Annales

Sujets & corrigés

ABC du BAC

ÉPREUVE FINALE 2021

SVT

Spécialité

SVT num

- **35 sujets corrigés** pour préparer l'épreuve et le Grand Oral
- **Des fiches de révisions** pour retenir l'essentiel
- **Des exercices** pour contrôler ses connaissances
- **Des aides pas à pas** et la méthode en contexte

Term

Nouveau Bac

Des ressources supplémentaires en flashant les pages

live!

Nathan

Annales

Sujets & corrigés

2021

Sciences de la vie et de la Terre Term

Christophe Durand
Professeur agrégé
Lycée Geoffroy-Saint-Hilaire (Étampes)

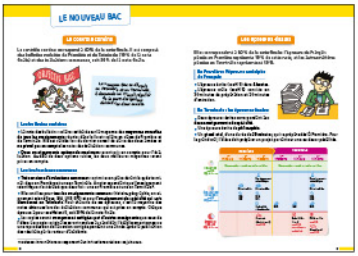
Nathan

MODE D'EMPLOI

Ces Annales ABC du Bac ont été conçues pour vous aider à réviser efficacement et progressivement l'épreuve finale de sciences de la vie et de la Terre en Terminale.

RÉUSSIR LE NOUVEAU BAC

Toutes les infos sur le **nouveau Bac** et la **description des épreuves**.

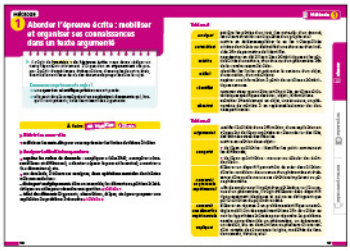


L'épreuve expliquée et les astuces pour réussir et apprendre à bien mémoriser.

S'ORGANISER POUR BIEN RÉVISER

La **méthode** pour traiter le sujet de **l'épreuve finale**, avec des conseils pour réussir **étape par étape**.

Tous les types d'exercice expliqués, de l'exploitation de documents à l'argumentation scientifique.



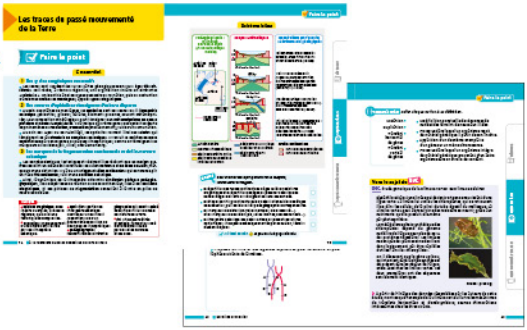
Toutes les étapes de l'épreuve expliquées, de la feuille de brouillon à la rédaction sur la copie.

RÉVISER ET PROGRESSER

Chaque **thème du programme** est traité de **manière progressive** pour **réviser son cours**, se tester et se préparer avec des **sujets guidés**.

Faire le point

Rappels de cours, schémas bilans et connaissances indispensables.

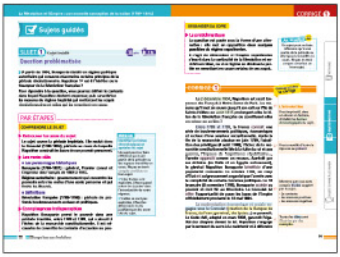


Contrôle des connaissances avec quiz et exercices variés.

Sujets guidés

Des sujets expliqués avec une démarche pas à pas.

Méthode par étapes pour acquérir les bons réflexes.



Corrigé commenté avec les conseils et astuces des correcteurs.

S'ENTRAÎNER POUR LE JOUR J

Des **sujets complets corrigés** conformes à l'épreuve finale.

Des sujets avec minutage pour mieux se préparer.

Dans les corrigés, des astuces pour gagner des points et éviter les pièges dans votre copie !

Crédits photographiques

32 J. M. JONES ; 43 Mary E. RUMPHO, PNAS November 18, 2008 ; 77 Eric RAINOUARD ; 97 m g ADOBE STOCK PHOTO ; 97 d Collège Louis Timbal de Châteauponsac ; 97 m d Franck BURON-MOUSSEAU ; 97 g ADOBE STOCK PHOTO ; 99 INRA 1996 ; 106 Prof. Nathan MUCHHALA, Ph. D University of Miami, USA ; 108 ADOBE STOCK PHOTO ; 110 Droits Réservés ; 117 ADOBE STOCK PHOTO ; 139 AFP/Jean-Pierre MULLER ; 150 g BSIP/Visuals Unlimited ; 150 d BSIP/Don W. Fawcett ; 161 Jean-Luc ANTON, Centre IRM-INT@CERIMED, https://irmf.int.univ-amu.fr ; 172 Merabetet al. 2008, Plos One ; 180 ISM/Phototake/James E. DENNIS ; 188 BSIP/Science Source ; 200 INSERM/Agnès Lehuen, Lucie Beaudoin ; 271 g Droits Réservés ; 272 COSMOS/SPL/Bernhard Edmaier ; 290 Catherine Perrot-Rechenmann, CNRS

Nathan live!

COMMENT FAIRE ? C'EST FACILE !

1. Téléchargez gratuitement l'application Nathan live disponible dans tous les stores (App store, Google Play).
2. Dès que vous voyez un picto, scannez la page.
3. Découvrez les ressources !

Direction éditoriale : Raphaëlle Mourey

Coordination éditoriale : Vanessa Gaillard, Julie Langlais, Sophie Zeegers

Édition : Stéphane Séréduik, Yannis Chevalier

Conception graphique intérieur : Élise Launay

Couverture : Jean-Marc Denglos, Pierre-Yves Skrzypczak

Schémas : Coredoc, Pascal Marseaud, Aurore Mathon

Compositeur : Nord Compo

Fabrication : Laurence Monaï

© Nathan 2020 – 92, avenue de France, 75013 Paris
Tous droits de reproduction réservés pour tous pays.
ISBN : 978-209-157535-3

SOMMAIRE

Le nouveau Bac 8
L'épreuve en bref 10
Bien mémoriser 13

Méthode

1. Aborder l'épreuve écrite : mobiliser et organiser ses connaissances dans un texte argumenté 16
2. Aborder l'épreuve écrite : pratiquer un raisonnement scientifique ... 22
3. Aborder l'évaluation des compétences expérimentales 26

Sujets pas à pas

à revoir réussi

Génétique et évolution

Sujet 1 Le brassage des génomes à chaque génération : la reproduction sexuée des eucaryotes 30
Pratique du raisonnement scientifique • D'après sujet de Bac

Sujet 2 Conservation, diversification, complexification des génomes 40
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté • Sujet inédit

Sujet 3 Des mécanismes évolutifs, génétiques et non génétiques, contribuent à la diversification du vivant 50
Pratique du raisonnement scientifique • D'après FM, sept. 2016

À la recherche du passé géologique de notre planète

Sujet 4 Le temps et les roches 62
Pratique du raisonnement scientifique • Sujet inédit

Sujet 5 Les traces du passé mouvementé de la Terre 74
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté • Sujet inédit

De la plante sauvage à la plante domestiquée

Sujet 6 L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs 84
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté • Sujet inédit

Sujet 7 La plante, productrice de matière organique 94
Pratique du raisonnement scientifique • D'après Liban, juin 2016

Sujet 8 Reproduction de la plante entre vie fixée et mobilité 104
Pratique du raisonnement scientifique • D'après FM, juin 2015

Sujet 9 La domestication des plantes 114
Pratique du raisonnement scientifique • D'après Asie, 2015

à revoir réussi

Les climats de la Terre

Sujet 10 Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées 124
Pratique du raisonnement scientifique • D'après Liban, juin 2016

Sujet 11 Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'action 136
Pratique du raisonnement scientifique • Sujet inédit

Comportements, mouvement et système nerveux

Sujet 12 Les réflexes 148
Pratique du raisonnement scientifique • D'après Inde, avril 2014

Sujet 13 Cerveau et mouvement volontaire 158
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté • D'après FM, juin 2016

Sujet 14 Le cerveau, un organe fragile à préserver 168
Pratique du raisonnement scientifique • D'après FM, sept. 2015

Produire le mouvement

Sujet 15 La cellule musculaire : une structure spécialisée 178
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté • Sujet inédit

Sujet 16 Origine de l'ATP nécessaire à la contraction de la cellule musculaire 186
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté • Sujet inédit

Sujet 17 Le contrôle des flux de glucose 198
Pratique du raisonnement scientifique • Sujet inédit

Comportements et stress

Sujet 18 L'adaptabilité de l'organisme 208
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté • Sujet inédit

Sujet 19 L'organisme débordé dans ses capacités d'adaptation ... 218
Pratique du raisonnement scientifique • Sujet inédit

Corrigés 230

Sujets comme à l'examen

SUJET COMPLET 1

Exercice 1 Stabilité du caryotype et trisomie 21 252

Exercice 2 Métabolisme musculaire et entraînement des sportifs ... 252

à revoir réussi

SUJET COMPLET 2

▶ **Exercice 1** Les principes de la datation absolue ..... 260 ☐☐

▶ **Exercice 2** Résistance des bactéries et moustiques aux antibiotiques ou insecticides ..... 262 ☐☐

SUJET COMPLET 3

▶ **Exercice 1** Les étapes qui mènent à la formation d'une chaîne de montagnes ..... 271 ☐☐

▶ **Exercice 2** Expliquer la diversité des phénotypes chez la drosophile ..... 272 ☐☐

SUJET COMPLET 4

▶ **Exercice 1** Collaboration avec d'autres espèces et contraintes de la vie fixée ..... 280 ☐☐

▶ **Exercice 2** Le venin de veuve noire : un espoir de traitement contre le botulisme ..... 280 ☐☐

SUJET COMPLET 5

▶ **Exercice 1** Le réflexe myotatique, test médical ..... 289 ☐☐

▶ **Exercice 2** Complémentarité des différentes parties de la plante pour l'approvisionnement des organes en glucose ..... 289 ☐☐

SUJET COMPLET 6

▶ **Exercice 1** Régulation de la glycémie après un repas ..... 300 ☐☐

▶ **Exercice 2** Réchauffement canadien, débâcle d'icebergs et refroidissement européen ..... 301 ☐☐

SUJET D'ECE 310

GRAND ORAL CAHIER SPÉCIAL 318

Annexes 327

LE NOUVEAU BAC

Le contrôle continu

Le contrôle continu correspond à **40 % de la note finale**. Il est composé des **bulletins scolaires de Première et de Terminale** (**10 %** de la note finale) et des **évaluations communes**, soit **30 %** de la note finale.

Le nouveau Bac se déroule en Première et en Terminale, il demande un travail régulier de la part des lycéens durant ces deux années.

Les bulletins scolaires

- La note des bulletins scolaires est basée sur la moyenne des **moyennes annuelles de tous les enseignements** réunies dans le livret scolaire en classe de Première et de Terminale. Elle est validée lors du dernier conseil de classe des deux années et **ne prend pas en compte** les notes des évaluations communes.
- **Deux enseignements optionnels maximum** seront pris en compte pour l'évaluation. Au-delà de deux options suivies, les deux meilleures moyennes seront prises en compte.

Les évaluations communes

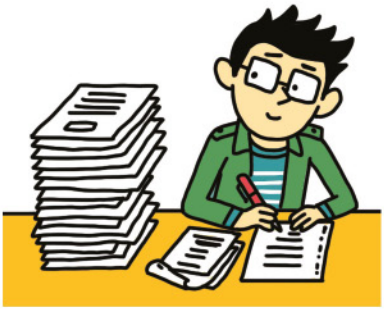
- **Trois sessions d'évaluations communes** sont mises en place durant le cycle terminal : deux en Première et une en Terminale. À noter cependant que l'enseignement scientifique n'est évalué que deux fois : une en Première et une en Terminale*.
- Elles ont lieu pour **tous les enseignements communs** (histoire-géographie, enseignement scientifique, LVA, LVB, EPS) et pour **l'enseignement de spécialité qui sera abandonné en Terminale**. Pour chacune de ces épreuves, c'est la moyenne des notes obtenues lors des évaluations communes qui est prise en compte. Chaque épreuve a pour coefficient 5, soit 30 % de la note finale.
- Les copies seront **anonymes et corrigées par d'autres enseignants** que ceux de l'élève. Les copies originales seront rendues au candidat ; l'établissement conserve une reproduction de la version corrigée pendant une année après la publication des résultats par le recteur d'académie.

* Toutes ces informations correspondent aux instructions officielles de juin 2020.

Les épreuves finales

Elles correspondent à **60 % de la note finale** : l'épreuve de Français passée en Première représente **10 %** de cette note, et les autres matières passées en Terminale représentent **50 %**.

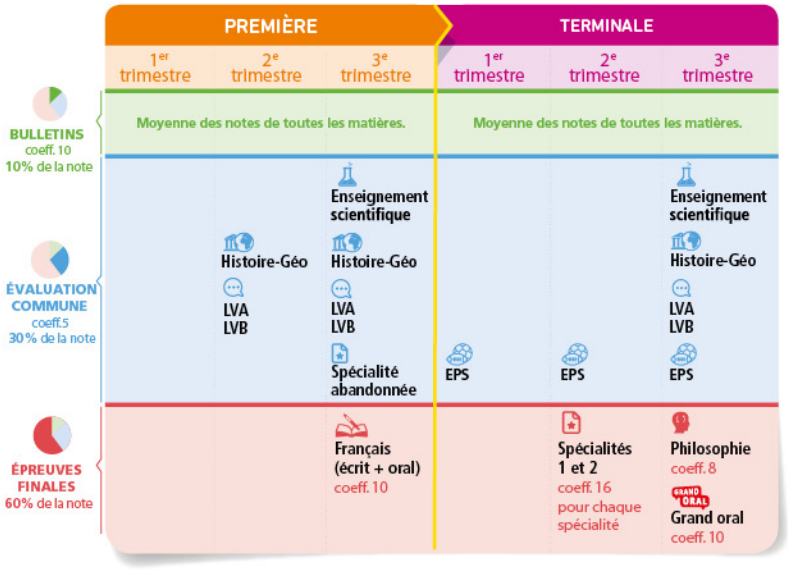
En Première : l'épreuve anticipée de Français



- L'épreuve écrite (coeff. 5) dure **4 heures**.
- L'épreuve orale (coeff. 5) consiste en 30 minutes de préparation et 20 minutes d'entretien.

En Terminale : les épreuves finales

- Deux épreuves écrites correspondant aux **deux enseignements de spécialité**.
- Une épreuve écrite de **philosophie**.
- Un **grand oral**, d'une durée de **20 minutes**, qui se prépare dès la Première. Pour le grand oral, l'élève doit préparer un projet portant sur une ou deux spécialités.



L'ÉPREUVE EN BREF

L'épreuve écrite de SVT

Exercice 1 : mobilisation et organisation des connaissances dans un texte argumenté

Durée : 3 h 30
Coefficient : 16
Notation : 15 pts

- Cet exercice est noté sur 6 ou 7 points.
- Une question scientifique **précise** vous est posée. Elle peut être accompagnée d'un ou plusieurs documents qui, lorsqu'ils sont présents, vous fournissent des **arguments**. Vous devez rédiger un texte **répondant strictement à la question**, en **argumentant** vos propos à partir d'**expériences**, d'**observations**, d'**exemples** de votre choix, éventuellement issus du ou des documents proposés dans le sujet.
- Cet exercice permet d'évaluer votre capacité à mobiliser les connaissances **pertinentes** et les **organiser**. Mais aussi à les exposer en veillant à la syntaxe, au bon emploi du vocabulaire scientifique et à utiliser tout mode de communication scientifique approprié, en particulier des **schémas**.

Exercice 2 : pratique du raisonnement scientifique

- Cet exercice est noté sur 8 ou 9 points.
- Dans cette seconde partie de l'épreuve écrite, il vous faudra développer un **raisonnement scientifique pour résoudre le problème posé**.
- L'exercice permet d'évaluer votre capacité à pratiquer une démarche scientifique, en privilégiant l'exploitation d'un ensemble de documents tout en mobilisant des connaissances utiles. Vous devez :

– **choisir une démarche de résolution** du problème posé et l'exposer (il y a plusieurs démarches possibles),

– **« exploiter » les documents** fournis (c'est-à-dire les analyser, les relier entre eux et aux connaissances utiles et intégrer leur analyse à la démarche de résolution du problème),

– **structurer votre raisonnement** (une introduction, un plan pertinent avec plusieurs parties contenant plusieurs paragraphes bien identifiables, une conclusion).

L'épreuve pratique d'ECE

• L'évaluation des compétences expérimentales se déroule **au cours du deuxième trimestre**, pendant la période de l'épreuve écrite de spécialité. Vous tirez votre sujet au sort parmi les situations types que vous aurez vues en classe. Vous n'êtes pas examiné par votre professeur. On vous demande de **résoudre un problème**. Pour cela, vous devez bien distinguer deux étapes.

Étape 1 : vous proposez une stratégie et mettez en œuvre un protocole

• Dans le premier quart d'heure, vous devez proposer une stratégie réaliste et cohérente avec la recherche à mener, les ressources et l'activité pratique qui vous est suggérée (par l'énoncé et par le matériel proposé).

• En pratique, vous précisez à l'évaluateur trois choses :

– Tout d'abord, **ce que vous allez faire** : le principe de la manipulation que vous voulez réaliser en partant de celle qui vous est suggérée

– Ensuite, **comment vous allez le faire** : vous rendez opérationnelle votre manipulation en complétant le matériel fourni afin de parvenir à des résultats exploitables (témoins). Ce n'est pas un protocole.

– Enfin, **quels sont les résultats attendus**, et vous précisez ce que vous pourrez en déduire « si tout se passe comme prévu ». Puis, vous réalisez le protocole expérimental en organisant votre espace et votre temps.

Étape 2 : vous communiquez et exploitez les résultats pour répondre au problème

• Vous devez choisir et réaliser le mode de communication scientifique le plus pertinent pour mettre en évidence les données obtenues dans l'étape 1, et essentielles à l'interprétation de l'étape 2. Ce peut être un tableau, un graphe, un dessin d'observation ou une capture d'images légendées. Il vous reste à exploiter les résultats.

Le grand oral

• Vous présentez deux questions, validées par vos professeurs de spécialités, à un jury de deux professeurs, l'un au moins d'une des disciplines de spécialité. Vous préparez en 20 minutes la question choisie par le jury.

Durée : 20 min + 20 min de préparation
Coefficient : 10
Notation : 20 pts

• **Étape 1** : vous présentez oralement, **pendant 5 minutes, debout et sans notes** : choix du projet et réponse à la question.

• **Étape 2** : **vous échangez avec le jury. Pendant 10 minutes : sur ce projet** (approfondissement, argumentation et questionnement possible sur le programme de spécialité). **Pendant 5 minutes : sur votre projet d'orientation** (étapes de maturation, poursuite d'études envisagées…). Lors des échanges, le jury évalue vos capacités argumentatives et la solidité de vos connaissances, ainsi que votre capacité à réagir avec pertinence lors du dialogue qui va s'instaurer. Il évalue aussi votre engagement, la précision de votre vocabulaire, le placement de votre voix et la fluidité de votre discours.

Les astuces pour réussir

Travailler régulièrement

- **Travaillez régulièrement tout au long de l'année**, sans hésiter à demander de l'aide.
- Rédigez des **fiches de révision reprenant les points essentiels à connaître**. Pour cela, vous pouvez vous baser sur les **« essentiels » présentés à chaque début de cours dans cet ouvrage**.
- Prenez une heure et demie de votre temps plusieurs fois dans l'année pour **résoudre plusieurs sujets pas à pas de cet ouvrage**.
- Un mois et demi avant l'épreuve, terminez de rédiger vos fiches de révision ou relisez plusieurs fois les pages **Faire le point** de l'ouvrage.
- Entraînez-vous avec des sujets complets en vous chronométrant.

Le jour J étape par étape

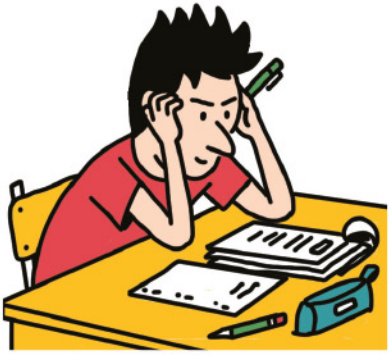
- Prenez le temps de **lire l'intégralité du sujet** avant de commencer.
- Commencez par les **questions avec lesquelles vous êtes le plus à l'aise**.
- Gérez correctement votre temps (1h40 par exercice). Prévoyez de garder un peu de **temps pour la relecture**.
- **Analysez précisément les différents termes de chaque question** et de la consigne qui l'accompagne.
- **Au brouillon :**
  - **repérez** et surlignez éventuellement **dans les documents les informations** qui sont en rapport avec la consigne ;
  - **mettez en relation les différents documents** lorsque cela est possible ;
  - **reliez les informations** du ou des documents **avec vos connaissances**.

Gérer son temps

Pour vous organiser efficacement, prévoyez environ :
- **10 minutes** pour lire le sujet en entier ;
- **1h40** pour chacun des deux exercices, soit :
  - travail préparatoire au brouillon : 30 minutes,
  - rédaction : 1h10 ;
- **5 minutes** pour relire l'ensemble de la copie.

BIEN MÉMORISER

Différents types de mémoire



Je fais le test sur Nathan Live en flashant cette page. Est-ce que ma mémoire est plutôt **visuelle**, **auditive** *ou* **corporelle**?

Connaître son type de mémoire

• Il existe différentes manières de **traiter les informations** et donc d'apprendre et de mémoriser. Selon votre **profil dominant**, vous apprendrez différemment, il faut donc adapter vos méthodes pour mémoriser et réviser.

Mettre en place les stratégies adaptées

• **Vous avez une mémoire visuelle**: vous retenez mieux ce que vous lisez, voyez et écrivez. Soignez la présentation de vos cours, en utilisant tout ce qui peut marquer votre mémoire visuellement: codes couleur, schémas, mise en page, surlignage…

• **Vous avez une mémoire auditive**: vous retenez mieux ce que vous entendez, que ce soit votre prof ou la lecture de vos cours à voix haute. Dites à l'oral ce que vous avez compris avec vos propres mots ou enregistrez-vous en train de lire votre cours. N'hésitez pas à vous poser des questions et à travailler en groupe.

• **Vous avez une mémoire corporelle**: vous retenez mieux en bougeant, vos sensations et émotions jouent un rôle important dans la mémorisation. Privilégiez les activités motrices, les jeux, l'écriture. Vous pouvez rédiger des fiches de révision, réviser en vous déplaçant, ou encore associer des informations à des gestes (renseignez-vous sur la Méthode des lieux).

Comment bien mémoriser ?

Se mettre en condition

• Le processus de mémorisation dépend de plusieurs facteurs: **l'intérêt, la motivation, le niveau de difficulté et l'état physique et émotionnel**.

S'entraîner

Être attentif, c'est avoir jeté un coup d'œil au manuel avant le cours, être ouvert aux informations, se couper des interférences parasites.

• La **mémoire de travail**, ou à court terme, nous permet de stocker pour une **durée limitée** les informations que nous recevons. Selon la qualité de **concentration** et d'**attention**, elle sera plus ou moins efficace, d'où l'importance d'avoir une écoute active en cours.

Opter pour un travail espacé dans le temps et régulier

• Notre cerveau a une capacité limitée de stockage, il est donc crucial de ne pas perdre des informations importantes, en les enregistrant dans la **mémoire à long terme**.

• La **réactivation** consiste à mobiliser son cours de manière régulière. Sans celle-ci, nous perdons une grande partie des informations le jour même où nous les avons apprises. Il faut privilégier un **apprentissage espacé dans le temps** en variant les méthodes, faire des schémas, raconter le cours à quelqu'un… Ainsi, on apprend plus vite, et pour plus longtemps.

Les méthodes à adopter

Les bonnes pratiques

• **Limiter les sources d'informations** : coupez tout ce qui n'a rien à voir avec les éléments à mémoriser (SMS, réseaux sociaux, etc.) durant vos révisions. Si vos pensées parasitent votre travail, faites des exercices pour vous relaxer ou vous recentrer.

