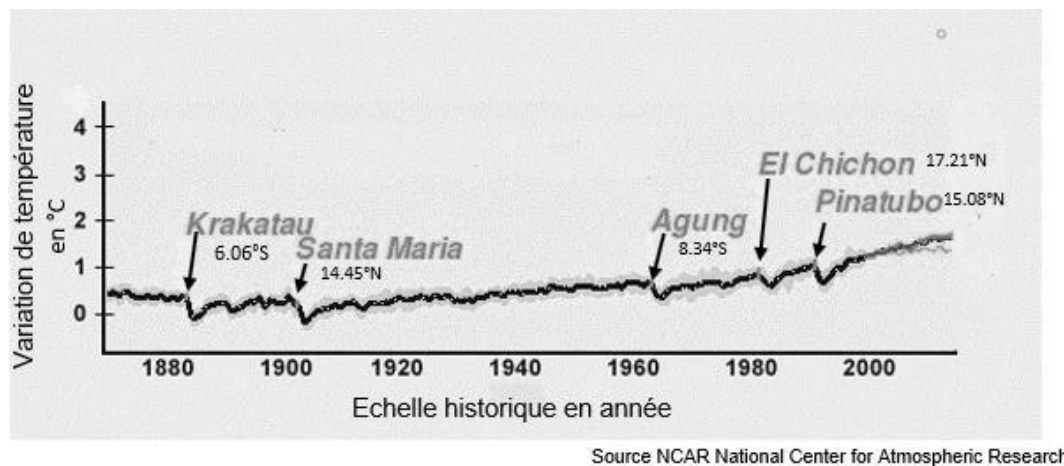


*D'après Castellano et al. 2005 et Lavigne et al. 2013*

Les pics de sulfate résultent des émissions volcaniques soufrées, de leur transport dans l'atmosphère puis de leur dépôt dans les glaces polaires. Samalas, Kuwae, Tambora et Krakatau sont des volcans situés à proximité de l'équateur. Les dates d'éruption sont indiquées à côté du nom du volcan.

### **Document 5. Effets du volcanisme sur le climat global**

**Document 5a. Variation moyenne de la température de surface à l'échelle mondiale, âge de 5 éruptions volcaniques de grande ampleur survenues depuis la fin du 19ème siècle et latitude des volcans**



### Document 5b. Effets atmosphériques des produits éruptifs

Lors d'une éruption volcanique, de grandes quantités de cendres, poussières et gaz soufrés sont éjectées dans l'atmosphère [...] en renvoyant vers l'espace une partie du rayonnement solaire incident, le voile de poussière stratosphérique formé par l'éruption peut engendrer une baisse sensible de la température.

D'autre part, ces microparticules (cendres et poussières) peuvent aussi former des noyaux de condensation favorisant la formation de nuages qui participent à l'augmentation de l'albédo de l'atmosphère terrestre.

Enfin, les gaz soufrés se transformant en aérosols sulfatés favorisent un refroidissement de la basse troposphère.

Cependant, [...] la durée de permanence des diverses particules dans l'atmosphère est limitée de 1 à 3 ans en fonction de l'importance de l'éruption.

[...] Si l'éruption a lieu aux basses latitudes, la répartition [des produits éruptifs] se fait graduellement sur l'ensemble du globe. En revanche, si l'éruption a lieu aux hautes latitudes, les particules ne se répandent pas en quantité significative en-deçà de 30° de latitude de l'hémisphère d'origine [...] Lamb, 1972.

*Rabatel, 2005, extraits*

### Document 6. Valeurs de l'albédo de différentes surfaces terrestres

Surfaces terrestres	Valeur moyenne de l'albédo
Océans	0.26
Continents	0.34
Forêt équatoriale	0.12
Etendue de sable	0.35
Etendue de glace	0.60

*Site de Météo France*

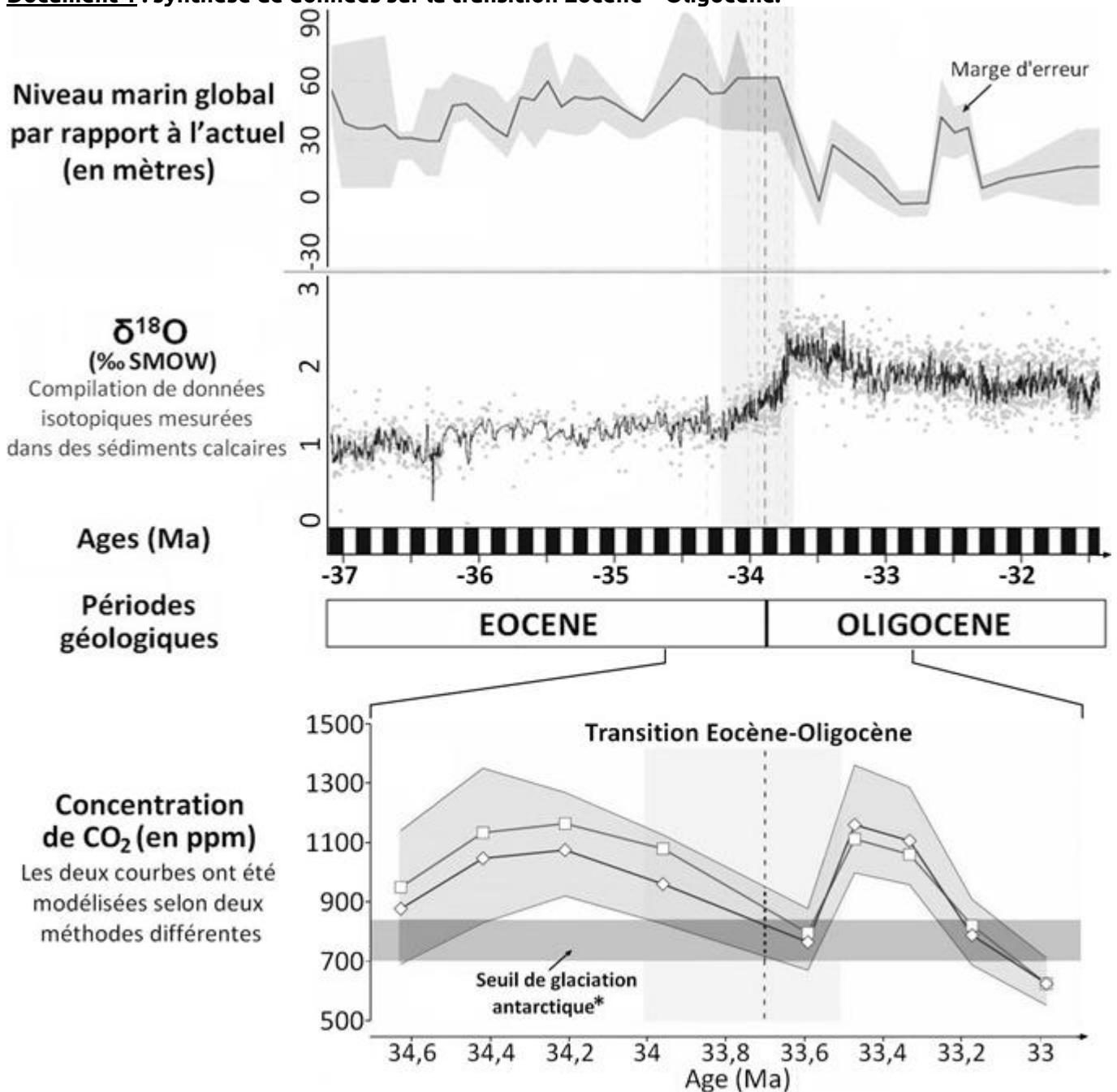
## La Grande Coupure

Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, les paléontologues ont décrit de grandes modifications de la biodiversité à la limite de l'Éocène et de l'Oligocène, il y a environ 34 millions d'années. Cet événement, connu depuis sous le nom de « grande coupure », a rapidement été expliqué par un important changement climatique que l'on cherche à reconstituer ici.

**Caractériser le changement climatique ayant eu lieu lors de la transition Éocène-Oligocène et proposer des explications sur son origine.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

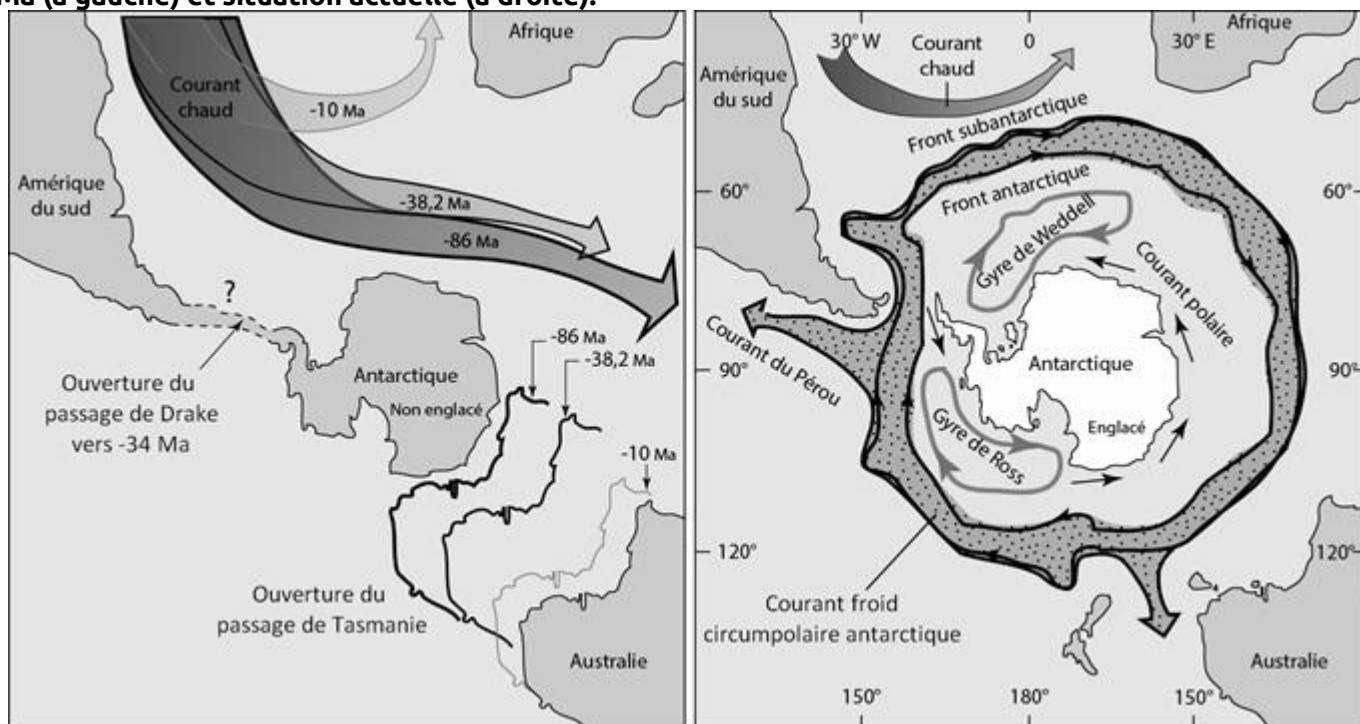
### Document 1 : synthèse de données sur la transition Éocène – Oligocène.



\* Concentrations maximales de  $\text{CO}_2$  pour lesquelles la glaciation de l'Antarctique est possible.

Sources : Chirardi, J., Thèse, (2016) et Pearson, P. N., Nature, (2009)

**Document 2 : reconstructions paléogéographiques et océanographiques autour du pôle Sud, depuis 86 Ma (à gauche) et situation actuelle (à droite).**



Source : Schaaf, A. Boesch, Q. Sciences de la Terre et de l'Univers (Vuibert éd.), p.315

**Document 3 : albédo de différentes surfaces terrestres.**

Type de surface	Mer	Forêts	Champs cultivés	Sable	Glace	Neige fraîche
Albédo	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,85

**Document 4 : processus majeurs d'échanges de carbone entre atmosphère et géosphère.**

L'altération des carbonates :  $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

L'altération des silicates :  $\text{CaSiO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

La précipitation des carbonates dans les océans :  $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Le piégeage de la matière organique issue de la photosynthèse des végétaux, dans les roches :



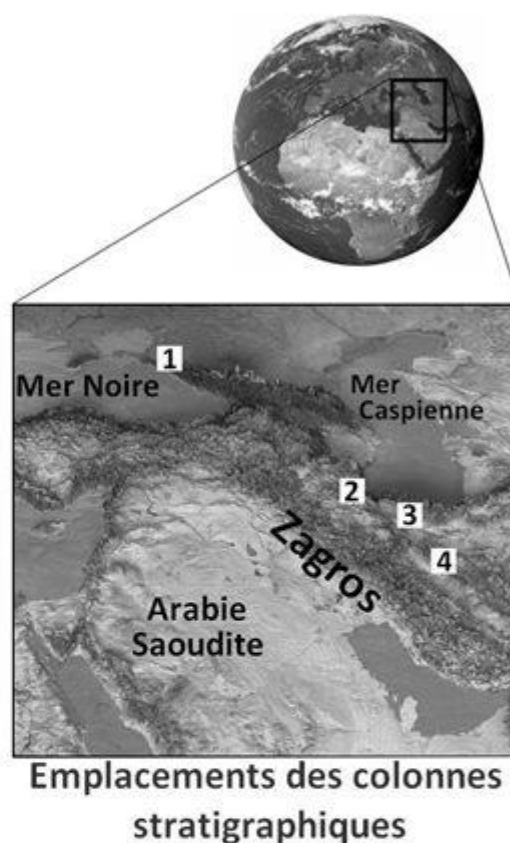
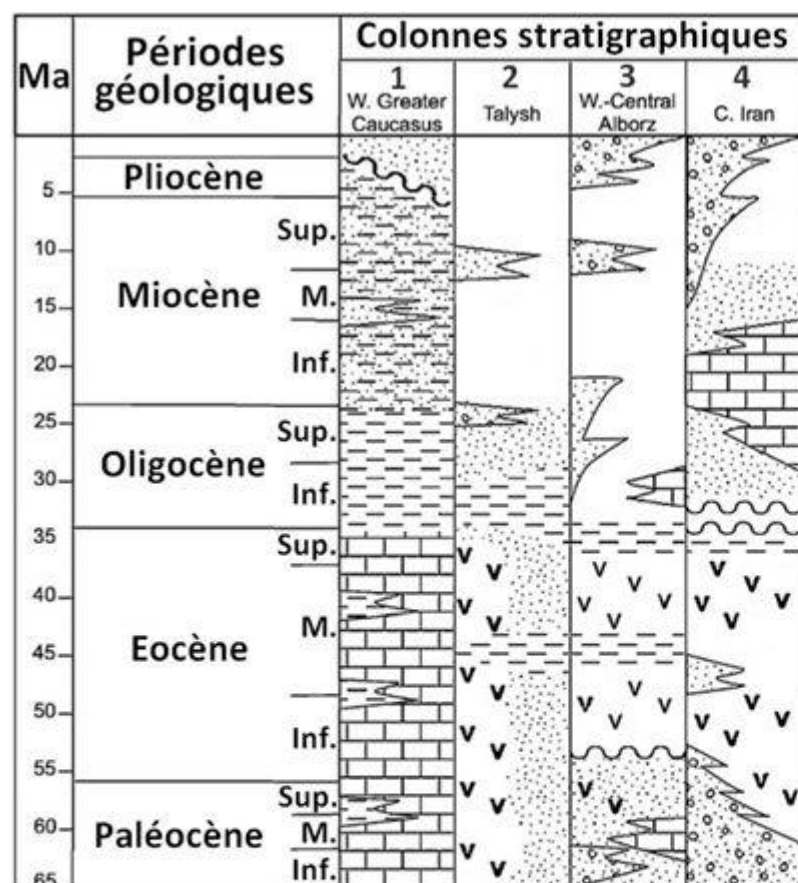
Le dégazage du manteau par le volcanisme libère du  $\text{CO}_2$

Source : [www.cnrs.fr](http://www.cnrs.fr)

**Document 5 : colonnes stratigraphiques montrant la succession des roches et leurs localisations dans la chaîne du Zagros.**



Les événements géologiques observés ici sont représentatifs de ceux qui se sont déroulés, à la même époque, des Alpes jusqu'à l'Himalaya.



Source : Allen, M. B., *Palaeoclimatology* (2008)





## Thème 5 – Comportements, mouvements et système nerveux (Chap 1 & 2)

### Exercice 1

2021 - Métropole – Session juin Sujet 1

#### Réflexe et mouvement

Lors d'une consultation médicale, un médecin peut être amené à vérifier le bon fonctionnement du système nerveux. Il percute un tendon rotulien du patient au niveau du genou afin de rechercher un mouvement normal de sa jambe en réponse à la percussion.

**Expliquer comment suite à la percussion d'un tendon, la sollicitation de structures nerveuses et musculaires aboutit à un mouvement.**

*Vous rédigerez un texte structuré. Vous appuierez votre exposé et argumenterez votre propos à partir d'expériences, d'observations et/ou d'exemples judicieusement choisis.*

2021 - Métropole – Sujet 1

#### Lésion cérébrale et motricité

Un accident vasculaire cérébral, ou AVC, est une atteinte des tissus cérébraux suite à une interruption brusque du flux sanguin vers une partie du cerveau. Il peut affecter une ou plusieurs fonctions cérébrales et entraîner notamment une perte de sensibilité et/ou de motricité de certaines parties du corps.

**Expliquer la perte de la motricité volontaire des membres situés du côté gauche du corps mais la persistance des réflexes myotatiques sur les mêmes membres chez un patient touché par un AVC dans l'hémisphère cérébral droit.**

*Vous rédigerez un texte structuré. Votre argumentation s'appuiera sur des expériences et/ou des observations et/ou des exemples judicieusement choisis.*

2021 – Sujet spécimen / Sujet zéro n°2

#### Réflexe et fonctionnement des cellules

La contraction musculaire fait appel à des cellules spécialisées mises en jeu par exemple lors d'un réflexe.

**À partir de l'exemple du réflexe myotatique, expliquer comment la cellule musculaire se contracte à la suite de la naissance d'un message nerveux au niveau d'un récepteur sensoriel.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend que l'exposé soit étayé par des expériences, des observations, des exemples...*

## Exercice 2

2021 – Métropole – Session juin Sujet 2

### La pyridostigmine, un traitement contre la myasthénie

La myasthénie est une maladie neuro-musculaire auto-immune, c'est-à-dire que des réactions immunitaires se déclenchent contre les parties saines de l'organisme. Elle se caractérise par une faiblesse fluctuante de la musculature et une fatigabilité excessive des muscles. La pyridostigmine est un des traitements symptomatiques les plus utilisés chez les patients atteints de cette pathologie.

**À partir de l'exploitation de l'ensemble des documents et de l'apport des connaissances nécessaires, expliquer comment l'action de la pyridostigmine entraîne une diminution des symptômes engendrés par la myasthénie.**

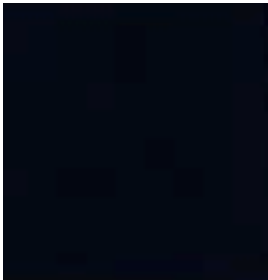
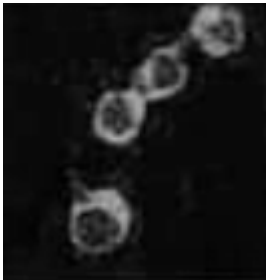

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

#### **Document 1 : la myasthénie, une maladie auto-immune**

Pour mettre en évidence l'origine auto-immune de la myasthénie, un test cellulaire peut être réalisé ex vivo, c'est-à-dire en dehors de l'organisme. Ce test permet d'identifier la présence d'anticorps apparaissant spécifiquement dans le sérum des patients atteints de myasthénie. Des cellules embryonnaires humaines exprimant ou non des récepteurs à acétylcholine à leur surface sont mises en contact avec du sérum, contenant entre autres les différents anticorps produits par un individu, d'une personne myasthénique ou saine. Ensuite, un premier lavage est effectué pour enlever les anticorps libres. D'autres anticorps associés à une molécule fluorescente et dirigés contre la partie constante des anticorps potentiellement fixés sont alors ajoutés au milieu. Pour finir, un second lavage est réalisé pour éliminer les molécules fluorescentes non fixées. Par conséquent, la fluorescence n'apparaît que lorsque l'anticorps anti-anticorps a pu se lier à une partie constante des anticorps initialement présents dans le sérum.

Les cellules sont ensuite observées au microscope. Sur les résultats présentés ci-dessous, seules les parties fluorescentes sont visibles. Elles apparaissent en gris sur les images.

Résultats du test cellulaire avec les différents sérums

Récepteurs à acétylcholine à la surface des cellules embryonnaires	Absents	Présents	Présents
Sérum mis au contact des cellules embryonnaires	Sérum de personnes atteintes de myasthénie		Sérum d'une personne saine
Résultats du test (grossissement x 400)			

Source : d'après [www.nature.com](http://www.nature.com)

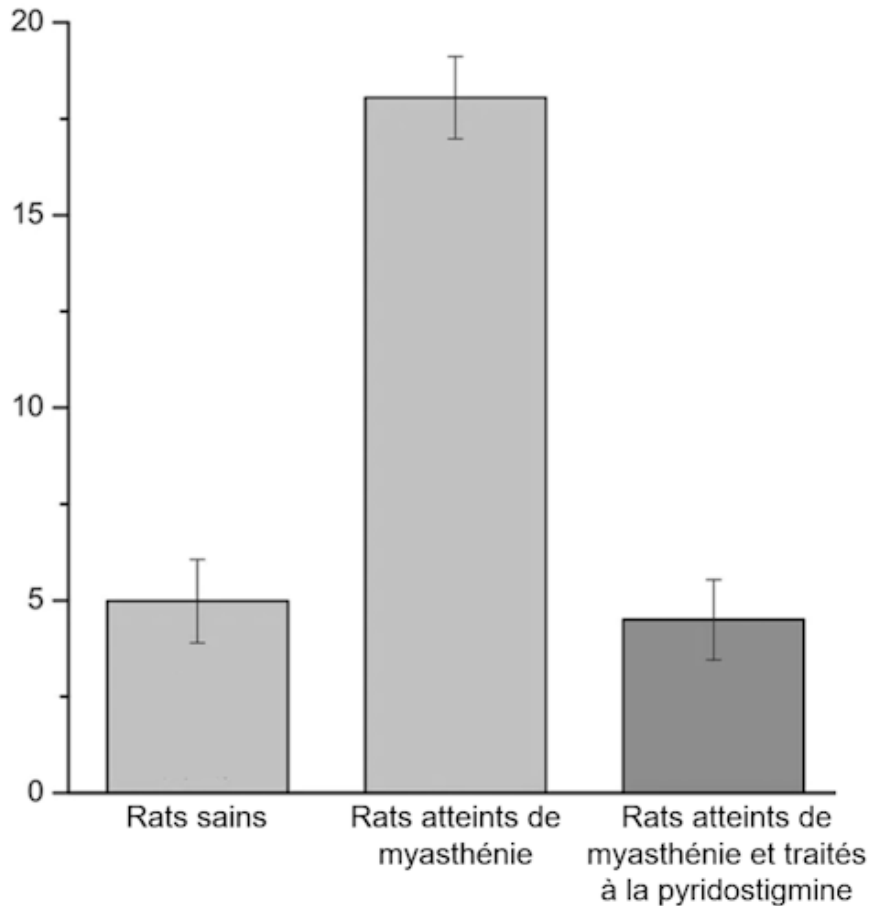
**Document 2 : variation de la réponse motrice des membres postérieurs suite à une stimulation répétitive du nerf sciatique sur différents lots de rats.**

Chez une personne saine, la quantité d'acétylcholine libérée par le neurone présynaptique tend à diminuer naturellement à chaque impulsion nerveuse si les stimulations sont espacées de moins de 1 seconde (fréquence > 1 Hz), car l'acétylcholine n'a pas le temps d'être renouvelée.

Dans les résultats expérimentaux exposés ci-dessous, on réalise une stimulation répétitive du nerf sciatique en le stimulant 200 fois en 5 secondes et on enregistre la réponse électrique des muscles innervés.

Le graphique présente le pourcentage moyen de baisse d'amplitude de la réponse électrique musculaire entre la première et la 200<sup>ème</sup> stimulation.

**Baisse d'amplitude  
moyenne de la réponse  
électrique du muscle entre  
la première et la dernière  
stimulation (en %)**

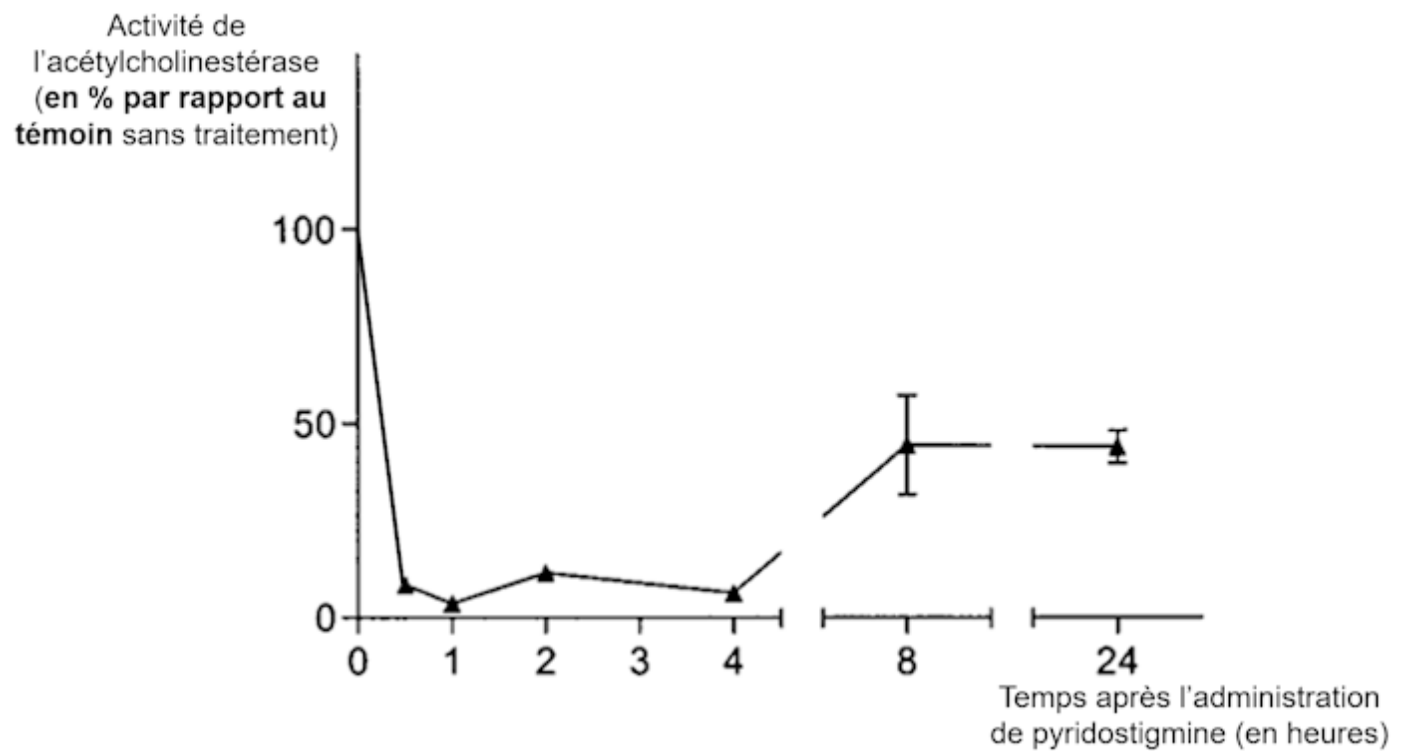


Les incertitudes sont dues à la variabilité des réponses musculaires enregistrées chez les différents lots de rats testés.