À savoir

Soyez « mono-tâche ». Faites une relecture de votre copie en plusieurs fois et selon des filtres spécifiques, plutôt que de relire de manière globale.

• **S'approprier l'information** : plus vous transformez et personnalisez l'information, plus vous créez des connexions neuronales fortes. Mettez de la couleur, des symboles, procédez par association d'idées, transformez l'information en schéma ou en histoire.

• **Regrouper les informations** : la mémoire de travail ne pouvant accueillir que cinq à neuf informations simultanément, les rassembler par « groupes » permet de faire croire au cerveau qu'il y en a moins à traiter. Vous pouvez trier des données par catégorie, inventer des codes couleur ou des acronymes.

• **Repérer les points communs entre plusieurs tâches** : en comprenant la structure et l'enjeu d'un exercice, vous pourrez acquérir des réflexes de résolution. Vous pourrez ainsi appliquer une même méthode en différents contextes.

Utiliser des moyens mnémotechniques

• Relier une information nouvelle à une ancienne peut s'avérer très efficace, c'est ce qu'on appelle un **indice récupérateur**.

• Une information facile à retenir vous évoque une autre information plus difficile à mémoriser : elle peut être logique, thématique, émotionnelle, ou même tout simplement surprenante – **le cerveau retient plus facilement ce qui lui semble étrange**.

La méthode pour le **BAC**

1 Aborder l'épreuve écrite : mobiliser et organiser ses connaissances dans un texte argumenté 16

2 Aborder l'épreuve écrite : pratiquer un raisonnement scientifique 22

3 Aborder l'évaluation des compétences expérimentales 26

Méthode

1 Aborder l'épreuve écrite : mobiliser et organiser ses connaissances dans un texte argumenté

▶ Il s'agit de **l'exercice 1 de l'épreuve écrite**. Vous devez rédiger un texte répondant strictement à la question en **argumentant** vos propos à partir d'expériences, d'observations, d'exemples de votre choix, éventuellement issus du ou des documents proposés dans le sujet.

Comment se présente le sujet ?

➜ Une **question scientifique précise** vous est posée.

➜ Elle peut être accompagnée d'**un ou plusieurs documents** qui, lorsqu'ils sont présents, vous fournissent des arguments.

À faire au brouillon 30 min

▶ Définir les mots-clés

• Définissez les **mots-clés** pour vous représenter les limites du thème à traiter.

▶ Analyser le libellé des questions

• **Repérez les verbes de demande** : « expliquer » (causalité), « comparer » (ressemblances et différences), « discuter » (peser le pour et le contre), « montrer » (= « démontrer »), etc.

• On demande, à travers ces consignes, **deux opérations mentales** dominantes mais non exclusives :

– **distinguer analytiquement,** dans un ensemble, les éléments ou parties caractéristiques ou utiles pour résoudre une question ➜ tableau 1

– **relier des éléments** (arguments, observations, étapes, etc.) pour proposer une explication au problème à résoudre ➜ tableau 2

Tableau 1

Analyser	Extraire les parties d'un tout (les mots-clés d'un énoncé, les valeurs et unités remarquables d'un graphe etc.).
Caractériser	Mettre en évidence/expliciter le ou les traits/qualités/critères dominants ou distinctifs d'une chose ou d'un individu afin de permettre de l'identifier.
Décrire	Représenter en détail les traits caractéristiques et les particularités d'une chose, d'un être ou d'un phénomène afin de les rendre reconnaissables.
Définir	Identifier les limites et présenter le contenu d'un objet, d'une notion, d'un mécanisme.
Identifier	Repérer une information à partir de certaines caractéristiques connues. Nommer et/ou reconnaître certains traits, certaines caractéristiques spécifiques des êtres, objets, informations.
Observer	Examiner attentivement un objet, une structure, un phénomène de manière à en repérer/sélectionner des données pertinentes.

Tableau 2

Argumenter	Justifier la validité d'une affirmation, d'une explication en s'appuyant de façon organisée et raisonnée sur des faits, des données et/ou des théories.
Comparer	Mettre en relation deux objets : • de façon qualitative : identifier les points communs et les différences, • de façon quantitative : mesurer ou calculer des écarts de valeurs.
Concevoir un protocole expérimental	Élaborer un dispositif permettant de créer des variations dans les conditions de survenue d'un phénomène et d'observer dans quelle mesure ces variations impactent ou pas ce phénomène. Afin de conclure sur l'impact d'un paramètre, sur la survenue d'un phénomène, il s'agit d'élaborer deux dispositifs rigoureusement identiques et qui ne se distinguent que par la variation du paramètre testé.
Concevoir une démarche expérimentale	Élaborer en réponse à un problème scientifique une stratégie mobilisant des expérimentations afin de valider ou non les hypothèses avancées pour répondre au problème.
Expliquer	Rendre compréhensible un phénomène, un évènement, un résultat, etc. en donnant une ou plusieurs raisons rendant compte de sa survenue (origine, modalités de fonctionnement, histoire, etc.).

Formuler une hypothèse	Proposer une explication possible et provisoire à un problème scientifique en attendant validation par les faits.
Interpréter des résultats	Expliquer, chercher à rendre compréhensible, donner un sens (aux résultats).
Justifier	Montrer l'exactitude/le bien-fondé/la validité d'une affirmation en s'appuyant sur des arguments/des faits observables/ mesurables. Remarque : justifier se distingue d'argumenter par le fait qu'on justifie pour montrer qu'on a raison de penser, d'expliquer, d'agir de telle ou telle manière.
Modéliser	Transposer le réel sous la forme d'une maquette ou d'une équation représentant de façon simplifiée et partielle une réalité et capable à son niveau d'en expliquer ou d'en reproduire dynamiquement le fonctionnement.
Réaliser une synthèse	Relier différents éléments pour construire un tout (les arguments, les observations pour expliquer un phénomène par exemple).
Représenter	Organiser une ou des informations sous une forme adaptée (tableau, schéma, etc.) afin de les rendre plus lisibles, compréhensibles, démonstratives.
Schématiser	Traduire une observation, un texte, des résultats expérimentaux, un modèle explicatif par une représentation graphique et verbale circonscrite aux éléments essentiels.
Valider un modèle	Comparer/confronter les prédictions que le modèle permet de faire en termes d'observable (si le modèle est valide alors on doit observer tel et tel fait) et les observations effectivement réalisées dans la réalité.

- À partir de là, vous **traduisez une demande générale** (« montrer une diversification ») **en mécanismes biologiques précis étudiés** (« observer des mutations », « constater des brassages génétiques »…).
- Ces verbes de demande et l'identification des mécanismes biologiques ou géologiques attendus orientent généralement fortement votre plan ➜ tableau ci-après.
- Vous repérez aussi les orientations que vous donnent les éventuels documents qui sont des aides en vous apportant un exemple, un chiffre, en vous suggérant une notion importante, etc…

Rechercher des idées et arguments

- Il faut partir de vos connaissances et des documents éventuels.
- Sur votre feuille de brouillon, **réalisez un tableau** pour rassembler (c'est-à-dire organiser) les idées principales que vous avez dégagées par parties (I-, II-, III-).

Exemple :

Les quatre notions, les deux observations et exemples, ainsi que l'expérience « vont venir à votre esprit » dans l'ordre aléatoire « 1 », « 2 », « 3 »… : vos **connaissances sont mobilisées**.

Mais vous les placerez dès le début dans la colonne et partie du plan de votre devoir dans lequel vous allez les intégrer. Votre devoir est alors construit, vos **connaissances sont organisées**.

I- Expliquer le mécanisme 1 ou plan chronologique : I- Étape 1	II- Expliquer le mécanisme 2 II- Étape 2	III- Comparer (ou discuter) 1 et 2 III- Étape 3
– notion 2 – notion 4 – exemple 2 (tiré d'un éventuel document)	– notion 1 – expérience 1 – observation 2	– notion 3 – exemple 1 – observation 1 (tirée d'un éventuel document)

• **Éliminez** alors les idées et notions qui ne se raccrochent pas aux limites du sujet.

▶ Esquisser le ou les schéma(s)

• Vos schémas doivent être **grands** (au moins une demi-page), avec des couleurs.

• Vous mobilisez un schéma qui est dans votre cours, mais **les légendes et le titre doivent reprendre les mots scientifiques rassemblés dans les étapes 1, 2 et 3** pour être démonstratif et pertinent. Il est d'ailleurs intégré à votre développement, sauf pour un schéma bilan qui se trouvera en fin de devoir.

• Vous pensez alors à la mise en page : **s'il y a des légendes à relier, regroupez-les**.

• **Utilisez les couleurs** (chromosomes paternels en bleu, maternel en rouge) et les majuscules (les structures) ou minuscules (les fonctions) **pour donner du sens**, pas pour faire joli.

• **Les consignes et le temps imparti fixent le nombre de schémas**. Il vaut mieux 1 ou 2 schémas bien conçus qui seront valorisés, que 4 schémas petits, peu démonstratifs, approximatifs.

Schéma 1 : Le brassage intrachromosomique source de variabilité génétique

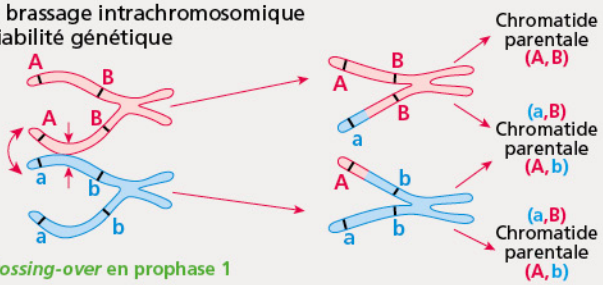
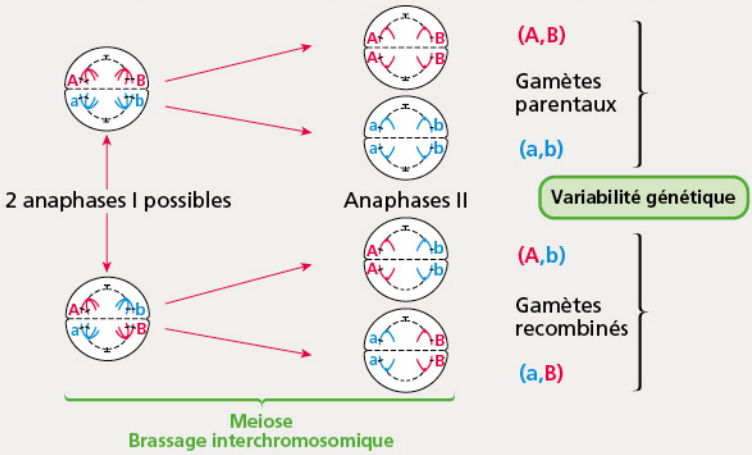


Schéma 2 : Le brassage interchromosomique source de variabilité génétique



Finaliser la rédaction

- Commencez par **la rédaction des titres de votre plan**. Grâce aux colonnes du tableau précédent, **votre plan est construit en blocs cohérents**. Vous pouvez encore modifier l'ordre des parties : **votre plan est conduit**. Vérifiez que les titres contiennent les mots de la question : **votre plan est pertinent**.
- **Rédigez alors l'introduction**, ce qui est facile et rapide car vous avez déjà défini les mots-clés, et défini et organisé la problématique et votre plan dans le tableau.
- Dans l'idéal, **vous préparez votre conclusion au brouillon**. Ce sont les réponses aux questions posées telles qu'elles apparaissent dans votre plan et le tableau 3, avec quelques exemples ou chiffres du développement bien choisis. Ce ne doit jamais être la reprise de l'introduction en remplaçant la forme interrogative par la forme affirmative !

À rédiger sur sa copie — 1 h 10

Rédiger le texte argumenté avec des connaissances organisées

- Pour être lisible, votre copie doit être aérée : allez à la ligne chaque fois que vous abordez une idée nouvelle.
- Les arguments doivent apparaître dans votre développement de différentes manières. Employez des expressions comme « telle observation (exemple ou type d'expérience) montre que… ». Les conjonctions « donc », « or », « car »… sont également attendues dans votre devoir. Ce n'est pas une simple récitation du cours, mais un texte argumenté qu'on vous demande.

Les attentes du correcteur

- Ne récitez pas par cœur toutes les connaissances qui vous viendraient à l'esprit sur le domaine proposé (tout ce que je sais sur la diversité génétique, le mouvement volontaire,…). Il faut sélectionner les connaissances et arguments qui apportent une réponse directe à la question posée.
- Veillez à ce que vos schémas (grands et colorés) portent des légendes et un titre qui renvoient au libellé de la question (et ne soit pas un simple copier/coller d'un de vos schémas de cours).

Méthode

2 Aborder l'épreuve écrite : pratiquer un raisonnement scientifique

Il s'agit de **l'exercice 2 de l'épreuve écrite**. Vous devez développer un raisonnement scientifique pour résoudre le problème posé. L'exercice permet d'évaluer votre capacité à **pratiquer une démarche scientifique**, en privilégiant l'exploitation d'un ensemble de documents tout en mobilisant des connaissances utiles.

Comment se présente le sujet ?

- Un **problème scientifique** vous est posé.
- **Quatre ou cinq documents** sont présents pour vous donner les éléments de résolution du problème. Les documents sont le plus souvent des schémas, photographies, graphes, et parfois tableaux, accompagnés d'un texte de présentation des conditions de production de ces données. Ce texte est souvent un protocole expérimental.

À faire au brouillon — 40 min

Définir les mots-clés

- Définissez les **mots-clés** pour vous représenter les limites du thème à traiter.

Analyser le libellé des questions

- Comme pour l'exercice 1, **repérez et traduisez les verbes de demande** : « expliquer » (causalité), « comparer », « discuter », « montrer » (= « démontrer »), etc.

Rechercher des arguments dans les documents

- Vous devez exploiter les documents, surligneurs et crayon en main pour les annoter.
- Commencez par « **analyser** », ce qui ne veut pas dire « **décrire** », les documents.

Pour analyser un document

- Sélectionnez – en les surlignant – les seules données en lien avec le problème à résoudre (les mots scientifiques, les groupes témoins, les grandeurs mesurées, les valeurs chiffrées remarquables, etc.).
- Traduisez en un court texte la comparaison ou l'évolution de ces données documentaires en comparant les valeurs chiffrées sélectionnées s'il y en a.
- Reliez immédiatement ces données qui vous servent d'arguments à un aspect du problème à résoudre. Le correcteur voit alors clairement sur votre copie un paragraphe du type « on voit sur le document X que…. Donc tel aspect du problème… ».
- Si un même document traite de plusieurs aspects du problème à résoudre, il faut plusieurs paragraphes « on voit… donc… ».

DOC. 4 Répartition des populations des ours polaires et des grizzlys en Amérique du Nord

D'après boundless.com

- Question p. 55.
- Analyse p. 60.

• Vous devez ensuite **relier** les documents entre eux et aux connaissances utiles, et **intégrer leur analyse à la démarche de résolution du problème. Ces relations doivent se voir** quand vous rédigez votre copie. **Déposez les données documentaires dans un tableau** où vous collectez et intégrez les informations tirées des documents.

• En effet, vous analysez les documents les uns après les autres, mais les données ou informations collectées sur un même document peuvent servir à argumenter plusieurs aspects du problème à résoudre identifiés, et ainsi apparaître dans plusieurs parties (ou colonnes du tableau de votre brouillon).

Exemple :

I- Expliquer le mécanisme 1 ou plan chronologique : I- Étape 1	II- Expliquer le mécanisme 2 II- Étape 2	III- Comparer (ou discuter) 1 et 2 III- Étape 3
– information 1 du document 1	– information 2 du document 1	– information 3 du document 1
– information 1 du document 2	– informations du document 4	– information du document 3

Finaliser la rédaction

• Commencez par **la rédaction des titres de votre plan**. Grâce aux colonnes du tableau précédent, votre plan est construit en blocs cohérents. Vous constatez que, sauf exception, un plan du type I- document 1, II- document 2, III- documents 3 et 4 ne conviendra pas pour traduire votre démarche de résolution du problème posé.

• **Rédigez alors l'introduction**, ce qui est facile et rapide car vous avez déjà défini les mots-clés, et défini et organisé la problématique et votre plan dans le tableau. Vous pouvez citer les documents.

• Dans l'idéal, **vous préparez votre conclusion au brouillon**. Ce sont les réponses aux questions posées telles qu'elles apparaissent dans votre plan et le tableau 3, avec quelques exemples ou chiffres du développement bien choisis.

À rédiger sur sa copie 1 h

Rédiger le développement

• Vous devez **construire votre argumentation sur l'exploitation des documents.** Notez cependant les quelques connaissances « **utiles** », c'est-à-dire les notions et mots scientifiques de la question, que vous devez définir dans l'introduction, ou ceux qui apparaissent dans votre démonstration (par exemple, l'expression « principe de l'actualisme » est toujours attendue dans l'exploitation de documents sur les variations climatiques passées, alors qu'elle n'est jamais présente dans les sujets et documents).

• Présentez **d'abord le fait expérimental** (comparaison de deux courbes, par exemple), **le fait d'observation** (pourcentages des phénotypes parentaux ou recombinés) ou, si nécessaire, **la connaissance précise** qui vous sert d'argument. **Puis** indiquez **la conclusion** qui découle de cet argument et **qui doit reprendre les mots de la question posée** pour être pertinente.

Les attentes du correcteur

• Les connaissances « **utiles** » sont les définitions des mots scientifiques de la question, qui doivent être données dans votre introduction, et celles indispensables pour comprendre et analyser un document (elles ne sont pas forcément exprimées dans votre copie).

• **Analyser un document ne veut pas dire le décrire.** Il vous faut **sélectionner** les seuls éléments en lien avec le sujet, et au moment de la rédaction sur la copie vous devez montrer au correcteur que vous les exploitez **au service de la résolution** du problème.

• Enfin, veillez à **relier les documents** non seulement à la question, mais aussi entre eux. Ils ont été choisis pour apporter chacun des éléments à la construction de la réponse. **Ces relations doivent se voir** quand vous rédigez votre copie.

Méthode

3 Aborder l'évaluation des compétences expérimentales

Notée sur 5 points, elle se déroule **au cours du second trimestre** pendant la période de l'épreuve écrite de spécialité.

Comment se déroule l'épreuve ?

→ Vous **tirez votre sujet au sort** parmi les situations types que vous aurez vues en classe.

→ Vous n'êtes pas examiné par votre professeur.

→ On vous demande de **résoudre un problème**. Pour cela, vous devez bien distinguer deux étapes.

Étape 1 : proposez une stratégie et mettez en œuvre un protocole

• Prenez le temps de **bien comprendre** la question qui ne correspond pas toujours aux situations vues en TP.

• Ne négligez aucune ressource : les documents, le matériel, le protocole.

• Ensuite, il faut accélérer (15 minutes, c'est très court) : inscrivez sur la feuille de brouillon fournie les trois rubriques : **1. Ce que je fais ; 2. Comment je le fais ; 3. Les résultats attendus ?**

• **Appelez l'examinateur** pour validation.

• **Réalisez alors le protocole expérimental.** Le protocole n'est pas détaillé car il correspond aux gestes réalisés en TP. Organisez votre espace et votre temps. **Appelez l'examinateur** pour qu'il vous fournisse du matériel manquant et qu'il vous aide si vous avez des difficultés dans la manipulation.

Les attentes du correcteur

• Ce que vous allez faire : le principe de la manipulation que vous voulez réaliser en partant de celle qui vous est suggérée (**avez-vous bien compris le problème ?**).

• Comment vous allez le faire : vous rendez opérationnelle votre manipulation en complétant le matériel fourni afin de parvenir à des résultats exploitables (témoins). Ce n'est pas un protocole.

• Quels sont les résultats attendus : vous précisez ce que vous pourrez en déduire « si tout se passe comme prévu ».

• Complétez-les sans rédiger, trois lignes maximum pour chacune. L'examinateur validera directement ou dialoguera brièvement avec vous pour vous permettre de compléter ou rectifier.

Étape 2 : choisissez un mode de communication et exploitez les résultats

• **Choisissez le mode de communication** le plus pertinent et clair pour le correcteur. Ce n'est jamais un texte. Pensez à mettre un titre et des légendes à votre tableau, graphique, dessin, ou capture d'image… Si c'est un document numérique, sauvegardez-le tout de suite.

• **Exploitez enfin les résultats** en articulant votre réponse sur les trois éléments attendus : 1. Je vois… (sur le tableau, le dessin…) ; 2. Or je sais (par le document ou les connaissances) ; 3. Donc je conclus et réponds au problème posé.

Les attentes du correcteur

• L'évaluateur attend :

– que vous exploitiez l'ensemble des données = **je vois**…

– que vous intégriez des notions utiles issues des ressources disponibles = **je sais**.

– que vous construisiez une réponse au problème posé explicative inté grant les résultats = **je conclus et réponds au problème posé**.

Retrouvez via Nathan live la méthode pour l'oral de rattrapage en flashant cette page.

Sujets pas à pas

Le brassage des génomes à chaque génération : la reproduction sexuée des eucaryotes

Faire le point

L'essentiel

1 La reproduction sexuée assure la stabilité des caryotypes

- Le passage d'un organisme **diploïde** à n paires = 2n chromosomes à des gamètes (parfois des spores) **haploïdes** à n chromosomes est assuré par la **première division de méiose.**
- La stabilité du caryotype est alors assurée par la **fécondation** qui produit un zygote **diploïde** à partir de la rencontre aléatoire des gamètes.

2 De nouvelles combinaisons alléliques

a. Le brassage intrachromosomique

- Considérons deux couples d'allèles **hétérozygotes** notés AB//ab sur une même paire de chromosomes **(gènes liés). En prophase 1,** il peut y avoir un **crossing-over** et des échanges de fragments de chromatides homologues.

b. Le brassage interchromosomique

- Considérons deux couples d'allèles notés A//a et B//b sur deux paires de chromosomes **(gènes indépendants). En métaphase 1,** il y a répartition au hasard des deux chromosomes de chaque paire de part et d'autre du plan équatorial.
- Dans les deux cas, on obtient en plus des combinaisons alléliques parentales AB et ab **de nouvelles combinaisons alléliques aB et Ab équiprobables aux parentales (b) ou moins probables (a).**

3 Les accidents génétiques de la méiose

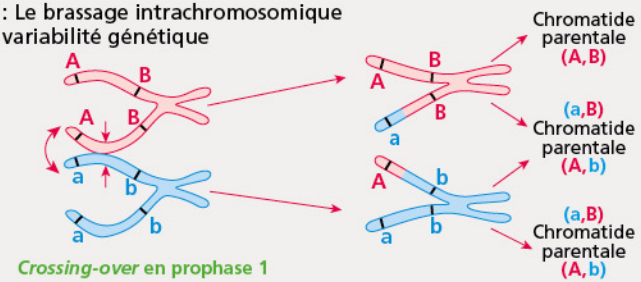
- On constate parfois des migrations anormales de chromatides au cours des divisions de méiose. On obtient des caryotypes soit anormaux, soit létaux.

LEXIQUE

- **brassage génétique :** création de nouvelles combinaisons alléliques au sein d'une cellule. Chez les eucaryotes, il se réalise au hasard pendant la méiose puis lors de la fécondation, par la réunion au hasard des génomes haploïdes.
- **crossing-over :** échange de fragments strictement homologues de chromatides, lors de l'appariement des chromosomes d'une paire, en prophase 1 de méiose.

Schéma bilan

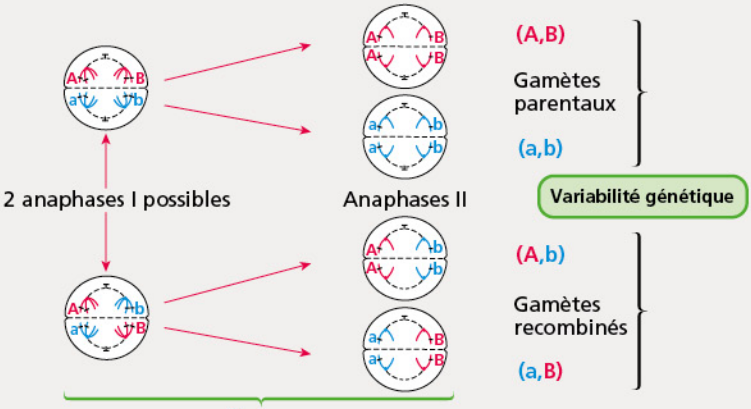
Schéma 1 : Le brassage intrachromosomique source de variabilité génétique



Crossing-over en prophase 1
=
Brassage intrachromosomique

Variabilité génétique

Schéma 2 : Le brassage interchromosomique source de variabilité génétique



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- les cellules haploïdes et diploïdes et leur origine. ☐
- les mécanismes des brassages interchromosomiques et intrachromosomiques. ☐
- la transmission de gènes liés ou indépendants, d'après les proportions des descendants de croisements. ☐
- les origines des caryotypes normaux, trisomiques, monosomiques. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 230

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Les brassages génétiques :

- ☐ **a.** correspondent à la succession de la fécondation et de la méiose.
- ☐ **b.** permettent la stabilité du caryotype lors de la méiose.
- ☐ **c.** sont à l'origine de nouvelles combinaisons d'allèles chez les descendants.
- ☐ **d.** impliquent toujours un crossing-over.

2. Le zygote formé par fécondation :

- ☐ **a.** contient une combinaison unique et nouvelle d'allèles.
- ☐ **b.** contient les mêmes combinaisons alléliques que ses parents.
- ☐ **c.** contient les mêmes combinaisons alléliques que l'un des parents.
- ☐ **d.** contient une combinaison allélique identique aux autres descendants du couple.

3. En considérant deux gènes liés subissant un crossing-over, le croisement test (ou test-cross) de deux individus donne parmi les descendants :

- ☐ **a.** quatre phénotypes d'égales proportions.
- ☐ **b.** deux phénotypes d'égales proportions.
- ☐ **c.** des phénotypes parentaux supérieurs en nombre aux phénotypes recombinés.
- ☐ **d.** des phénotypes parentaux inférieurs en nombre aux phénotypes recombinés.

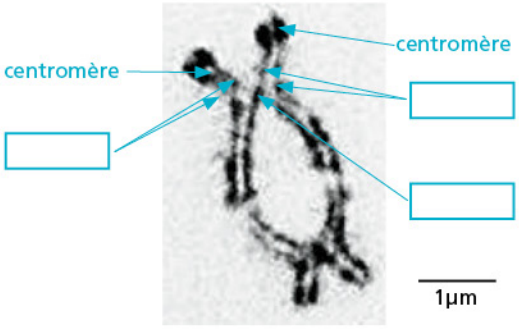
4. La trisomie 21 peut avoir comme origine :

- ☐ **a.** une anomalie de première division de méiose.
- ☐ **b.** une anomalie de deuxième division de méiose.
- ☐ **c.** une anomalie survenant uniquement chez les mères de plus de 40 ans.

Expliquer par une image *Légender et ajouter un titre.*

› Coloriez les « filaments » présents sur cette paire de chromosomes en prophase 1 de méiose. Représentez ces mêmes « filaments » en fin de méiose.

› Complétez les légendes et proposez un titre précisant ce phénomène génétique.



Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

Brassage interchromosomique	• Se dit d'une cellule ou d'un organisme contenant n chromosomes morphologiquement différents.
Brassage intrachromosomique	• Création de nouvelles combinaisons d'allèles par recombinaisons de chromatides homologues lors de crossing-over en prophase 1 de méiose.
Haploïde	• Se dit d'une cellule ou d'un organisme possédant un double jeu de chromosomes (2n).
Diploïde	• Création de nouvelles combinaisons haploïdes de chromosomes de part et d'autre du plan équatorial, en métaphase 1 de méiose.

Vers le sujet de BAC

DOC. Croisement de drosophiles

On croise des drosophiles de lignées pures : un mâle à abdomen rayé et au thorax dépourvu de soies et une femelle dont l'abdomen est uni et dont le thorax porte des soies.

Toutes les drosophiles obtenues en première génération F1 ont l'abdomen uni et le thorax portant des soies.

On croise une femelle F1 avec un mâle rayé au thorax dépourvu de soies.

On obtient à la génération suivante F´2 :

- 38 % d'individus à l'abdomen uni et au thorax portant des soies.
- 12 % d'individus à l'abdomen uni et au thorax sans soies.
- 11 % d'individus à l'abdomen rayé et au thorax portant des soies.
- 39 % d'individus à l'abdomen rayé et au thorax sans soies.

› Cochez les affirmations exactes :

- ☐ **a.** Les pourcentages d'individus F´2 témoignent de la non-équiprobabilité des gamètes émis par la femelle F1.
- ☐ **b.** Les allèles codant les caractères « thorax portant des soies » et « abdomen rayé » sont dominants.
- ☐ **c.** Les gènes codant les phénotypes étudiés sont portés par une paire de chromosomes homologues. On dit que ces gènes sont liés.
- ☐ **d.** Le phénomène rare mis en évidence par les résultats du « croisement test » est appelé le crossing-over, c'est-à-dire l'échange de portions de chromatides sœurs lors de la deuxième division de méiose.

Sujet guidé

Sujet 1 D'après sujet de Bac

8 pts 1h50

Pratique du raisonnement scientifique

Au cours de la méiose, les brassages inter et intrachromosomiques produisent une diversité potentiellement infinie de gamètes. On réalise des croisements de drosophiles dont les résultats sont donnés dans le document 1. On cherche à comprendre lequel de ces deux mécanismes (brassage inter ou intrachromosomique) est mis en œuvre et quels sont les deux gènes impliqués.

À partir des informations tirées des documents, indiquez la bonne réponse pour chaque série de propositions.

1. ☐ **a.** Le caryotype de la drosophile comprend 2 chromosomes à 2 chromatides.
   ☐ **b.** Le caryotype de la drosophile comprend 8 paires de chromosomes.
   ☐ **c.** Le caryotype de la drosophile comprend 3 paires de chromosomes et 2 protéines sphériques.
   ☐ **d.** Le caryotype de la drosophile comprend 4 paires de chromosomes.

2. ☐ **a.** L'allèle responsable de la couleur claire du corps est dominant par rapport à l'allèle responsable des ailes vestigiales.
   ☐ **b.** L'allèle responsable de la couleur claire du corps est dominant par rapport à l'allèle responsable du corps noir.
   ☐ **c.** L'allèle responsable des ailes vestigiales est dominant par rapport à l'allèle responsable des ailes longues.
   ☐ **d.** L'allèle responsable de la couleur noire du corps est un allèle sauvage.

3. ☐ **a.** Ces croisements illustrent les brassages intrachromosomique et interchromosomique.
   ☐ **b.** Ces croisements illustrent le brassage intrachromosomique.
   ☐ **c.** Ces croisements illustrent le brassage interchromosomique.
   ☐ **d.** Ces croisements sont responsables d'une aberration chromosomique.

4. ☐ **a.** Les gènes impliqués dans ce brassage sont liés.
   ☐ **b.** Un seul gène gouverne la couleur du corps.
   ☐ **c.** Les gènes impliqués dans ce brassage sont indépendants.

☐ **d.** Le gène gouvernant la couleur du corps, situé sur le chromosome 2, est l'un des deux gènes impliqués dans le croisement.

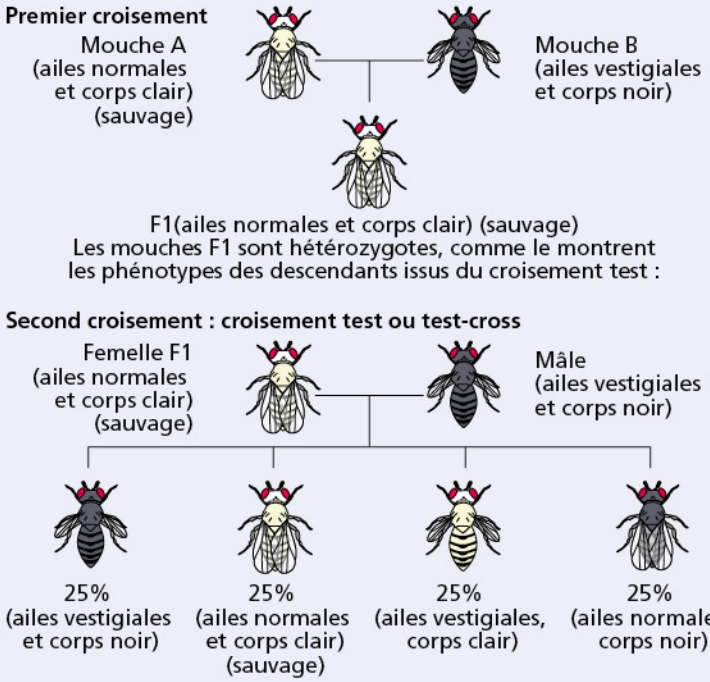
5. ☐ **a.** Toutes les cellules du corps de la drosophile sont haploïdes.

☐ **b.** Les résultats du premier croisement (F1) permettent de déterminer quels sont les allèles dominants.

☐ **c.** On appelle test-cross l'événement responsable d'une recombinaison intrachromosomique.

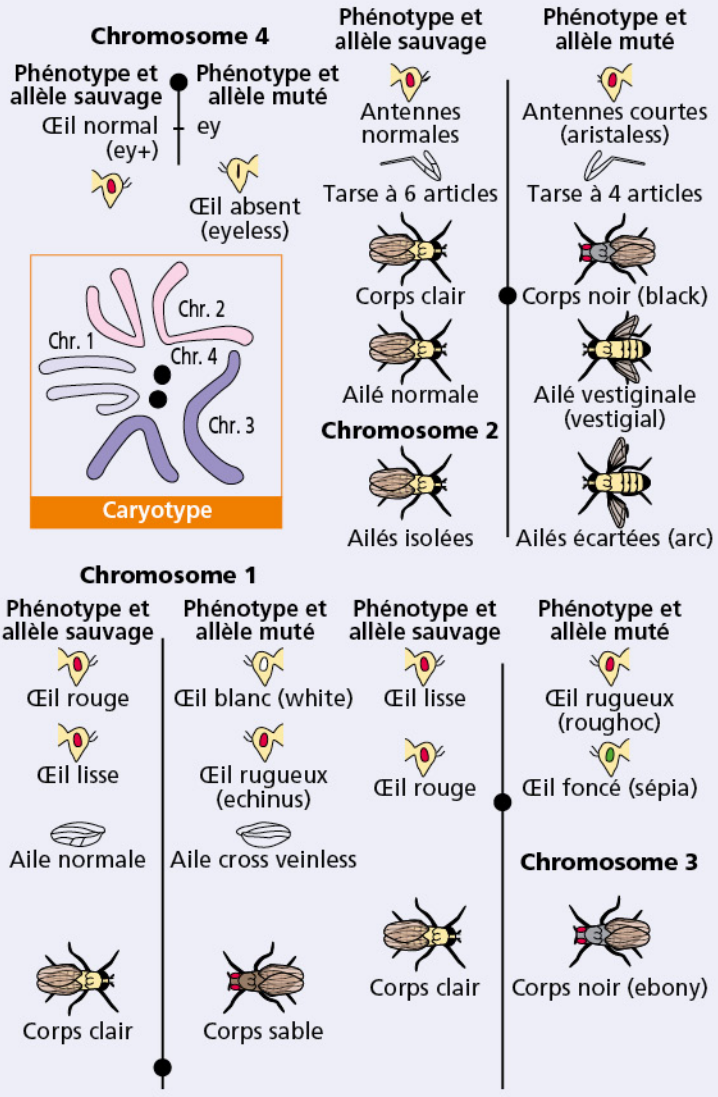
☐ **d.** Les drosophiles « sauvages » sont plus dangereuses que les drosophiles « mutées ».

DOC. 1 Résultats de croisements de drosophiles portant sur les caractères « longueur des ailes » (ailes longues et ailes vestigiales ou réduites) et « couleur du corps » (corps clair et corps noir)



D'après Didac.free.fr

DOC. 2 **Caryotype et portion de la carte génétique de la drosophile (chaque gène possède un allèle dit « sauvage » à l'origine de l'expression du phénotype « sauvage » qui est le plus présent dans les populations de drosophiles)**



D'après E. ALTENBURG repris dans *Génétique* de G. PRÉVOST, éditions Hermann - 1976 modifié à l'aide du site http://svt.ac-dijon.fr/

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- La méiose est une succession de deux divisions qui produit quatre gamètes haploïdes. Il y a alors création de nouvelles combinaisons d'allèles par recombinaisons de chromatides homologues lors de crossing-over en **prophase 1** : c'est le **brassage intra-chromosomique**.
- Il y a également création de nouvelles combinaisons haploïdes de chromosomes de part et d'autre du plan équatorial, en **métaphase 1** : c'est le **brassage inter-chromosomique**.
- Le croisement test est le croisement d'un hybride F1 avec le parent double récessif. Les pourcentages des phénotypes obtenus lors du croisement test permettent de déterminer si les gènes sont indépendants ou liés.

Bien comprendre les questions

- Les questions vont vous demander de bien regarder les documents. Certains sont très familiers, d'autres vous demanderont un peu de réflexion pour les comprendre.
- Certaines réponses ou groupes de réponses s'excluent l'un l'autre. On peut donc choisir la bonne réponse avec un seul axe de réflexion.
- Parfois, une réponse très différente vous est proposée (par exemple : 2d et 5d). Cela vous demandera une deuxième réflexion.

Exploiter les documents

- **Le DOC. 1** est un croisement très classique. Il permet de déterminer les relations de dominance et la position relative des gènes sur les chromosomes.
- **Le DOC. 2** contient un caryotype, qui permet de répondre à la question 1.
- La carte des gènes sur les chromosomes du document 2 sera utile à la question 4.

Méthode

Commencez à lire les propositions avant une analyse plus détaillée des documents. Vous pourrez sélectionner les informations pertinentes des documents et laisser de côté les données à ne pas exploiter.

Méthode

Sur les documents 1 et 2, surlignez les données utiles (le caryotype, la dominance, les gènes liés ou non, le brassage génétique…). Cela doit devenir un réflexe, permettant ainsi de relier visuellement les documents sans aucune perte de temps.

CORRIGÉ 1

Comprendre le corrigé

Question 1

a. **Faux** ➜ Voir la réponse d.

b. **Faux** ➜ Voir la réponse d.

c. **Faux** ➜ Voir la réponse d.

d. **Vrai** ➜ Le caryotype de la drosophile comprend 4 paires de chromosomes. On peut les compter sur le caryotype du document 2. Il y a deux chromosomes 1, deux chromosomes 2, deux chromosomes 3 et deux chromosomes 4.

Attention

Les remarques ajoutées pour justifier chaque affirmation sont données pour vous aider à progresser. Elles ne sont pas demandées à l'épreuve du baccalauréat.

Question 2

a. **Faux** ➜ On ne peut pas comparer des allèles qui produisent des caractères différents.

b. **Vrai** ➜ Le document 1 nous dit que les F1 sont hétérozygotes. Ils ont donc un allèle qui produit la couleur claire et un allèle qui produit la couleur sombre. Comme ils sont clairs, on en déduit que l'allèle qui produit la couleur claire est dominant sur l'allèle qui produit la couleur sombre.

c. **Faux** ➜ C'est l'inverse.

d. **Faux** ➜ C'est l'allèle clair qui est considéré comme sauvage, d'après le document 1.

Comprendre le corrigé

Comme vous le constatez, une bonne distinction des brassages génétiques est essentielle.

Question 3

a. **Faux** ➜ Il n'y a que du brassage interchromosomique.

b. **Faux** ➜ Voir la réponse c.

c. **Vrai** ➜ Le fait qu'à l'issue du croisement test on ait des pourcentages phénotypiques équivalents (25 %) indique que les gènes étudiés sont situés sur des paires différentes de chromosomes. Le brassage intrachromosomique ne peut donc pas opérer sur les gènes étudiés.

d. **Faux** ➜ Ces croisements ne sont pas responsables d'une aberration chromosomique observable.

Question 4

a. Faux ➜ Le fait qu'à l'issue du croisement test, on ait des pourcentages phénotypiques équivalents (25 %), indique que les gènes étudiés sont situés sur des paires différentes de chromosomes. Ils sont donc non liés.

b. Faux ➜ On voit sur le document 2 que trois gènes gouvernent la couleur du corps. Ils sont sur les chromosomes 1 (clair/sable), 2 (clair/black) et 3 (clair/ebony).

c. Vrai ➜ Voir la réponse a. Des gènes indépendants sont des gènes non liés.

d. Faux ➜ Si c'était vrai, on aurait eu un cas de gènes liés, puisque le gène qui gouverne la longueur des ailes est aussi sur le chromosome 2. Le gène étudié est celui du chromosome 3 (clair/ebony).

Méthode

Repérez bien sur le document 2 (en les surlignant) les deux gènes « corps noir », black et ebony. Il vous faut alors connecter cette information aux réponses 4a et 4c, que vous avez données précédemment, en analysant cette fois le document 1.

Question 5

a. Faux ➜ Les gamètes sont haploïdes.

b. Vrai ➜ On voit que l'allèle qui produit la couleur claire domine l'allèle qui produit la couleur sombre, et que l'allèle qui produit les ailes normales domine l'allèle qui produit les ailes vestigiales.

c. Faux ➜ L'événement responsable d'une recombinaison intrachromosomique est le crossing-over.

d. Faux ➜ Ce n'est pas le cas pour les gènes habituellement étudiés chez la drosophile.

Conservation, diversification, complexification des génomes

Faire le point

L'essentiel

1 La conservation des génomes

- Les **mitoses** des eucaryotes ou les **divisions bactériennes** donnent un ensemble de cellules (ou **clone**) toutes génétiquement identiques (**stabilité génétique** du clone).
- Le clone peut néanmoins évoluer génétiquement par l'accumulation de **mutations** successives transmises à leur tour dans les différentes cellules.

2 Complexification des génomes lors d'accidents de méiose

- Ces accidents sont des **crossing-over inégaux** qui créent de nouveaux gènes (**duplication**) constituant une **famille multigénique**. Les copies produites subissent des mutations et deviennent des innovations qui jouent un rôle essentiel dans l'évolution biologique.

3 Complexification des génomes par des transferts horizontaux

- Un organisme peut recevoir des gènes à partir de son ancêtre (**transfert vertical**) ou d'un autre organisme sans en être le descendant (**transfert horizontal**). Ce transfert horizontal entre espèces parfois éloignées est rendu possible par l'universalité de l'ADN. Il joue un rôle majeur, par exemple, dans :

– la résistance aux antibiotiques pour des bactéries qui s'échangent des gènes par **conjugaison bactérienne** ;

– l'évolution des populations et des écosystèmes ;

– le transfert horizontal de gènes d'intérêt (**transgenèse**) dans des espèces cultivables ou des lignées bactériennes (OGM).

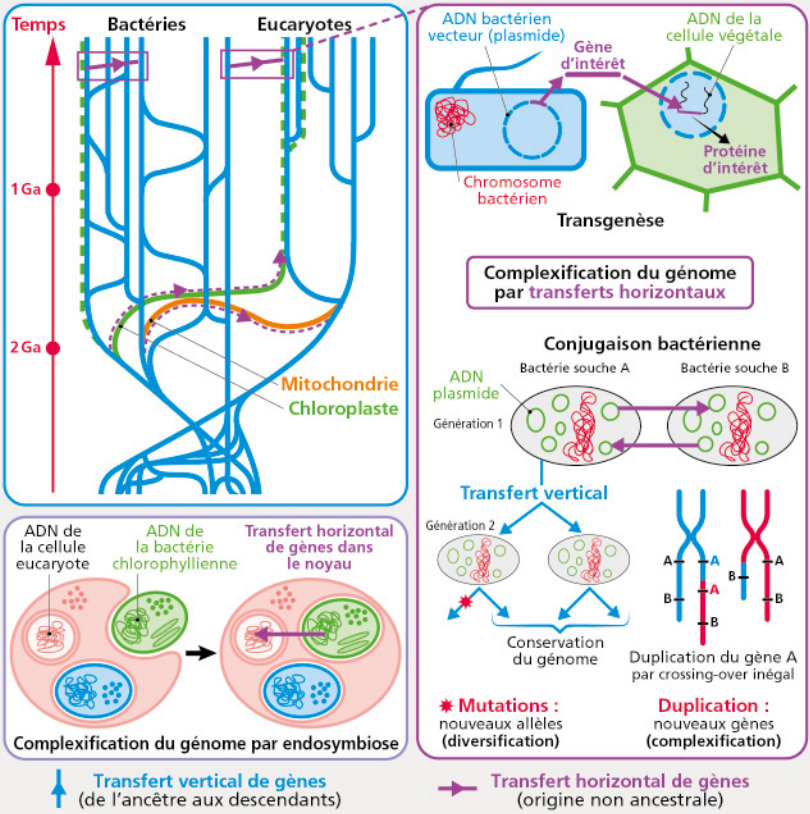
4 Complexification des génomes par endosymbioses

- Le génome d'une cellule (bactérie ou eucaryote) peut être **intégré dans une cellule hôte d'une espèce différente**. Il régresse et certains de ses gènes sont transférés dans le noyau de l'hôte. Ce processus est à **l'origine des mitochondries et des chloroplastes**.

LEXIQUE

- **reproduction conforme** : transfert vertical de gènes par mitose ou division bactérienne.
- **clone** : ensemble de cellules issues d'une cellule unique par reproduction conforme.
- **reproduction sexuée** : transfert vertical de gènes réalisé par fécondation, mélange total des deux génomes des gamètes parentaux avec descendance.

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- les nouveaux gènes et les nouveaux allèles. ☐
- les différents modes de diversification du génome par mutation ponctuelle, duplication, brassage d'allèles, transfert horizontal de gènes, transgenèse. ☐
- la reproduction conforme, la reproduction sexuée et la conjugaison bactérienne. ☐
- le génome des mitochondries et chloroplastes et le génome du noyau transmis par les deux gamètes paternel et maternel. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 231

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. On peut qualifier d'innovation génétique :

- ☐ **a.** une mutation.
- ☐ **b.** une réplication.
- ☐ **c.** une duplication.

2. Une duplication :

- ☐ **a.** est un accident de réplication.
- ☐ **b.** est un accident de méiose.
- ☐ **c.** est un accident de mitose.

3. Les gènes d'un organisme peuvent provenir :

- ☐ **a.** d'autres organismes par transfert de gènes.
- ☐ **b.** uniquement des parents de cet organisme.
- ☐ **c.** d'une fabrication de gènes lors de la méiose.

4. Les symbioses :

- ☐ **a.** modifient un des deux organismes associés.
- ☐ **b.** sont sources de diversité.
- ☐ **c.** peuvent modifier le génome des organismes.

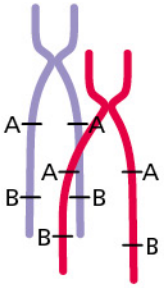
5. Les bactéries :

- ☐ **a.** sont généralement diploïdes.
- ☐ **b.** peuvent développer une résistance aux antibiotiques, grâce à la conjugaison bactérienne.
- ☐ **c.** peuvent former des clones par simple division mitotique.
- ☐ **d.** sont peu favorables à l'analyse génétique, car trop petites (micro-organismes).

Expliquer par un schéma *Légender et ajouter un titre.*

Le schéma ci-dessous montre un événement accidentel, qui affecte une paire de chromosomes homologues au cours de la prophase 1 de méiose.

› Proposez un titre et des légendes explicatives pour ce schéma et pour la phase suivante de la méiose.



Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

Mutation	Modification ponctuelle de séquences de nucléotides formant de nouveaux allèles.
Duplication	Processus dans lequel un organisme reçoit du matériel génétique à partir de son ancêtre.
Transfert horizontal de gènes	Apparition d'un deuxième exemplaire d'un gène sur un même chromosome.
Transfert vertical de gènes	Processus dans lequel un organisme intègre du matériel génétique provenant d'un autre organisme sans en être le descendant.