Source : d'après [www.nature.com](http://www.nature.com)

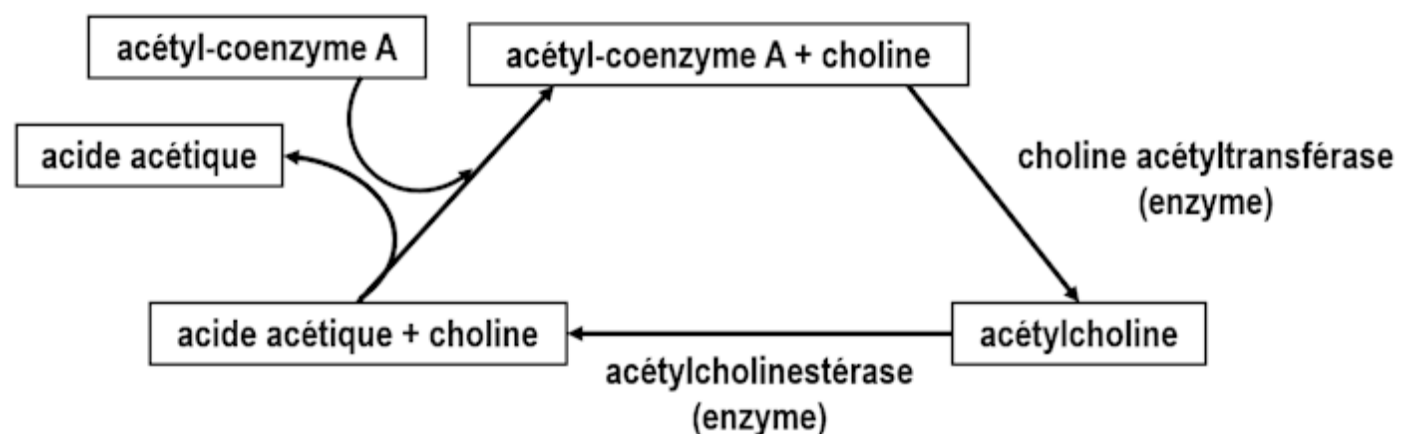
**Document 3 : action de la pyridostigmine sur l'acétylcholinestérase dans la fente synaptique**

On mesure l'activité de l'acétylcholinestérase dans la fente synaptique chez des rats sains suite à l'injection d'une dose de 30 mg/kg de pyridostigmine et on la compare à l'activité de cette enzyme chez des rats sains n'ayant subi aucun traitement.



Source : d'après toxicological Sciences Octobre 2002

**Document 4 : production, dégradation et recyclage de l'acétylcholine au niveau de la jonction neuromusculaire**



## Le mode d'action des venins de serpents

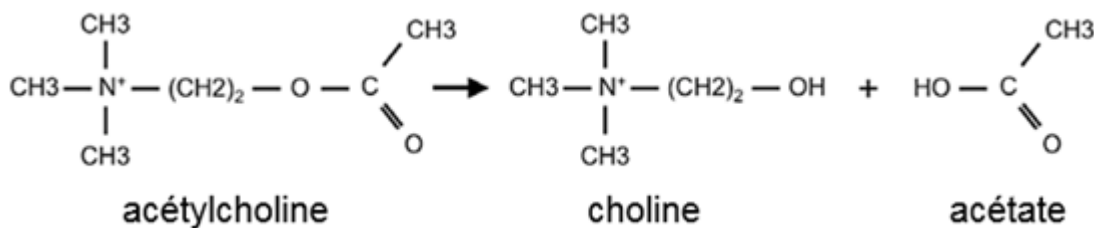
La plupart des venins de serpents ont entre autres un effet paralysant (impossibilité de contracter les muscles volontairement), qui peut entraîner la mort par arrêt du fonctionnement des muscles respiratoires de leur victime. On s'intéresse au mode d'action de deux de ces toxines : la fasciculine, présente dans le venin du serpent mamba, et l' $\alpha$ -bungarotoxine, présente dans le venin du serpent bongare.

### Expliquer l'effet paralysant de la fasciculine et de l' $\alpha$ -bungarotoxine.

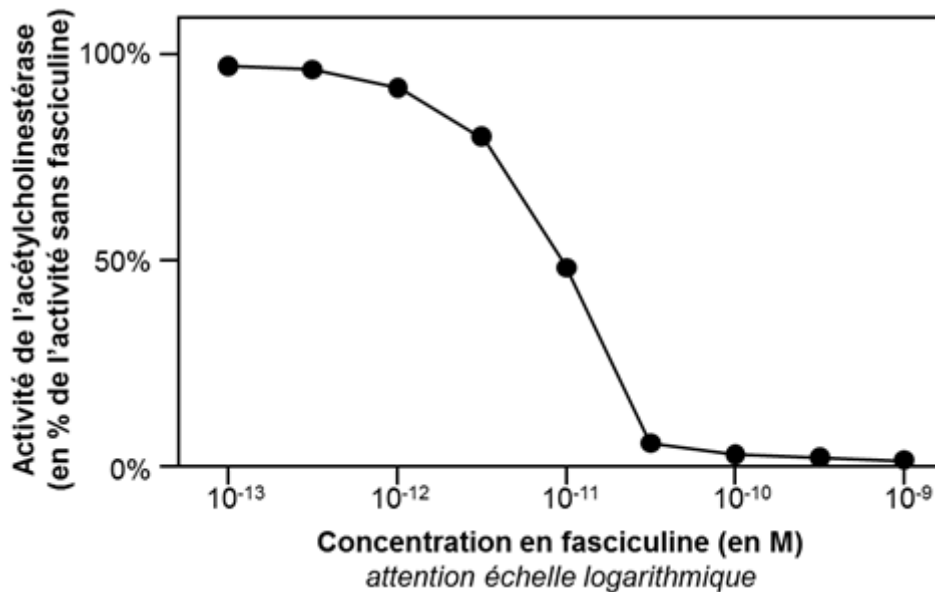
*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

#### Document 1 : Effet de la fasciculine sur l'activité de l'acétylcholinestérase

L'acétylcholinestérase est une enzyme présente dans la fente synaptique de la synapse neuro-musculaire. Elle met fin à la transmission du message nerveux moteur en détruisant le neurotransmetteur, l'acétylcholine. L'acétylcholinestérase catalyse l'hydrolyse de l'acétylcholine selon la réaction suivante :



L'activité d'hydrolyse de l'acétylcholine par l'acétylcholinestérase a été mesurée *in vitro*, en présence de diverses concentrations de fasciculine. Le pourcentage d'activité est donné par rapport à l'activité de l'enzyme en l'absence de fasciculine.

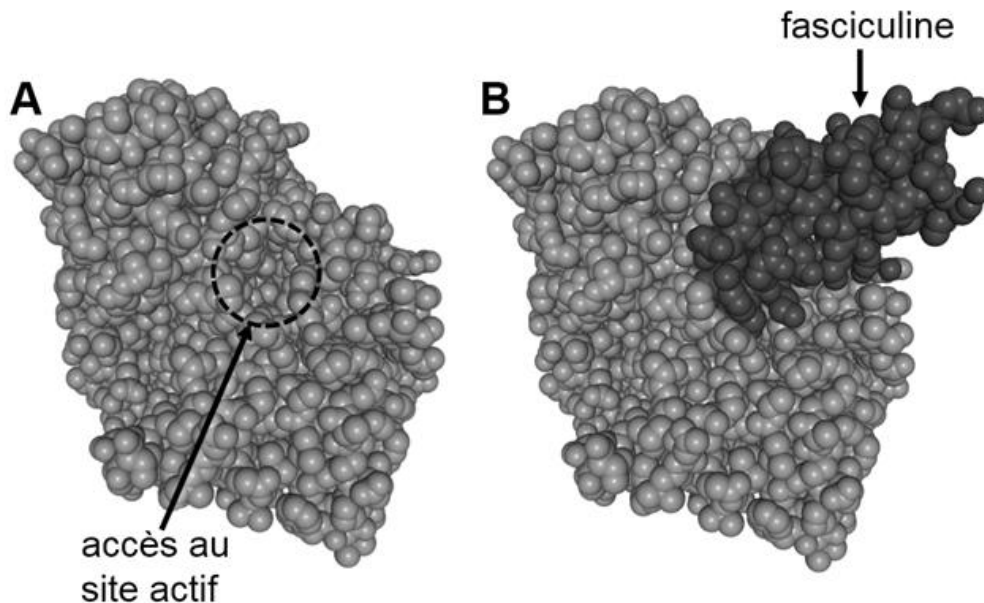


Source : d'après Marchot P et al. (1997). J Biol Chem, 272(6):3502-10

## Document 2 : Modèle moléculaire de l'acétylcholinestérase

La molécule d'acétylcholinestérase forme en son sein une sorte de poche étroite ouverte vers l'extérieur, au fond de laquelle se trouve le site actif. Le site actif d'une enzyme est la zone de la molécule qui assure la réaction chimique catalysée, il est donc indispensable à l'activité enzymatique.

Diverses molécules peuvent se lier à l'acétylcholinestérase par un site de liaison périphérique.

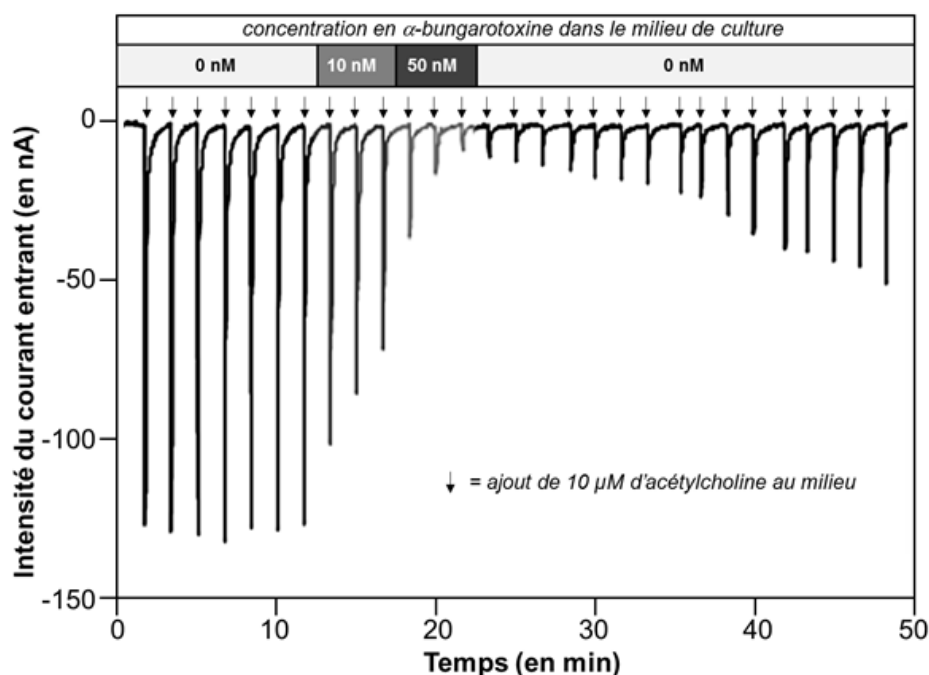


Modèles de la molécule d'acétylcholinestérase : A : molécule seule, montrant l'accès au site actif ; B : molécule liée à la fasciculine. Ces modèles moléculaires sont obtenus par reconstruction numérique avec le logiciel Libmol à partir de données expérimentales issues d'études de la molécule par diffraction aux rayons X.

Source : d'après Soreq H & Seidman S (2001). *Nature Reviews Neuroscience*, volume 2, 294–302 et Libmol.

## Document 3 : Action de l' $\alpha$ -bungarotoxine

L'action de l' $\alpha$ -bungarotoxine a été mesurée *in vitro*, sur des cellules en culture portant des récepteurs à l'acétylcholine. On a mesuré le courant électrique entrant dans les cellules (en nA), en réponse aux ajouts successifs de 10  $\mu$ M d'acétylcholine dans le milieu, en l'absence et en présence d' $\alpha$ -bungarotoxine (10 et 50 nM).



Source : d'après [www.alomone.com/p/bungarotoxin/B-100](http://www.alomone.com/p/bungarotoxin/B-100)

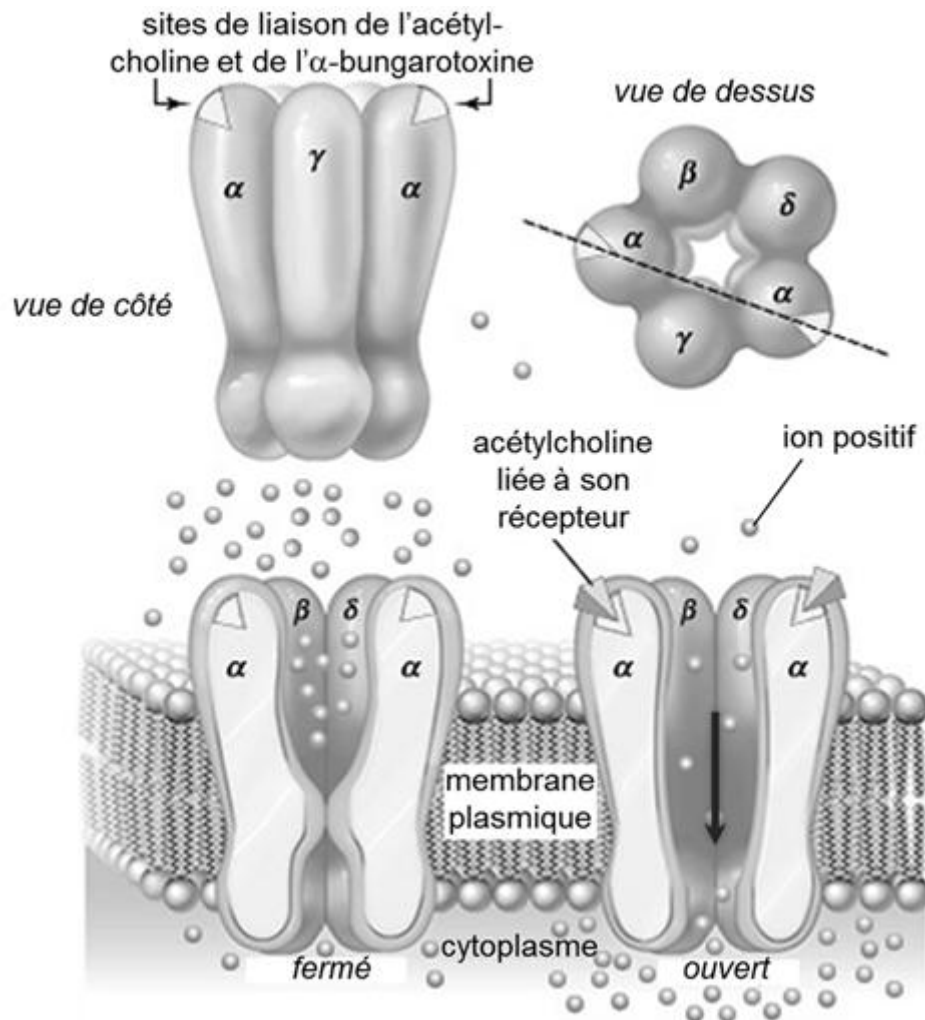


#### **Document 4 : Le récepteur musculaire à l'acétylcholine et l' $\alpha$ -bungarotoxine**

Les récepteurs musculaires à l'acétylcholine sont présents dans la membrane plasmique de la cellule musculaire au niveau des synapses neuro-musculaires.

Ils sont formés de 5 sous-unités protéiques, qui forment une sorte de canal à travers la membrane. Lorsque l'acétylcholine se fixe sur ses récepteurs, le canal s'ouvre, ce qui permet l'entrée d'ions positifs dans la cellule musculaire. C'est cette entrée d'ions qui provoque l'excitation de la cellule musculaire et sa contraction.

D'autres substances que l'acétylcholine peuvent se lier à ces récepteurs. C'est le cas de l' $\alpha$ -bungarotoxine.



#### **Schéma et fonctionnement du récepteur musculaire à l'acétylcholine**

Source : d'après Encyclopaedia Britannica et Jones RA et al. (2016). *Open Biol.* 6: 160240



## Thème 5 – Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie (Chap 3 & 4)

### Exercice 1

2021 - Métropole – Session juin Sujet 2

#### **Energie et contraction musculaire**

La contraction musculaire fait appel à des cellules spécialisées ayant des besoins énergétiques importants.

**Expliquer comment l'utilisation du dioxygène et du glucose par la cellule musculaire permet son raccourcissement.**

*Vous rédigerez un texte structuré et argumenté, s'appuyant sur des expériences, des observations et/ou des exemples judicieusement choisis.*

## Exercice 2

2021 – Polynésie – Sujet 2

### Un cas de myopathie

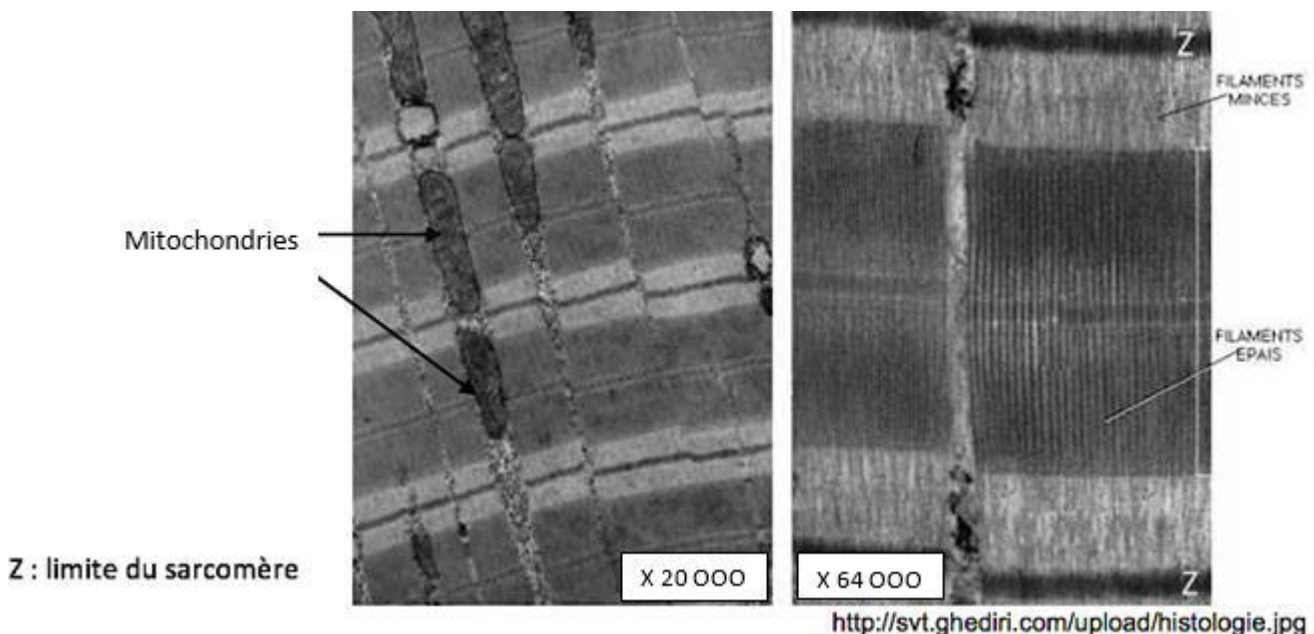
Suite à l'observation des troubles locomoteurs chez leur enfant, des parents d'un enfant âgé de 2 ans consultent un pédiatre. Des analyses médicales révèlent que l'enfant présente une faiblesse musculaire appelée une hypotonie au niveau des 4 membres et du myocarde ou muscle cardiaque. Aucun autre organe n'est touché. Les muscles squelettiques présentent pourtant une organisation normale des fibres musculaires. Le pédiatre cherche à comprendre l'origine des symptômes de cet enfant.

**Proposer une explication aux symptômes observés chez l'enfant.**

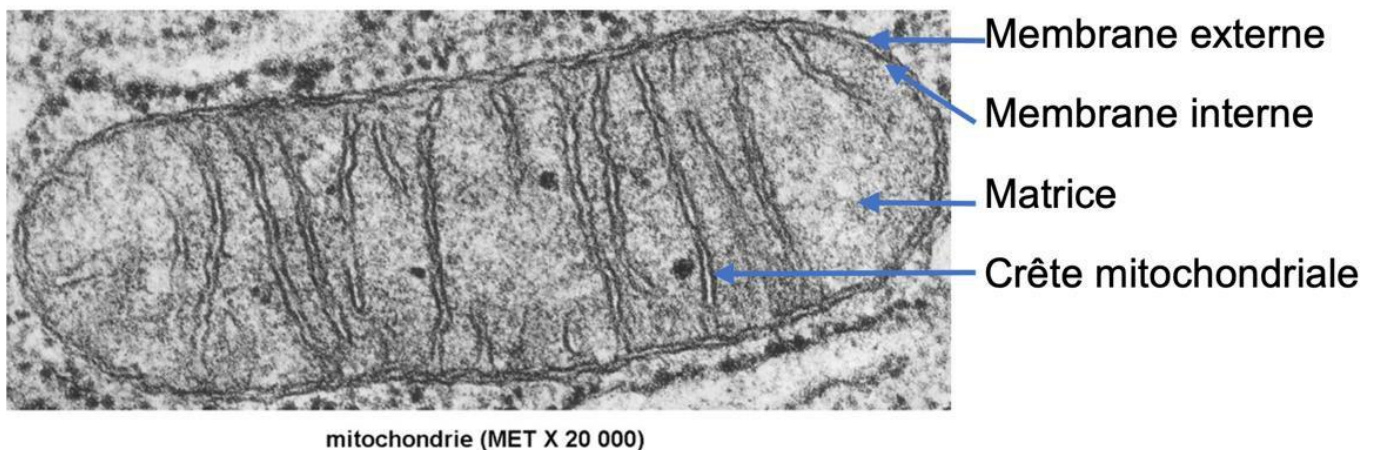
*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données issues des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

#### **DOCUMENT 1 – Rappel des détails d'une myofibrille d'un muscle squelettique observée au microscope électronique**

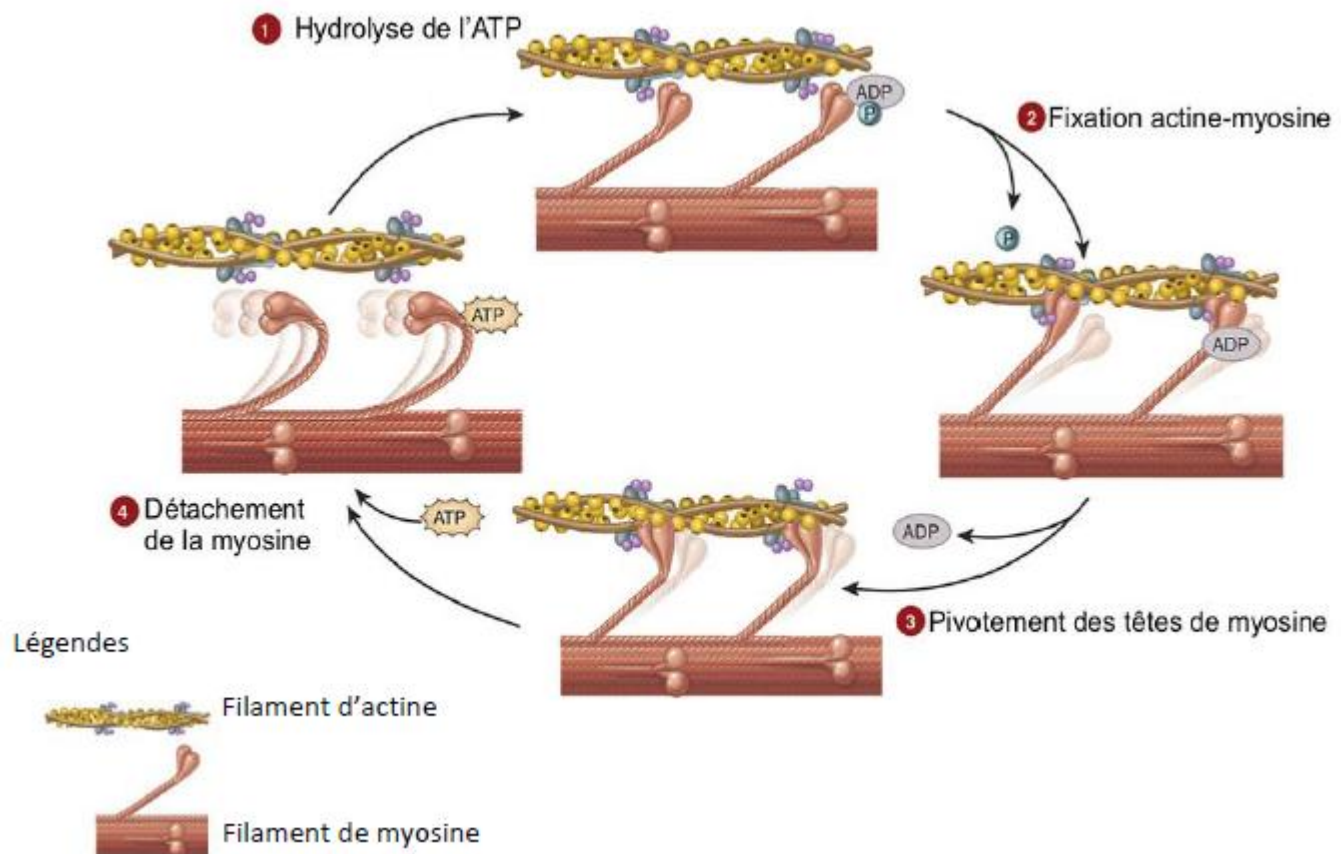
La structure observée est identique chez une personne saine et chez l'enfant.