Vers le sujet de BAC

DOC. Étude génétique de la « limace verte » ou « limace solaire »

Elysia chlorotica est une limace qui devient verte en se nourrissant d'une algue verte. La limace lui « vole » les chloroplastes, qui se retrouvent alors dans les cellules de la paroi du tube digestif du mollusque. La « limace verte » peut alors survivre des mois sans se nourrir, grâce aux nutriments qu'elle produit elle-même par photosynthèse.

Le métabolisme photosynthétique des chloroplastes dépend du génome nucléaire de l'algue pour plus de 90 % des protéines nécessaires. Les limaces ne sont pas des plantes et ne devraient donc logiquement pas être capables d'utiliser ainsi les chloroplastes.

On a découvert que le gène « psbO », qui intervient dans la photosynthèse et est présent dans les noyaux de l'algue, existe aussi chez les limaces vertes. Ces deux exemplaires ont des séquences sensiblement identiques.

Source : pnas.org

› À partir de l'analyse des données rassemblées par les auteurs de cette étude, montrez que l'exemple de la « limace verte » illustre les mécanismes de transferts horizontaux et d'endosymbiose, sources d'innovations intéressantes chez les êtres vivants.

Sujet guidé

Sujet 2 — Sujet inédit

7 pts — 1h40

Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté

La connaissance du génome des êtres vivants montre une tendance générale à sa complexification croissante du point de vue de son enrichissement et de sa diversification.

En vous appuyant sur un exemple de votre choix, montrez que le mécanisme de duplication permet l'apparition de nouveaux gènes, contribuant ainsi à la complexification du génome.

Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- La reproduction sexuée, **méiose et fécondation**, participe à la diversification des êtres vivants.
- Des anomalies peuvent survenir au cours de la méiose par **crossing-over inégal**. Les copies ainsi produites subissent des **mutations** et deviennent des **innovations** qui jouent un rôle essentiel dans l'**évolution** biologique (**familles multigéniques**).

Bien comprendre la question

- Appuyez-vous sur l'exemple vu en classe avec votre professeur (globines, hormones hypophysaires…) sans rentrer dans les détails de leurs rôles ou parenté relative.

Les limites

- Les mutations peuvent (et doivent) être évoquées, car les nouveaux gènes ne seront « nouveaux », et donc des innovations, que s'ils subissent des mutations à partir du gène ancestral. Les nouveaux gènes ne sont pas de simples copies à l'identique. Mais **évitez des développements sur ces mutations, ou sur les autres mécanismes de diversification du génome**.

La problématique

- Derrière l'expression « permet l'apparition de nouveaux gènes », vous devez **penser quantitatif** (plus = enrichissement) **et qualitatif** (nouveaux = innovations), l'enrichissement étant d'ailleurs aussi une innovation.
- Pensez à associer à « duplication » les mécanismes de transposition et de mutation affectant les gènes nouveaux.
- Le choix du schéma est assez simple : celui du crossing-over inégal n'explique pas qu'il y a des innovations. Il ne vous reste que le schéma montrant le gène ancestral et son devenir par duplications, transpositions et mutations successives.

Méthode

Il vous faut, comme toujours, traduire les termes du sujet en problématiques opérationnelles.

Au brouillon

Dès qu'elles vous viennent à l'esprit, notez les associations d'idées ou les mots-clés dans un brouillon bien organisé, en colonnes par exemple.

Choisir des expériences, des observations, des exemples pour argumenter

- Vous pouvez choisir les exemples étudiés par votre professeur (les gènes des globines, la résistance aux insecticides …). Essayez au brouillon de noter les observations réalisées sur ces molécules.

Construire sa réponse

La « connaissance du génome » évoquée dans le sujet montre l'existence de copies de gènes et sera évoquée en premier. Les mécanismes et les conséquences biologiques et évolutives demandés seront traités dans les deux parties suivantes.

I – Les gènes des globines ont une origine commune : ils forment une famille multigénique

II – Les duplications et transpositions successives créent de nouveaux gènes

III – Les conséquences des duplications : enrichissement et diversification du génome

CORRIGÉ 2

Comprendre le corrigé

Introduction

La connaissance du génome montre que les premiers êtres vivants bactériens possèdent moins d'ADN et de gènes que les pluricellulaires végétaux ou animaux apparus plus tard. Cette connaissance montre aussi que chez une espèce comme l'homme, on observe l'existence de copies de gènes qui sont « dupliquées » à partir d'un gène ancestral. À partir de l'exemple des globines des hématies et de leurs gènes, on commencera par mettre en évidence le phénomène de duplication. Les mécanismes des duplications puis les conséquences biologiques et évolutives de cette complexification croissante, du point de vue de son enrichissement et de sa diversification, seront traités dans les deux parties suivantes.

Méthode
L'introduction doit vous servir, entre autres, à annoncer votre plan. Un plan que vous aurez préparé au brouillon.

I – Les gènes des globines ont une origine commune : ils forment une famille multigénique

Chez l'homme, il existe de nombreuses globines différentes dont l'association forme l'hémoglobine des hématies. Certaines sont présentes chez l'adulte, d'autres avant la naissance. Elles sont l'expression de gènes différents, comme toutes les protéines.

Astuce du prof
Montrez que vous ne confondez pas les protéines, globines et les gènes qui les déterminent.

Lorsque l'on compare la séquence de nucléotides de ces gènes, on constate qu'il y a beaucoup de ressemblances qui ne peuvent être dues au hasard. On pense qu'elles s'expliquent par une origine commune, par réalisation de copies appelées « duplications » à partir d'un gène ancestral. Les gènes des globines forment une famille multigénique.

Méthode
Pour argumenter, n'oubliez pas de partir d'observations – ici la comparaison de séquences de nucléotides – que vous avez réalisées de nombreuses fois en TP.

II – Les duplications et transpositions successives créent de nouveaux gènes

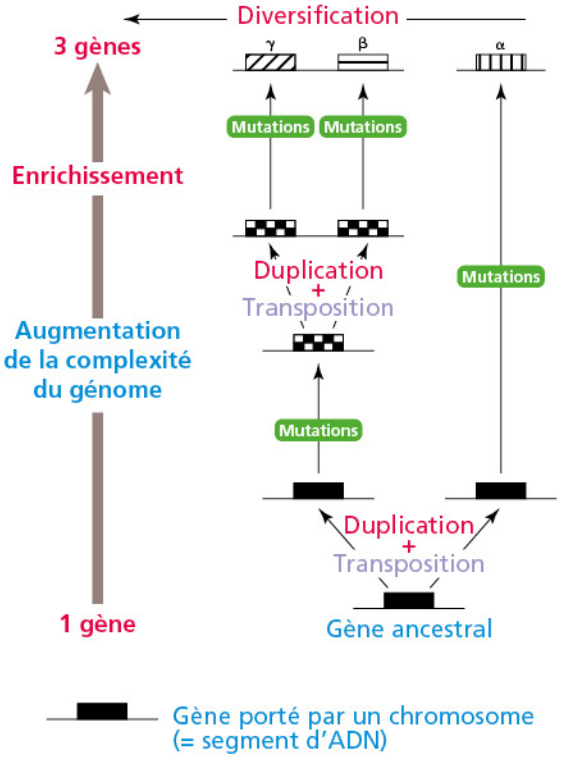
Des anomalies peuvent survenir au cours de la méiose par des crossing-over inégaux, qui créent des chromatides plus longues présentant plusieurs fois le même gène. Il s'agit donc de duplication.

Astuce du prof
Pour être lisible, votre copie doit être aérée. Allez à la ligne chaque fois que vous abordez une nouvelle idée.

Ces copies de gènes peuvent parfois être transférées sur d'autres chromosomes. On parle de transposition.

Le schéma qui suit représente les deux mécanismes de duplication-transposition, chez les ancêtres vertébrés de l'homme, permettant d'expliquer la famille multigénique des trois gènes différents des globines α, β et δ.

Chaque nœud de cet arbre correspond à une duplication génique, suivie d'une évolution indépendante des deux duplicata par fixation de mutations différentes (les mutations apparaissant au hasard, elles sont indépendantes pour chaque gène). Le moindre nombre de mutations entre β et δ traduit une duplication plus récente.



Complexification du génome par duplications d'un gène ancestral

Comprendre le corrigé

Vous n'êtes pas obligé(e) de connaître le détail des trois globines α, β et δ. Vous pouvez les appeler a, b, c, ou 1, 2, 3. En revanche, vous devez argumenter en montrant que pour qu'il y ait trois gènes provenant d'un gène ancestral, il faut deux duplications suivies chacune de mutations indépendantes.

Astuce du prof

Veillez à ce que vos schémas (grands et colorés) portent un titre et des légendes qui renvoient au libellé de la question.
Ils ne doivent pas être un simple copier-coller de vos schémas de cours.

III – Les conséquences des duplications : enrichissement et diversification du génome

C'est par des duplications successives depuis des milliards d'années que l'on est passé de quelques milliers de gènes chez les unicellulaires eucaryotes issus des bactéries très anciennes, à des dizaines de milliers de gènes chez des vertébrés.

Les poissons, apparus les premiers, possèdent les globines α et β résultant de la première duplication.

Les mammifères, apparus plus récemment, possèdent en plus la globine δ résultant de la deuxième duplication. Il y a alors complexification par enrichissement des génomes.

Les gènes des globines α, β et δ codent pour trois protéines qui ont gardé la même fonction : transporter de l'oxygène dans le sang, mais dans des contextes différents (organisme fœtal alimenté par le sang maternel, ou organisme adulte alimenté par l'O_2 atmosphérique). Ce n'est pas le cas de toutes les protéines appartenant à une même famille multigénique. Certaines peuvent avoir une fonction différente de la fonction de la protéine ancestrale.

Méthode
Proposez un deuxième exemple vu avec votre professeur, en plus des globines.

Dans d'autres cas, la duplication permet une production plus importante de protéines par le simple fait du nombre de copies, et permet par exemple une meilleure résistance aux insecticides chez certains moustiques. Il y a alors complexification avec des innovations fonctionnelles.

Ces duplications, accidents de méiose, peuvent donc devenir des innovations, qui jouent un rôle essentiel dans l'évolution biologique.

Astuce du prof
Les conjonctions « donc » « or », « car » sont attendues dans votre devoir. C'est un texte argumenté qu'on vous demande.

Conclusion

Les duplications par crossing-over inégal réalisent des copies des gènes ancestraux. Le génome se complexifie en s'enrichissant, tels les gènes de globines chez les vertébrés qui constituent une famille multigénique.

Attention
La conclusion ne doit jamais être la reprise de l'introduction en remplaçant la forme interrogative par la forme affirmative !

Ces duplications s'accompagnent de transpositions qui distribuent les copies sur différents chromosomes.

Une fois les copies de gènes réalisées, des mutations indépendantes font que leurs séquences de nucléotides divergent. Des gènes véritablement nouveaux ont alors été créés, pouvant assurer des fonctions nouvelles. Le génome se complexifie en réalisant des innovations génétiques et fonctionnelles, qui jouent un rôle essentiel dans l'évolution biologique.

Méthode

Dans l'idéal, vous prenez le temps de préparer votre conclusion au brouillon.

Des mécanismes évolutifs, génétiques et non génétiques, contribuent à la diversification du vivant

Faire le point

L'essentiel

1 Les séquences alléliques des populations modifiées

- Le modèle théorique de Hardy-Weinberg prévoit qu'au sein d'une population eucaryote de grande taille, il y a stabilité des fréquences relatives des allèles.
- Mais les populations réelles sont soumises à **différents facteurs qui empêchent d'atteindre cet équilibre théorique** :

– l'existence de **mutations** continuelles ;

– la sélection naturelle des mutations, favorables ou défavorables, dans un environnement changeant ;

– la taille limitée d'une population, qui favorise l'instabilité aléatoire des fréquences alléliques (**dérive génétique**), certains allèles pouvant disparaître, d'autres se fixer.

2 Les espèces génétiquement hétérogènes évoluent

- Un environnement changeant s'accompagne d'une différenciation génétique qui peut conduire, à **partir d'une espèce ancestrale**, à l'apparition de populations :

– qui limitent leurs échanges réguliers de gènes ;

– qui ne sont plus interfécondes et constituent donc de **nouvelles espèces**.

- Une espèce peut alors être considérée comme une **population d'individus isolée génétiquement des autres populations.**

3 D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant

- Cette diversification peut se faire :

– par **associations non héréditaires** (comme les microbiotes symbiotiques) ;

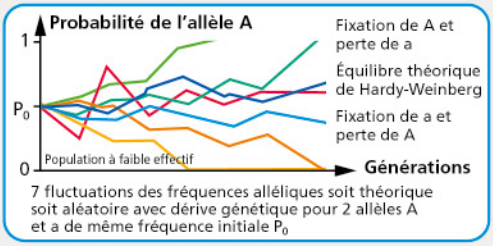
– par **apprentissage, par imitation** de comportements (chant des oiseaux) ;

– par une **coévolution gènes-culture dans les sociétés humaines.**

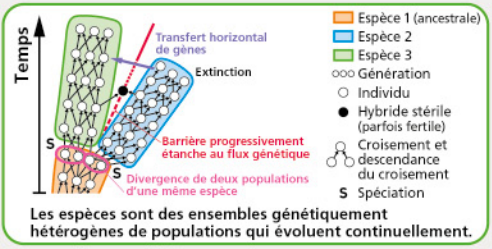
LEXIQUE

- **sélection naturelle** : action de l'environnement favorisant le succès reproductif des individus d'une population les mieux adaptés et des gènes ou allèles qu'ils possèdent.
- **espèce** : ensemble d'individus suffisamment apparentés pour pouvoir réaliser entre eux des échanges génétiques à l'occasion de la reproduction sexuée.

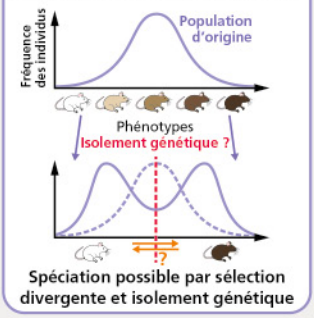
Schéma bilan



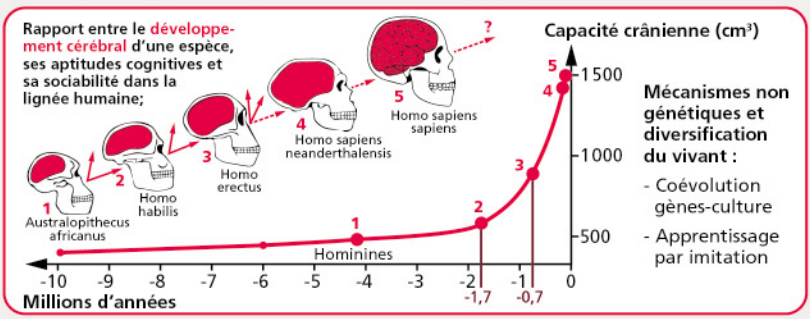
7 fluctuations des fréquences alléliques soit théorique soit aléatoire avec dérive génétique pour 2 allèles A et a de même fréquence initiale P_0



Les espèces sont des ensembles génétiquement hétérogènes de populations qui évoluent continuellement.



Spéciation possible par sélection divergente et isolement génétique



En bref

Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :

- l'apparente stabilité de la biodiversité aux brèves échelles de temps et la permanente évolution des gènes aux populations. ☐
- la dérive génétique aléatoire et la sélection naturelle orientée par l'environnement. ☐
- les espèces, isolées génétiquement (parfois récemment et incomplètement), et les populations, sous-groupes de l'espèce. ☐
- le caractère génétique ou non génétique des mécanismes de diversification du vivant. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 233

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Les mutations favorables :

- ☐ **a.** sont aléatoires.
- ☐ **b.** apparaissent pour réaliser une meilleure adaptation aux conditions d'environnement.
- ☐ **c.** produisent des allèles dont la proportion augmente dans la population.

2. Une diversité dans une population change sous l'effet :

- ☐ **a.** des contraintes de l'environnement.
- ☐ **b.** du hasard.
- ☐ **c.** des mutations accumulées dans leur génome.
- ☐ **d.** de l'impact de l'espèce humaine sur le vivant.

3. Les individus d'une même espèce, comme l'espèce humaine :

- ☐ **a.** ont les mêmes gènes.
- ☐ **b.** ont les mêmes allèles.
- ☐ **c.** appartiennent à des populations caractérisées par des allèles spécifiques.

4. Une espèce est :

- ☐ **a.** une population d'individus se ressemblant.
- ☐ **b.** une population d'individus capables de se reproduire entre eux.
- ☐ **c.** une population isolée génétiquement d'une autre.

Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

Dérive génétique •	• Évolution aléatoire des fréquences alléliques qui se produit de façon plus rapide lorsque l'effectif de la population est faible.
Évolution culturelle •	• Changement dans la répartition des comportements sociaux au cours du temps, par analogie aux changements dans la fréquence des gènes ou des caractères observés dans l'évolution biologique.
Culture •	• Ensemble des comportements sociaux des individus (animaux ou humains – « animaux culturels ») transmis entre les membres d'une population par l'enseignement, l'imitation…

Expliquer par un graphique

Légender sous forme d'un tableau comparatif.

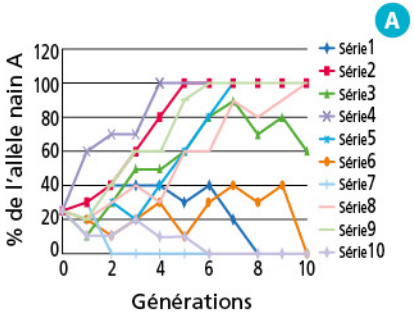
On réalise une simulation de « dérive génétique » sur 10 générations (c'est-à-dire une série de 10 tirages au sort) à partir d'une population constituée soit d'un couple, soit de 10 couples fondateurs. À chaque génération, chacun ne transmet qu'un seul de ses deux allèles A ou B à sa descendance (les allèles A et B sont sans avantage sélectif).

On répète l'expérience 10 fois pour obtenir 10 séries, dont les résultats sont représentés pour l'allèle A par les graphiques ci-dessous.

› Concevez et réalisez un tableau comparatif de l'évolution d'un allèle A sans avantage sélectif, suivant l'effectif de la population des fondateurs.

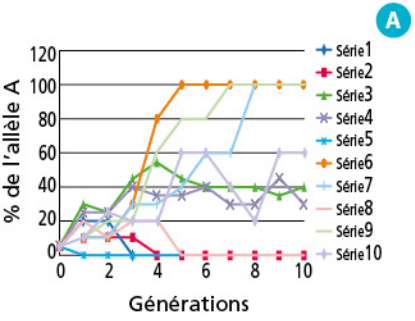
Critères de comparaison possibles : fréquences comparées de disparition ? De fixation ? De conservation des allèles A et/ou B ? Rapidité de la dérive génétique ? Baisse de la diversité génétique ? Adaptation des espèces à un changement du milieu ?

Évolution du pourcentage de l'allèle A au cours des générations : **un couple fondateur** sans avantage sélectif



Graphique 1 (T_0 : A = 25% B = 75%)

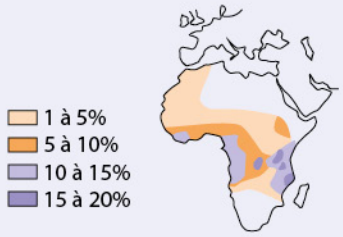
Évolution du pourcentage de l'allèle A au cours des générations : **dix fondateurs** sans avantage sélectif

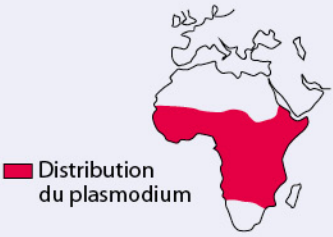


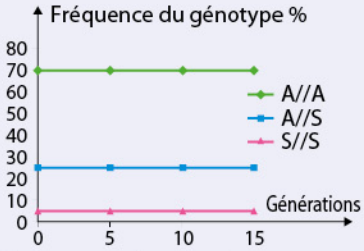
Graphique 2 (T_0 : A = 5% B = 95%)

Vers le sujet de BAC

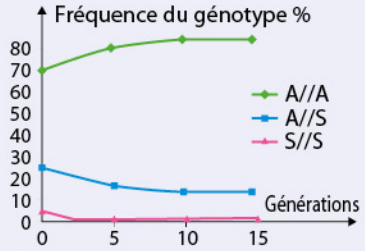
DOC. Variation des fréquences alléliques dans un environnement changeant







Fréquence des génotypes d'une population vivant dans une région avec paludisme



Fréquence des génotypes d'une population vivant dans une région où le paludisme a disparu depuis T_0

On appelle A l'allèle du gène codant pour une hémoglobine normale et S l'allèle du gène codant pour une hémoglobine drépanocytaire.

› Cochez les affirmations exactes :

- ☐ **a.** La disparition des homozygotes S//S dans une région où le paludisme a disparu s'explique par le fait que l'homozygotie est mortelle pour cette maladie.
- ☐ **b.** Le maintien d'une petite population d'homozygotes S//S dans les régions avec paludisme s'explique par le fait que les hétérozygotes sont plus nombreux.
- ☐ **c.** La constance de la fréquence du génotype A//A dans les zones avec paludisme s'explique par la plus grande sensibilité de ces individus au parasite du paludisme.
- ☐ **d.** Si l'on éradiquait totalement le paludisme, l'allèle S disparaîtrait à son tour totalement.

Sujet guidé

Sujet 3 D'après FM, sept. 2016

8 pts 1h50

Pratique du raisonnement scientifique

L'ours polaire, *Ursus maritimus*, et le grizzly, *Ursus arctos*, sont classiquement vus comme deux espèces à part entière. Cependant, des faits récents posent question.

Argumentez l'une et l'autre des hypothèses suivantes :

– le grizzly et l'ours polaire sont deux espèces différentes récemment séparées ;

– le grizzly et l'ours polaire constituent deux populations d'une même espèce.

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

DOC. 1 Tableau comparatif *Ursus arctos* (grizzly) et *Ursus maritimus* (ours polaire)

Caractéristiques \ Ours		*Ursus arctos* d'Amérique du Nord (grizzly)	*Ursus maritimus* (ours polaire)
Pelage		Brun	Blanc
Dimension	Tête et corps	1,7 à 2,8 m	1,8 à 3 m
	Hauteur au garrot	0,9 à 1,5 m	1 à 1,6 m
Membres		Griffes non rétractiles longues. Doigts non palmés.	Griffes non rétractiles courtes. Doigts partiellement palmés.
Régime alimentaire		Omnivore	Carnivore
Milieu de vie		Forêt, zone côtière, montagne	Banquise
Période de l'accouplement		Mai à juillet	Avril à juin
Hibernation		De décembre à mi-mars	Seules les femelles gestantes hibernent.

D'après ac-nantes.fr

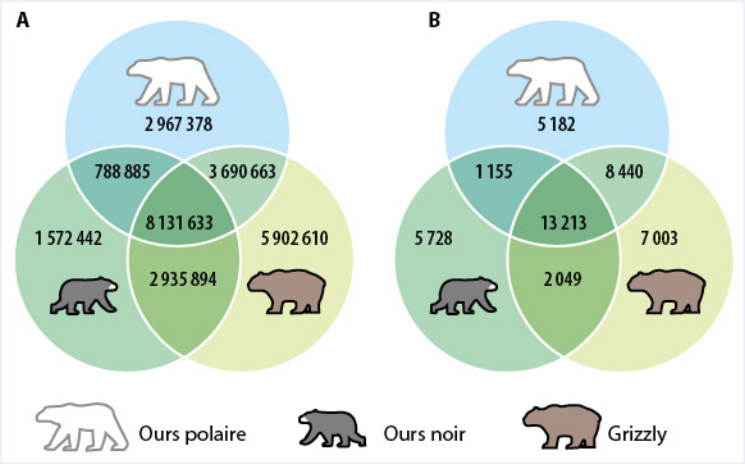
DOC. 2 Des cas d'hybridation naturelle

Lors de recherches menées au Canada et au nord de l'Alaska, des ours présentant des caractéristiques mixtes des ours polaires et des grizzlys ont été observés. L'investigation génétique sur quatre de ces individus a montré :

- un patrimoine génétique constitué à 50 % du génome de grizzly et à 50 % du génome d'ours polaire pour trois cas ;
- un patrimoine génétique constitué à 75 % du génome d'ours polaire et 25 % du génome de grizzly pour un cas.