#### **DOCUMENT 2 – Rappel de l'organisation d'une mitochondrie observée en microscopie électronique**



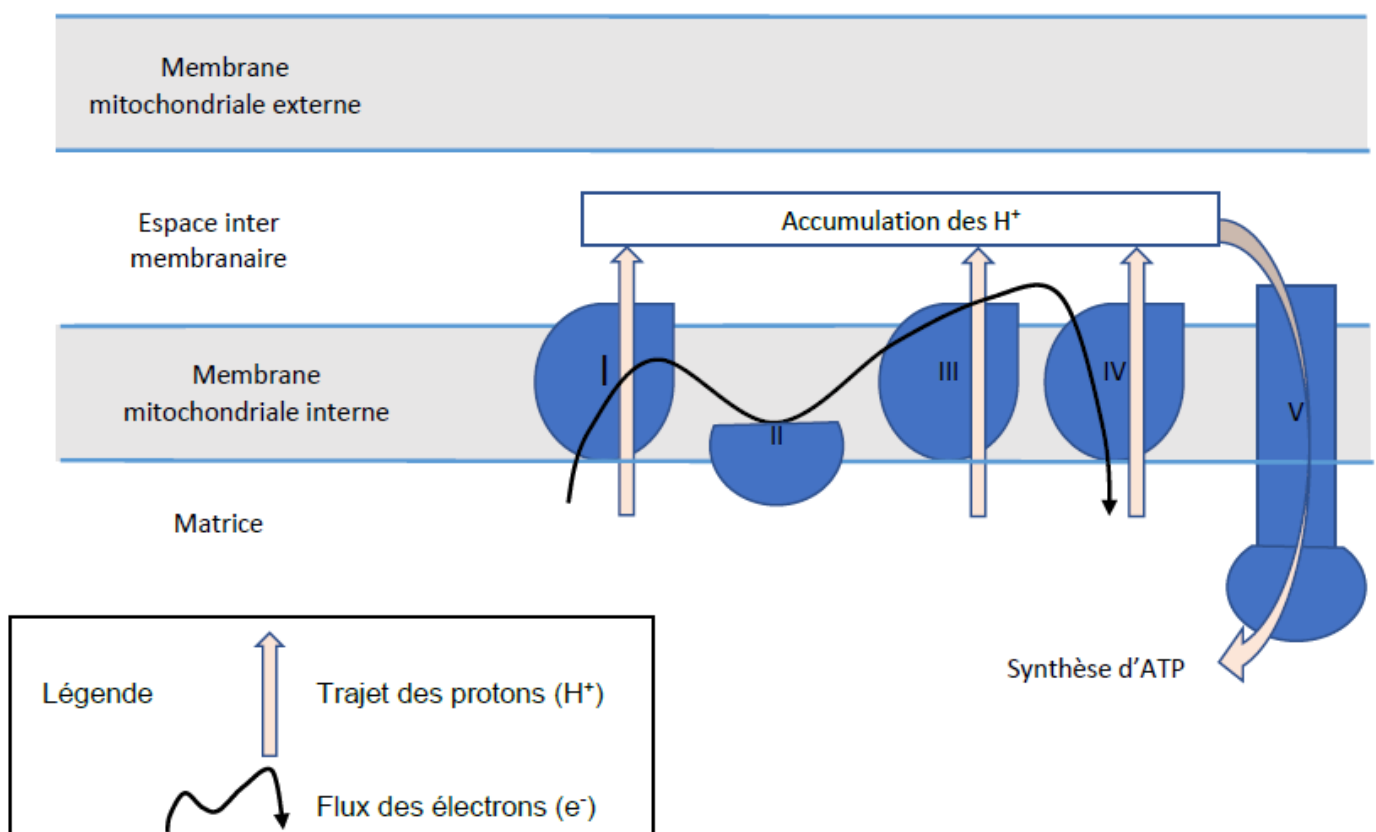
### DOCUMENT 3 – Rappel du cycle d'interaction entre l'actine et la myosine dans les cellules musculaires



### DOCUMENT 4 – Rappel des mécanismes de la chaîne respiratoire et de la synthèse d'ATP

(<https://lookfordiagnosis.com>)

La chaîne respiratoire correspond à une chaîne de 4 complexes protéiques notés I à IV et d'une ATP-synthase correspondant au complexe noté V.



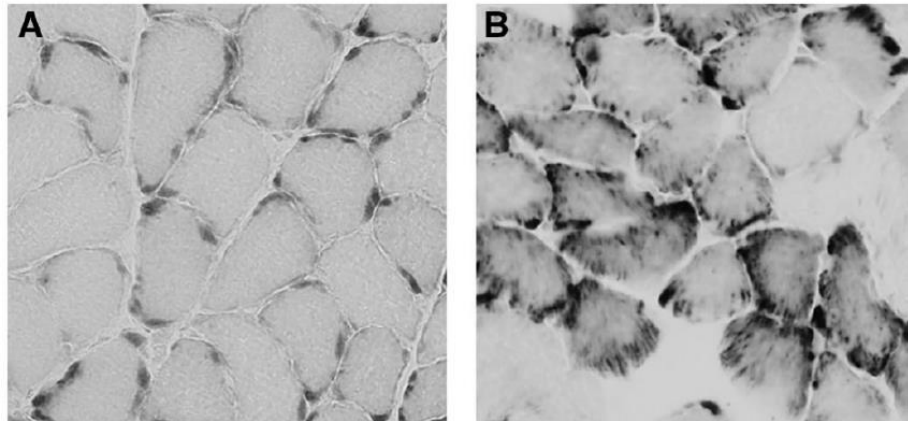
## DOCUMENT 5 – Résultats des travaux réalisés sur des souris présentant une mutation du gène Cox6a2

D'après Michio et Al (2019, Aout). *Annals of Neurology*, 86, No. 2. p193-202

Le gène Cox6a2 code pour l'enzyme COX présente dans l'un des complexes de la chaîne respiratoire mitochondriale. Il s'exprime spécifiquement dans les cellules des muscles.

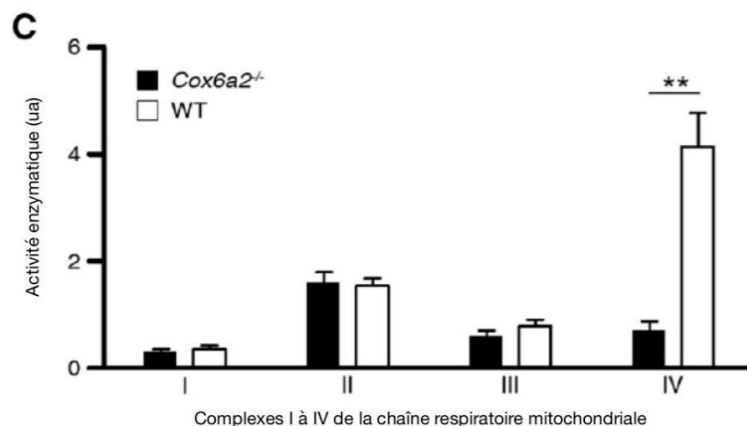
On compare l'activité enzymatique de la COX chez des souris mutées nommées « Cox6a2 -/- » et des souris non mutées nommées « WT ».

### (A) Observation au microscope optique (x600) d'une coloration COX dans les muscles de la patte des souris « Cox6a2 -/- » (A) et « WT » (B)



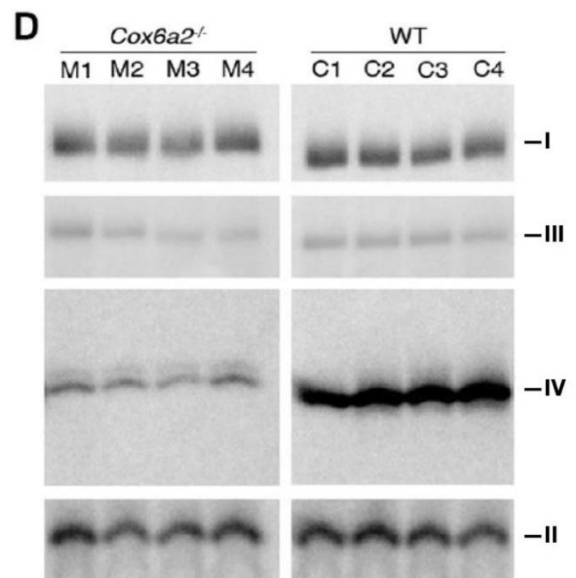
L'intensité de la coloration est proportionnelle à l'intensité de l'activité de l'enzyme COX.

### (C) Activité enzymatique des complexes I à IV de la chaîne respiratoire mitochondriale dans les muscles des souris mutées « Cox6a2-/- » et non mutées « WT »



Les astérisques \*\* indiquent une différence statistique significative.

### (D) Résultats d'électrophorèse des protéines des complexes I à IV de la chaîne respiratoire chez quatre souris « Cox6a2-/- » (M1 à M4) et quatre souris « WT » (C1 à C4)



L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de protéines des complexes mitochondriaux.

L'électrophorèse est une technique qui permet de séparer des molécules. Elle utilise le fait que certaines molécules sont chargées électriquement. A taille et masse moléculaire égales, les molécules migrent d'autant plus facilement qu'elles possèdent une forte charge électrique.



**DOCUMENT 6 – Comparaison d'une portion des séquences alléliques du gène Cox6a2 chez une personne saine et chez l'enfant malade**

**Allèle 1 d'une personne saine :**

C C C A G C G T G G C C C T C T G C A C C

**Allèle 2 d'une personne saine :**

C C C A G C G T G G C C C T C T G C A C C



Position 112

**Allèle 1 de l'enfant malade :**

C C C A G A G T G G C C C T C T G C A C C

**Allèle 2 de l'enfant malade :**

C C C A G C G T G G C C C T C C G C A C C



Position 112

*Modifié d'après Michio et Al (2019, Aout). Annals of Neurology, 86, No. 2. p193-202*

### L'effet hypoglycémiant d'une molécule de synthèse

Pour obtenir expérimentalement des souris diabétiques on peut leur administrer une molécule, l'alloxane, qui détruit spécifiquement les cellules du pancréas produisant l'insuline. Des chercheurs ont montré sur des souris souffrant de diabète alloxanique, que l'acide lipoïque andrographolide (AL-1) constituait potentiellement un traitement antidiabétique intéressant.

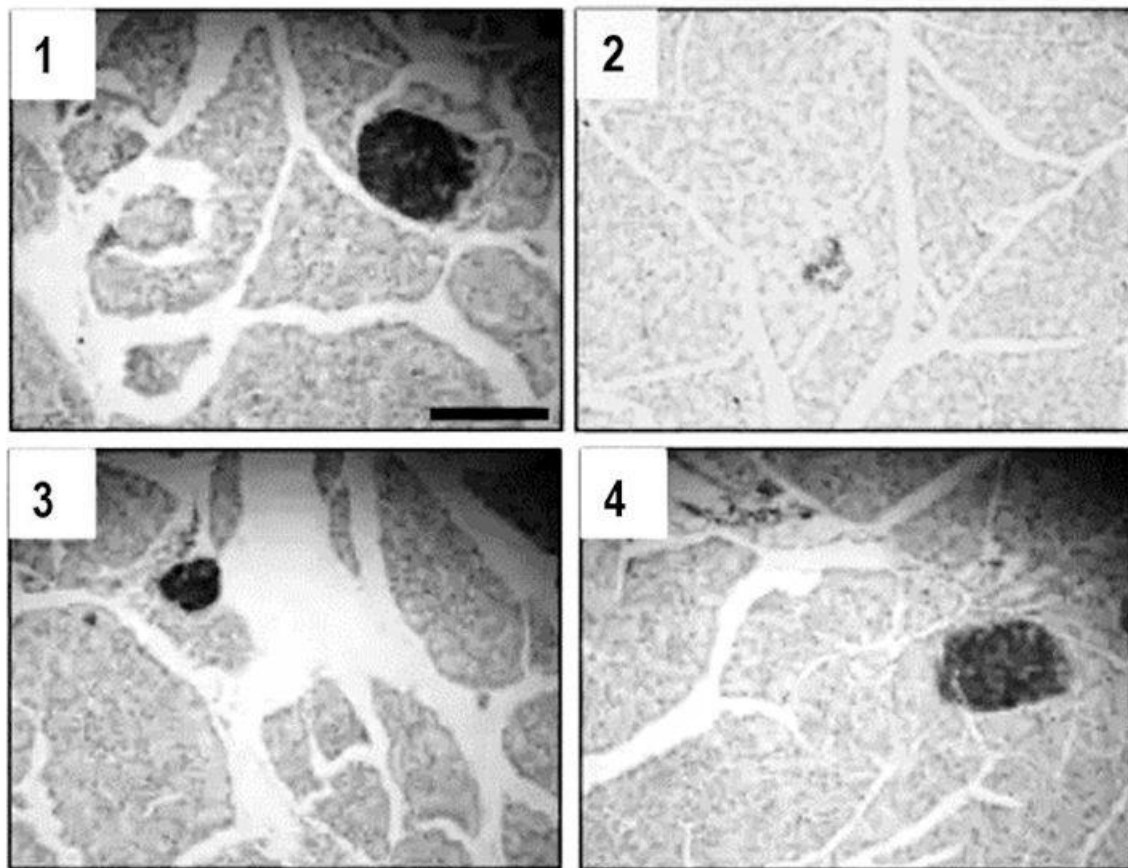
**Expliquer comment le traitement par l'AL-1 permet de réguler l'apport en glucose aux fibres musculaires de souris atteintes de diabète alloxanique.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

#### **Document 1 : surface occupée par les îlots de Langerhans avec et sans traitement par l'AL-1**

Pour tester l'effet du traitement à l'AL-1 sur les cellules endocrines du pancréas, on photographie la morphologie des îlots de Langerhans dans différents lots de souris.

#### **Photos de la morphologie des îlots de Langerhans des différents lots de souris** (barre échelle : 50 $\mu$ m)



Les cellules endocrines sont marquées et apparaissent plus foncées sur les coupes de pancréas

1 : Souris saines

2 : Souris avec un diabète alloxanique

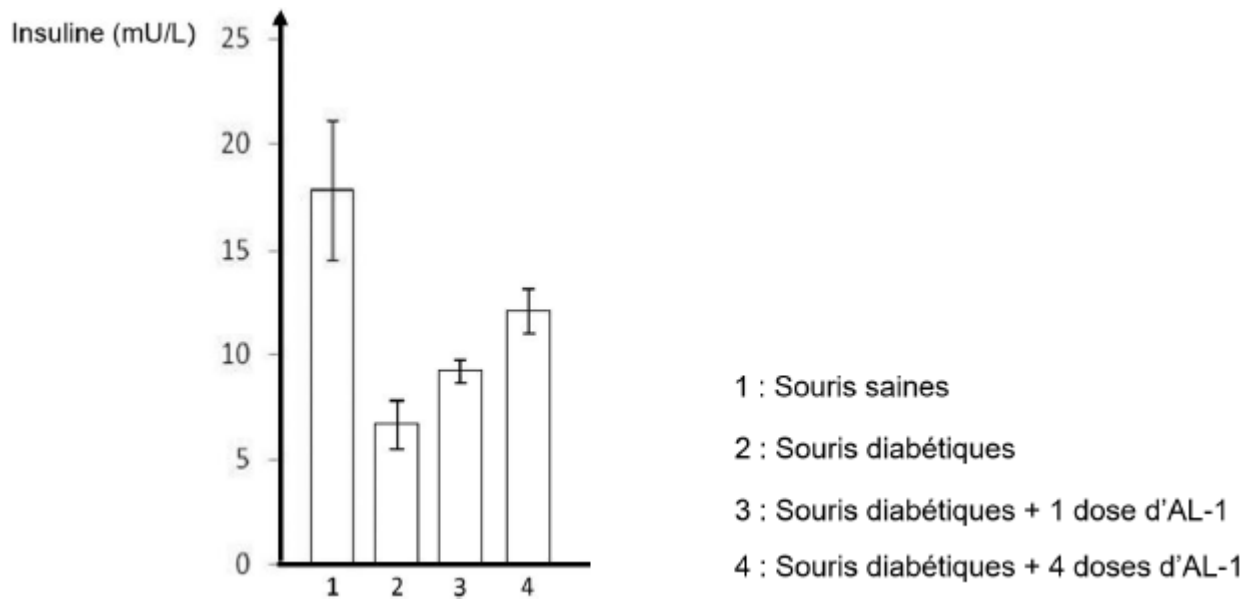
3 : Souris avec un diabète alloxanique + 1 dose d'AL-1

4 : Souris avec un diabète alloxanique + 4 doses d'AL-1

*Source : d'après journal of Translational Medicine*

#### **Document 2 : concentration d'insuline présente dans le sérum avec et sans traitement par l'AL-1**

Pour tester les effets du traitement à l'AL-1 sur la concentration d'insuline, on la mesure dans le sérum de différents lots de souris.



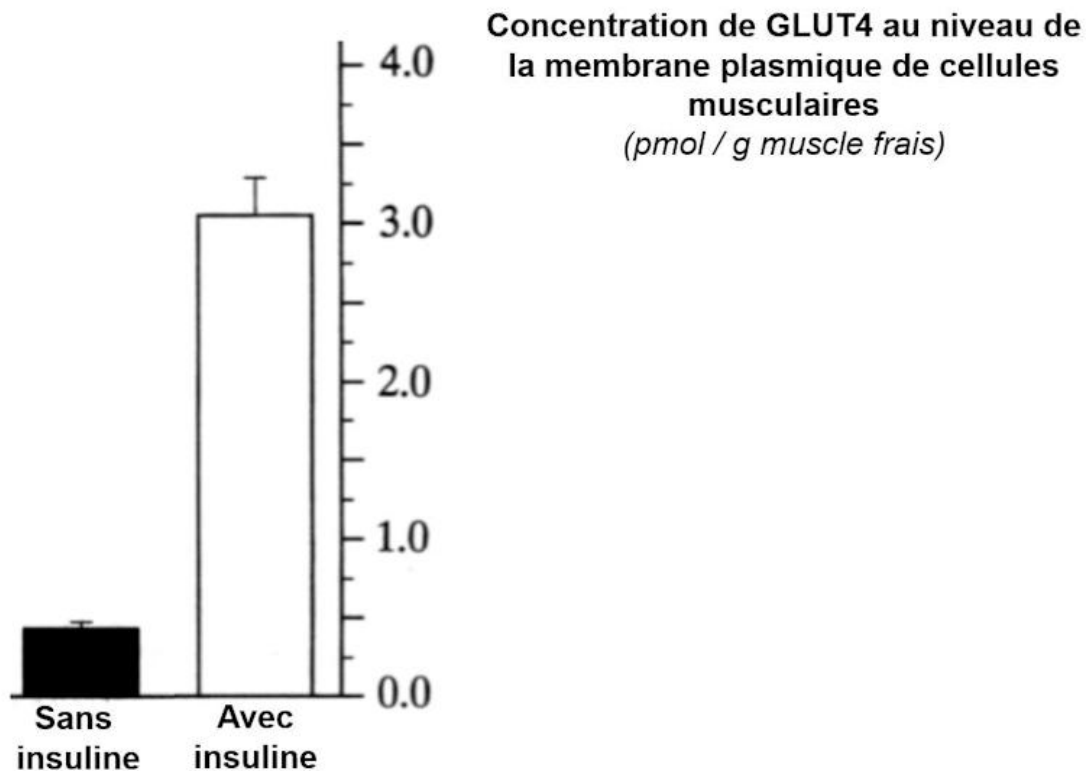
Source : d'après *journal of Translational Medicine*

Les incertitudes sont dues à la variabilité de la concentration d'insuline enregistrée chez les différents lots de souris testés.

### **Document 3 : concentration du transporteur de glucose (GLUT4) au niveau de la membrane plasmique en présence ou non d'insuline**

De nombreuses protéines de la famille des transporteurs GLUT interviennent dans la régulation de la glycémie. GLUT4 correspond à l'une de ces protéines.

In vitro on soumet un muscle à la présence d'insuline. On suit quantitativement la présence de la protéine GLUT4 au niveau de la membrane plasmique.



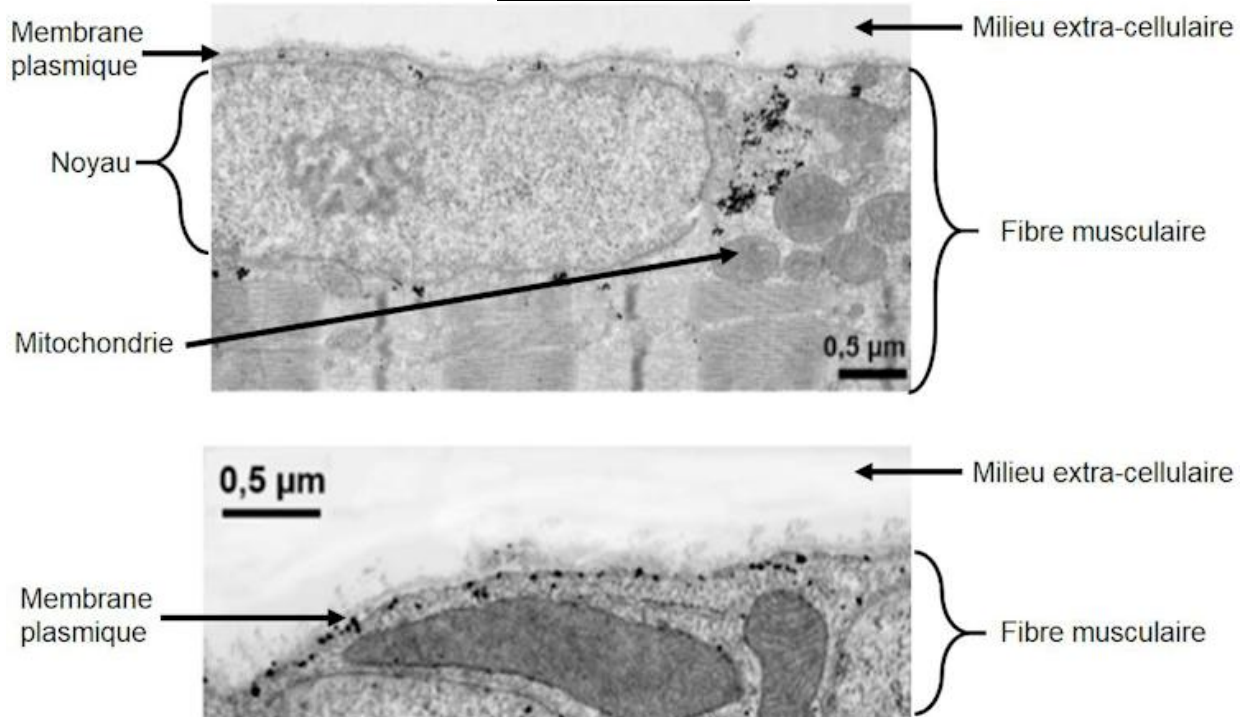
Source : d'après Ryder JW & al. *FASEB J* 13: 2246–2256, 1999

### **Document 4 : localisations et rôle de la protéine GLUT4**

#### Document 4a : localisations du transporteur GLUT4 dans les fibres musculaires

Pour localiser la protéine GLUT4 dans des fibres musculaires de rats, on effectue des observations au microscope électronique à transmission de marquages immunologiques. On utilise des anticorps anti-GLUT4 associés à des particules d'or qui apparaissent sous forme de points sombres.

Immunolocalisation de GLUT 4 dans les fibres musculaires de rats au repos (en haut) et pendant une contraction (en bas)



Source : modifié d'après Ploug T & al. *J Cell Biol* 142: 1429–1446, 1998

#### Document 4b : rôle du transporteur GLUT4 dans les fibres musculaires

On souhaite déterminer le rôle de la protéine GLUT4 dans les fibres musculaires lors d'un effort. Pour cela on utilise des souris sauvages et des souris knock-out. Ces dernières ont été modifiées génétiquement pour inactiver le gène codant pour la protéine GLUT4.

On ajoute au milieu de culture des cellules musculaires du 2-désoxyglucose, un analogue au glucose, mais qui contrairement à ce dernier ne peut pas être utilisé pour le métabolisme.

Cette molécule est marquée radioactivement par l'isotope 14 du carbone, ce qui permet de la suivre in vitro.

Prélèvement du 2-désoxyglucose par les fibres musculaires chez des souris sauvages et knock-out pour GLUT4

Prélèvement du 2-désoxyglucose  
( $\text{mmol} \times \text{mg protéine}^{-1} \times 20 \text{ min}^{-1}$ )



Source : d'après Ryder JW & al. *FASEB J* 13: 2246–2256, 1999

L'exercice physique s'accompagne d'une modification des différentes fonctions impliquées dans le métabolisme énergétique. L'énergie nécessaire à la contraction provient de l'hydrolyse de l'ATP à partir de différents substrats dont la nature dépend du type d'effort. Les hormones jouent un rôle important dans ces différentes adaptations de façon à assurer un apport suffisant au niveau de la fibre musculaire.

**Montrer que les modifications des sécrétions hormonales permettent à l'organisme de répondre aux besoins induits par l'effort physique.**

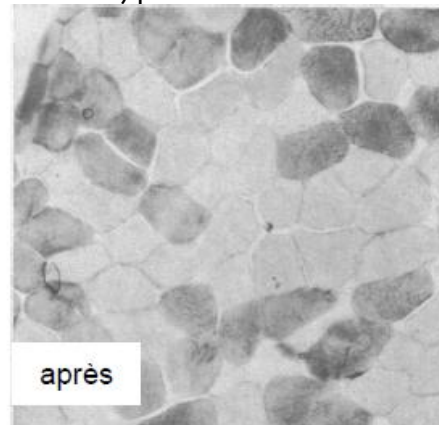
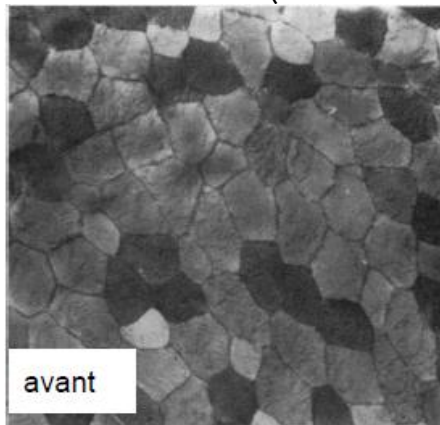
*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

**Un schéma bilan est attendu en guise de conclusion.**

### **Document 1 : Modifications physiologiques lors d'un effort**

**Document 1a :** Lors d'un exercice physique on observe une augmentation du débit cardiaque et une consommation accrue de glucose sanguin au niveau des muscles impliqués

**Document 1b :** Coloration du glycogène sur des biopsies du muscle vaste latéral humain (cuisse) avant et après un exercice à 15 % de la CVM (Contraction Volontaire Maximale) pendant 26 min

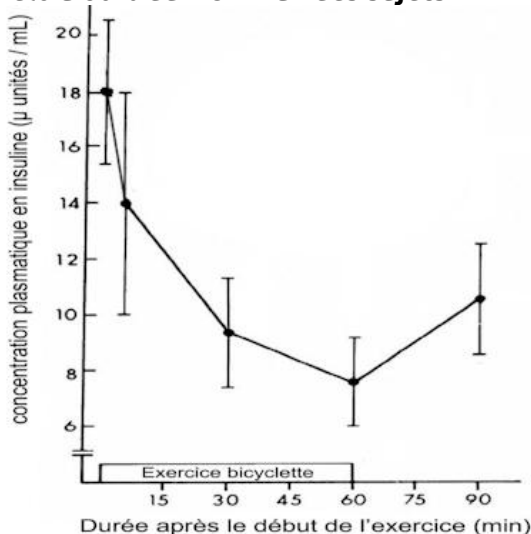


*D'après. Gollinick et al. 1974*

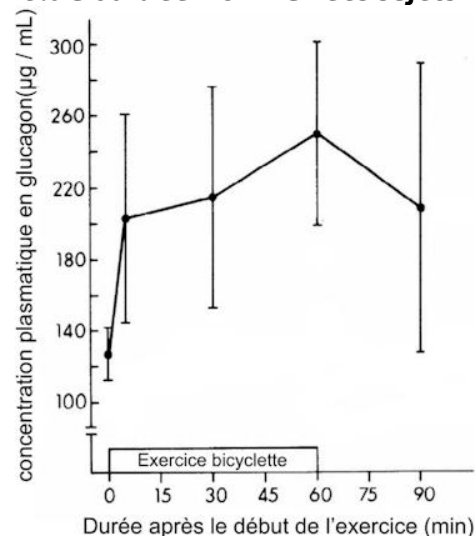
### **Document 2 : Variations des concentrations hormonales lors d'un effort**

*VO<sub>2</sub> max : volume maximal de dioxygène que l'organisme peut consommer durant un effort physique intense. Cette valeur est liée au débit cardiaque maximal.*

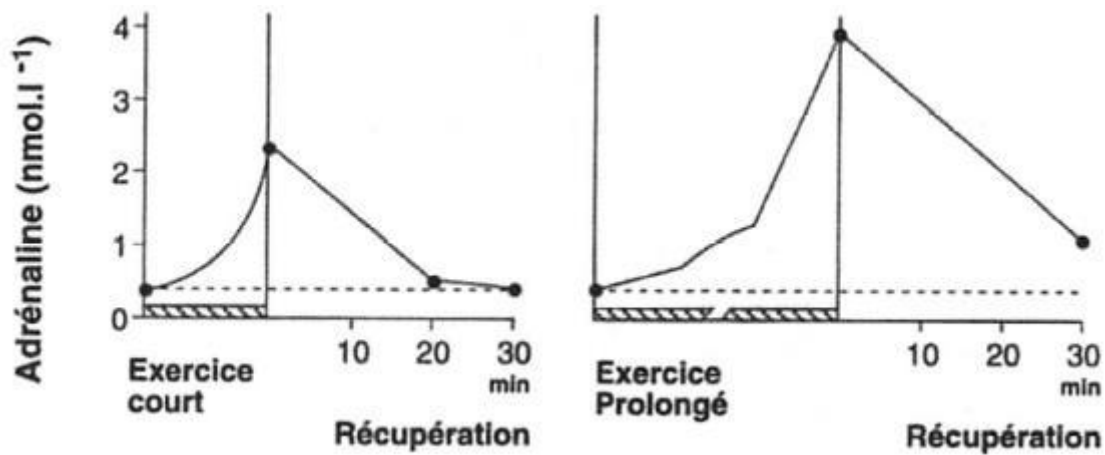
**Document 2a : Variation de la concentration plasmatique d'insuline provoquée par 60 minutes d'exercice à vélo à 60% du VO<sub>2</sub> max des sujets**



**Document 2b : Variation de la concentration plasmatique de glucagon provoquée par 60 minutes d'exercice à vélo à 60% du VO<sub>2</sub> max des sujets**



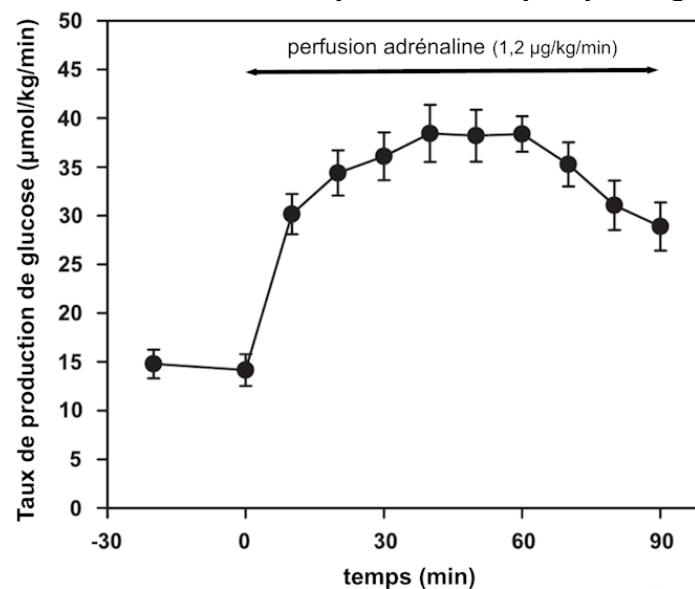
**Document 2c : Variations des concentrations plasmatiques en adrénaline pendant et après l'exercice pour un exercice sous-maximal (80 % du VO<sub>2</sub> max pendant 20 min) et un exercice d'intensité moyenne (70 % du VO<sub>2</sub> max pendant 60 min)**



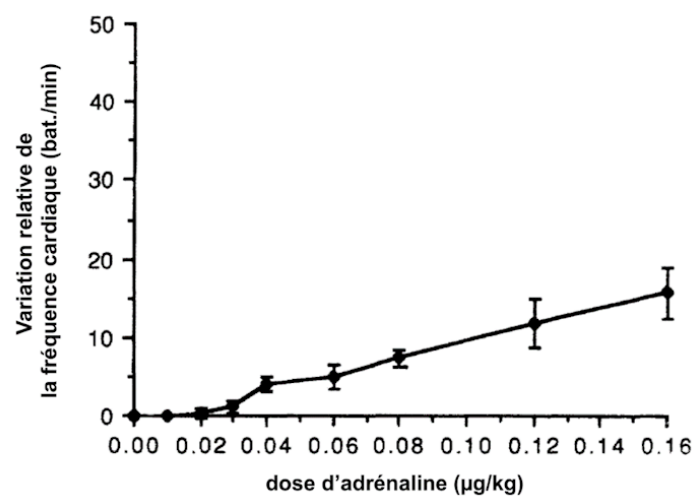
*D'après Galbo et Gollnick 1984*

### Document 3 : Effets de l'adrénaline.

#### Document 3a : Effet de l'adrénaline sur les taux de production hépatique de glucose



#### Document 3b : Courbe dose-réponse de l'adrénaline : variation de la fréquence cardiaque en fonction de la dose d'adrénaline injectée ; les doses séquentielles d'adrénaline ont été administrées toutes les 5 minutes par injection intraveineuse



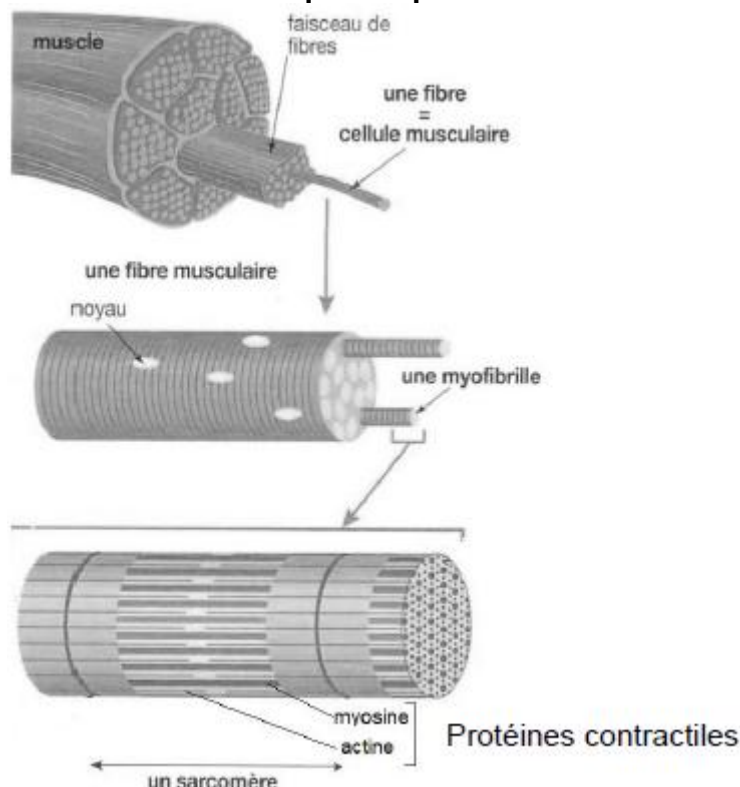
*D'après Dufour et al. 2009*



## Expliquer le mode d'action d'une hormone protéique, l'apeline, envisagée comme traitement de la déficience musculaire liée à l'âge.

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

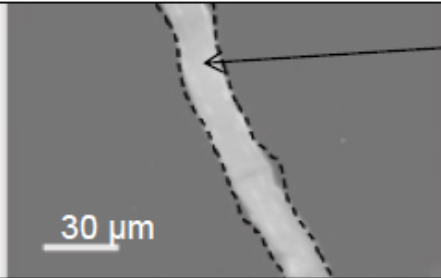
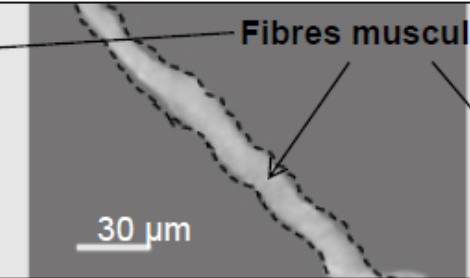
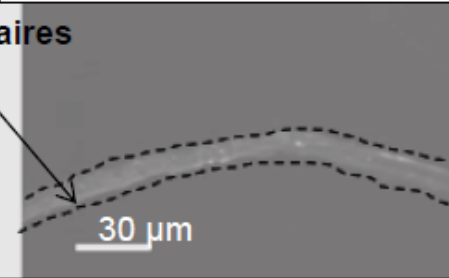
### Document 1 : Organisation d'un muscle strié squelettique



*D'après manuel spécialité SVT terminale S*

### Document 2 : Microphotographies de fibres musculaires de souris témoins mettant en évidence par immunofluorescence la présence d'apeline.

L'apeline est une petite hormone d'une vingtaine d'acides aminés. En laboratoire, les souris ont une espérance de vie de 2 à 3 ans.

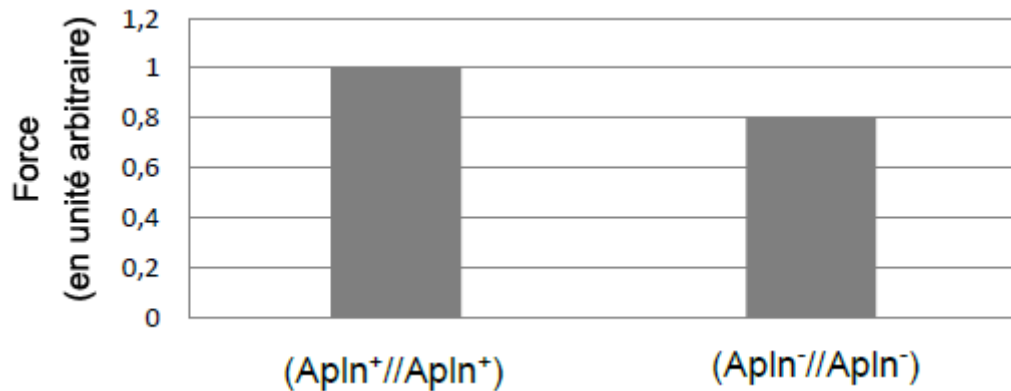
3 mois : souris jeunes	12 mois : souris adultes	24 mois : souris âgées
		
<b>Fluorescence moyenne : <math>3 \cdot 10^7</math> unités arbitraires</b>	<b>Fluorescence moyenne : <math>2,3 \cdot 10^7</math> unités arbitraires</b>	<b>Fluorescence moyenne : <math>1 \cdot 10^7</math> unités arbitraires</b>

### Document 3 : Études réalisées sur des souris de 12 mois déficientes ou non en apeline

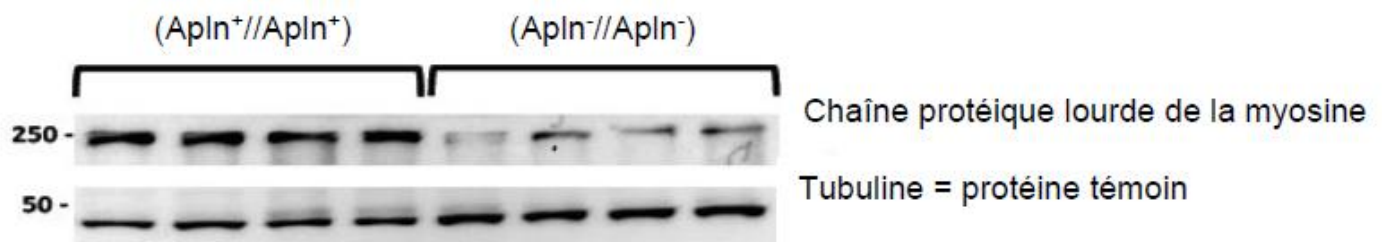
Des expériences sont réalisées chez des souris sauvages (Apln+//Apln+) et des souris déficientes en apeline homozygotes pour l'allèle mutant (Apln-//Apln-) du gène APLN codant l'apeline.



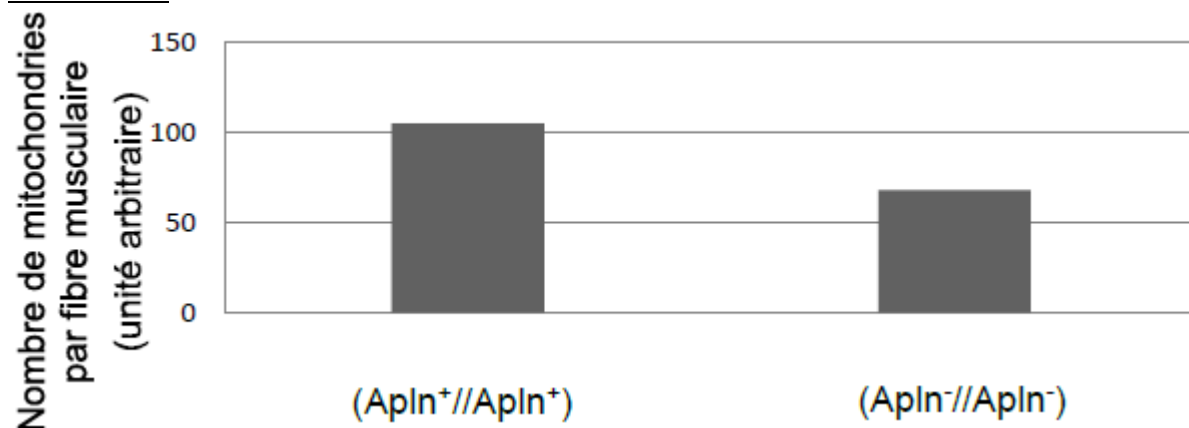
### Document 3a : Tests de force musculaire



### Document 3b : Electrophorèse de protéines musculaires de souris sauvages (Apln<sup>+</sup>//Apln<sup>+</sup>) et de souris homozygotes pour l'allèle mutant du gène APLN (Apln<sup>-</sup>//Apln<sup>-</sup>)



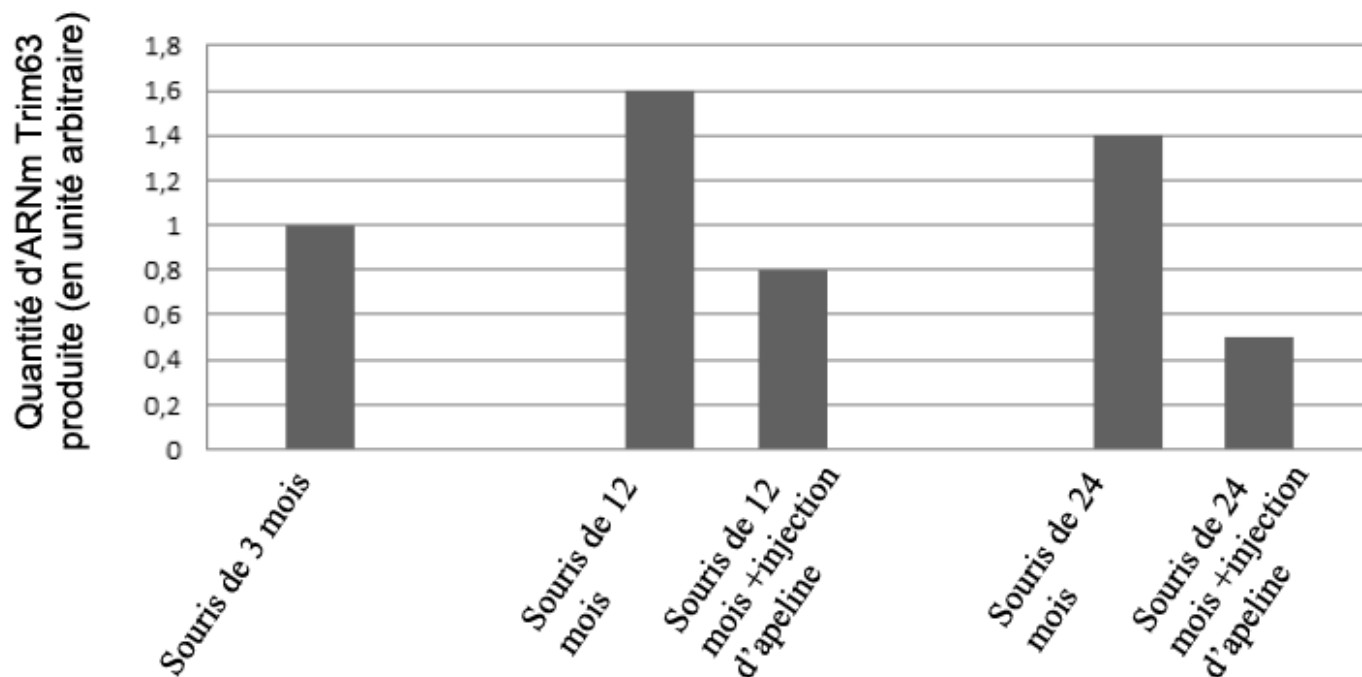
### Document 4 : Évaluation du nombre de mitochondries dans des fibres musculaires



### Document 5 : Effets de l'injection d'apeline chez la souris

#### Document 5a : Traitements à l'apeline et production d'ARNm Trim63 chez des souris d'âges différents

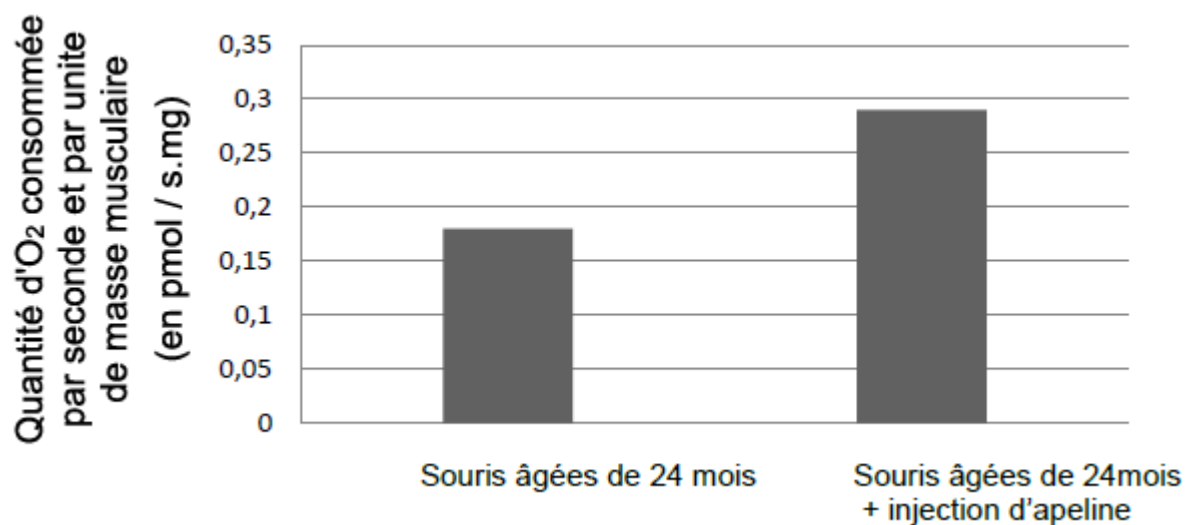
Trim63 est protéine impliquée dans la dégénérescence musculaire.



#### Document 5b : Autre effet de l'apeline sur les fibres musculaires

L'injection d'apeline active certaines enzymes du cycle de Krebs chez les souris âgées comme chez les homozygotes (Apln-//Apln-).

#### Document 6 : Consommation d'O<sub>2</sub> dans des fibres musculaires de souris âgées de 24 mois, traitées ou non à l'apeline



## Vitesse de raccourcissement des cellules musculaires

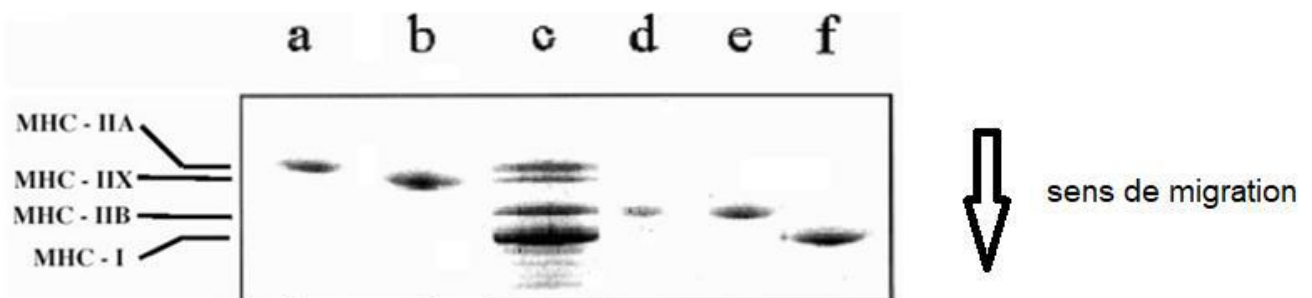
Selon l'activité motrice effectuée, les mouvements mis en jeu s'appuient sur la réalisation de contractions plus ou moins rapides. On cherche à comprendre ce qui détermine la vitesse de raccourcissement des cellules musculaires.

**À partir de l'exploitation de l'ensemble des documents et de l'apport des connaissances nécessaires, proposer une hypothèse expliquant les vitesses de raccourcissement différentes des cellules musculaires.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

### Document 1 : électrophorèse<sup>1</sup> des chaînes lourdes de la myosine de différentes cellules musculaires

Diverses cellules musculaires sont isolées à partir de muscles de rats ; les chaînes lourdes de myosine (MHC pour « Myosin Heavy Chain ») en sont extraites et subissent une électrophorèse suivie d'une coloration les faisant apparaître en noir. Chacune des pistes a, b, d, e et f correspondant aux MHC extraites d'une seule cellule venant d'un muscle donné. La piste c révèle les MHC extraites d'un mélange de cellules issues de divers muscles de rats.

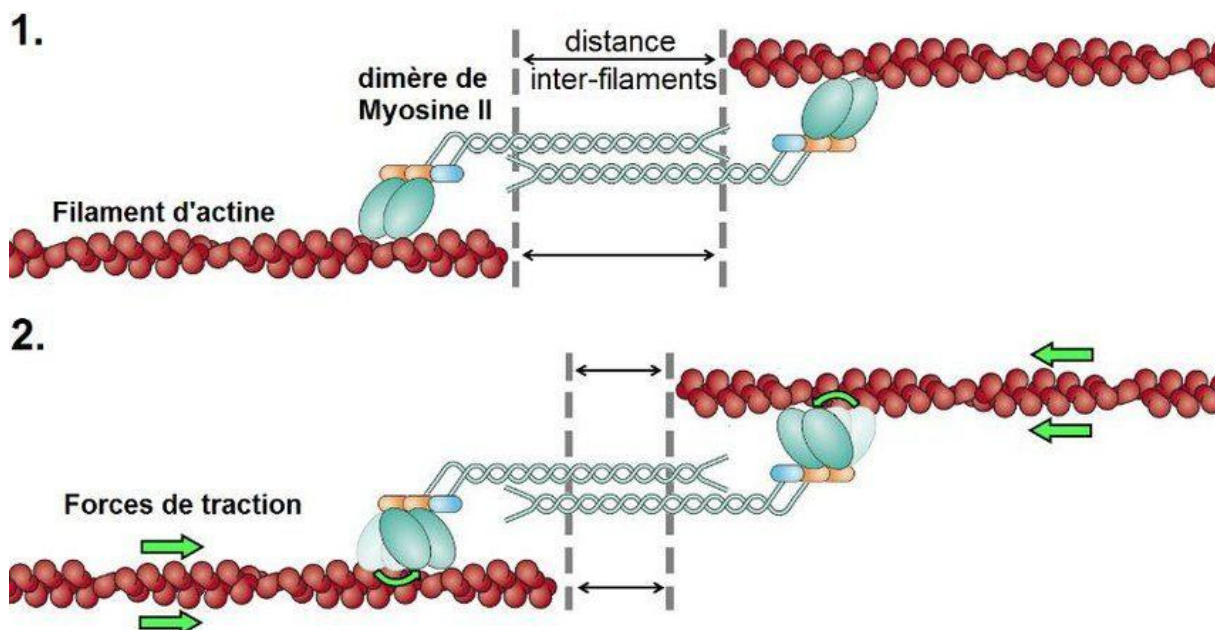


Source : d'après Weiss et al., J. Biol. Chem. 276, 49502-45908, 2001

<sup>1</sup>électrophorèse : technique permettant de faire migrer dans un champ électrique des molécules chargées électriquement. Plus les molécules sont légères et plus loin elles migrent en partant de la zone de dépôt en haut de l'image.