DOC. 3 Allèles partagés par les grizzlys, ours polaires, ours noirs pour les gènes dits SNP (A) et la famille de gènes SAP (B) [en nombre d'allèles]

L'ours noir d'Amérique du Nord sert ici d'extra-groupe.



D'après Webb MILLER *et al.*, PNAS 2012.

DOC. 4 Répartition des populations des ours polaires et des grizzlys en Amérique du Nord

D'après boundless.com

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- Une **espèce** peut être considérée comme un ensemble d'individus suffisamment apparentés pour pouvoir réaliser entre eux des **échanges génétiques** à l'occasion de la reproduction sexuée.
- Un **environnement changeant** s'accompagne d'une différenciation génétique, qui peut conduire à **partir d'une espèce ancestrale** à l'apparition de **populations** :

– qui limitent leurs échanges réguliers de gènes ;

– **qui ne sont plus interfécondes** et constituent donc de nouvelles espèces.

• Une espèce peut alors être considérée comme une population d'individus isolés **génétiquement** des autres populations (quoique les **hybridations** entre espèces proches s'avèrent assez banales).

Bien comprendre la question

La problématique

• On vous demande de discuter les deux hypothèses, et pour cela de **peser les ressemblances et différences** (phénotypes, gènes, territoires communs ou non…) **évoquées dans les documents**. Cela doit vous permettre d'apprécier si « oui » ou « non » (ou « peut-être » ?) les deux ours appartiennent à la même espèce.

Les mots-clés

• N'oubliez pas de proposer une définition de l'espèce qui fait intervenir un critère essentiel : l'**interfécondité**.

• Et mieux encore, l'expression « espèces récemment séparées » vous met sur la voie de l'**évolution dynamique des génomes des populations ou espèces**, qui est un des points essentiels de votre cours.

Méthode

Ce repérage des arguments est un passage obligé. Sur chaque document, surlignez les mots-clés dès la première lecture (en vert = 2 espèces ; en rouge = 1 même espèce).

Exploiter les documents

• **DOC. 1 :** Ne vous perdez pas dans la multiplicité des dix critères proposés. Demandez-vous si les différences sont marquées, et si oui, est-ce de nature à faire pencher pour l'une ou l'autre hypothèse : deux espèces ou deux populations ?

• **DOC. 2 :** À vous de discuter avec rigueur le critère de potentielle interfécondité « cachée » derrière les proportions des génomes des descendants « mixtes ». Attention : les proportions de 25 %, 50 % et 75 % ne sont pas celles des phénotypes de descendants, mais de génome.

• **DOC. 3 :** Le terme « extra-groupe » appliqué à l'ours noir doit vous faire penser à parenté.

• **DOC. 4 :** Les populations peuvent-elles se rencontrer, et… plus si affinité ?

Méthode

C'est pour cela que la définition de mots-clés comme interfécondité est une étape préliminaire essentielle qui permet d'exploiter les documents avec un cerveau de scientifique, ou mieux, celui du correcteur !

Les pièges à éviter

• Ne faites pas un catalogue des nombreuses données documentaires. Regroupez-les en vous référant aux deux hypothèses testées. Restez prudent(e) et nuancé(e) quand vous discutez les deux hypothèses. Pensez aussi à relier les documents (1 et 4, ou 1 et 3, ou 1, 2 et 4, par exemple).

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

L'étude des ressemblances, sans lesquelles la question qui vous est proposée n'existerait pas, est abordée en premier. Puis seront discutées les différences, avant d'aborder la question cruciale de l'interfécondité.

Les points d'interrogation traduisent la prudence, qui ne doit pas vous quitter, pour une question qui n'est pas tranchée.

I – Des ressemblances entre le grizzly et l'ours polaire traduisant une forte parenté ?

II – Des différences marquées confortant la conception classique de deux espèces ?

III – Une interfécondité encore présente validant l'existence d'une même espèce ?

CORRIGÉ 3

Comprendre le corrigé

Introduction

Les deux espèces d'ours, le grizzly du Canada et l'ours polaire, constituent-elles deux espèces à part entière, quoique récemment séparées, comme cela semble communément évident ? Cela demande de s'interroger sur la notion scientifique de l'espèce, sachant que le contour d'une espèce est souvent flou et changeant au cours du temps, et considérant la nature des mécanismes complexes de formation de ces espèces.

Dans le cas contraire, où les grizzlys et ours polaires constitueraient deux populations d'une même espèce, il faudrait vérifier que dans les conditions naturelles, ces deux populations sont interfécondes.

L'analyse des documents permettra donc d'apprécier l'ampleur des ressemblances et différences anatomiques, écologiques ou génétiques entre ces deux ours, avant de s'interroger sur une preuve éventuelle de leur interfécondité.

I – Des ressemblances entre le grizzly et l'ours polaire traduisant une forte parenté ?

Le grizzly et l'ours polaire appartiennent au même genre « *Ursus* », ce qui traduit une proximité de parenté, mais avec deux noms d'espèces distincts : « *arctos* » et « *maritimus* ».

Introduction

Vous ne devez ni vous contenter de recopier les deux hypothèses accompagnées d'un simple point d'interrogation, ni proposer une réponse. Il faut rendre opérationnelle la discussion de ces hypothèses en évoquant quelques points d'appui : les données anatomiques et génétiques, l'interfécondité, la proximité géographique.

Le document 1 montre qu'ils ont à peu près la même taille (de 6 à 10 % près, à l'avantage de l'ours polaire), des griffes rétractiles, des périodes d'accouplement certes légèrement décalées, mais qui se recouvrent.

De même, le document 3 montre pour les deux familles de gènes étudiés et le grand nombre d'allèles présentés, un partage d'allèles communs beaucoup plus important entre le grizzly et l'ours polaire qu'avec leur voisin, l'ours noir d'Amérique du Nord.

Ces ressemblances morphologiques et le large partage d'allèles suggèrent-ils qu'ils appartiennent à la même espèce, ou plutôt à deux espèces différentes mais récemment séparées ?

Attention

Bien entendu, en sciences de la nature, rien n'est tout blanc ou tout noir (ou tout brun !). Il faut donc montrer des ressemblances relatives.

Astuce du prof

N'oubliez pas cette notion d'espèces « récemment séparées », qui fait partie de la question.

II – Des différences marquées confortant la conception classique de deux espèces ?

Le document 1 montre des différences sur 7 des 10 critères non encore évoqués ; critères aussi variés que le pelage, la palmure des membres, le régime alimentaire, tous en liaison avec le milieu de vie différent. Une différence aussi pour l'hibernation.

Le document 3 montre également un nombre important d'allèles spécifiques à l'une ou l'autre espèce.

Ces différences nombreuses et variées des caractères et des allèles confortent-elles la conception classique de deux espèces différentes ?

Méthode

Les points d'interrogation dans les titres et les conclusions traduisent la prudence de mise pour une question qui n'est pas tranchée.

III – Une interfécondité encore présente validant l'existence d'une même espèce ?

Le document 4 montre qu'entre l'aire de répartition de l'ours polaire, dans le Nord-Est canadien maritime, et l'aire de répartition du grizzly du Nord-Ouest canadien continental, il existe une marge maritime où se trouvent les deux espèces. Cette marge de près de 3 000 km de long représente en surface environ la moitié de la France.

Cela autorise une éventuelle rencontre de partenaires reproducteurs, d'autant qu'on a vu dans le document 1 que les périodes d'accouplement se superposaient au mois de juin.

Et, en cas d'interfécondité conservée, le croisement de l'ours polaire et du grizzly serait à l'origine de descendants peut-être eux-mêmes fertiles.

Or dans le document 2, on apprend qu'on a observé des ours présentant des caractères mixtes des ours polaires et des grizzlys.

Méthode

Il est essentiel de relier les trois documents 4, 1 et 2. Cela suppose que vous fassiez une lecture active des documents, en surlignant les indices de l'interfécondité dans l'espace (doc. 4), dans le temps (doc. 1), et de la morphologie intermédiaire (doc. 2).

Sur trois de ces ours mixtes, le patrimoine génétique est constitué de 50 % du patrimoine génétique du grizzly et de 50 % du génome de l'ours polaire. Cela signifie que ces ours de phénotype mixte sont bien issus d'un croisement [grizzly X polaire].

De plus, chez le quatrième individu, le patrimoine génétique est constitué de 25 % du patrimoine génétique du grizzly et de 75 % du génome de l'ours polaire. Cela signifie que cet individu est issu d'un croisement [mixte X polaire] ou [mixte X mixte] et donc qu'un individu mixte a eu une descendance. Dans ce cas, les ours polaires et les grizzlys peuvent avoir ensemble des descendants eux-mêmes féconds, ce qui caractérise des individus d'une même espèce.

Bien entendu, il s'agit d'une unique observation, et il faudrait savoir si les individus évoqués par le document 2 sont les dernières reliques de la proximité de deux espèces qui n'ont plus guère d'affinités reproductrices et sont en voie de séparation complète. Ou, au contraire, si de nouvelles observations vont répertorier de nombreux individus mixtes, montrant que la séparation n'est pas encore effective.

Conclusion

Les données génétiques (doc. 3), morphologiques et de mode de vie (doc. 1) montrent à la fois une forte parenté et en même temps des traits distinctifs bien marqués qui plaident pour l'hypothèse classique de deux espèces différentes récemment séparées.

Mais on observe aussi l'existence d'une aire relativement vaste de répartition commune aux deux espèces (doc. 4), et l'on observe aussi des individus mixtes issus d'un croisement [grizzly X polaire], ces individus mixtes étant eux-mêmes féconds (doc. 2). Cela plaide pour deux populations d'une même espèce.

Sachant que ces observations d'interfécondité sont peu nombreuses, et que la séparation de deux populations pour former deux espèces différentes séparées du point de vue reproducteur peut prendre beaucoup de temps, il faudra de nouvelles observations pour argumenter la discussion de ces deux hypothèses.

On pourrait alors élargir la question : l'ours polaire menacé par la disparition de la banquise pourra-t-il éviter la disparition de ses descendants en se repliant sur la marge canadienne et en s'hybridant au grizzly ?

Comprendre le corrigé

C'est une partie un peu délicate. Mais la mention des proportions 25 %, 50 % et 75 % doit vous servir d'indice déclencheur de croisements successifs. Dès lors, tentez prudemment une interprétation.

Méthode

Ne négligez pas les arguments de l'hypothèse qui vous paraît la moins valide. Ils confirment la qualité de votre analyse et le bien-fondé de la question.

Le temps et les roches

Faire le point

L'essentiel

1 Reconstituer une histoire avec la chronologie relative

• L'objectif est d'exprimer l'**âge des structures et événements géologiques** qui leur ont donné naissance **les uns par rapport aux autres**, sans unité de temps. On s'appuie sur des **principes ou relations géométriques** entre minéraux, strates, failles, plis…

– **Le principe de superposition :** une strate sédimentaire est **plus récente que la couche qu'elle recouvre** – fig. 1.

– **Le principe de recoupement :** une déformation (faille ou pli) ou une intrusion magmatique est **postérieure à la roche la plus récente qu'elle affecte et antérieure à la roche la plus ancienne non affectée** – fig. 1.

– **Les relations d'inclusion :** un minéral est **antérieur** au minéral **dans lequel il est inclus** – fig. 1.

– **Le principe d'identité paléontologique, base des corrélations :** deux couches de **même contenu paléontologique** ont le même âge, même si elles sont éloignées.

• On se limite aux **fossiles stratigraphiques** ayant évolué rapidement et présentant une grande extension géographique (marins) comme les Ammonites, les Foraminifères planctoniques… Leurs associations caractérisent des **intervalles de temps** et leur apparition (ou leur disparition) permet de définir des **coupures** dans les temps géologiques.

• **L'échelle stratigraphique** est la superposition des intervalles de temps, limités par des coupures ; un calage en âge absolu isotopique peut ensuite être proposé par radiochronologie – fig. 2.

2 La chronologie absolue fournit des âges en millions d'années

• La **décroissance** radioactive d'un **isotope père P** radioactif et sa transformation en un **élément fils F** radiogénique obéit à une loi mathématique. La durée de demi-vie d'un élément radioactif étant connue, la connaissance des **quantités P/F permet de déterminer l'âge en années** depuis la **fermeture du système** considéré – fig. 3.

• Le couple (P/F) fonctionne donc comme un sablier et constitue alors un **radiochronomètre**, et il est choisi en fonction de sa période et de l'âge relatif de l'objet à dater.

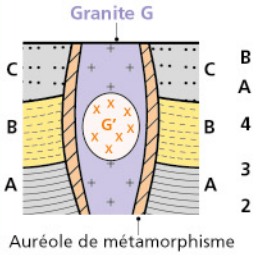
LEXIQUE

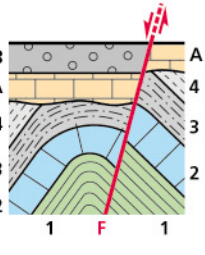
• **datation absolue :** datation utilisant la variation au cours du temps, selon une loi connue, de la proportion d'isotopes radioactifs et aboutissant à un résultat chiffré, exprimé en années.

• **datation relative :** datation permettant d'ordonner chronologiquement des structures et événements géologiques et biologiques les uns par rapport aux autres.

Schéma bilan

FIG. 1. Principes de superposition, de recoupement et d'inclusion





a. Principe de **superposition** : la couche **A recouverte** par **B** est plus **ancienne** que **B**

b. Principe de **recoupement** : le granite G et la **faille F qui recoupent** les couches A et B sont plus **récents** que A et B

c. Principe **d'inclusion** : le **granite G' inclus** dans le granite G est plus ancien que G.

FIG. 2 Echelle stratigraphique et microfossiles

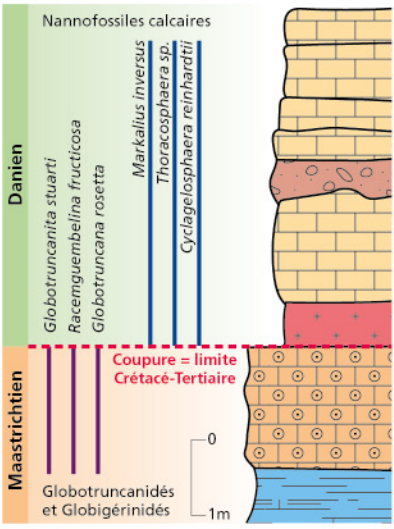
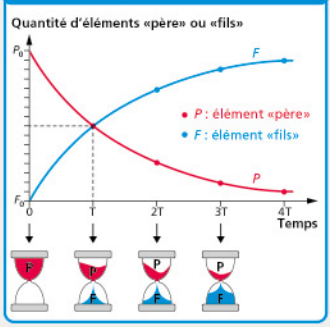


FIG. 3 Evolution des quantités des isotopes pères et fils (période T)



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- la datation absolue (en années), la datation relative, mais aussi les durées des événements géologiques. ☐
- les différents principes de chronologie relative : géométriques (superposition, recoupement, inclusion) ou paléontologiques (corrélation par les fossiles stratigraphiques). ☐
- les fossiles qui indiquent un environnement ancien (pollens, faune marine ou continentale) et les fossiles stratigraphiques qui permettent de dater la roche qui les contient. ☐
- les différentes échelles des événements géologiques et des structures. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 234

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Le principe de superposition indique que :

- ☐ **a.** une couche (ou strate) est plus récente que la couche qu'elle recouvre.
- ☐ **b.** dans un paysage, les sommets sont toujours constitués de roches récentes.

2. Pour réaliser une datation relative, on peut utiliser :

- ☐ **a.** de nombreuses espèces d'Ammonites.
- ☐ **b.** des fossiles que l'on qualifie de stratigraphiques.

3. Le principe de recoupement peut s'appliquer pour dater :

- ☐ **a.** une intrusion magmatique ou un filon.
- ☐ **b.** une faille.
- ☐ **c.** un pli.

4. La datation absolue :

- ☐ **a.** détermine l'âge d'une roche en millions d'années (Ma).
- ☐ **b.** s'appuie sur la décroissance radioactive des isotopes instables présents dans certains minéraux.

5. Pour dater une roche de 65 Ma :

- ☐ **a.** il est plus précis d'utiliser la datation absolue par des isotopes radioactifs.
- ☐ **b.** il est plus précis d'utiliser des fossiles stratigraphiques.

6. Si la teneur en un isotope radioactif est de 1/8 de sa valeur initiale après 12 000 ans, sa période T radioactive est de :

- ☐ **a.** 6 000 ans.
- ☐ **b.** 4 000 ans.

Expliquer par un schéma *Légender le schéma.*

Les parois du Grand Canyon du Colorado exposent, sur plusieurs milliers de mètres, des archives de l'histoire géologique de la région.

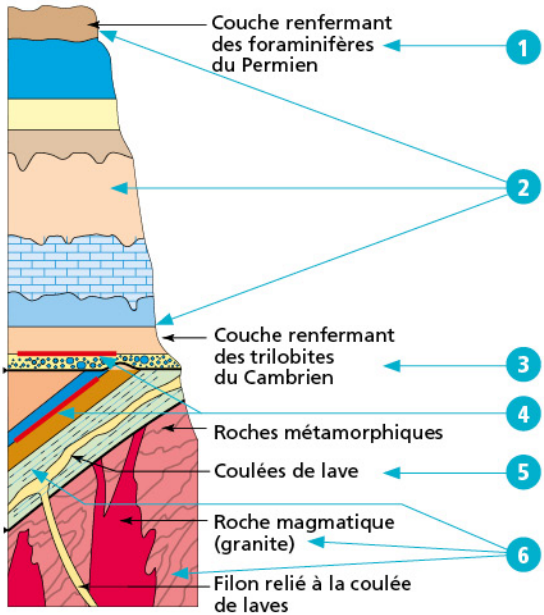
Le Cambrien et le Permien sont respectivement la première et la dernière période géologique de l'ère Paléozoïque entre 535 Ma et 245 Ma.

L'âge absolu des coulées de lave est de 1 104 millions d'années, par méthode de datation radiométrique 40Ar/39Ar.

› Complétez les légendes 1 à 6 en indiquant les méthodes et principes de chronologie qui permettent de dater les roches et formations géologiques reliées aux flèches.

Roches et formations géologiques du Grand Canyon du Colorado

Les méthodes et principes de chronologie qui permettent de dater les roches et formations géologiques



Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

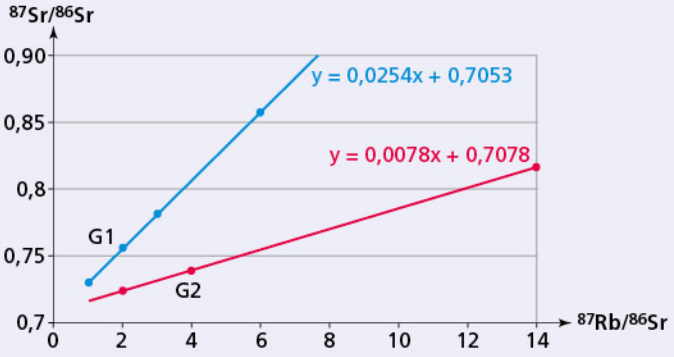
Chronologie	• Durée qui correspond au temps nécessaire à la désintégration de la moitié des éléments pères radioactifs.
Échelle stratigraphique	• Science qui date des objets et événements historiques ou leur succession dans le temps.
Période	• Division internationale des temps géologiques basée sur les coupures entre les strates et leur regroupement en ensembles de plus en plus vastes.

Vers le sujet de BAC

DOC. Datation absolue de deux granites

La méthode rubidium/strontium est très utilisée pour les datations de roches très anciennes.

On mesure sur différents minéraux de deux granites G1 et G2 les rapports $^{87}Rb/^{86}Sr$ et $^{87}Sr/^{86}Sr$, ce qui permet de construire le graphique ci-dessous.



› En vous appuyant sur les données du graphique et des affirmations, indiquez pour chacune des affirmations si elle est vraie ou fausse.

- ☐ **a.** Dans le couple Rb/Sr, le strontium est l'élément radiogénique.
- ☐ **b.** Chaque point correspond aux rapports isotopiques mesurés dans un minéral du granite.
- ☐ **c.** La droite obtenue est une isochrone : lorsque $^{87}Rb/^{86}Sr$ augmente, l'âge des minéraux augmente.
- ☐ **d.** Le coefficient directeur de l'isochrone est $(e^{\lambda t} - 1)$, on peut donc en déduire que G1 est plus âgé que G2.

Sujet guidé

SUJET 4 Sujet inédit

8 pts 1h50

Pratique du raisonnement scientifique

En utilisant les informations fournies dans les trois documents, établissez la chronologie des événements géologiques observés sur la coupe du document 1 :

– dépôts des calcaires ;

– dépôts des dolomies ;

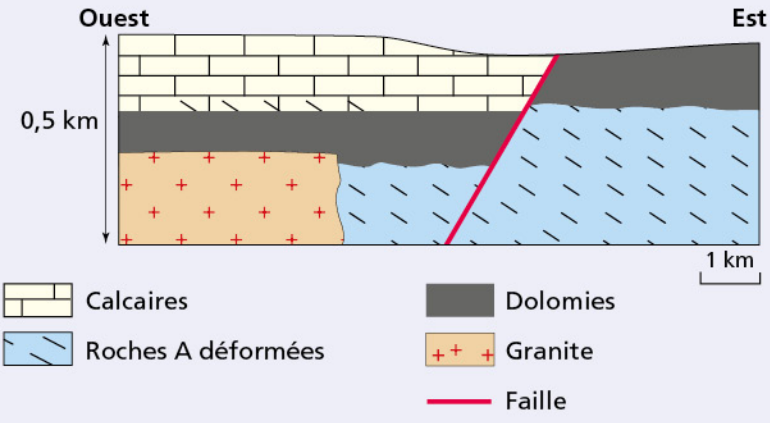
– mise en place du granite en déterminant son âge absolu ;

– mise en place des roches A ;

– faille.

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

DOC. 1 Coupe géologique simplifiée

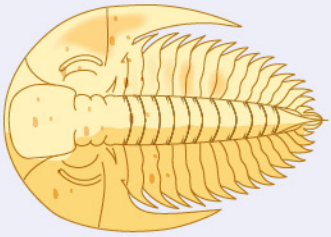


DOC. 2

2A Fossiles présents dans les calcaires et les roches A

Couches	Fossiles présents
Calcaire	Ammonites de la famille des Lytocératidés
Roches A	Trilobites de la famille des Olénellidés

Exemple de Lytocératidés



Exemple de Olénellidés

2B Échelle stratigraphique en millions d'années

Ère Mésozoïque	– 145 à – 65	Crétacé	
	– 200 à – 145	Jurassique	Lytocératidés
	– 245 à – 200	Trias	
Ère Paléozoïque	– 290 à – 245	Permien	
	– 362 à – 290	Carbonifère	
	– 408 à – 362	Dévonien	
	– 439 à – 408	Silurien	
	– 510 à – 439	Ordovicien	
	– 570 à – 510	Cambrien	Olénellidés

DOC. 3

3A Datation du granite à partir de certains éléments radioactifs présents dans les minéraux de cette roche

Certains minéraux du granite ont incorporé, lors de leur formation, du rubidium ^{87}Rb ainsi que du strontium ^{87}Sr et ^{86}Sr. Au cours du temps, la quantité de strontium (^{87}Sr) augmente. Elle provient de la désintégration du rubidium ^{87}Rb.