### Document 2 : intervention de la myosine dans le raccourcissement de la cellule musculaire

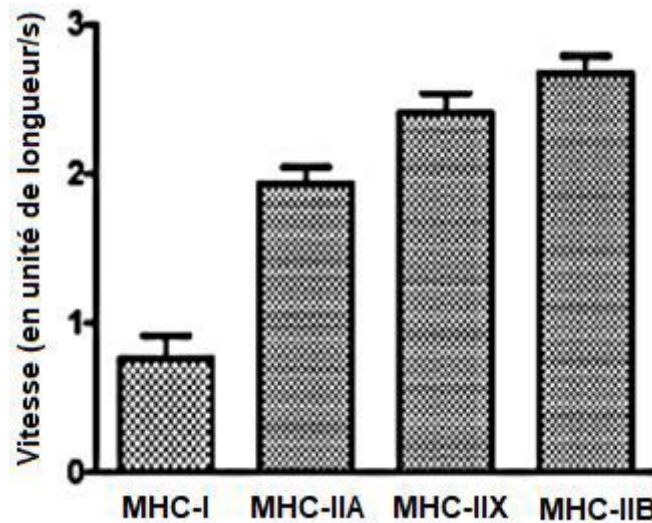
Lors du raccourcissement d'une cellule musculaire, il y a plusieurs cycles tels que celui décrit ci-dessous qui se succèdent. Plus ces cycles sont nombreux sur une période donnée, et plus le raccourcissement est important.



Source : d'après <https://www.researchgate.net>

### Document 3 : vitesses de raccourcissement des cellules musculaires

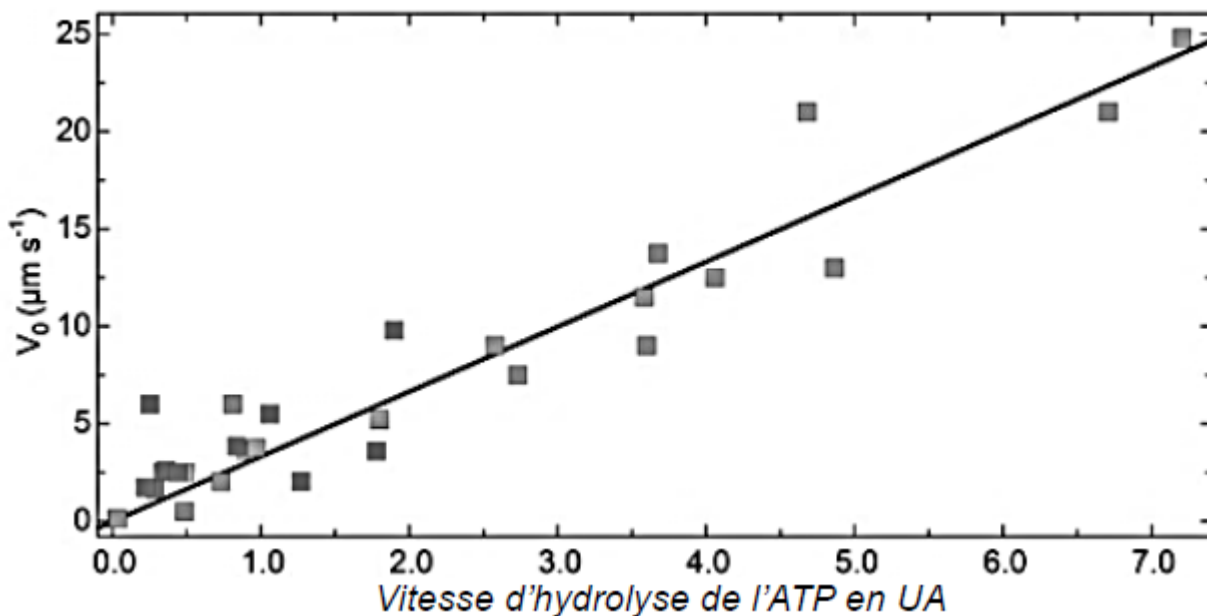
On a établi à quelle vitesse maximale (en unité de longueur par seconde) se raccourcissent les cellules musculaires en fonction de la chaîne lourde de myosine présente (résultats obtenus chez le chien, l'analyse montre que toutes les différences de vitesse entre les fibres sont statistiquement significatives, à l'exception de la différence entre MHC-IIX et MHC-IIB).



Source : d'après <https://journals.physiology.org>

### Document 4 : hydrolyse de l'ATP et vitesse de raccourcissement

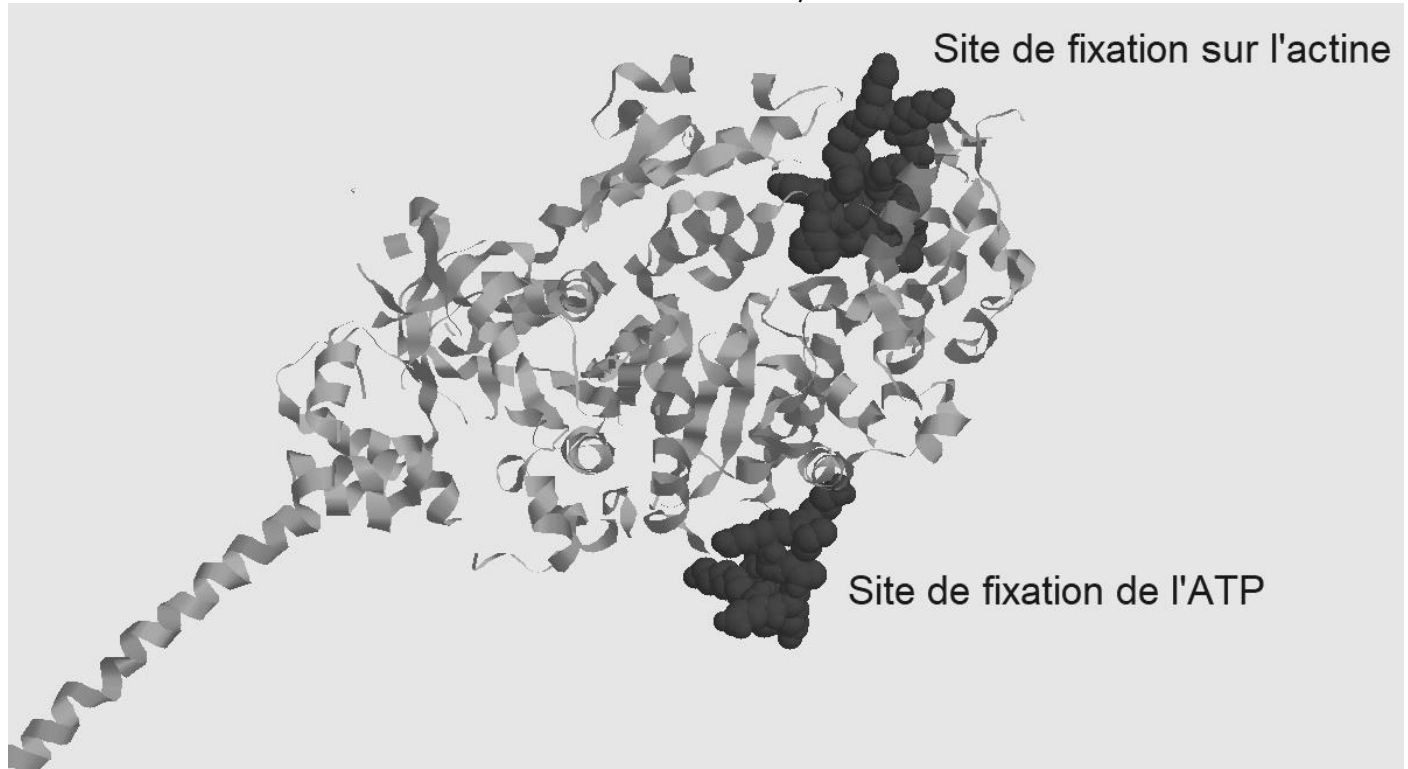
On a évalué la vitesse du raccourcissement ( $V_0$ ) de cellules musculaires en fonction de la vitesse d'hydrolyse de l'ATP ( $v$ ) de la myosine qu'elles contiennent. Les résultats ont été obtenus à partir de muscles appartenant à plusieurs espèces de mammifères et contenant différentes sortes de myosine pour la chaîne lourde MHC.



Source : d'après Richard K. Brizendine & all, Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Nevada School of Medicine, Reno, NV 99557

## Document 5 : structure de la chaîne lourde de la myosine

**Document 5a : représentation tridimensionnelle d'une partie de la « tête » de la chaîne lourde de la myosine :** grâce à la combinaison de divers résultats d'analyses, des ordinateurs permettent d'élaborer des modèles de la structure spatiale des molécules ; sur la visualisation ci-dessous la chaîne de myosine est affichée en « rubans » sauf deux zones correspondant aux acides aminés de la « boucle 1 », située au niveau du site de fixation de l'ATP et aux acides aminés de la « boucle 2 », située au niveau du site de fixation sur l'actine.



Source : image obtenue avec le logiciel Rastop

**Document 5b : rôle des boucles :** les acides aminés de la boucle 1 interviennent directement dans la fixation de l'ATP et son hydrolyse ; les études ont montré peu de différences de fonctionnement entre les boucles 1 des différentes chaînes lourdes de myosine.

Par contre des techniques de biologie moléculaire ont permis de remplacer la boucle 2 d'une chaîne lourde de myosine donnée par une boucle 2 d'une autre forme de myosine : on a alors observé que la vitesse d'hydrolyse de l'ATP est modifiée. Les chercheurs ont proposé que la boucle 2 interviendrait sur la durée pendant laquelle l'actine est attachée à la myosine et donc, indirectement, sur la durée totale d'un épisode de raccourcissement.

Le document ci-dessous présente des extraits de séquences peptidiques alignées des différentes formes de chaînes lourdes de la myosine porcine (chaque lettre correspond à un acide aminé différent ; les tirets correspondent à des acides aminés non présents) ; des acides aminés de chaque forme de chaîne lourde se retrouvent à l'identique dans les mêmes formes de chaînes lourdes d'autres espèces de mammifères.

### Boucle 2

MHC-I	618	SNLFA	ANY--AGADTP--VEKGK	GKAKKGSSSFQ	TVSALHREN
MHC-IIA	621	AFLF	SGAQTGE--AEAGGT	KKGGKKKGSSSFQ	TVSALFREN
MHC-2X	621	AFLF	TGAAGAD--AEAGGG	KKKGGKKKGSSSFQ	TVSALFREN
MHC-IIB	621	AFLFA	ER--QSS---EEGGT	KKGGKKKGSSSFQ	TVSALFREN

Source : d'après médecine/sciences 1998 ; 14 : 1077-82 et <https://www.sciencedirect.com>

## Thème 5 – Comportements et stress : vers une vision intégrée de l'organisme (Chap 5 partie I)

### Exercice 1 :

2021 - Métropole – Session septembre Sujet 2

#### **Stress aigu et réponse comportementale**

Lorsqu'un individu est exposé à un agent stresseur, son organisme réagit en se préparant à la fuite ou la lutte, réponses mettant en jeu la réalisation de mouvements assurés par des contractions musculaires.

**Expliquer comment la réaction de l'organisme face à un agent stresseur facilite une réponse motrice adaptée.**

*Vous rédigerez un texte argumenté. On attend des expériences, des observations, des exemples pour appuyer votre exposé et argumenter votre propos.*

## Exercice 2

2021 – Métropole – Session septembre Sujet 1

### Un cas clinique de perturbation physiologique et son traitement

Une patiente se présente à l'hôpital en raison de douleurs abdominales. Les examens médicaux pratiqués permettent de constater certains dysfonctionnements et de cerner l'origine de sa pathologie. L'équipe médicale procède alors à une intervention chirurgicale, qui aboutit à la guérison de la patiente. Son cas est décrit par les documents suivants.

**Expliquer comment le traitement choisi par l'équipe médicale a pu supprimer les dérèglements physiologiques de la patiente.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

#### **Document 1 : informations médicales sur la patiente avant traitement**

- Diabète sucré avec une glycémie non à jeun à  $3,21 \text{ g.L}^{-1}$   
(valeur normale inférieure à  $1,4 \text{ g.L}^{-1}$ )
- Extrait des résultats du bilan hormonal :

Différentes analyses ont été pratiquées :

- un dosage du cortisol dans les urines sur 24 heures
- un dosage sanguin de l'hormone hypophysaire ACTH\* dans le cadre d'un protocole médical particulier, après injection d'un glucocorticoïde de synthèse. Ce protocole est utilisé dans le diagnostic d'anomalie de l'hypophyse ou de sécrétion d'ACTH non hypophysaire (par exemple par une tumeur).

	Hormones	Valeurs de la patiente	Valeurs normales
Dosage dans les urines collectées sur 24 h	Cortisol	386 $\mu\text{g}$	12-100 $\mu\text{g}$
Dosage sanguin	ACTH*	84,6 $\text{pg.mL}^{-1}$	< 20 $\text{pg.mL}^{-1}$

\* L'ACTH est une hormone hypophysaire qui stimule l'activité endocrine de la glande corticosurrénale.

Sources : [www.louvainmedical.be](http://www.louvainmedical.be) et [ceed-diabete.org](http://ceed-diabete.org)



**Document 2 : résultat d'un scanner abdominal de la patiente avant traitement (image de gauche) et scanner abdominal d'une personne sans pathologie (image de droite)**

*Les différences de contraste des deux images ne sont pas significatives.*



Légende :

- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Foie             | 4. Vertèbre             |
| 2. Rein droit       | 5. Rein gauche          |
| 3. Glande surrénale | 6. Bassin (côté gauche) |

Source : [www.louvainmedical.be](http://www.louvainmedical.be)

**Document 3 : traitement chirurgical et analyses postopératoires**

La patiente a bénéficié d'une ablation de la glande surrénale gauche, sans complications, qui a permis sa guérison. La taille de la masse enlevée est de 8 cm de diamètre. Son examen indique la présence d'une partie tumorale richement vascularisée.

L'équipe médicale a ensuite procédé à une analyse d'un prélèvement de la partie tumorale par immunohistochimie. Ce prélèvement est préparé, incubé avec des anticorps couplés à un marqueur et rincé. Après révélation du marquage, le tissu est observé.

Les deux images suivantes présentent les observations microscopiques du tissu tumoral surrénalien (T) après immunohistochimie :

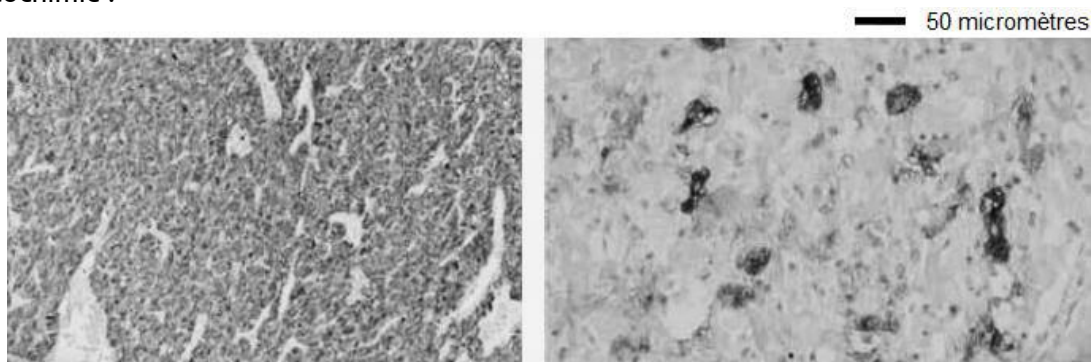
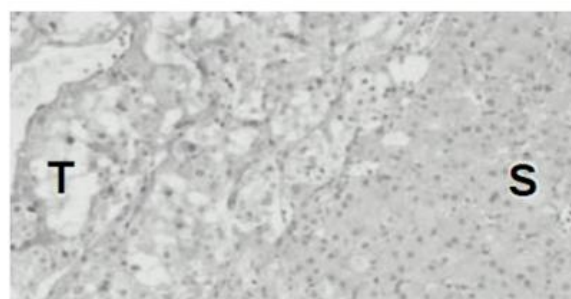


Image de gauche : les anticorps utilisés sont des anticorps anti-chromogranine couplés à un marqueur foncé. La chromogranine est une protéine utilisée comme marqueur de cellules capables de sécréter une hormone.

Image de droite : les anticorps utilisés sont des anticorps anti-ACTH couplés à un marqueur foncé.

Une observation témoin de tissu tumoral (T) sans marquage immunohistochimique a aussi été réalisée au niveau du contact avec le tissu de la glande surrénale (S) :



— 50 micromètres

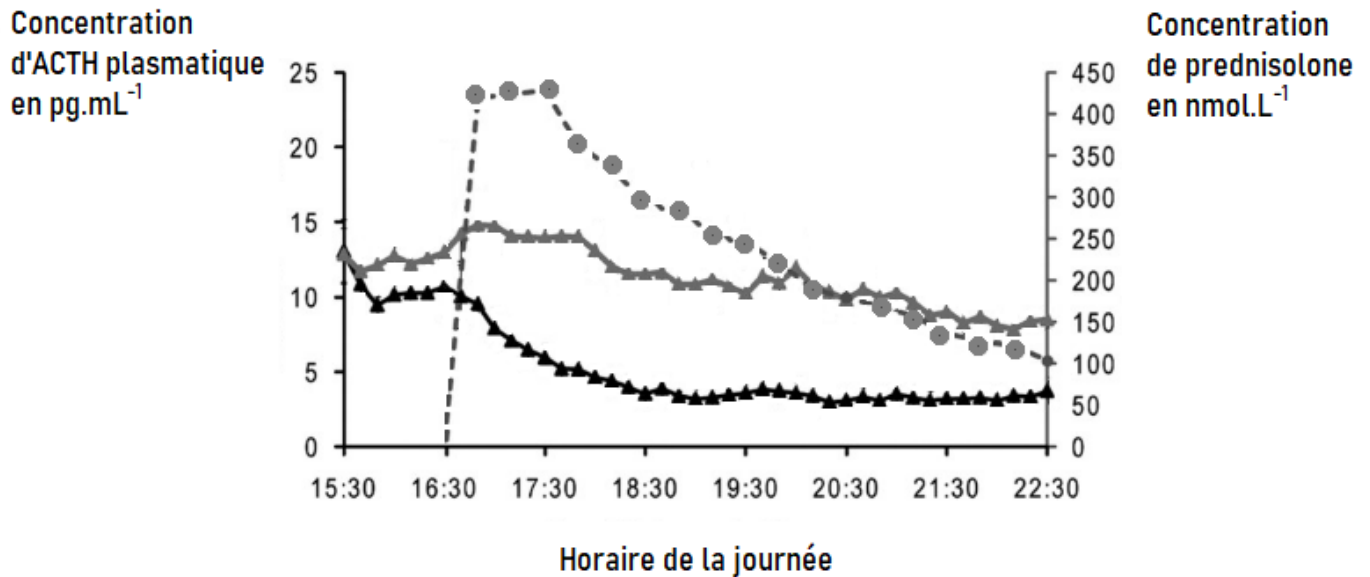
Source : [www.louvainmedical.be/fr](http://www.louvainmedical.be/fr)

#### Document 4 : mise en évidence expérimentale de l'effet d'un glucocorticoïde de synthèse

Les glucocorticoïdes de synthèse sont utilisés par exemple dans le cadre de certains tests médicaux. Ils forment une famille de molécules dont les effets sur l'organisme sont identiques à ceux du cortisol, un glucocorticoïde naturel.

Une étude a été réalisée sur l'effet de la prednisolone qui est un glucocorticoïde de synthèse. On a administré à six sujets en bonne santé, formant le groupe test, une solution contenant 10 mg de prednisolone par intraveineuse et à six autres sujets en bonne santé également, formant le groupe témoin, le volume identique sans prednisolone, à 16h30. On a ensuite mesuré chez ces sujets la concentration plasmatique d'ACTH à des intervalles de 10 minutes. La concentration de prednisolone des sujets du groupe test a également été mesurée lors de cette expérience. Le graphique ci-dessous présente les moyennes des résultats obtenus.

##### Evolution des concentrations plasmatiques d'ACTH et de prednisolone chez les sujets



Légende :

- ▲▲▲▲ Concentration plasmatique d'ACTH des sujets du groupe test
- ■ ■ ■ Concentration plasmatique d'ACTH des sujets du groupe témoin
- ● ● Concentration de prednisolone des sujets du groupe test

Source : europepmc.org

Le microbiote intestinal est composé d'une grande diversité de micro-organismes. Si son rôle dans la digestion est bien connu, il semble qu'il joue également un rôle important dans le fonctionnement du cerveau. Des études récentes suggèrent qu'il aurait un impact sur le comportement.

**Expliquer l'influence du microbiote intestinal sur le comportement des rats et des souris.**

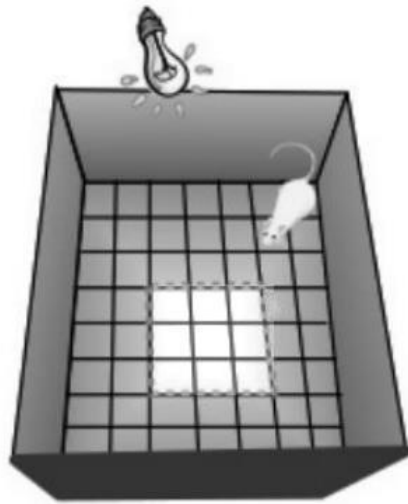
*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données issues des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

**DOCUMENT 1 – Le dispositif open-field**

Afin d'évaluer le comportement anxieux des rats ou des souris, on place les animaux dans différents dispositifs.

L'« open field » : l'animal est placé dans un coin d'une enceinte rectangulaire, ouverte, fortement éclairée au centre. On observe l'animal pendant son exploration de l'enceinte. Plus l'animal passe par le centre, moins il est considéré comme anxieux.

Durée du test : 6 minutes

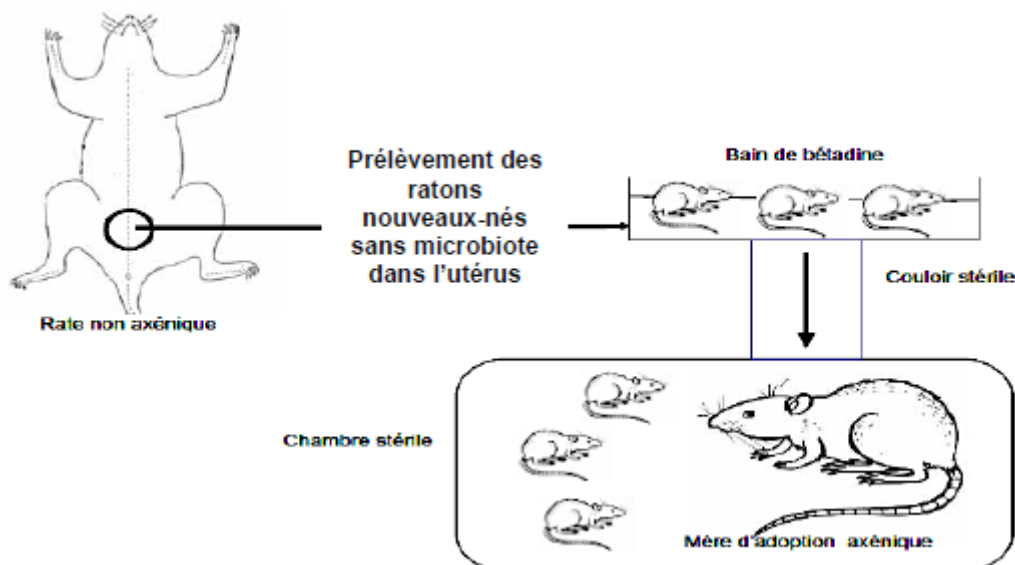


**Dispositif de l' « open field »**

*D'après Rabot, 2015*

**DOCUMENT 2 – Méthodes d'obtention de lignées axéniques**

Les rats de lignées axéniques n'ont pas de microbiote, c'est-à-dire que leur tube digestif est stérile, il ne contient aucun microorganisme.



*Schéma d'après RABOT, 2015*

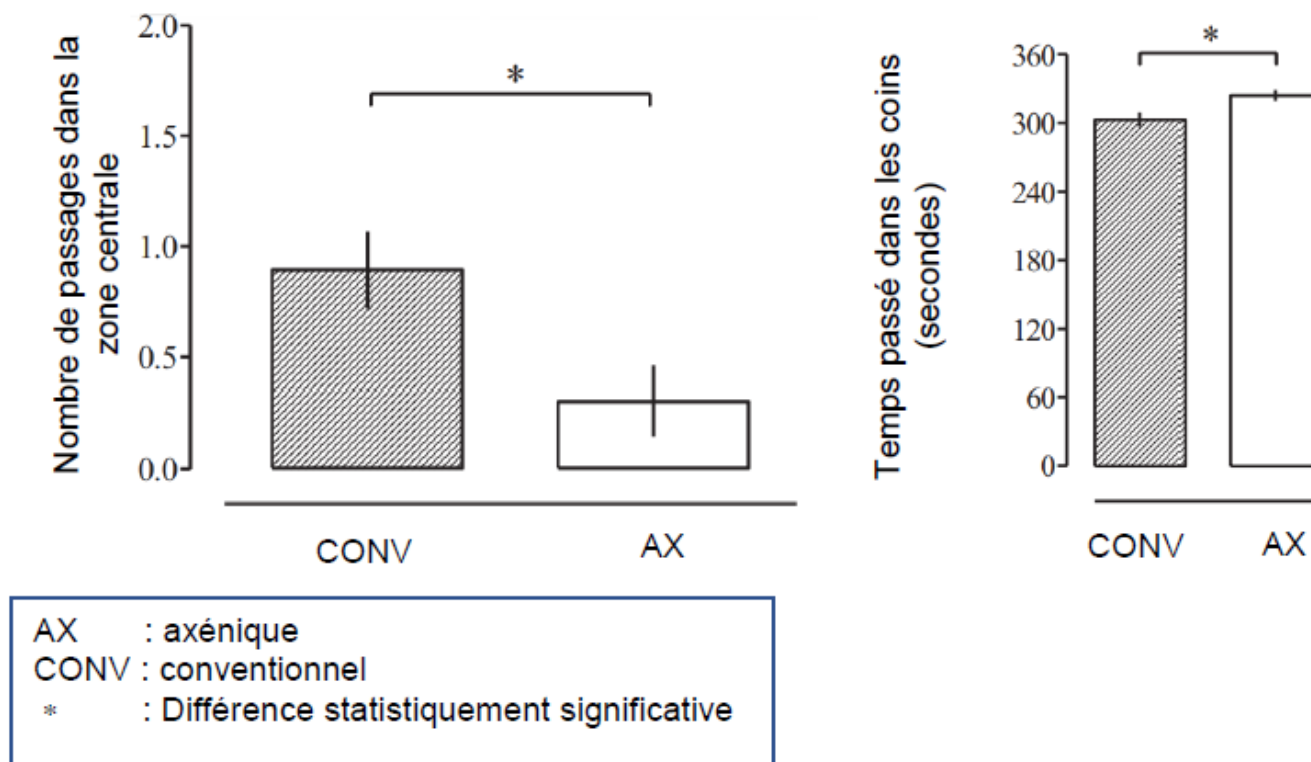
La Bétadine est un antiseptique. Elle est utilisée ici pour éliminer les microorganismes du pelage.

### DOCUMENT 3 – Comportement anxieux de rats axéniques

Une étude a été réalisée sur une lignée de rats de souche S connue pour sa forte sensibilité aux agents stressants.

On dispose de deux lots de rats de souche S : un lot axénique et un lot de rats conventionnels. Les rats de ces deux lots sont placés indépendamment dans un dispositif « open-field » durant 6 minutes.

Résultats observés dans le dispositif « open-field » pour les deux lots de rats :

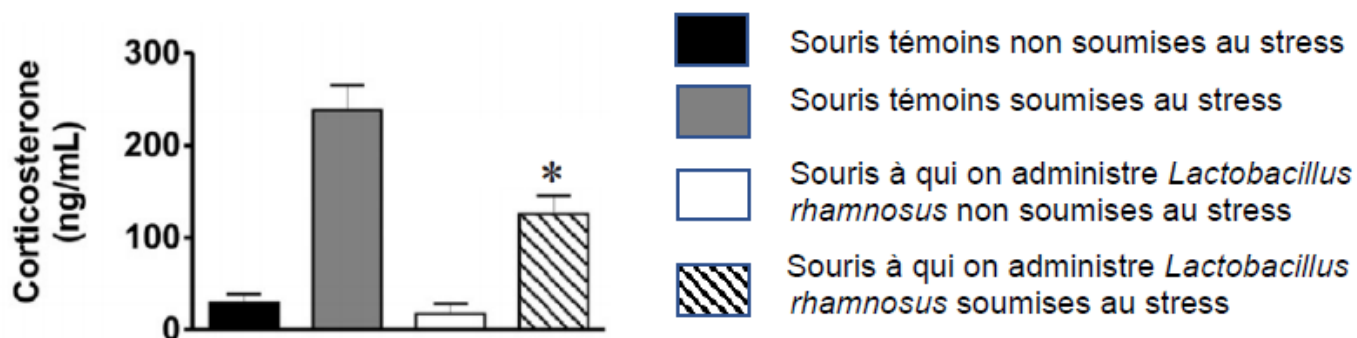


D'après Crumeyrolle-Arias M, Jaglin M, Bruneau A et al

### DOCUMENT 5 – Influence de la consommation de *Lactobacillus rhamnosus* sur la réponse au stress de souris

On travaille sur une souche de souris S axéniques à qui on administre des bactéries *Lactobacillus rhamnosus* par voie orale. Ces bactéries font naturellement partie du microbiote.

On mesure la concentration de corticostérone dans le sang de ces souris en absence de stress et suite à un stress.

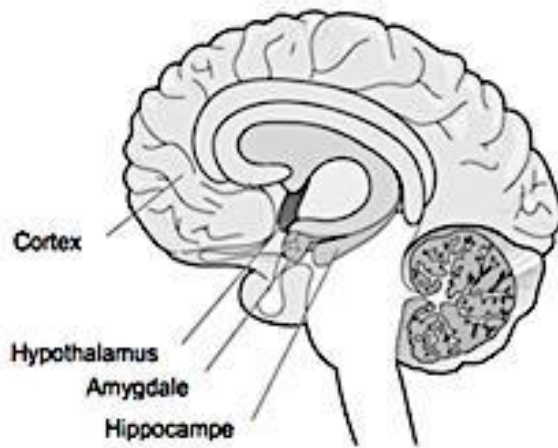


D'après Crumeyrolle-Arias M, Jaglin M, Bruneau A et al

#### **DOCUMENT 4 – Influence du microbiote sur l'activité de l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien**

On dispose de deux lots de rats de souche S : des rats axéniques et des rats conventionnels. Chaque lot est divisé en deux groupes :

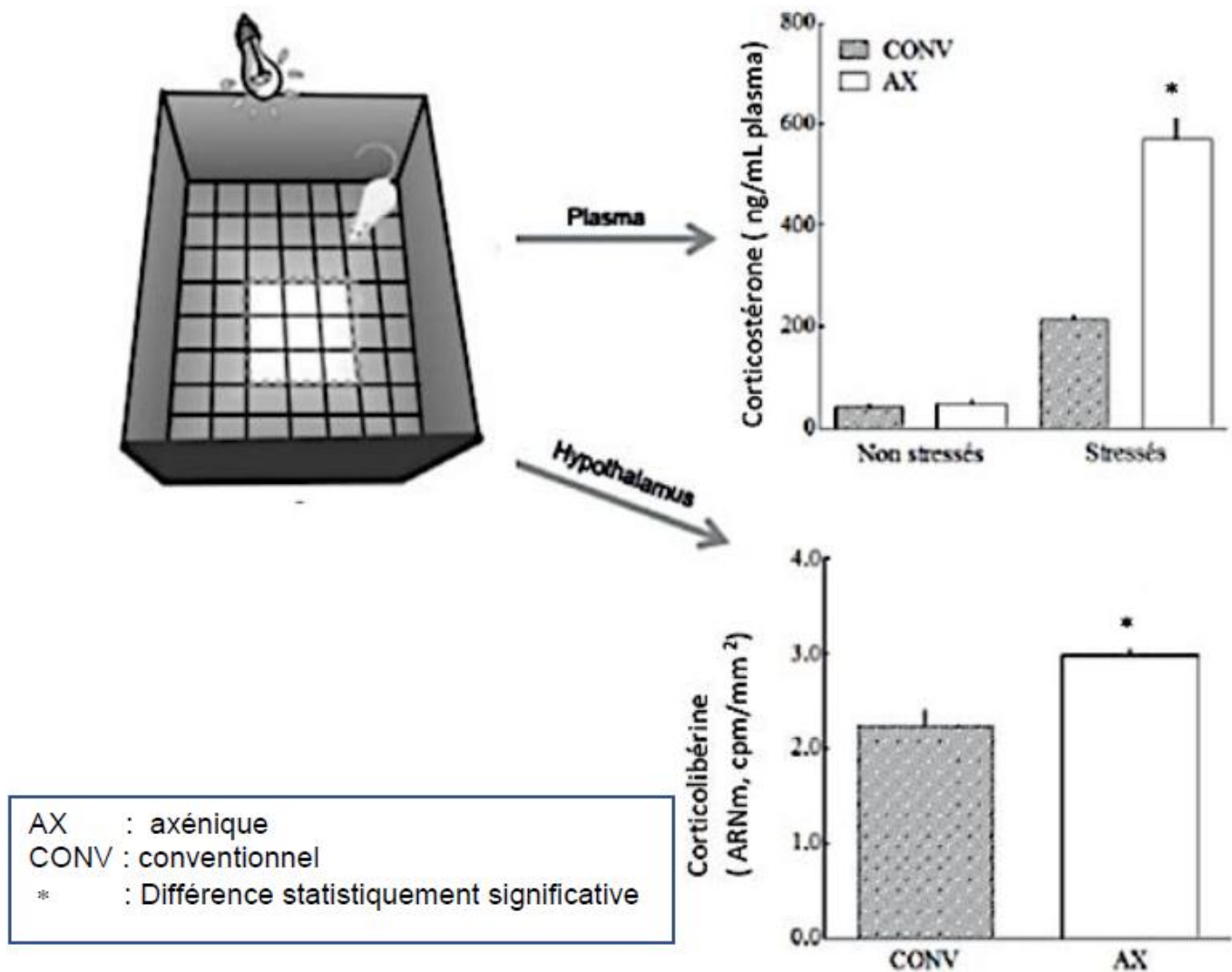
- l'un soumis à un stress aigu sous la forme d'un séjour de 6 minutes dans un dispositif d'« open-field » ;
- l'autre n'est pas soumis à ce stress aigu.



Le dessin ci-dessus rappelle la localisation de structures dans l'encéphale.

Résultats des mesures réalisées chez les rats axéniques et conventionnels soumis ou non à un séjour dans un dispositif d' « open-field »

On a mesuré chez ces rats plusieurs paramètres : la concentration sanguine en corticostérone et l'expression du gène codant la corticolibérine ou CRH dans l'hypothalamus.



D'après Rabot, 2015

2021 – Emirats Arabes Unis – Sujet 1

### Rôle du microbiote dans la sensibilité au stress

**À partir de l'exploitation des documents et de vos connaissances préciser si l'hypothèse d'une action du microbiote sur la sensibilité à des agents stressants peut être validée.**

**Un schéma fonctionnel est attendu en guise de bilan.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

#### **Document 1 : Résultats d'expériences chez des rats stressés et non stressés**

Un animal axénique est un animal né et élevé en conditions stériles. Il est donc dépourvu de microbiote intestinal.

Un animal conventionnel est un animal né et élevé en conditions non stériles. Il possède donc un microbiote intestinal diversifié.

L'examen neurologique fonctionnel des rats conventionnels et axéniques à l'adolescence et à l'âge adulte n'a révélé aucune différence.

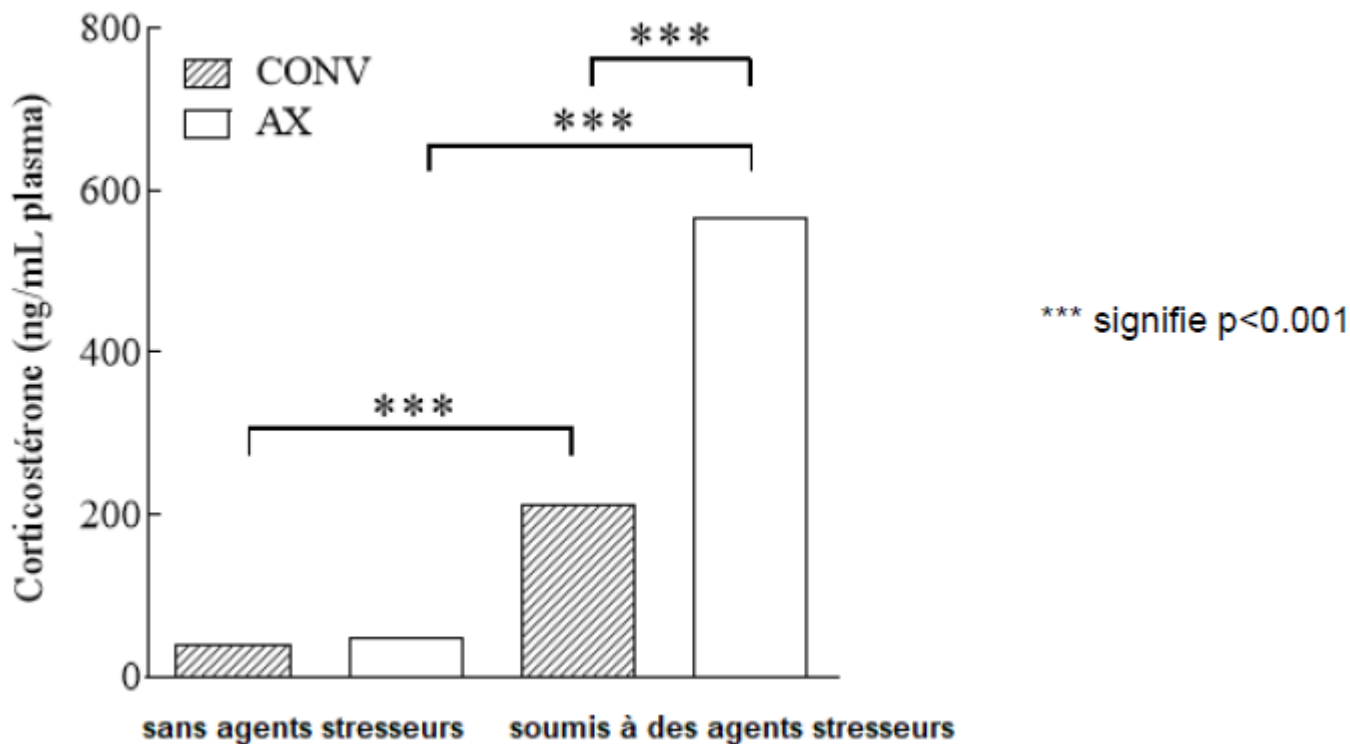
Les documents a et b présentent les résultats d'expériences menées sur des rats conventionnels et des rats axéniques de même lignée.



Les données sont des moyennes sur des lots de rats La valeur de « p » traduit la significativité statistique, c'est-à-dire la probabilité que le résultat ne soit pas dû au hasard. Le seuil habituellement retenu ( $p < 0,05$ ) signifie qu'il y a 5 chances sur 100 que le résultat soit dû au simple hasard.

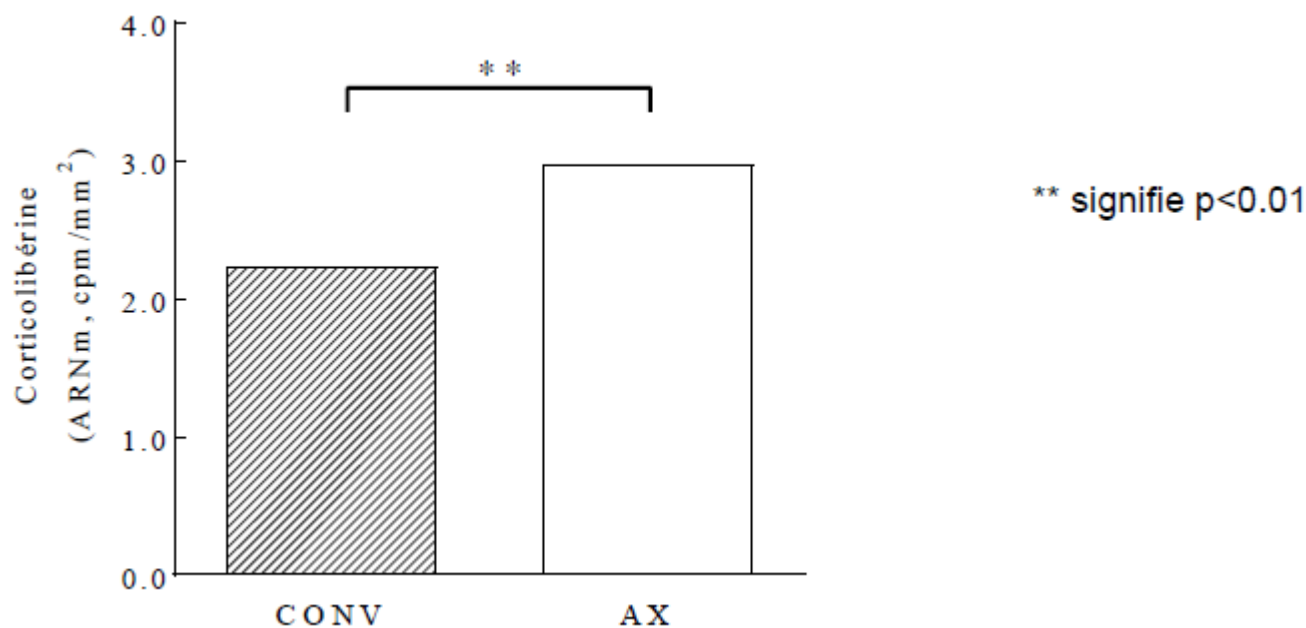
**Document 1a : Dosage de corticostérone sur des rats axéniques ou conventionnels soumis à des agents stressants ou non**

La corticostérone chez les rongeurs équivaut au cortisol chez l'humain.



*D'après Crumeyrolles-Arias et al. 2014*

**Document 1b : Expression du gène codant la corticolibérine (= CRH) dans l'hypothalamus de rats axéniques ou conventionnels soumis à des agents stressants**



*D'après Crumeyrolles-Arias et al. 2014*



## Document 2 : Transfert de microbiote

Des rats axéniques soumis à des agents stressants, âgés de 6 semaines, transplantés avec le microbiote intestinal de rats conventionnels présentent un taux de corticostérone semblable à celui des rats conventionnels.

D'après Sudo et al., 2004

## Document 3 : Dopamine et stress

### Document 3a: Neurotransmetteurs produits par le microbiote intestinal

Neurotransmetteurs	Microorganismes producteurs
GABA	<i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i>
NA (Noradrénaline)	<i>Escherichia</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Saccharomyces</i>
5HT (Sérotonine)	<i>Candida</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Enterococcus</i>
DA (Dopamine)	<i>Bacillus</i> , <i>Serratia</i>
Acétyl-choline	<i>Lactobacillus</i>

En l'absence de microbiote intestinal la production de dopamine dans le cerveau est diminuée.

D'après Jaglin 2013

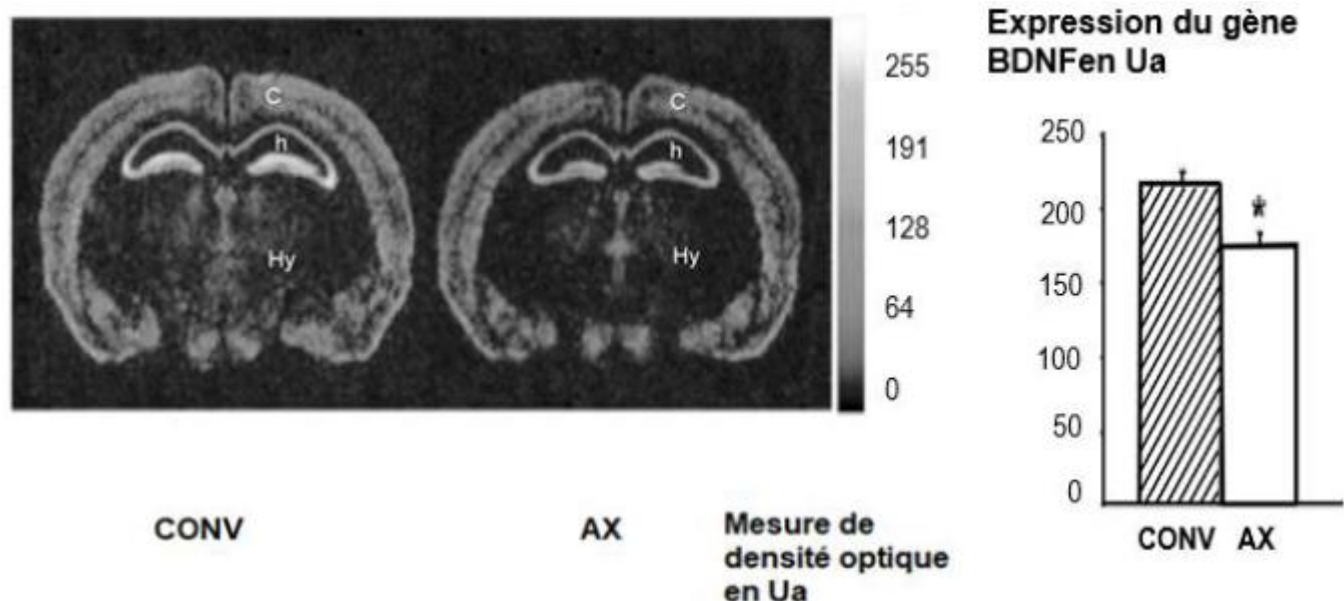
### Document 3b : Système limbique et dopamine

La destruction locale des terminaisons nerveuses libérant de la dopamine dans le cerveau [système limbique] entraîne un accroissement du stress chez le rat ce qui suggère que la dopamine exerce un contrôle négatif de l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien.

D'après Espejo et al. 1997, 1999

### Document 4 : Concentration de BDNF dans le système limbique

La protéine BDNF est impliquée dans la croissance et la différenciation de nouveaux neurones et la formation de synapses. Ces nouveaux neurones sont capables de libérer de la dopamine.



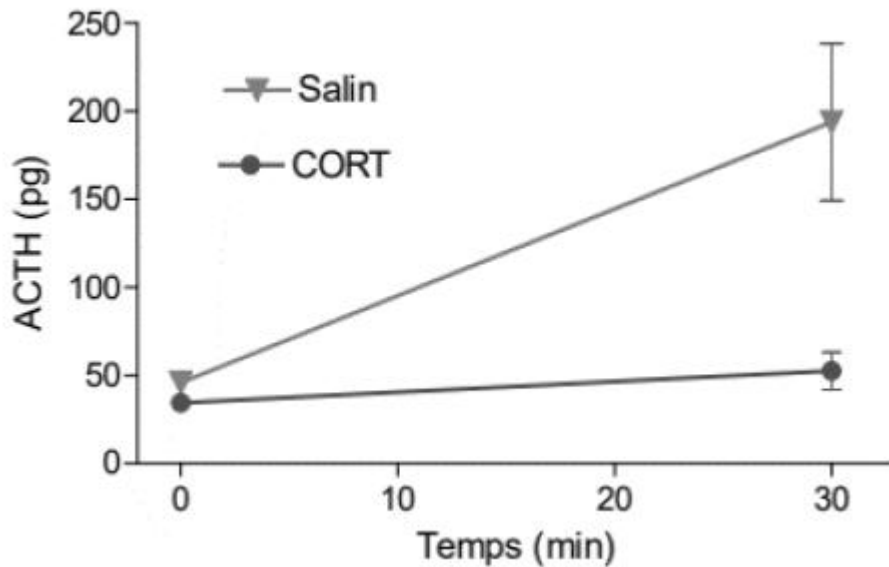
Autoradiographie montrant l'expression du gène de BDNF chez des rats conventionnels ou axéniques non soumis à des agents stressants.

c : cortex ; h : hippocampe ; Hy : hypothalamus ; \* signifie  $p < 0.05$ .

*D'après Diaz Heijtz et al. 2010*

### **Document 5 : Corticostérone et régulation du stress**

La sécrétion de CRH par l'hypothalamus stimule la production d'ACTH par l'hypophyse qui déclenche la production de corticostérone.



Mesure de la quantité d'ACTH sur des rats ayant reçu une injection de corticostérone ou une solution saline avant d'être soumis à des agents stressants pendant 30 minutes

*D'après Millette 2010*

## Chapitre post écrit

### Génétique et évolution – Exercice 2

2021 – Métropole – Session septembre Sujet 2

#### Moustiques et diversification des génomes [HS maintenant ?]

*Culex pipiens*, un moustique commun en France, est responsable de nuisances importantes par ses piqûres et les maladies qu'il véhicule. Des insecticides sont utilisés pour l'éliminer mais les cas de résistance sont devenus fréquents.

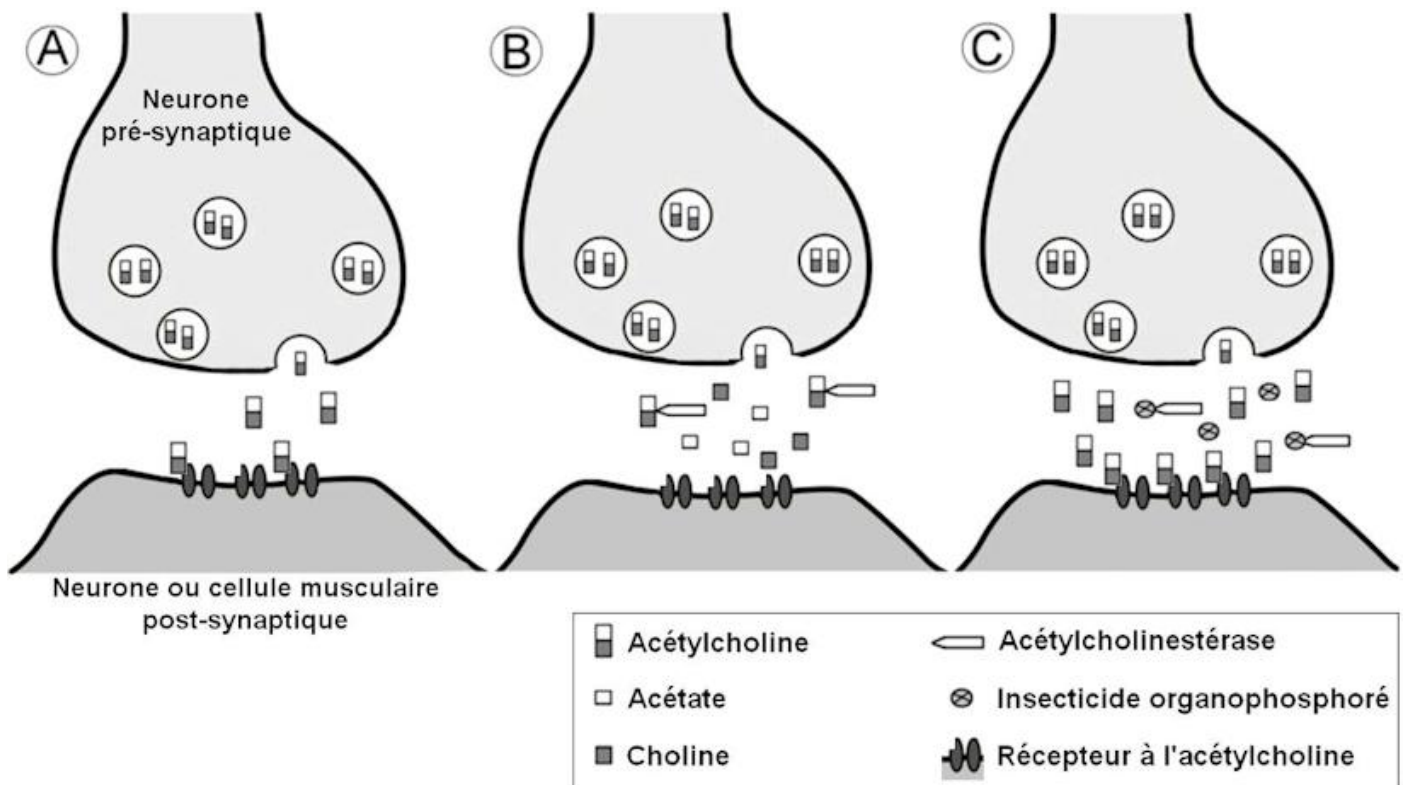
**Montrer que l'émergence de résistances aux insecticides chez le moustique, au cours des dernières décennies, repose sur des mécanismes de diversification de son génome.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

#### Document 1 : effet des insecticides organophosphorés chez le moustique *Culex pipiens*.

L'acétylcholine est un neurotransmetteur permettant le passage du message nerveux au niveau de certaines synapses (schéma A). L'acétylcholine est rapidement dégradée dans l'espace synaptique par une enzyme, l'acétylcholinestérase (schéma B).

Depuis une soixantaine d'années, dans les régions infestées par les moustiques, on utilise des insecticides organophosphorés, de puissantes neurotoxines inhibitrices de l'acétylcholinestérase (schéma C).