Un spectromètre de masse a mesuré, dans les minéraux du granite, les nombres d'atomes (N) de ^{87}Sr, ^{86}Sr et ^{87}Rb. Les résultats sont exprimés sous la forme d'un rapport isotopique. Le taux de strontium actuel correspond à :

$$\left(\frac{N^{87}\,Sr}{N^{86}\,Sr}\right)_{mesuré} = e^{\mu} - 1 \quad \left(\frac{N87\,Rb}{N86\,Sr}\right)_{mesuré} + \left(\frac{N87\,Sr}{N86\,Sr}\right)_{initial}$$

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

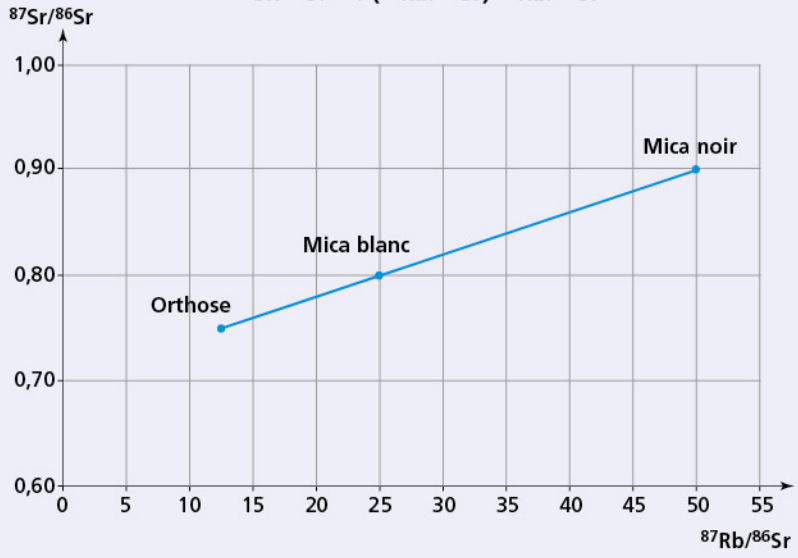
La méthode des isochrones est utilisée pour déterminer l'âge du granite, noté t.

On construit une droite à partir des couples ($^{87}Rb/^{86}Sr$; $^{87}Sr/^{86}Sr$) de certains minéraux du granite (orthose, mica blanc, mica noir).

La droite obtenue, d'équation y = ax + b, est nommée isochrone. On en déduit que :

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

Méthode des isochrones :
$^{87}Sr/^{86}Sr = f\,(^{87}Rb/^{86}Sr)$ $^{87}Rb/^{86}Sr$



3B Table de valeurs de la fonction

Coefficient directeur de l'isochrone noté a	Âge du granite noté t en millions d'années
0,001	70,4
0,002	141
0,003	211
0,004	281
0,005	351
0,006	421
0,007	491
0,008	561
0,009	631
0,01	701

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

• Les relations géométriques (superposition, recoupement, inclusion) permettent de reconstituer la **chronologie relative** de structures ou d'événements géologiques. L'apparition (ou la disparition) de groupes fossiles permet de construire une **échelle stratigraphique**. La **désintégration radioactive** est un phénomène continu et irréversible ; la demi-vie d'un élément radioactif est caractéristique de cet élément. La quantification de l'élément père radioactif et de l'élément fils radiogénique permet de déterminer l'âge absolu des minéraux constitutifs d'une roche.

Bien comprendre la question

• Elle apparaît comme une simple énumération de questions indépendantes. Mais en réalité, vous savez que les dispositions géométriques des cinq structures géologiques de la légende du document 1 et les données complémentaires des documents 2 et 3 devront être reliées entre elles.

La problématique

• Le document 1 vous montre que la chronologie qu'on vous demande d'établir est pour l'essentiel relative. Vous devrez donc **faire un premier ordonnancement chronologique et apporter des précisions au fur et à mesure.**

Les mots-clés

- On ne vous demande pas la définition des principes de datation, mais n'oubliez pas de citer le bon principe au bon moment.

Exploiter les documents

- **DOC. 1 :** c'est votre document de référence (classique) où tous les événements à dater sont présents. Tirez-en le maximum d'informations et revenez-y chaque fois que nécessaire.
- **DOC. 2 :** vous y prélevez deux informations simples, que vous confrontez à celles du document 1.
- **DOC. 3 :** c'est le plus compliqué, car on vous propose la démonstration complète (et inutile) du principe de datation par la méthode des isochrones ! Mais attention, une toute petite partie des données vous est utile pour déterminer l'âge du granite sur le tableau 3B.

Au brouillon

Vous pouvez faire un grand axe vertical en indiquant « + ancien » en bas et « + récent » en haut. Vous étudiez ensuite dans l'ordre les documents et placez sur l'axe les structures et événements à leur place (donc leur chronologie) relative (le calcaire tout en haut ?). Indiquez en face le principe (exemple : « superposition ») ou la donnée chiffrée utile. Sur votre copie, il ne vous restera plus qu'à traduire cet axe complété en une suite d'arguments rédigés.

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

Les documents sont exploités selon l'application progressive de différents principes de datation, du plus simple (superposition) au plus compliqué (le calcul et l'interprétation du coefficient directeur).

I – Chronologie relative selon les relations géométriques (superposition, recoupement)

II – Chronologie relative selon l'application du principe d'identité paléontologique

III – Datation absolue du granite selon le radiochronomètre Rb/Sr

Bilan : chronologie relative et absolue des 5 événements géologiques

CORRIGÉ 4

Comprendre le corrigé

Introduction

Par l'application des principes de datation relative appliqués aux relations géométriques entre les structures géologiques représentées sur une coupe, on peut reconstituer la chronologie relative des événements qui leur ont donné naissance. La présence de fossiles permet de préciser cette chronologie par référence à une échelle stratigraphique calée en millions

Méthode

Les notions et mots scientifiques de la question doivent être définis dans l'introduction, tout comme ceux qui apparaîtront dans votre démonstration.

d'années. Enfin, la désintégration radioactive d'un radiochronomètre présent dans un granite permettra d'en déterminer l'âge absolu. La synthèse des résultats obtenus permettra de préciser la chronologie relative et la chronologie absolue des 5 événements géologiques de la coupe géologique.

I – Chronologie relative selon les relations géométriques (superposition, recoupement)

DOC. 1

- On constate que les dolomies et les calcaires recouvrent les dolomies qui recouvrent le granite et les roches A. Selon le principe de superposition, les calcaires sont donc plus récents que les dolomies, elles-mêmes plus récentes que les roches A et le granite.
- La faille F recoupe les roches A, les dolomies et les calcaires. Selon le principe de recoupement, elle est plus récente que le calcaire, roche la plus récente affectée.
- Le granite recoupe la roche A mais pas les dolomies. Selon le principe de recoupement, il est plus récent que A, la roche la plus récente recoupée, et plus ancien que les dolomies, roches les plus anciennes non recoupées.
- On observe une discordance des dolomies sur les roches A et le granite. Un épisode d'érosion a eu lieu entre la mise en place du granite, roche la plus récente érodée, et le dépôt des dolomies.

À l'issue de ce document 1, il reste à trouver des repères d'âge absolu en millions d'années, grâce aux fossiles et à la chronologie absolue.

Lexique

Chronologie : science qui date des objets et événements historiques ou leur succession dans le temps.

Gagnez des points !

L'érosion ne fait pas partie des événements demandés. Mais vous savez depuis le collège que c'est ce qui permet au granite profond (magmatique plutonique) d'être en contact avec les dolomies plus superficielles.

II – Chronologie relative selon l'application du principe d'identité paléontologique

DOC. 2A et 2B

- Les calcaires contiennent des Ammonites du Jurassique.
- Les roches A contiennent des Trilobites du Cambrien.
- Selon les données de l'échelle stratigraphique (internationale) et selon le principe d'identité paléontologique :

– les calcaires se sont donc formés entre – 200 et – 145 millions d'années ;

– les roches A se sont donc mises en place entre – 570 et – 510 millions d'années.

Comprendre le corrigé

Les deux familles de fossiles sont à la fois dans les deux roches de la coupe, mais aussi « à l'identique » dans de nombreuses autres régions du globe qui ont permis d'établir cette échelle stratigraphique. C'est pour cela que vous devez citer le principe d'identité paléontologique en même temps que le caractère international de l'échelle.

III – Datation absolue du granite selon le radiochronomètre Rb/Sr

DOC. 3

- Le document 3B relie l'âge possible du granite au coefficient directeur a, et ce coefficient directeur est celui de la droite isochrone sur le graphe du document 2B.
- Il est facile, à partir de deux points, par exemple mica blanc (x1, y1) et mica noir (x2, y2), de déterminer a :

$$a = \Delta y / \Delta x = y2 - y1 / x2 - x1$$

- Application numérique avec le couple (0,8 ; 25) du mica blanc et le couple (0,9 ; 50) du mica noir :

$$a = (0,9 - 0,8) / (50 - 25) = 0,1 / 250 = 0,004$$

- D'après le tableau 3B, pour a = 0,004, t – 281 millions d'années, le granite s'est donc mis en place après la roche A.
- Cet âge est en accord avec le document 1, où le granite est plus récent que les roches A mises en place entre – 570 et – 510 millions d'années.
- La mise en place des dolomies est donc datée entre – 281 millions d'années et le Jurassique (– 200 et – 145 millions d'années).

Bilan : chronologie relative et absolue des 5 événements géologiques

- 1er événement : mise en place des roches A (– 570 à – 510 millions d'années selon les Trilobites).
- 2e événement : mise en place du granite dans les roches A (– 281 millions d'années), suivie d'une érosion.
- 3e et 4e événements : dépôt des dolomies en discordance puis des calcaires (dépôt des calcaires entre – 200 et – 145 millions d'années selon les Ammonites).
- 5e événement : mise en place de la faille, suivie de l'érosion jusqu'à l'actuel.

Méthode

Si vous partez du « bon bout », l'âge demandé en millions d'années, il suffit de tirer la ficelle coefficient directeur puis graphe (de 3B à 3A) et non l'inverse. N'allez pas plus loin. Le point clé dans ce type d'exercice est de ne pas perdre de vue ce qu'on vous demande, puis de faire le tri entre ce qui est utile et inutile dans un document.

Astuce du prof

Reliez comme toujours les données du document 3 (– 281 millions d'années), du document 2 (roches A entre – 570 et – 510 millions d'années) et les données de chronologie relative du document 1, en particulier pour les dolomies.

Les traces du passé mouvementé de la Terre

Faire le point

L'essentiel

1 Des cycles orogéniques successifs

• Les roches sont représentées sur les cartes géologiques selon leurs **âges très différents**. Cela révèle, à l'échelle régionale, une organisation linéaire en différentes « **ceintures** ». On identifie ainsi des cycles successifs de formation, puis de destruction d'anciennes **chaînes de montagnes**, appelés **cycles orogéniques**.

2 Des sutures d'ophiolites témoignent d'océans disparus

• Au sein des chaînes de montagnes, les **ophiolites** sont des roches de la **lithosphère océanique** (péridotites, gabbros, basaltes, sédiments profonds, souvent métamorphisés). Leur composition minéralogique peut témoigner d'un **métamorphisme de basses pressions et hautes températures**. Cela indique que l'émergence des ophiolites résulte de phénomènes de **subduction**, **d'obduction** (chevauchement), suivis d'une exhumation.

• Au sein des Alpes ou de l'Himalaya, les ophiolites forment ainsi des **sutures** qui témoignent de la **fermeture de domaines océaniques**. Il s'ensuit **la collision de blocs continentaux** par convergence de plaques lithosphériques, comme en témoignent les marqueurs de collisions (plis, failles, chevauchements).

3 Les marques de la fragmentation continentale et de l'ouverture océanique

• Les données sismiques, tectoniques et sédimentaires révèlent que les **marges passives** bordant un océan sont constituées de **failles normales et de blocs basculés**, marqueurs d'une distension. Il y a eu une **fragmentation continentale** qui commence par un stade **rift continental**, suivi d'une **accrétion océanique**.

• Ainsi, la dynamique de la lithosphère détermine **différentes périodes paléogéographiques**, avec des périodes de réunion de blocs continentaux, liées à des **collisions orogéniques**, et des périodes de **fragmentation** conduisant à la mise en place de nouvelles dorsales.

LEXIQUE

• **ceinture orogénique** : zone linéaire ou arquée, à l'échelle régionale, qui a subi une tectonique de compression.

• **obduction** : chevauchement d'une croûte continentale par une lithosphère océanique.

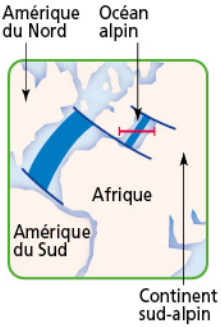
• **ophiolites** : portion de lithosphère océanique charriée sur un continent (obduction) lors d'un phénomène de collision de deux plaques lithosphériques.

• **paléogéographie** : reconstitution des différentes géographies qui se sont succédé au cours des millions d'années de l'histoire de la Terre.

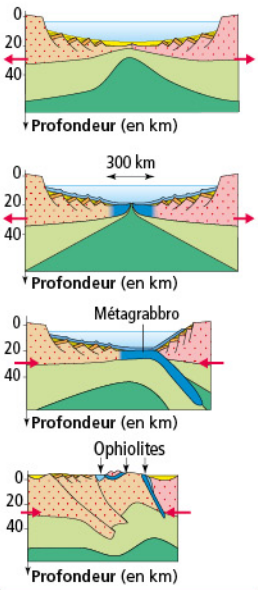
• **rift** : lithosphère étirée et amincie, formant un fossé d'effondrement bordé par des failles normales et des blocs.

Schéma bilan

Paléogéographie : naissance de l'océan alpin (et de l'Atlantique central)



Coupes schématiques



Observations (marqueurs) et événements géologiques

Failles normales et blocs basculés : extension. **Stade rift continental** et mer épicontinentale. (-180 Ma)

Naissance de l'océan alpin (largeur ≤ 300 km) par formation de lithosphère océanique hydratée recouverte de sédiments océaniques (ophiolites) ? (-160 Ma)

Poussée de l'Afrique : **compression et subduction** (métamorphisme HP-BT) de la lithosphère océanique sous la plaque africaine. (- 80 Ma)

Plis, failles inverses et chevauchements : début de la **collision continentale** puis charriage de la lithosphère océanique : **ophiolites**. (- 50 Ma) Formation des reliefs de la chaîne alpine.

- Asthénosphère
- Manteau lithosphérique
- Sédiments prérifts (Trias)
- Sédiments du Jurassique inférieur et moyen
- Sédiments du Jurassique supérieur et du Crétacé
- Sédiments récents post-collision

Croûte continentale

- Future plaque européenne
- Future plaque africaine

En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- la répartition des roches continentales d'âges variés en ceintures orogéniques et la répartition des âges du plancher océanique en bandes d'âges croissants en s'éloignant de l'axe des dorsales. ☐
- les étapes de rifting continental puis d'océanisation suivies des étapes de subduction, puis collision et les paléogéographies correspondantes. ☐
- les marqueurs de distension (failles normales, blocs basculés…) et les marqueurs de collision (plis, failles inverses, chevauchements…). ☐
- la lithosphère océanique des océans actuels en place et les sutures ophiolitiques, lithosphère océanique charriée par obduction, témoins d'océans disparus. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 235

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Les ophiolites de la chaîne alpine :

- ☐ **a.** s'observent au niveau des dorsales.
- ☐ **b.** sont des témoins de croûte océanique.
- ☐ **c.** sont des témoins de lithosphère océanique.
- ☐ **d.** sont incorporées aux chaînes de montagnes lors de la subduction.

2. Les marges de l'ancien océan alpin :

- ☐ **a.** sont d'anciennes marges actives.
- ☐ **b.** sont caractérisées par des failles normales.
- ☐ **c.** sont des témoins d'un ancien domaine océanique.
- ☐ **d.** sont des restes de lithosphère océanique.

3. Dans les Alpes, une subduction passée peut être déduite des indices directs suivants :

- ☐ **a.** la présence de minéraux caractérisant un métamorphisme HP-BT (haute pression-basse température) dans certaines roches.
- ☐ **b.** la présence de failles inverses.
- ☐ **c.** la présence de roches volcaniques andésitiques abondantes.
- ☐ **d.** la présence d'ophiolites.

4. La collision à l'origine des Alpes est réalisée :

- ☐ **a.** entre un continent italien et un continent africain.
- ☐ **b.** entre un continent ouest-européen et un continent est-européen.
- ☐ **c.** entre un continent africain et un continent européen.

Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

Marqueurs de distension	• Portion de lithosphère océanique, charriée sur un continent (obduction) lors d'un phénomène de collision de deux plaques lithosphériques.
Marqueurs de collision	• Plis, failles inverses, chevauchements, empilements d'écailles crustales.
Ophiolites	• Failles normales, blocs basculés.
Rift	• Lithosphère étirée et amincie formant un fossé d'effondrement bordé par des failles dites normales et des blocs.

Expliquer par un schéma

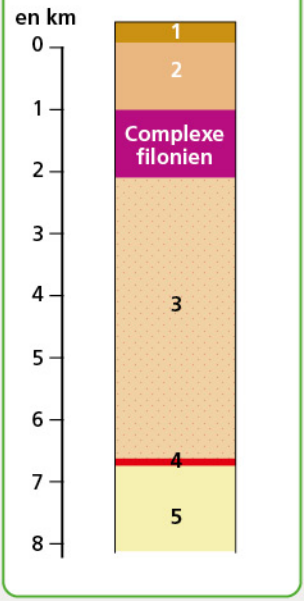
Légender et ajouter un titre.

Le mont Chenaillet est une montagne de 2 650 m d'altitude des Alpes du Sud. On y observe une superposition de roches permettant de définir la série ophiolitique du Chenaillet (doc. 2). Par comparaison avec une coupe de croûte océanique actuelle (doc. 1), on constate qu'elle est caractéristique des dorsales lentes, dont l'activité magmatique est réduite et où la divergence fait directement affleurer des zones du manteau (programme SVT 1 EDS).

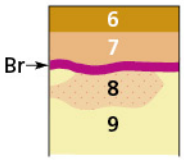
› En vous appuyant sur les données documentaires et vos connaissances, complétez les légendes 1 à 9 et proposez un titre indiquant au marcheur escaladant le Chenaillet la signification paléogéographique de cette ophiolite.

Docs :	1. Croûte océanique	2. Ophiolite du Chenaillet

1. Croûte océanique



2. Ophiolite du Chenaillet



Br = Brèches sédimentaires

Coupe

Photos du Chenaillet et de son sommet

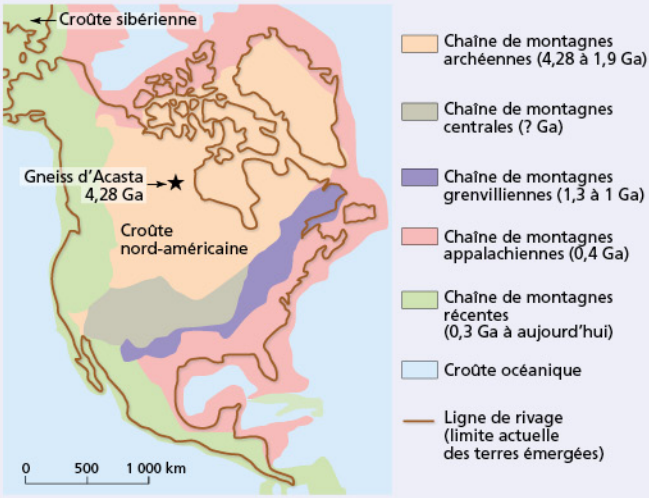
Titre :

D'après https://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/diversite-des-ophiolites/diversite-des-ophiolites-fig03.jpg

Vers le sujet de BAC

L'Amérique du Nord présente un ensemble de ceintures orogéniques correspondant à des chaînes de montagnes anciennes et actuelles. La mise en place se poursuit encore de nos jours pour certaines d'entre elles. L'étude d'une carte géologique confrontée aux données radiochronologiques permet de cerner les grandes étapes et cycles orogéniques de son histoire géologique.

› En vous appuyant sur les données du graphique et des affirmations, indiquez pour chacune des affirmations si elle est vraie ou fausse.



Carte des principales chaînes de montagnes anciennes et récentes d'Amérique du Nord

1 L'étude des gneiss d'Acasta (plus anciennes roches d'Amérique du Nord) a permis de reconstituer le contexte de leur formation. Ils se sont formés :

- ☐ **a.** dans une croûte océanique.
- ☐ **b.** dans les reliefs positifs d'une croûte continentale.
- ☐ **c.** dans la racine d'une croûte continentale.
- ☐ **d.** dans le manteau.

2 Les géologues peuvent proposer un âge à la chaîne de montagnes centrales :

- ☐ **a.** plus de 1,9 milliard d'années.
- ☐ **b.** moins de 0,3 milliard d'années.
- ☐ **c.** entre 0,3 et 1 milliard d'années.
- ☐ **d.** entre 1,3 et 1,9 milliard d'années.

Sujet guidé

SUJET 5 Sujet inédit

7 pts 1h40

Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté

Les Alpes sont une chaîne de collision. Certains marqueurs traduisent un raccourcissement de la lithosphère après fermeture d'un océan.

Présentez les témoins de l'existence d'un ancien océan alpin, ainsi que les marqueurs géologiques montrant sa fermeture par la collision de blocs continentaux.

Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- Les **ophiolites** sont des roches de la lithosphère océanique. La présence de complexes ophiolitiques formant des sutures au sein des chaînes de montagnes témoigne de la fermeture de domaines océaniques, suivie de la **collision** de blocs continentaux par **convergence** de plaques lithosphériques. L'émergence d'ophiolites résulte de phénomènes d'**obduction** ou de **subduction**, suivis d'une exhumation. Les marges passives bordant un océan portent des marques de distension (failles normales et blocs basculés) qui témoignent de la fragmentation initiale avant l'accrétion océanique. Les stades initiaux de la fragmentation continentale correspondent aux rifts continentaux.

Bien comprendre la question

- Le sujet ne vous demande pas de raconter l'histoire géologique complète des Alpes, mais de présenter des témoins et marqueurs.

Méthode
Faites l'inventaire de ces marqueurs en les notant au brouillon dans trois colonnes correspondant aux trois étapes.

- Néanmoins, les trois étapes successives d'ouverture de l'océan, puis de sa fermeture, enfin de la collision, restent un fil conducteur de l'organisation de vos idées.
- Dans les titres du plan et dans les légendes des schémas (facultatifs mais fortement conseillés), ce sont les témoins et marqueurs qui sont présentés.

Les limites

- **Les datations des étapes évoquées ne sont pas exigibles**. Divers phénomènes comme le magmatisme de subduction (peu représenté dans les Alpes franco-italiennes) sont hors sujet.

Les mots-clés

- Les mots « **témoins** » et « **marqueurs** » doivent vous suggérer les observations de terrains à toutes les échelles (minéraux, types de roches, types d'affleurements et grands ensembles tels que la croûte et la lithosphère…).

Choisir des expériences, des observations, des exemples pour argumenter

- Appuyez-vous sur les nombreuses observations, de l'échelle de la chaîne (profil sismique) à celle de la roche (exemples de minéraux du métamorphisme dont vous pouvez évoquer l'étude expérimentale de leur formation). Ce sont les témoins et marqueurs qui vous sont demandés.
- Si votre mémoire vous le permet, présentez les exemples d'ophiolites étudiées avec votre professeur.

Construire sa réponse

Les deux questions (les témoins de l'existence de l'océan et les marqueurs de la fermeture) constitueront les deux parties. Plan proposé :

I – Les témoins de l'existence d'un ancien océan alpin

A. Les blocs basculés, témoins de la fragmentation initiale avant l'accrétion océanique

B. Les ophiolites hydroxylées, témoins de l'ouverture de l'océan alpin

II – Les marqueurs géologiques de la fermeture d'un ancien océan alpin

A. Les ophiolites métamorphisées, témoins de la fermeture de l'océan alpin

B. Les marqueurs géologiques de la fermeture de l'océan liée à la collision

CORRIGÉ 5

Comprendre le corrigé

Introduction

La chaîne des Alpes présente des reliefs qui traduisent un raccourcissement lié à une collision de deux blocs lithosphériques continentaux. Mais avant cette convergence, deux continents étaient séparés par un océan alpin ancien.

Nous présenterons les témoins de l'ouverture puis de la fermeture de cet océan, et les marqueurs de la collision.

Lexique

Marqueurs de collision : plis, failles inverses, chevauchements, empilements d'écailles crustales.