Source : Volodymyr I. Lushchak – EXCLI Journal (2018)

#### Document 2 : l'acétylcholinestérase des moustiques et ses allèles.

##### Document 2a : extraits des séquences de deux allèles du gène *Ace-1*, codant pour l'acétylcholinestérase.

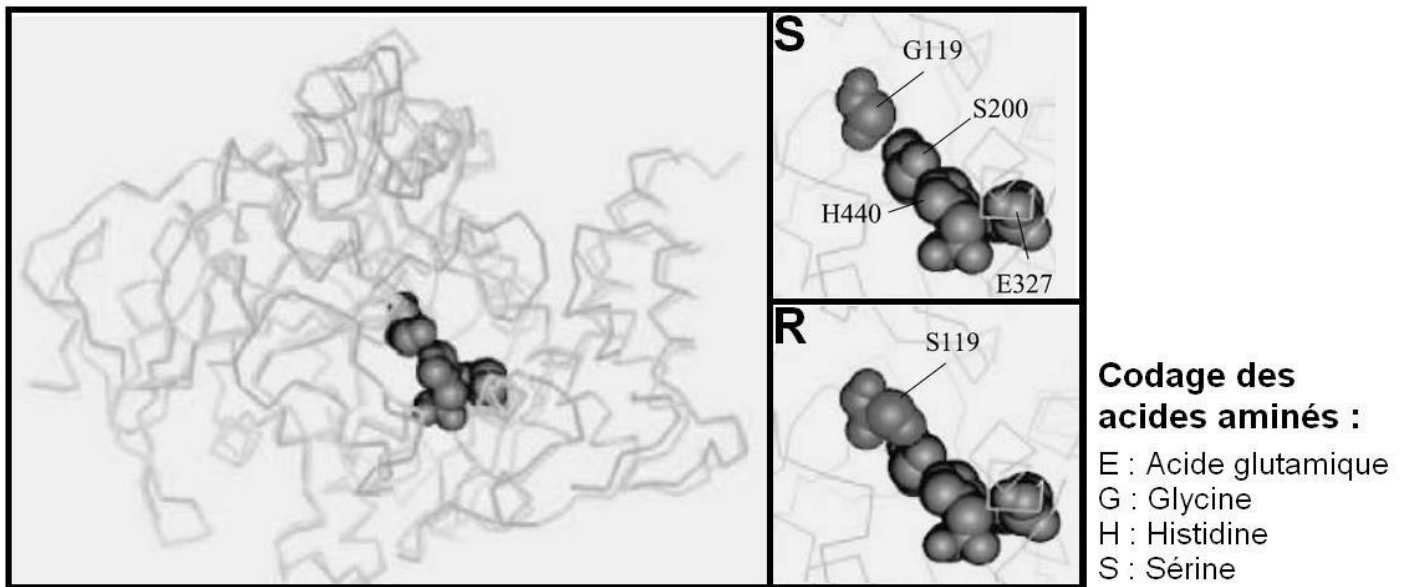
Ace-1 S : allèle sauvage

Ace-1 R : allèle porté par certaines souches de moustique.

Codon n° 111 120  
**Ace-1 S** GTCATGCTGTGGATCTTCGGGGGT**GGC**TTCTACTCC  
**Ace-1 R** -----T-----A-----

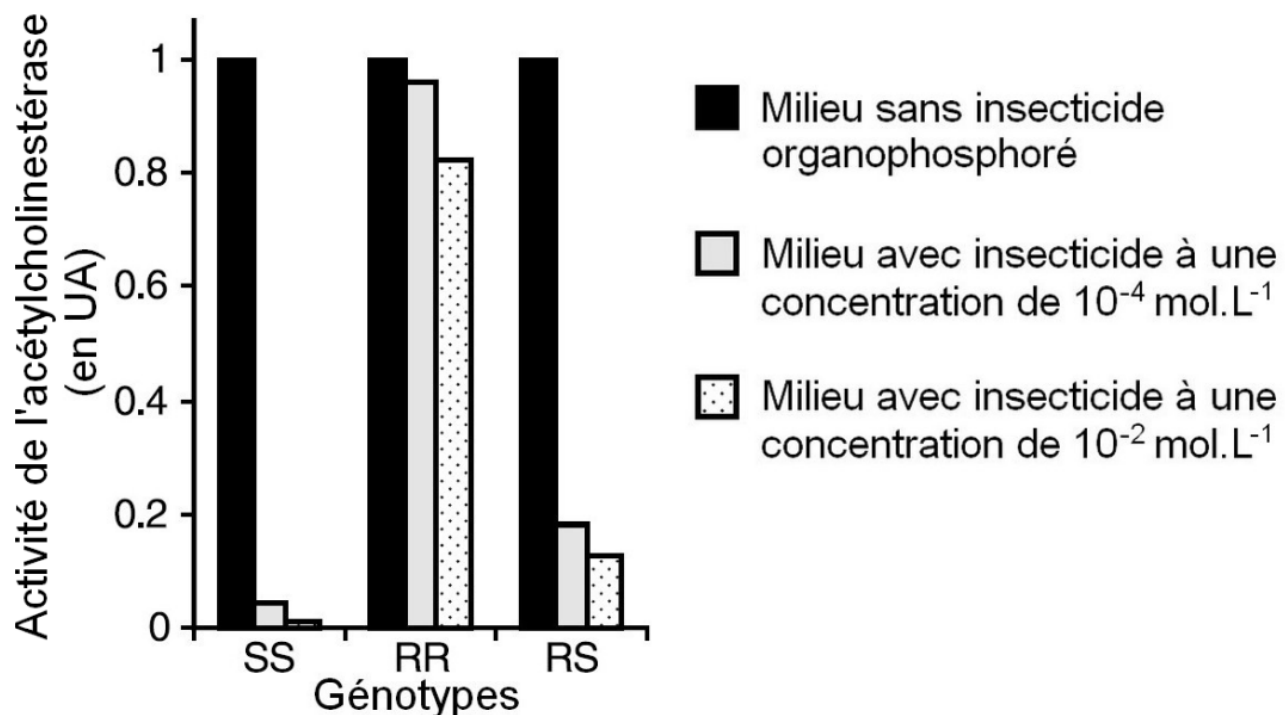
**Document 2b : structure 3D des acétylcholinestérases et zoom sur le site catalytique d'une part de celles codées par Ace-1 S (S) et d'autre part de celles codées par Ace-1 R (R).**

Les numéros correspondent à la position des acides aminés dans la protéine.



**Document 2c : activité de l'acétylcholinestérase dans différentes conditions en fonction du génotype du moustique.**

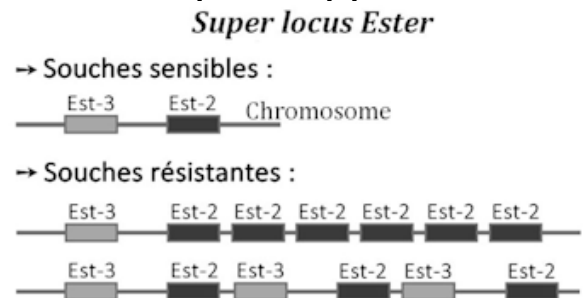
Des chercheurs ont mesuré l'activité moyenne des acétylcholinestérases issues de différentes populations de moustique en présence ou en absence d'insecticide.



Source : Weil, M. – *Insect Molecular Biology* (2004)

### Document 3 : amplification des estérases chez certaines souches du moustique *Culex pipiens*.

En plus de l'acétylcholinestérase, les moustiques produisent naturellement des enzymes, appelées estérases, qui hydrolysent les liaisons chimiques ester, notamment celles des molécules insecticides organophosphorées, les rendant inactives. Il existe chez *Culex*, 2 sortes d'estérases, A et B, codées respectivement par les gènes *Est-3* et *Est-2*. Ces deux gènes sont très proches dans le génome et forment le "super locus" *Ester*.



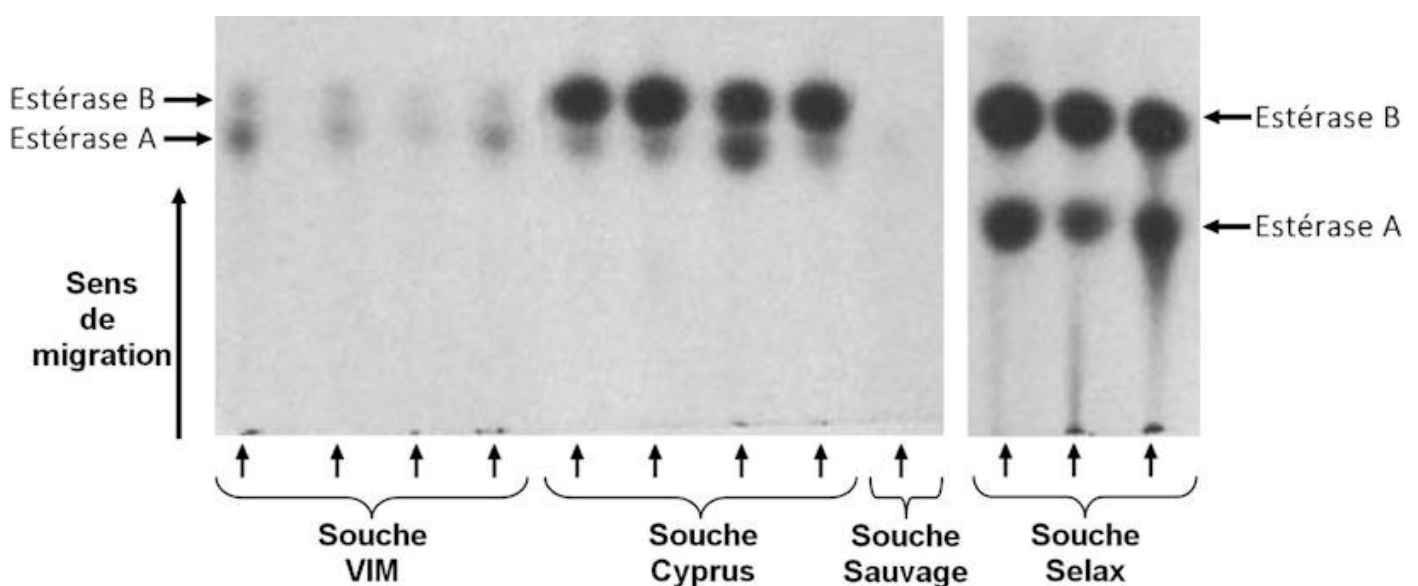
Souches de <i>Culex pipiens</i>	Nombre de copies des gènes d'estérases*	
	<i>Est-3</i>	<i>Est-2</i>
Sauvage (Sensible)	1	1
Selax (Résistante)	40,8 ± 7,4	32,4 ± 0,1
VIM (Résistante)	5,4 ± 0,6	5,4 ± 0,6
Cyprus (Résistante)	43,3 ± 0,7	60,2 ± 3,3

\*Calculé à partir d'une technique de biologie moléculaire (dot blot)

Source : D'après Cui F. – *Insect Biochemistry and Molecular Biology* (2007)

### Document 4 : électrophorèses sur gel d'amidon des protéines de différentes souches du moustique *Culex pipiens*.

Une équipe de recherche s'est intéressée aux estérases produites par les moustiques. Chaque flèche correspond à un dépôt d'extrait protéique issu d'un moustique d'une souche particulière. La superficie des taches est proportionnelle à la concentration en protéines.



Source : D'après Poirié M. – *Biochem. Genet* (1992)



## Géologie – Exercice 2

2021 – Métropole – Session septembre Sujet 2

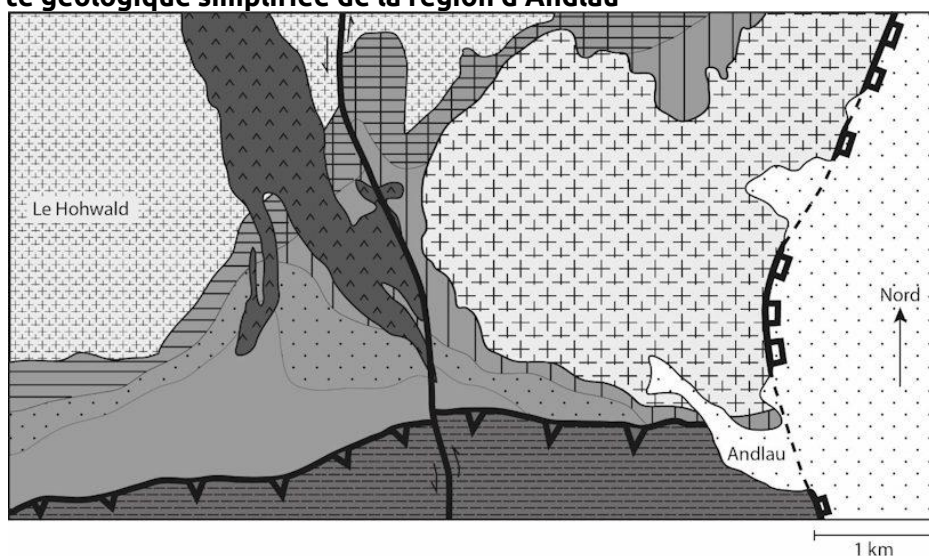
### Histoire géologique de la région d'Andlau

Comme d'autres villages alsaciens, Andlau présente une production viticole qui se caractérise par la diversité des types de raisins produits. Cette dernière s'explique par les différents cépages (variétés de vigne) utilisés ainsi que par la diversité des sols de la région, qui traduit la grande hétérogénéité des roches du sous-sol. Cette hétérogénéité se retrouve à l'échelle régionale.

**Expliquer comment la succession chronologique d'événements géologiques permet de rendre compte de la diversité des roches observées dans la région présentée dans le document 1.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

#### Document 1 : Carte géologique simplifiée de la région d'Andlau



##### Légende :

###### Roches magmatiques :

- Granite d'Andlau (-310 millions d'années)
- Filon de rhyolite (roche volcanique plus jeune que le granite d'Andlau)
- Granodiorite du Hohwald (roche de composition proche de celle d'un granite)

###### Roches métamorphiques :

- Cornéennes à sillimanite associées au granite d'Andlau
- Cornéennes à sillimanite associées à la granodiorite du Hohwald
- Schistes tachetés
- Schistes de Steige (origine : roche sédimentaire)
- Schistes de Villé âgés de plus de 500 millions d'années (origine : roche sédimentaire)

###### Roches sédimentaires :

- Roches sédimentaires dont certaines contiennent des galets de granite d'Andlau

###### Structures tectoniques :

- Chevauchement (le triangle noir pointe vers l'unité chevauchante, qui est ici plus vieille que l'unité chevauchée). Chevauchement mis en place avant la granodiorite du Hohwald.
- Faille normale recoupant le granite d'Andlau, les cornéennes et les schistes de Villé.
- Parties de la faille normale recouvertes de roches sédimentaires.
- Faille à déplacement horizontal

Le Hohwald, Andlau : villes

*Redessiné, d'après la carte géologie de Sélestat 50 000e, la carte de France au millionième et la thèse d'A.-S. Tabaud, 2012.*



## Document 2 : Composition minéralogique de roches du secteur d'Andlau

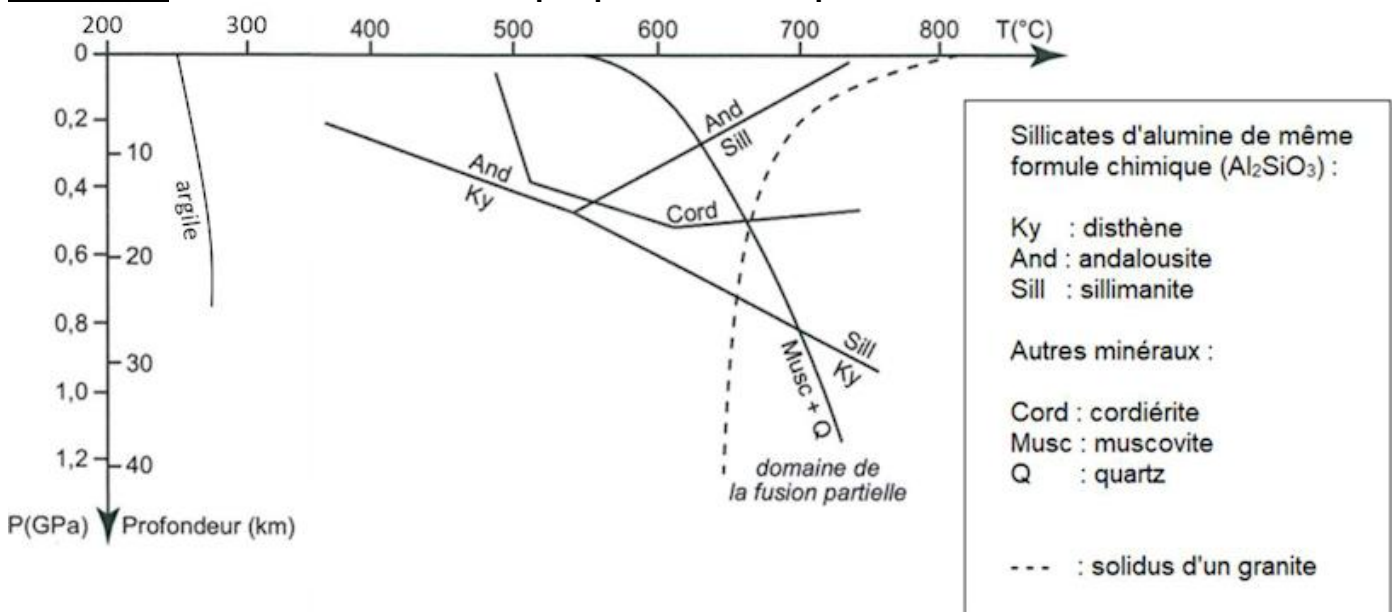
Les trois roches ont la même composition chimique, mais comportent des minéraux différents.

	Roches	Schistes de Steige	Schistes tachetés	Cornéennes à sillimanite
Minéraux (liste non exhaustive)	Quartz	+	+	+
	Argiles	+		
	Biotite ou mica noir		+	+
	Muscovite ou mica blanc	+	+	
	Cordiérite		+	
	Andalousite		+	
	Sillimanite			+

La présence des minéraux est indiquée par les symboles + dans les cases grisées.

*D'après planet-terre.ens-lyon.fr*

## Document 3 : Domaines de stabilité de quelques minéraux repères



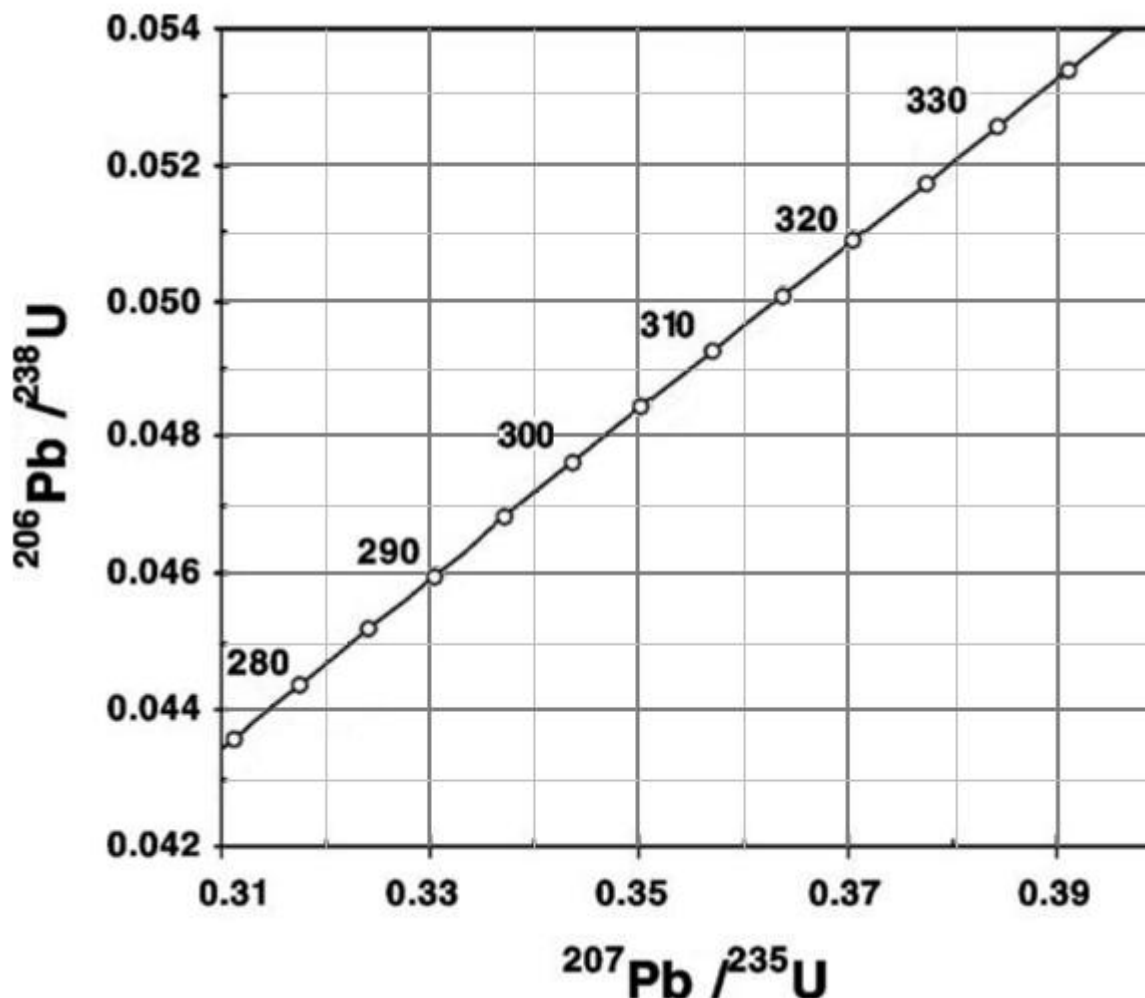
Le solidus limite le domaine solide (à gauche) du domaine solide + liquide (à droite).

*D'après <http://pedagogie.ac-montpellier.fr/svt>*

#### Document 4 : Datation absolue de la granodiorite du Hohwald

Un granite se trouvant à proximité et mis en place à la même période que la granodiorite du Hohwald a été daté par la technique de datation absolue U/Pb.

Le graphique suivant présente une portion de la courbe qui indique les combinaisons possibles des rapports des deux radiochronomètres  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  et  $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  ainsi que les âges correspondants en millions d'années.



Sont également données dans le tableau ci-dessous les valeurs de rapports isotopiques pour trois fractions du granite qui a pu être daté. Elles se situent normalement sur une droite dont l'intersection avec la courbe indique l'âge de cristallisation de la roche.

Fractions de granite	Rapports isotopiques	
	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$
1	0,35	0,0480
2	0,39	0,0533
3	0,33	0,0451

*D'après A. Cocherie et al., C. R. Geoscience 336 (2004) et planet-terre.ens-lyon.fr*

## Géologie (Datation + tectonique) – Exercice 2

2021 – Métropole – Sujet 2

### Le passé mouvementé du Massif central

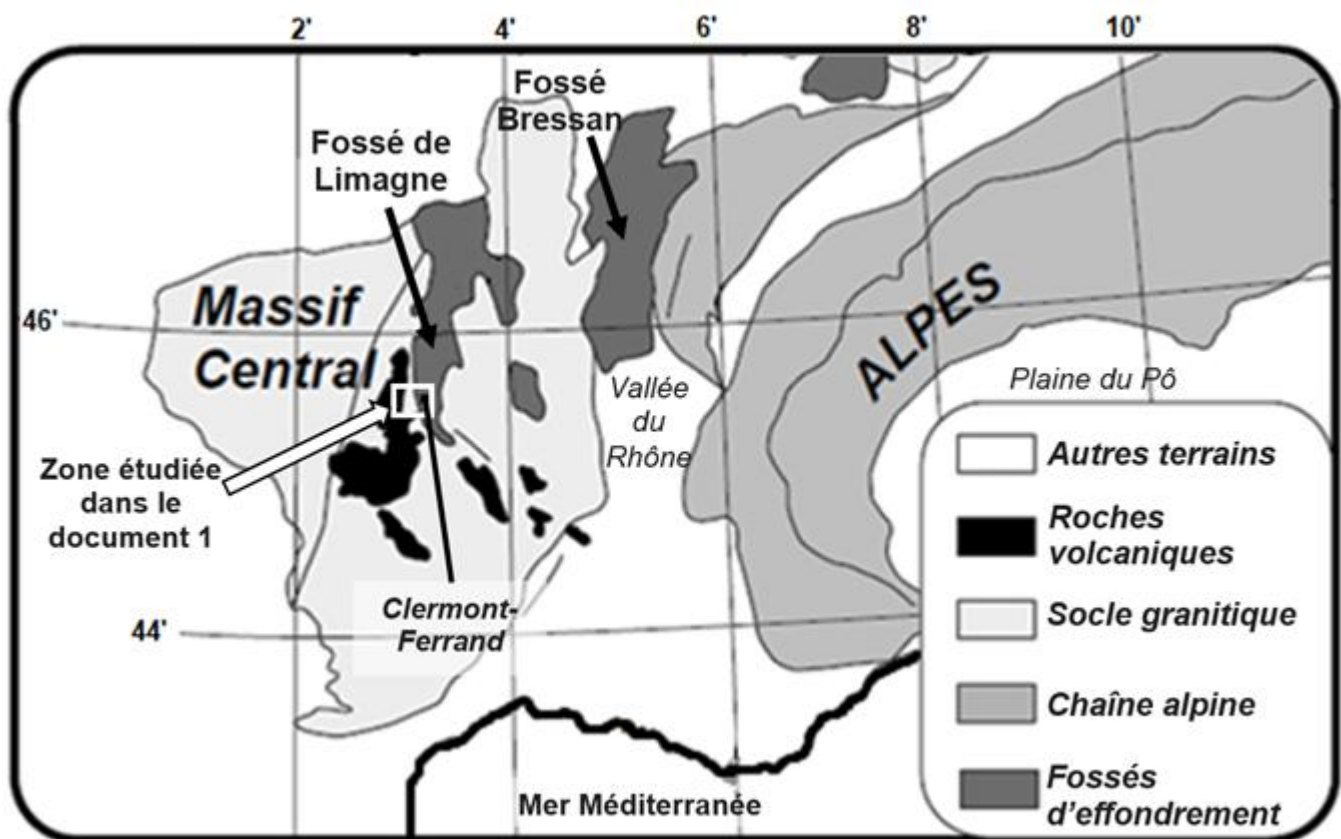
Le Massif central, vestige d'un ancien orogène, se dresse à l'ouest des Alpes, grande chaîne de montagnes géologiquement récente, comme cela est visible sur le document de référence.

Le Massif central comporte aujourd'hui la chaîne des Puys, un ensemble d'environ 80 volcans s'étirant le long d'un axe nord-sud. A l'est de cet alignement se trouve le fossé d'effondrement de Limagne délimité par la faille de Limagne.

**Proposer une reconstitution de l'histoire du Massif central en datant ses principales formations géologiques (socle granitique, roches volcaniques et faille de Limagne) et en montrant sa relation avec l'orogénèse alpine.**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et les connaissances utiles.*

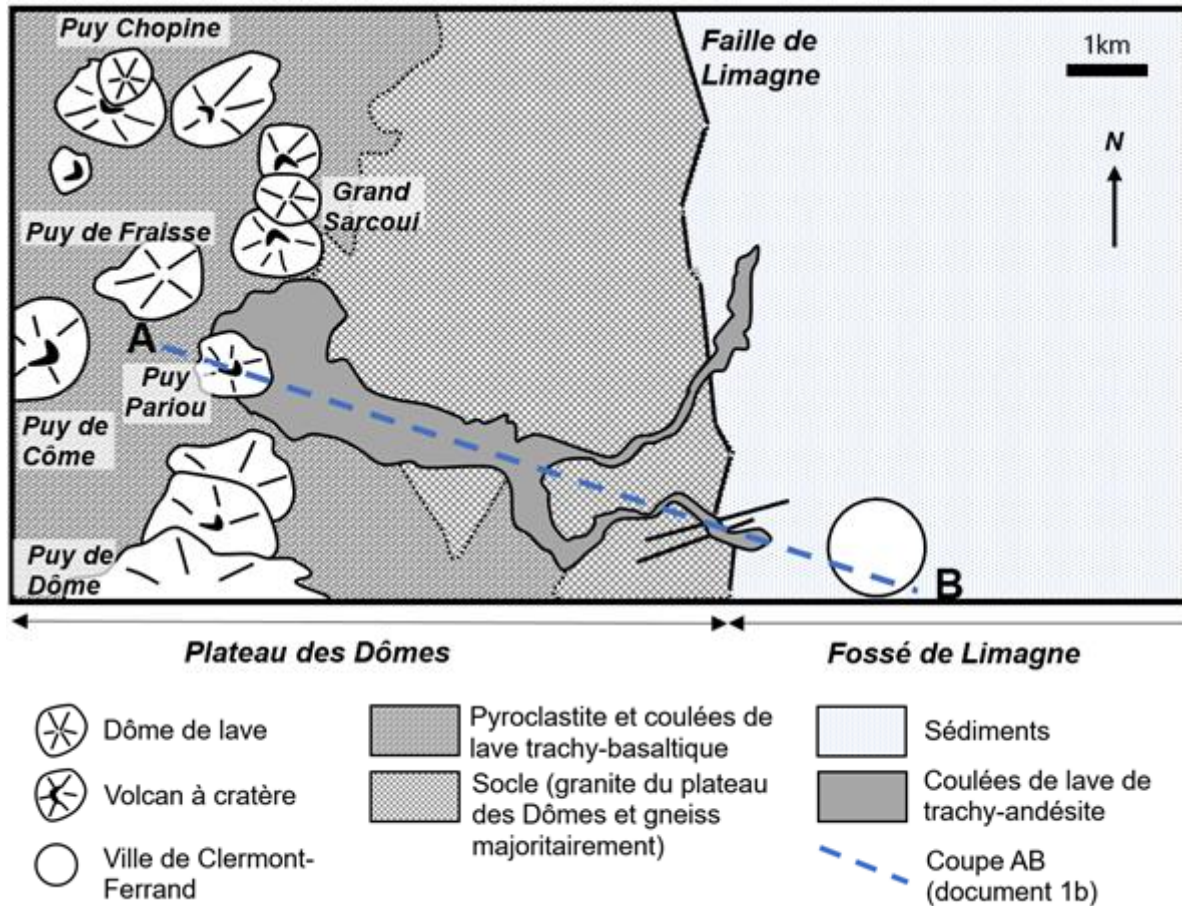
**Document de référence :** situation de la zone étudiée au sein des grands ensembles géologiques régionaux



Source : d'après thèse de Laurent Michon, 2000

## Document 1 : carte et coupe géologique de la zone étudiée

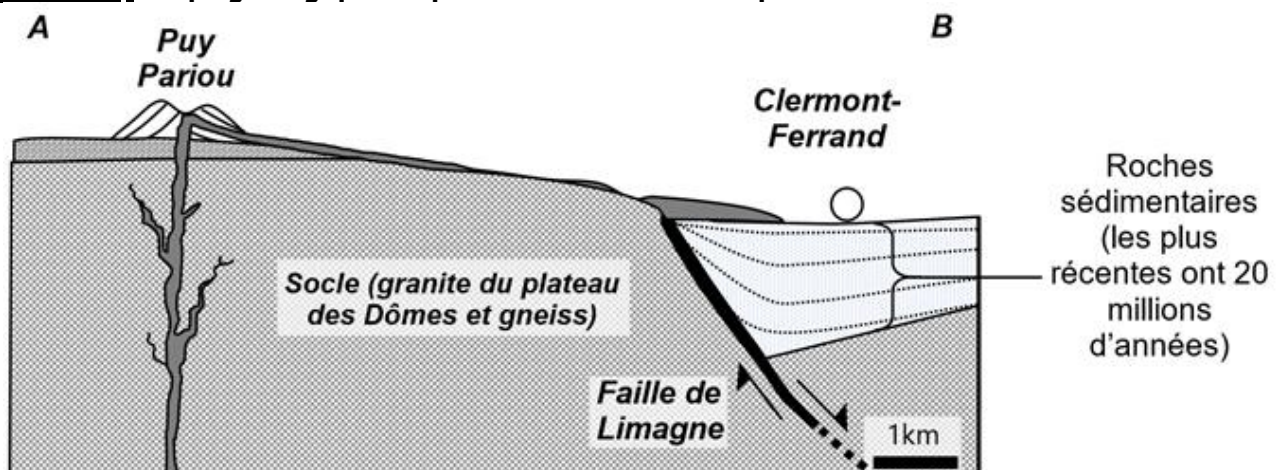
### Document 1a : carte simplifiée des principales formations géologiques de la zone étudiée



Source : Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne

Remarque : une pyroclastite est une roche constituée par l'accumulation de débris de roches magmatiques éjectés par les volcans lors des éruptions.

### Document 1b : coupe géologique simplifiée selon le tracé AB présent sur le document 1a.



Remarques :

- La faille de Limagne est une faille normale bordant le fossé d'effondrement de Limagne sur son bord ouest.
- La légende des terrains en présence est identique au document 1a.

Source : modifié d'après Sorel et Vergely (2010)

## Document 2 : datation d'un granite du Massif central.

### Document 2a : principe de la datation par le couple Rubidium/Strontium

Certains minéraux du granite ont incorporé lors de leur formation du rubidium  $^{87}\text{Rb}$  ainsi que du strontium  $^{87}\text{Sr}$  et  $^{86}\text{Sr}$ . Au cours du temps, la quantité de strontium  $^{87}\text{Sr}$  dans le granite augmente. Elle provient de la désintégration du rubidium  $^{87}\text{Rb}$ . On a mesuré à l'aide d'un spectromètre de masse les nombres d'atomes (N) de  $^{87}\text{Sr}$ ,  $^{86}\text{Sr}$  et  $^{87}\text{Rb}$  présents dans les minéraux du granite ou dans différents échantillons du même granite. Les résultats sont exprimés sous la forme d'un rapport isotopique.

On peut alors déterminer l'âge de ce granite en utilisant la méthode des isochrones.

On construit une droite à partir des rapports isotopiques ( $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  ;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) de certains minéraux du granite (orthose, mica blanc, mica noir) ou de plusieurs échantillons du même granite. La droite obtenue est nommée droite isochrone. Son équation ci-dessous est du type  $y = a x + b$ .

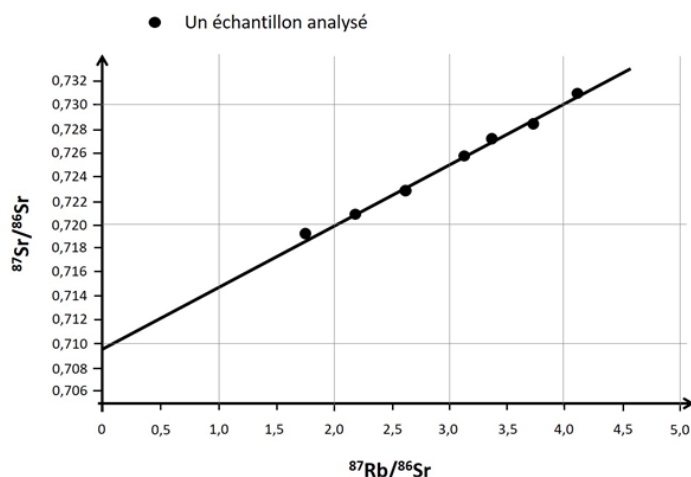
$$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{mesuré}} = (e^{\lambda t} - 1) \left(\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{mesuré}} + \left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{initial}}$$

Avec la constante de désintégration  $\lambda = 1,42 \cdot 10^{-11} \text{ an}^{-1}$ .

On peut alors retrouver t en calculant « a » à partir de la droite isochrone à l'aide de la formule suivante :

$$t = \frac{\ln(a + 1)}{\lambda}$$

### Document 2b : droite isochrone issue de l'étude de différents échantillons d'un même granite du Massif central.



Source : d'après [planet-terre.ens-lyon.fr](http://planet-terre.ens-lyon.fr)

$$t = \frac{\ln(a + 1)}{\lambda}$$

### Document 2c : tableau de valeur de la fonction

Coefficient directeur de l'isochrone noté « a »	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010
Age du granite noté « t » en millions d'années	141	211	281	351	421	491	561	631	701

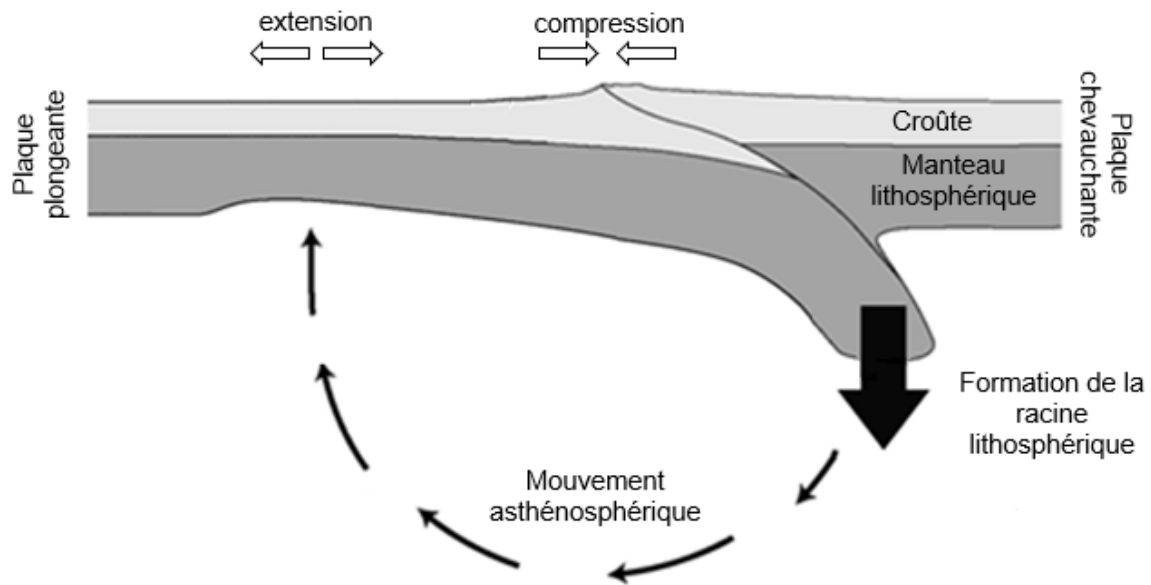
On considérera que le granite du plateau des Dômes (visible sur le doc 1a et 1b) s'est formé à la même époque que le granite étudié ici.



### Document 3 : conséquence de la formation d'un nouvel orogène

La naissance d'une nouvelle chaîne de montagnes par la collision continentale amène à la formation d'une racine lithosphérique.

Des simulations numériques ont montré que la formation d'une profonde racine peut parfois engendrer un mouvement de l'asthénosphère à l'origine d'une extension dans la lithosphère plongeante.



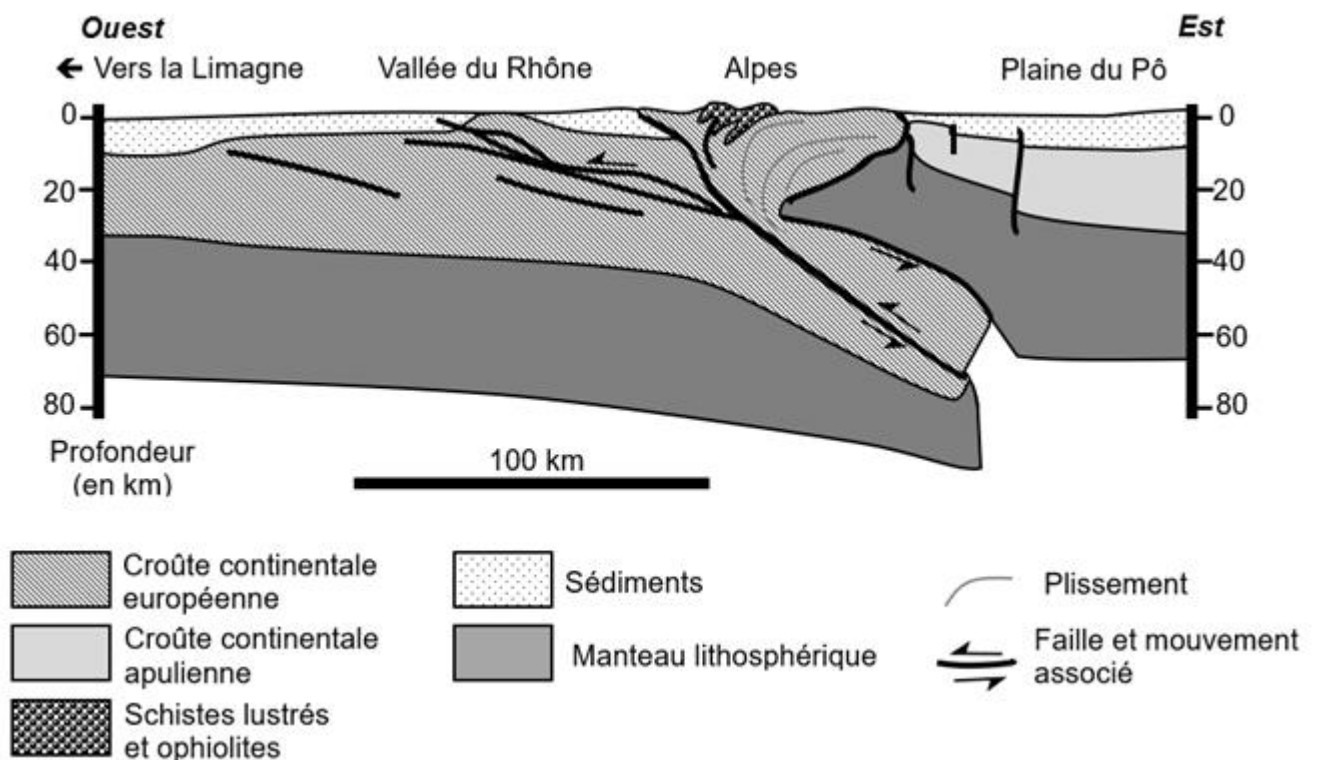
Source : d'après [planet-terre.ens-lyon.fr](http://planet-terre.ens-lyon.fr)

### Document 4 : schéma d'une coupe interprétative de la vallée du Rhône à la plaine du Pô

De nombreux indices géologiques ont permis de reconstituer l'histoire de l'orogène alpin.

Au Crétacé supérieur, il y a -100 millions d'années environ, débute la subduction de l'océan alpin. Sa fermeture amène à la collision des lithosphères continentales européenne et apulienne, il y a environ 30 millions d'années, au cours de l'Oligocène. Les Alpes se forment alors.

Une coupe actuelle simplifiée des Alpes occidentales est présentée ci-dessous.



Source : d'après [www.osug.fr](http://www.osug.fr)

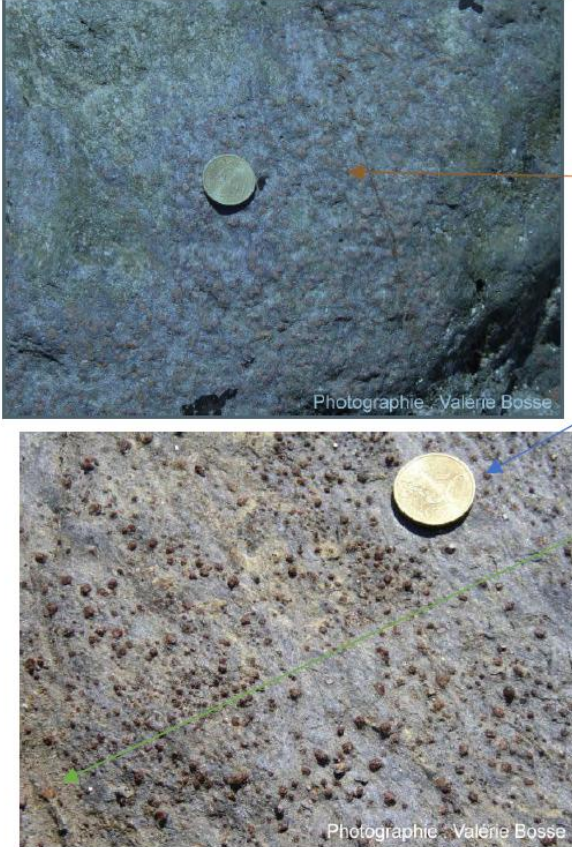
## Reconstitution de l'histoire géologique d'une partie de l'île de Groix

L'île de Groix est située au sud de la Bretagne, au large de Lorient. On y trouve des roches qui témoignent d'évènements géologiques que l'on souhaite reconstituer ici. Certaines d'entre elle, des glaucophanites ont été particulièrement étudiées.

**Montrer que l'étude de cette roche permet de retracer une partie de l'histoire géologique de l'île de Groix**

*Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données issues des documents et les connaissances complémentaires nécessaires.*

### Document 1 – Observation d'une glaucophanite de l'île de Groix



On peut observer différents minéraux qui sont de bons indicateurs de l'histoire de la roche.

Des grenats sont bien visibles, ils forment des grains sombres à la surface des roches.

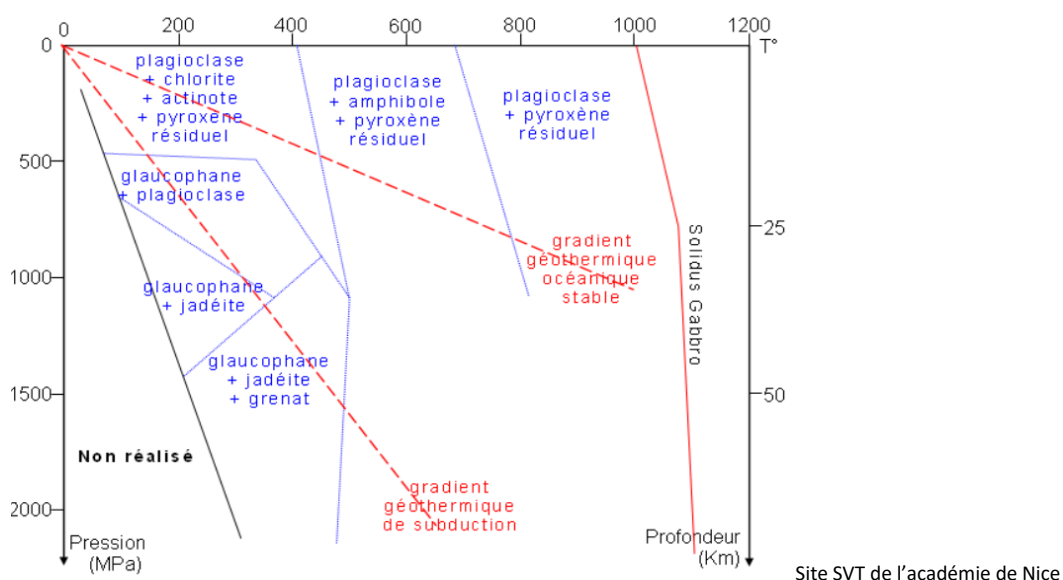
La roche, en dehors des grenats, a une teinte bleue et verte.

La couleur bleue est donnée par un minéral abondant : le glaucophane

La couleur verte est donnée par un minéral plus rare : de la jadéite

*A partir du site Planet Terre. Photographies de Valérie Bosse*

### Document 2 – Domaine de stabilité de différents minéraux en fonction de la pression et de la température





### Document 3 – Datation de la glaucophanite

La glaucophanite est riche en rubidium 87 ( $^{87}\text{Rb}$ ), en strontium 87 et 86 ( $^{87}\text{Sr}$  et  $^{86}\text{Sr}$ ).

Le rubidium 87 qui se désintègre en strontium 87 avec émission d'énergie sous la forme d'électrons.

L'équation de désintégration s'écrit :  $^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr} + e^-$ .

Des datations absolues sont donc possibles. La méthode consiste à mesurer les rapports des différents isotopes et de placer les points dans un graphique avec en abscisse  $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_t$  et en ordonnée  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{total}}$ . Les points obtenus sont quasiment alignés et l'on peut tracer une droite de coefficient directeur  $a$ . L'âge de la roche est donné par la relation :  $t = a/\lambda$

$t$  est le temps en année

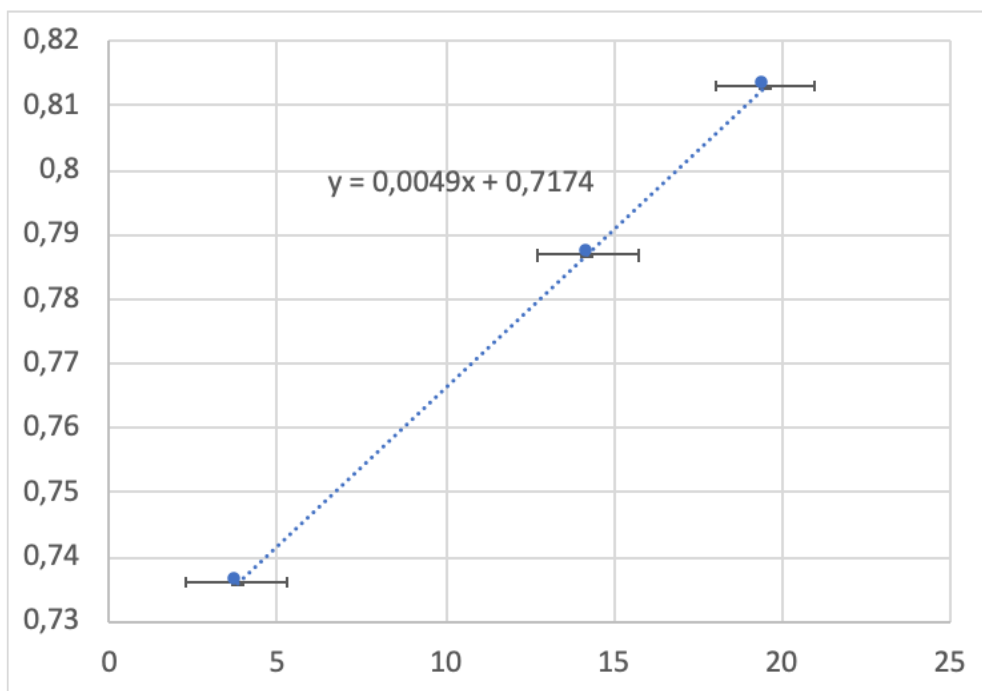
$a$  est le coefficient directeur de la droite

$\lambda$  est la constante de désintégration du  $^{87}\text{Rb}$  et vaut  $1,397 \times 10^{-11} \text{ an}^{-1}$

	$\left(\frac{^{87}\text{Rb}}{^{86}\text{Sr}}\right)_t$	Erreur	$\left(\frac{^{87}\text{Sr}}{^{86}\text{Sr}}\right)_{\text{total}}$	Erreur
Glaucophanite totale	3,8	+/-1,5	0,736099	+/- 0,000007
Micas A extrait de la glaucophanite	14,2	+/-1,5	0,786820	+/- 0,000008
Micas B extrait de la glaucophanite	19,5	+/-1,5	0,813036	+/- 0,000008

Site [Planète Terre](#). A partir des travaux de Valérie Bosse

#### Graphique et équation de la droite obtenue à partir des données du tableau ci-dessus



Graphique obtenu à partir des données du tableau précédent. Les traits horizontaux de part et d'autre des points indiquent les marges d'erreurs dues aux incertitudes des mesures réalisées.

Les marges d'erreurs de l'axe des ordonnées sont négligeables

#### Document 4 - Composition chimique de différentes roches

Les glaucophanites sont issues d'une roche préexistante qui a subi des modifications de pression et de température. Lors des modifications de température et de pression de nouveaux minéraux sont formés mais la composition chimique globale de la roche reste inchangée. Pour déterminer la nature de la roche préexistante les géochimistes font l'analyse des glaucophanites de l'île de Groix et les compare à la composition chimique de roches qui font référence.

**Tableau n°1** - Résultats de l'analyse des 6 glaucophanites de l'île de Groix notées G PL6, G ST5, G LQ2.3, G LM 14, G PR7 et G Sp5.

Les teneurs des différents éléments sont donnés en %

	G PL6	G ST5	G LQ 2.3	G LM 14	G PR7	G Sp5
SiO <sub>2</sub>	48,44	48,39	49,08	48,68	53,16	47,66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,70	19,16	16,08	15,18	12,58	13,97
FeO <sub>total</sub>	11,08	9,15	12,28	15,39	14,1	15,32
MgO	5,5	5,25	8,6	3,42	7,44	7,91
CaO	10,74	10,88	3,85	8,21	4,01	6,47
Na <sub>2</sub> O	3,48	3,10	1,99	4,03	4,59	3,70
K <sub>2</sub> O	0,37	0,33	2,19	0,68	0,22	0,26

**Tableau n°2** : Composition moyenne de 5 roches de référence.

Les teneurs des différents éléments sont donnés en %.

	Péridotite	Gabbro	Andésite	Rhyolite	Granite
SiO <sub>2</sub>	45,3	50	58	73	74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	15	17	13	13
FeO <sub>total</sub>	8	11	7	2	8
MgO	44,5	7	3	0,3	0,3
CaO	1,2	10,2	6	1,13	1,17
Na <sub>2</sub> O	<0,2	2	3	3,66	3,51
K <sub>2</sub> O	<0,01	<1	2	4,5	5

A partir de la notice géologique de l'île de Groix et du Site PlanetTerre.