I – Les témoins de l'existence d'un ancien océan alpin

A. Les blocs basculés, témoins de la fragmentation initiale avant l'accrétion océanique

Des blocs basculés sont observés dans certaines zones alpines (schéma 1). Les failles normales qui délimitent les blocs fragmentent la croûte continentale. Cela caractérise le stade de rift continental (divergence), à l'origine des marges passives du futur océan alpin qui va séparer deux continents : européen et africain.

Comprendre le corrigé

Le titre choisi en A et la référence au futur océan alpin vous permettent de relier ce stade continental à la problématique de la naissance de l'océan alpin, qui est précisée en B.

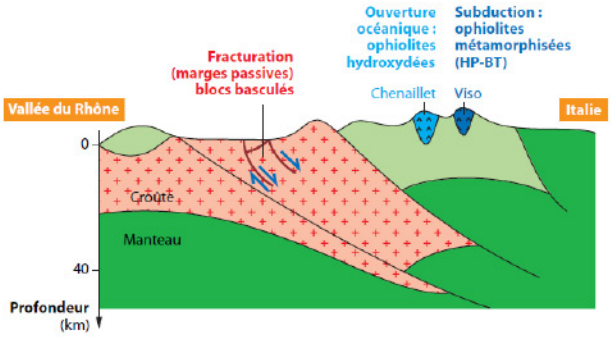


Schéma 1. Les témoins d'un ancien océan alpin

Astuce du prof

Veillez à ce que vos schémas (grands et colorés) portent un titre et des légendes qui renvoient au libellé de la question. Ils ne doivent pas être un simple copier/coller de vos schémas de cours.

B. Les ophiolites hydroxylées, témoins de l'ouverture de l'océan alpin

Dans le massif du Chenaillet (schéma 1), à plus de 2 000 m d'altitude, on observe des basaltes en coussins, comme ceux formés dans l'axe des dorsales océaniques. Ils surmontent des gabbros et des péridotites altérées. On observe encore des sédiments océaniques profonds, les radiolarites. Il s'agit bien des lambeaux de lithosphère océanique qui chevauchent la lithosphère continentale européenne et sont appelés ophiolites. La divergence commencée par le rift se poursuit donc avec l'ouverture d'un océan.

On observe que les ophiolites contiennent des minéraux hydroxylés : cela témoigne d'une croûte océanique et de niveaux superficiels du manteau, siège d'une circulation d'eau qui modifie les minéraux.

Cette ophiolite du Chenaillet est située dans une plus vaste unité océanique, qui comprend des sédiments océaniques métamorphisés.

Méthode

L'important est que votre rédaction montre les liens entre les observations, les « témoins » et la démonstration d'une ouverture océanique. Si vous ne vous souvenez pas des noms « Chenaillet », « radiolarites » ou des minéraux hydroxylés étudiés en classe, ce n'est pas un problème majeur…

II – Les marqueurs géologiques de la fermeture d'un ancien océan alpin

A. Les ophiolites métamorphisées, témoins de la fermeture de l'océan alpin

Certaines ophiolites (Mont Viso, schéma 1) présentent des métagabbros éclogitiques avec des minéraux (jadéite et grenat). Des expériences soumettant des gabbros à différentes températures et pressions montrent que l'apparition de ces minéraux témoigne d'un métamorphisme de haute pression-basse température (HP-BT). Cela correspond à la subduction de la lithosphère océanique sous la marge africaine. L'océan alpin ancien se referme (convergence).

Les blocs basculés et les ophiolites sont portés en altitude par la collision.

Comprendre le corrigé

Là encore, on attend que vos observations démontrent l'existence d'une subduction, c'est-à-dire d'une convergence nécessaire à la fermeture demandée. Les noms « Mont Viso », ou ceux des minéraux « jadéite » et « grenat » étudiés en classe ne sont pas exigibles, dès lors que vous avez cité les conditions « HP-BT ».

B. Les marqueurs géologiques de la fermeture de l'océan liée à la collision

Le premier marqueur est morphologique : le relief (jusqu'à 5 km).

Les autres marqueurs sont tectoniques : plis, failles inverses, chevauchements et charriages (déplacements atteignant parfois 50 km).

Les profils sismiques révèlent également une racine crustale (le Moho atteignant une profondeur de 50 km).

Ils montrent aussi un empilement d'unités crustales (écailles tectoniques), séparées par des chevauchements.

Ces marqueurs, figurés sur le schéma 2, traduisent la collision des lithosphères, la plaque africaine (Italie) chevauchant la plaque européenne.

La collision s'accompagne donc de la fermeture de l'océan alpin.

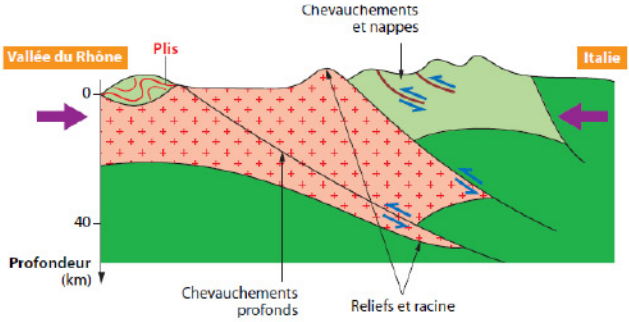


Schéma 2. Les marqueurs géologiques du raccourcissement (collision)

Conclusion

L'analyse géologique des Alpes permet d'observer les témoins de l'ouverture d'un ancien océan alpin : les blocs basculés et les ophiolites du Chenaillet (divergence).

La fermeture qui suit est établie par les marqueurs de la convergence (métamorphisme HP-BT et subduction) et ceux du raccourcissement lié à la collision (relief, racine crustale, plis, failles inverses et chevauchements).

Astuce du prof

Les marqueurs de collision remobilisés en terminale ont surtout été développés dans votre programme de première EDS. Essayez de rester bref.

Méthode

Contentez-vous d'une brève énumération des observations, c'est-à-dire des témoins et marqueurs. Votre conclusion sera pertinente et parfaitement complémentaire de votre introduction.

L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs

Faire le point

L'essentiel

1 La capacité d'adaptation à la vie fixée des plantes

• Les plantes développent de **grandes surfaces d'échange** :

– **avec l'atmosphère**, grâce à la croissance **indéfinie** et aux ramifications des tiges, à l'étalement et au renouvellement des feuilles, à l'abondance des **chloroplastes** et des **stomates**. On obtient, pour une faible quantité de tissus végétaux, des milliers de mètres carrés qui permettent un **approvisionnement très efficace en énergie lumineuse et en CO_2**, tout en contrôlant les pertes d'eau.

– **avec le sol** – encore plus importantes – grâce à la croissance et aux ramifications continues et/ou au renouvellement des racines. Cela permet, en plus de l'ancrage de la plante, l'**absorption d'eau et d'ions du sol**, facilitée le plus souvent par les **mycorhizes**.

2 Les tissus conducteurs font communiquer les organes

• Les vaisseaux de **xylème** assurent l'ascension de sève brute (eau et ions minéraux) des racines vers les feuilles.

• Les tubes de **phloème** réalisent la distribution de sève élaborée (organique), de la feuille vers les organes en croissance ou de stockage (racines, bourgeons, graines…).

3 La croissance et le développement dépendent des hormones et de l'environnement

• Le **développement** d'une plante associe :

– la **croissance** avec multiplication cellulaire par mitoses dans les méristèmes, suivie d'élongation cellulaire ;

– et la **différenciation** d'organes (tiges, feuilles, fleurs, racines) à partir de **méristèmes**, bourgeons et extrémités racinaires.

• Ce développement en petites unités appelées phytomères s'empilant les unes sur les autres est modulé par des **hormones** végétales comme l'auxine et par les conditions du **milieu** (lumière, humidité, gravité, vent…).

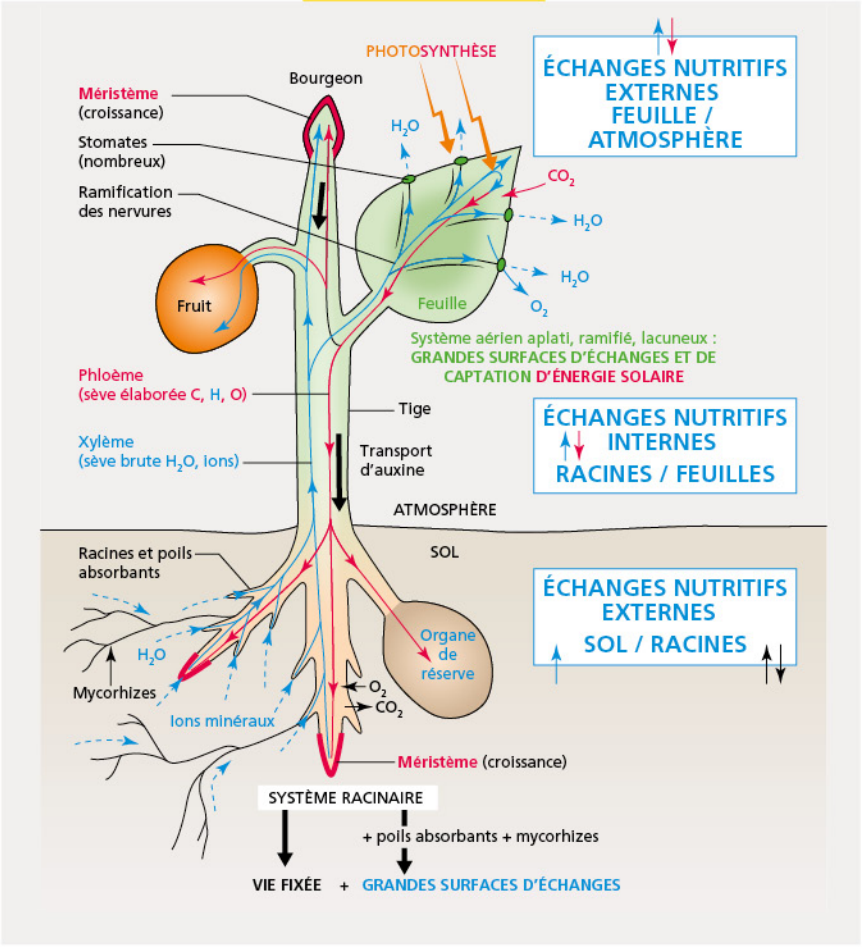
LEXIQUE

• **croissance** : ensemble des changements quantitatifs de multiplication et d'élongation cellulaire.

• **mycorhizes** : associations symbiotiques entre champignons et racines de plantes.

• **stomate** : ouverture présente dans l'épiderme de la feuille ou de la tige, qui régule les échanges gazeux (CO_2, H_2O vapeur, O_2) avec l'atmosphère.

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir associer :**

- la structure du végétal (grandes surfaces d'échange aériennes et souterraines) et les contraintes de la vie fixée (possibilité d'explorer et d'exploiter le seul environnement immédiat). ☐
- le développement essentiel des tissus conducteurs et les échanges entre les organes, mais aussi entre le sol et l'atmosphère. ☐
- la croissance très efficace des végétaux, contrôlée par les hormones, et son adaptation aux conditions du milieu (lumière, humidité, vent…). ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 235

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. En relation avec la vie fixée, les plantes ont développé :

- ☐ **a.** un système racinaire permettant des échanges de CO_2 avec le sol.
- ☐ **b.** un système aérien permettant des échanges d'ions, d'eau et de gaz avec l'air.
- ☐ **c.** un système aérien et un système souterrain pouvant échanger de la matière par un système vasculaire.

2. La feuille des plantes est adaptée à l'absorption :

- ☐ **a.** du CO_2 par des orifices appelés stomates.
- ☐ **b.** de l'eau de pluie qui tombe sur les feuilles.
- ☐ **c.** de l'énergie lumineuse.

3. Chez les plantes, la croissance :

- ☐ **a.** se caractérise uniquement par une augmentation du nombre de cellules.
- ☐ **b.** se caractérise par la production de nouvelles cellules dans le méristème des bourgeons pour la tige feuillée.
- ☐ **c.** se réalise après la différenciation des cellules.
- ☐ **d.** est observable dans l'extrémité des jeunes racines.

4. La circulation de matière dans la plante se fait :

- ☐ **a.** depuis les feuilles vers les racines par le xylème.
- ☐ **b.** avec une circulation de sève élaborée dans le phloème.
- ☐ **c.** dans des tissus conducteurs spécialisés dans la circulation ascendante ou descendante.

Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

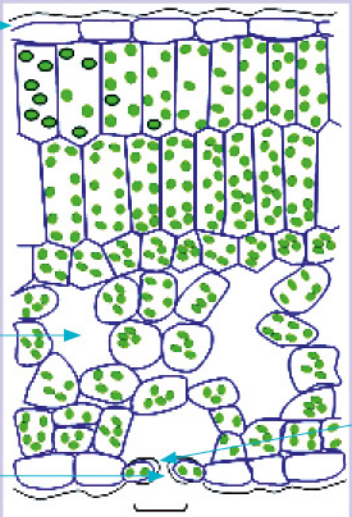
Xylème •	• Tissu végétal formé de tubes conduisant la sève élaborée.
Phloème •	• Tissu végétal formé de cellules embryonnaires, indifférenciées, à multiplication rapide par mitose.
Croissance •	• Ensemble des changements qualitatifs de différenciation des cellules.
Développement •	• Tissu végétal formé de vaisseaux conduisant la sève brute et constituant le bois.
Méristème •	• Ensemble des changements quantitatifs de multiplication et d'élongation cellulaire.

Expliquer par un schéma

Légender et ajouter un titre.

Les feuilles participent à la nutrition minérale des plantes à fleurs. Elles sont le siège d'échanges de matière avec l'atmosphère.

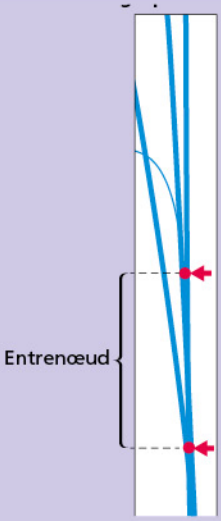
Complétez les légendes et proposez un titre au schéma en montrant comment les structures observées sont adaptées aux rôles évoqués. Représentez les échanges par des flèches.

Échanges de matière avec l'atmosphère	Coupe transversale de feuille	Nutrition minérale des plantes à fleurs
1 2 3		4

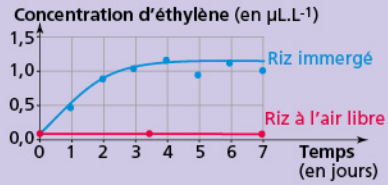
Vers le sujet de BAC

La croissance d'un jeune plant de riz dépend-elle des hormones et de l'environnement ?
L'éthylène est une hormone végétale qui diffuse entre les cellules.
› À partir de l'analyse des documents, indiquez si les propositions sont vraies ou fausses.

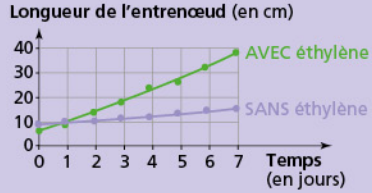
DOC. 1 Organisation d'une jeune tige de riz



DOC. 2A Mesure de la concentration d'éthylène contenue dans des cavités intercellulaires d'un entrenœud de lots de plants de riz immergés et de riz cultivés à l'air libre



DOC. 2B Longueur des entrenœuds de lots de riz ayant poussé à l'air libre en présence ou en absence d'éthylène



1 L'immersion d'un plant de riz entraîne :

- ☐ **a.** une diminution de la concentration d'éthylène.
- ☐ **b.** une production d'éthylène.
- ☐ **c.** une consommation de 1 µL.L^{-1} d'éthylène.

2 L'éthylène :

- ☐ **a.** induit une augmentation de la longueur des entrenœuds d'environ 35 cm en 7 jours.
- ☐ **b.** agit uniquement sur la longueur des entrenœuds des plants de riz immergés.
- ☐ **c.** agit uniquement sur la longueur des entrenœuds des plants de riz au bout de 7 jours.

Sujet guidé

SUJET 6 Sujet inédit

7 pts 1h40

Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté

L'organisation morphologique et anatomique des plantes chlorophylliennes est adaptée à la vie fixée, à un prélèvement efficace des matières premières et à la capture de l'énergie solaire nécessaires à leur croissance.

Les documents présentent quelques ordres de grandeur concernant les sources de matières premières des plantes chlorophylliennes.

› **Montrez que le développement considérable des surfaces d'échanges et de capture d'énergie solaire de la plante peut être mis en relation avec la nature particulière des sources de matières premières et d'énergie puisées dans l'environnement.**

DOC. 1 Concentrations et besoins des sources de matières premières de l'atmosphère et du sol

	CO_2 atmosphérique	Solution minérale du sol
Concentration dans l'environnement	0,035 % en volume	Sels minéraux : quelques mg/L d'eau
Besoins en matières premières	Le CO_2 contenu dans 4 000 m^3 d'air est nécessaire à la fabrication d'1 kg de matière sèche végétale	Pour le maïs : 60 tonnes d'eau par hectare et par an à masse égale

DOC. 2 Une surface d'échanges considérablement plus étendue chez les végétaux

Dans son ouvrage *Éloge de la plante* (2004), le botaniste Francis Hallé discute des surfaces d'échanges chez les végétaux et animaux.

« Mesurer la surface d'un végétal n'est pas chose facile. […] Quelle peut être la surface aérienne d'un arbre de 40 m de haut ? Une estimation de 10 000 m^2 (1 ha) n'est certainement pas exagérée ; la surface « interne » permettant les échanges gazeux serait 30 fois supérieure. […] En ce qui concerne les surfaces racinaires, les investigations sont encore plus difficiles et les données encore plus rares : la surface souterraine d'un plant de seigle serait 130 fois plus grande que la surface aérienne. »

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

● **Les plantes développent de grandes surfaces d'échanges avec l'atmosphère et avec le sol.**

– **Avec l'atmosphère** qui permet un approvisionnement très efficace en énergie lumineuse et en CO^2, tout en contrôlant les pertes d'eau.

– **Avec le sol** qui permet l'absorption d'eau et d'ions.

Bien comprendre la question

● À commencer par **la problématique**. Vous devez clarifier ce que les sources de matière et d'énergie ont de particulier et les mettre en relation avec leurs besoins importants (les documents vous y aident) et avec leur vie fixée évoquée. Les grandes surfaces d'échanges apparaîtront comme une solution adaptative efficace. Il serait bienvenu d'**argumenter** votre travail **en citant des données chiffrées** extraites des documents ou de vos connaissances.

● Les documents n'évoquent pas l'énergie lumineuse, mais il faudra y consacrer un paragraphe.

● **Les limites** : compte tenu de l'ampleur du sujet, il est déconseillé de développer certains mécanismes, comme le fonctionnement des stomates.

Méthode

Lors de la recherche d'idées, aidée par l'analyse de documents, vous pouvez, sur votre brouillon, tracer trois colonnes (particularités des sources / besoins / adaptation des surfaces d'échanges).
Lors de la rédaction sur votre copie, votre démonstration sera plus rigoureuse et complète.

Exploiter les documents

● Les deux documents ne sont que des aides à la rédaction et vous servent à chiffrer le développement considérable des surfaces d'échanges, chiffres dont la connaissance n'est pas exigée.

– **DOC. 1** : il rappelle que les plantes ont une particularité : elles doivent se procurer des quantités de CO_2 et de sels minéraux très importantes par rapport aux ressources diluées de l'environnement.

– **DOC. 2** : il fournit quelques données chiffrées très « parlantes » sur les surfaces d'échanges.

Choisir des expériences, des observations, des exemples pour argumenter

● Appuyez votre présentation sur les exemples des documents. Les différentes observations réalisées avec votre professeur, de l'échelle du chloroplaste à celle de la plante, seront au cœur de votre sujet. Enfin, pensez à citer une expérience (mycorhizes ou auxine et l'éclairement ?), à condition de la relier aux surfaces d'échanges ou de capture de lumière.

Construire sa réponse

Les particularités des sources de matières et d'énergie des plantes, en liaison avec le document 1, seront présentées dans une première partie. La réponse adaptative de la plante par le développement des surfaces d'échanges et de capture d'énergie sera développée dans les deux parties suivantes. D'où le plan proposé.

I – Des sources particulières de matières premières et d'énergie

II – La plante développe des surfaces d'échanges considérables avec l'atmosphère

A. Les échanges de gaz

B. La capture de lumière

III – La plante développe des surfaces d'échanges considérables avec le sol

CORRIGÉ 6

Comprendre le corrigé

Introduction

Par rapport aux animaux, les plantes ont plusieurs particularités : elles ont une vie fixée et ne se nourrissent pas de matière organique. Or cette matière organique représente une forme concentrée de matière et d'énergie. Elles utilisent au contraire du CO_2, l'eau minérale du sol et l'énergie solaire, ce qui va être rendu possible par le développement considérable des surfaces d'échanges et de capture d'énergie.

Méthode

Prenez soin de présenter les mots-clés qui soutiendront votre explication dans l'introduction.

I – Des sources particulières de matières premières et d'énergie

Nous savons que les plantes forment leur matière organique végétale à partir du CO_2 (source minérale de carbone), d'eau et de sels minéraux.

Or le document 1 montre que les besoins sont considérables et les sources de matière peu concentrées.

Pour le CO_2, il faut exploiter 4 000 m^3 d'atmosphère pour fabriquer un seul kilogramme de matière organique carbonée végétale. En effet, le CO_2 à l'origine de tout le carbone organique n'est présent qu'à 0,035 %, soit $3{,}5 \times 10^{-4}$.

Pour les ions minéraux, le document 1 montre que la concentration minérale s'exprime en mg/L (10^{-6}).

De plus, l'absorption d'eau à prélever chaque jour dans le sol est, rapportée à la masse, 10 fois plus importante chez le maïs que chez l'homme.

Astuce du prof

Pour être lisible, votre copie doit être aérée. Allez à la ligne chaque fois que vous abordez une nouvelle idée.

Comprendre le corrigé

Les puissances de 10 (10^{-4} et 10^{-6}) vous permettent de souligner la faible concentration des ressources minérales qu'exploitent les végétaux.

La plante fixée va devoir exploiter des volumes considérables d'atmosphère et de sol pour couvrir ses besoins en CO_2, en eau et en sels minéraux. Pour cela, on montrera que la plante développe des surfaces d'échanges considérables avec l'atmosphère et le sol.

De même, on montrera le développement considérable de la surface de capture d'énergie lumineuse, les matières premières minérales ne fournissant pas d'énergie à la plante.

II – La plante développe des surfaces d'échanges considérables avec l'atmosphère

A. Les échanges de gaz

L'absorption de CO_2 se fait par la feuille, dont la surface, le plus souvent aplatie, est recouverte d'une cuticule imperméable pour éviter une déshydratation excessive. Le CO_2 peut néanmoins pénétrer par la présence, sur la surface des feuilles, de milliers de pores à ouverture variable, appelés stomates.

On peut alors prendre en compte la surface considérable des feuilles et la structure interne de la feuille, qui présente des lacunes augmentant la surface d'échanges. Le document 2 nous en donne une idée pour un très bel arbre de 40 m de haut : « Une estimation de 10 000 m^2 (1 ha) n'est certainement pas exagérée ; la surface "interne" permettant les échanges gazeux serait 30 fois supérieure. »

Comprendre le corrigé

L'exercice que vous réalisez vous demande d'organiser vos connaissances, qui sont donc exposées en premier.

B. La capture de lumière

La capture d'énergie lumineuse se fait par la considérable surface foliaire (forme très souvent aplatie). Pour un arbre, par rapport à la surface de l'ombre portée, la surface des feuilles est 10 fois plus importante. La ramification des tiges permet d'étaler cette surface foliaire.

Les images de chloroplastes, au microscope électronique, permettent de comprendre que la capture de lumière se fait en réalité par les membranes chlorophylliennes des thylakoïdes de tous les chloroplastes de chaque cellule chlorophyllienne de la feuille. Finalement, pour notre arbre, la surface chlorophyllienne de capture de lumière est largement supérieure à 10 000 m^2.

Méthode

Employez des expressions comme « telle observation permet de comprendre que… ». Ce n'est pas une simple récitation du cours, mais un texte argumenté qu'on vous demande.

Astuce du prof

Pensez à passer de l'organe (feuille) à la cellule et aux organites.

Enfin, les expériences avec des plantes soumises à un éclairement unilatéral montrent que le dévelop-

pement des tiges se fait en direction de la lumière, qui modifie la distribution de l'auxine, hormone de croissance. Les surfaces de capture de lumière ont donc une exposition optimale.

III – La plante développe des surfaces d'échanges considérables avec le sol

L'absorption d'eau et de sels minéraux dans le sol se fait par les racines. Pour compenser la dilution des éléments nutritifs du sol, les racines sont très développées, très ramifiées (racines et radicelles). Et la surface d'échanges est encore considérablement augmentée par la présence d'un manchon de mycorhizes (champignons symbiotiques), mais aussi de poils absorbants à l'extrémité des jeunes racines. Ces prolongements cellulaires, très fins, accroissent considérablement la surface d'échanges des racines et l'absorption des ions minéraux du sol par rapport à un témoin non mycorhyzé.

D'une manière générale, pour un végétal donné, la surface racinaire est supérieure à la surface foliaire. C'est ce que précise le document 2 en indiquant que « la surface souterraine d'un plant de seigle serait 130 fois plus grande que la surface aérienne » – elle-même déjà très développée.

Méthode

N'oubliez pas de citer les documents !

Conclusion

La plante doit faire face à la nature particulière des sources de matières premières, à leur dilution et aux besoins élevés de la plante (doc. 1). Pour répondre à cette contrainte, accentuée par la vie fixée, celle-ci développe des surfaces d'échanges considérables (doc. 2). La plante fixée peut alors exploiter des volumes très importants de son environnement.

Il en est de même pour la surface de capture d'énergie lumineuse, bien supérieure à celle des panneaux solaires construits par l'homme.

On peut noter que ces surfaces d'absorption concernent toujours les parties jeunes de la plante (jeunes racines et feuilles jeunes, puisqu'elles se renouvellent fréquemment, même chez un arbre centenaire).

On peut enfin ajouter que l'exploitation de tels volumes et la construction de telles surfaces d'échanges sont rendues possibles avec peu de matière, puisque l'essentiel du volume de la cellule végétale est constitué par une accumulation d'eau, la vacuole.

Comprendre le corrigé

Comparez la complémentarité de l'introduction et de la conclusion. L'une définit les termes et annonce la problématique, l'autre y répond en sélectionnant les données les plus éclairantes de votre développement.

La plante, productrice de matière organique

Faire le point

L'essentiel

1 La photosynthèse produit de la matière organique par réduction du CO_2

• Les parties aériennes de la plante sont les lieux de **production d'amidon** et d'autres sucres solubles dans le **chloroplaste**. On parle de **photosynthèse**, car elle nécessite de l'énergie lumineuse. Captée par les **pigments chlorophylliens**, cette énergie lumineuse :

– est ainsi **convertie en énergie chimique**,

– permet la **libération d'O_2 par la photolyse de l'eau** ($H_2O \rightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-$).

• Les protons et électrons $H^+ + e^-$ permettent la **réduction du CO_2** aboutissant à la production de glucose. D'où l'équation bilan de la photosynthèse :

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophylle}]{\text{Lumière}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6H_2O$$

2 La diversité chimique des produits de la photosynthèse et leur fonction dans les plantes

• Sortant de la feuille, ces produits circulent par la **sève élaborée** vers tous les organes de la plante. Ils sont alors métabolisés, grâce à des enzymes variées, en produits assurant les **différentes fonctions biologiques** dont :

– la **croissance** et le **port** de la plante (cellulose, lignine) ;

– le **stockage** de la matière organique (saccharose, amidon, protéines, lipides) sous forme de réserves dans différents organes (graines, fruits, tubercules…). Cela permet notamment de résister aux conditions défavorables ou d'assurer la reproduction ;

– les **interactions avec d'autres espèces**, soit mutualistes (anthocyanes des pétales des fleurs), soit compétitives (effets antiphytophages, antibactériens ou antioxydants des tanins).

LEXIQUE

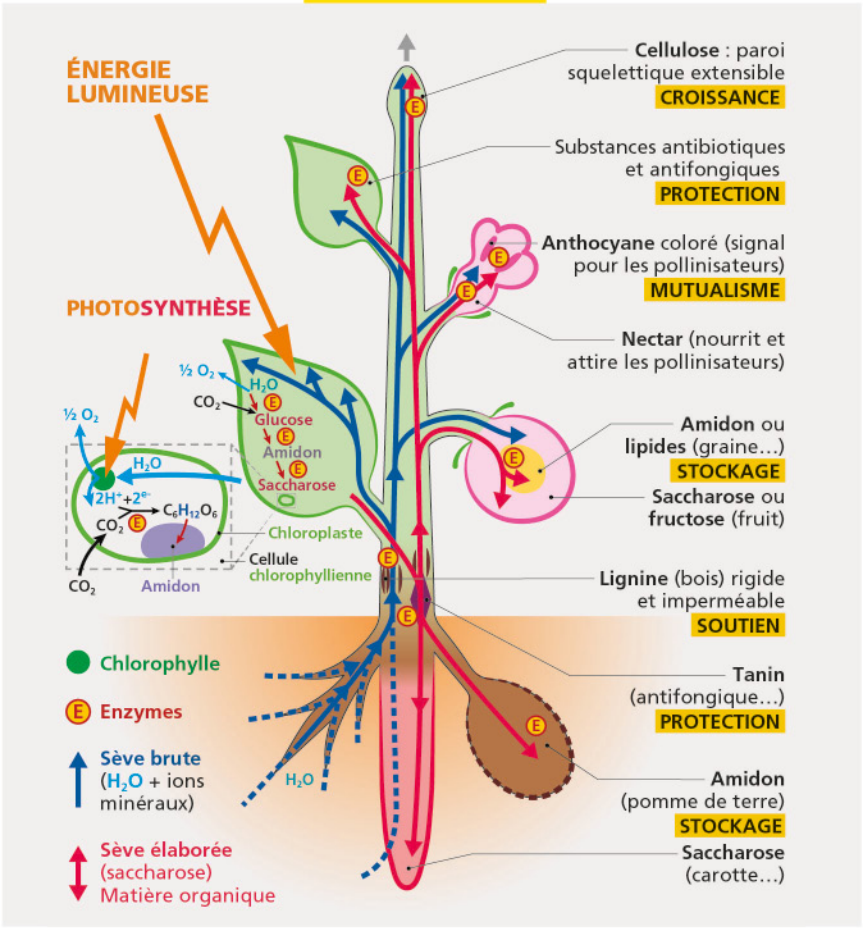
• **chloroplaste** : organite limité par une double membrane, contenant de la chlorophylle (et de l'ADN) et assurant la photosynthèse chez les végétaux verts.

• **pigments chlorophylliens** : composés chimiques permettant la transformation de l'énergie lumineuse absorbée en énergie chimique chez les organismes effectuant la photosynthèse.

• **photolyse de l'eau** : oxydation de l'eau en dioxygène, qui est rejeté. L'hydrogène ($2H^+ + 2e^-$) formé servira à la réduction du CO_2.

• **réduction du CO_2** : fixation de protons H^+ et d'électrons sur le CO_2 à l'origine de glucose $C_6H_{12}O_6$.

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- l'équation bilan de la photosynthèse et celle de la photolyse de l'eau. ☐
- l'énergie lumineuse captée par les pigments chlorophylliens et l'énergie chimique sous forme de glucides. ☐
- l'amidon produit et stocké très temporairement dans les chloroplastes et celui stocké à long terme dans les organes de réserves, graines ou tubercules. ☐
- la sève brute et la sève élaborée. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 236

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. On observe un dégagement d'O_2 dans la photosynthèse. L'intensité de ce dégagement en fonction de la longueur d'onde :

- ☐ **a.** s'appelle un spectre d'absorption.
- ☐ **b.** est différent pour différents mélanges de pigments chlorophylliens.

2. L'équation bilan de la photosynthèse peut s'écrire de la manière suivante :

- ☐ **a.** $6\ CO_2 + 12\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6\ H_2O$
- ☐ **b.** $12\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6\ H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ CO_2$

3. L'amidon est un glucide végétal.

- ☐ **a.** Il est formé de molécules de glucose polymérisées.
- ☐ **b.** Il est stocké dans le chloroplaste.
- ☐ **c.** Il est distribué dans toute la plante par la sève élaborée.

4. Les molécules suivantes, produites par photosynthèse, sont des glucides :

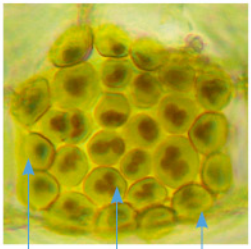
- ☐ **a.** amidon.
- ☐ **b.** saccharose.
- ☐ **c.** lignine.
- ☐ **d.** celulose.
- ☐ **e.** tanins.
- ☐ **f.** l'huile de l'olive ou de la noix.

Expliquer par un schéma *Légender et ajouter un titre.*

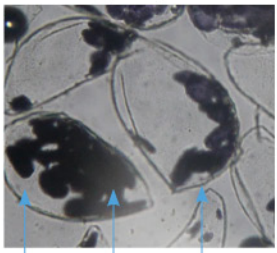
Complétez les légendes 1 à 6 et proposez une phrase résumant les deux fonctions biologiques assurées par la substance colorée au lugol et observée au microscope sur les deux images B et C.

A – La banane, fruit du bananier

B – Feuille exposée à la lumière colorée par le lugol (x400)



C – Pulpe de banane colorée par le lugol (x400)



1 2 3 4 5 6

Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

Sève brute	Substance principale de la paroi squelettique des cellules végétales, qui est perméable à l'eau.
Sève élaborée	Substance circulante qui contient de l'eau et des ions minéraux.
Lignine	Substance végétale assurant la défense chimique contre les microbes pathogènes et les herbivores.
Tanin	Substance localisée dans les parois, leur assurant rigidité et imperméabilité à l'eau.
Cellulose	Substance circulante qui contient des composés organiques solubles, principalement du saccharose et des acides aminés.

Vers le sujet de BAC

› À partir des informations extraites de l'exploitation du document et à l'aide de vos connaissances, précisez l'origine du dioxygène formé dans les chloroplastes lors de la photosynthèse.

DOC. Expérience de Ruben et Kamen

Des algues chlorophylliennes sont mises en suspension dans de l'eau additionnée de dioxyde de carbone. On prépare deux suspensions (A et B) qui diffèrent par la proportion des molécules d'eau comportant l'isotope 180, ainsi que par la proportion des molécules de dioxyde de carbone comportant ce même isotope.

Les suspensions A et B sont exposées à la lumière. Le dioxygène produit par les algues est recueilli et la proportion des molécules de dioxygène comportant ^{18}O est déterminée :

	Proportion des molécules comportant ^{18}O en %		
	eau	dioxyde de carbone	dioxygène produit
Suspension A	0,85	0,20	0,84
Suspension B	0,20	0,68	0,20

Sujet guidé

SUJET 7 D'après Liban, juin 2016 — 8 pts — 1h50

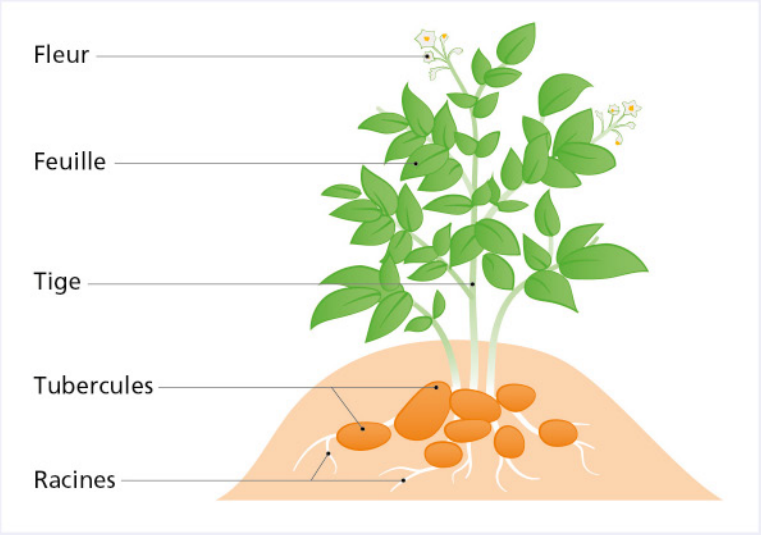
Pratique du raisonnement scientifique

Les tubercules de pomme de terre sont des aliments très riches en amidon. On cherche à comprendre quelques mécanismes de la formation de ces organes de réserve souterrains.

Montrez que la formation des réserves d'amidon dans les tubercules de pomme de terre dépend du fonctionnement des parties aériennes de la plante.

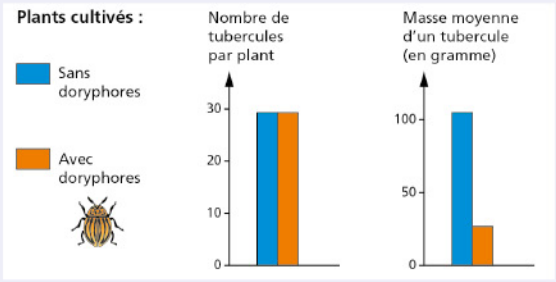
Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et des connaissances utiles.

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE **Organisation d'un plant de pomme de terre**



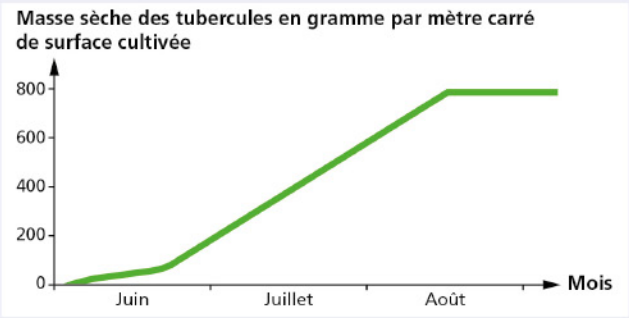
DOC. 1 Conséquences de la présence de doryphores sur des plants de pomme de terre d'une même variété cultivés dans des conditions climatiques identiques

Les doryphores (adultes et larves) sont des insectes qui se nourrissent de feuilles de pomme de terre. En quelques semaines, ils peuvent dévorer toutes les feuilles d'un champ.

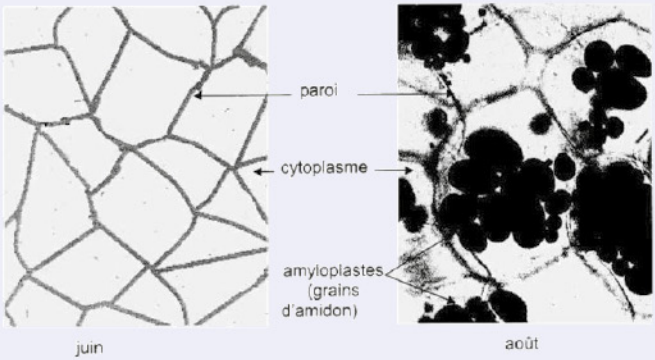


DOC. 2 Évolution des tubercules de pomme de terre et de l'aspect de leurs cellules au cours du temps

2A Évolution de la masse sèche des tubercules



2B Cellules de tubercules observées en juin et août au microscope optique (x 240) après coloration à l'eau iodée



DOC. 3 Résultat d'une expérience de marquage au carbone radioactif

Une feuille de végétal chlorophyllien est placée dans une enceinte contenant du CO_2 dont le carbone est radioactif (Figure a). Après quelques heures, la localisation de la matière organique, des glucides pour la plupart, est révélée par autoradiographie (Figure b). Une expérience réalisée sur un plant de pomme de terre donne le même résultat.

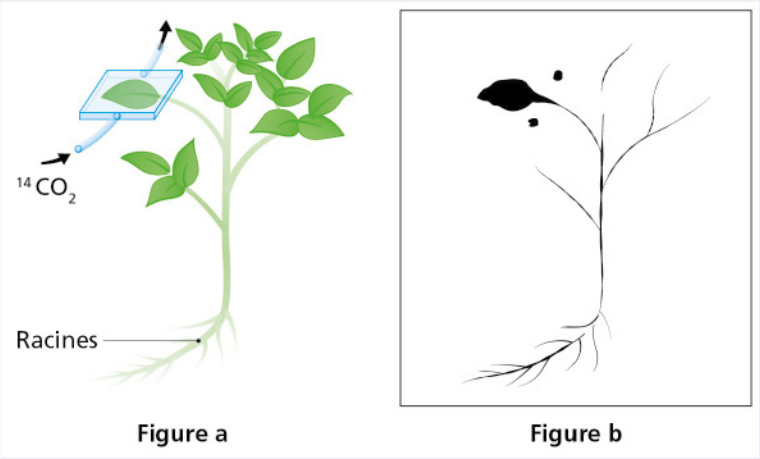


Figure a Figure b

Sur l'autoradiographie, les zones radioactives apparaissent en noir.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- Dans la feuille chlorophyllienne, la photosynthèse produit de la matière organique par réduction du CO_2 en utilisant l'énergie lumineuse captée par la chlorophylle.
- Les parties aériennes de la plante sont les lieux de production d'amidon et d'autres sucres solubles.
- Sortant de la feuille, ces produits circulent par la sève élaborée vers tous les organes de la plante. Ils assurent les différentes fonctions biologiques (croissance, protection), mais aussi le stockage de matière organique (saccharose, amidon, protéines, lipides) sous forme de réserve dans différents organes.

La problématique

- La dépendance des tubercules par rapport aux parties aériennes qui vous est demandée nécessite une démonstration. Vous devrez chercher des arguments variés et souvent chiffrés, qu'ils soient expérimentaux, de chronologie, de fonctionnement, ou d'observation, montrant la relation fonctionnelle entre organes.

Les mots-clés

- Le sujet évoque la « formation des réserves » et le « fonctionnement », c'est-à-dire des mécanismes biologiques, en plus des structures (« tubercules » et « parties aériennes »).
- Notez bien que les « parties aériennes » de la plante concernent aussi la tige et ses fonctions, pas seulement les feuilles et la photosynthèse.

Exploiter les documents

- **DOC. 1 :** la comparaison chiffrée est classique. Mais interrogez-vous sur la confrontation des deux données : nombre et masse.
- **DOC. 2 :** le doc. 2B apporte des précisions qualitatives sur la nature et la forme de stockage des réserves, complémentaires des données quantitatives sur la « matière sèche » du doc. 2A.
- **DOC. 3 :** notez bien que la radiographie localise les glucides devenus radioactifs, mais pas le CO_2. Et qu'entre les racines et la feuille, il y a une tige.
- **DOCUMENT DE RÉFÉRENCE :** si au cours de votre développement, des observations présentes dans le document de référence (comme le développement des parties aériennes) apparaissent, n'oubliez pas de le citer.

Les pièges à éviter

- Si les documents ne présentent pas de difficultés, on attend de vous une attention particulière aux relations logiques que vous établirez entre les données pertinentes que vous extrairez de ces documents.

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

Les documents 1 et 3 associent explicitement les parties aériennes et les parties souterraines comme les tubercules, ce qui est le cœur de la problématique. Leur exploitation constituera les deux premières parties. La troisième partie précisera alors certains mécanismes de formation des réserves.

I – La présence de feuilles est nécessaire à la formation des réserves des tubercules

II – Les réserves du tubercule proviennent de glucides issus du CO_2 prélevés par les feuilles et transportés par la tige

III – La formation des réserves progresse avec l'activité photosynthétique

CORRIGÉ 7

Comprendre le corrigé

Introduction

Les tubercules sont riches en amidon, glucides de réserve. Le document de référence montre que ce sont des organes souterrains. Comment s'est formé ce stockage d'amidon ? Par quels mécanismes est-il dépendant des parties aériennes de la plante, feuilles et tiges ?

I – La présence de feuilles est nécessaire à la formation des réserves des tubercules

Le document 1 montre que la présence de doryphores entraîne une disparition parfois totale des feuilles en quelques semaines et s'accompagne d'une baisse de masse des tubercules considérable (masse divisée par 4). Cette diminution de masse traduit une diminution de formation des réserves, qui nécessite donc la présence et le fonctionnement des feuilles (voir document 3).

II – Les réserves du tubercule proviennent de glucides issus du CO_2 prélevés par les feuilles et transportés par la tige

Sur le document 3B, on constate que la matière organique radioactive (glucides) observée (en noir) sur la feuille provient du CO_2 radioactif donné à cette feuille (document 3A). Nous savons que ces glucides proviennent de la réduction du CO_2 en présence de lumière (photosynthèse). Le besoin de lumière nécessite donc des organes aériens, comme les feuilles.

Le document de référence montre qu'un autre organe aérien, la tige dressée et ramifiée, participe à la captation efficace de l'énergie lumineuse par les feuilles et, on va le voir, à la formation de réserves.

En effet, sur le document 1, on voit que le nombre de tubercules n'est pas sensible à la présence de doryphores, donc des feuilles. C'est leur remplissage qui est déficient. On constate alors sur le document 3 que la matière organique formée dans la feuille (des glucides) est transférée aux parties souterraines via les tiges. Nos connaissances nous

Comprendre le corrigé

Le mot photosynthèse, issu de vos connaissances, répond au fonctionnement des parties aériennes (qui vous est demandé), mais aussi à la nécessité que la feuille soit aérienne pour le CO_2 atmosphérique et la lumière.

apprennent que ces glucides sont transportés par la sève élaborée.

Le document 2B montre que ce remplissage est lié à un accroissement de la taille des cellules et, surtout, à la formation de nombreux grains d'amidon (peut-être de l'ordre d'une à deux dizaines, en moyenne, par cellule sur le secteur photographié).

Méthode
Vous pouvez relier le document 3 et les documents 1 et 2B.

III – La formation des réserves progresse avec l'activité photosynthétique

Le document 2B montre un accroissement considérable de matière sèche (x20 entre le 15 juin et le 15 août). Or, sèche signifie essentiellement « matière organique », et plus particulièrement « amidon », selon le document 2B. On peut noter que la production en matière fraîche (avec l'eau majoritaire dans le tubercule) est encore plus considérable.

Cette formation est progressive et s'étale sur les mois d'été avec des organes aériens (feuilles et tiges) qui ont achevé leur croissance (document de référence) et qui peuvent capter l'énergie lumineuse et le CO_2 efficacement. Le fonctionnement photosynthétique de la feuille peut être efficace (si l'eau reste suffisamment disponible). Il peut alors être orienté vers le stockage de réserves après avoir été orienté vers la croissance des parties aériennes au printemps.

Comprendre le corrigé
Le calendrier d'été (juin à août) peut être relié à un fonctionnement photosynthétique actif (chaleur et lumière), et ainsi être pleinement pertinent avec la problématique de la « dépendance du fonctionnement des parties aériennes », qui ne sont pas explicitement mentionnées.

Conclusion

Le stockage sous forme de grains d'amidon dans les tubercules (document 2B) est très important et progressif (document 2) dans les mois d'été, où la photosynthèse peut être efficace avec des parties aériennes bien développées.

L'altération très forte des feuilles, lorsqu'elles sont consommées par les doryphores, s'accompagne d'une baisse très forte de la formation des réserves (document 1). La feuille est en effet le siège de formation de glucides à partir du CO_2, glucides qui sont conduits jusqu'aux tubercules par les tiges (document 3). On comprend alors comment la formation des réserves d'amidon dans le tubercule dépend du fonctionnement des parties aériennes : feuilles, mais aussi tige.

Astuce du prof
Si vous citez les documents, vous montrerez que vous avez bien construit une démonstration.

Reproduction de la plante entre vie fixée et mobilité

Faire le point

L'essentiel

1 La reproduction asexuée repose sur la totipotence des cellules végétales

- De nombreuses cellules végétales, comme celles des **méristèmes**, sont **totipotentes** : elles peuvent se différencier en n'importe quelle cellule spécialisée.
- Cette totipotence et la capacité de **croissance indéfinie des plantes** permettent de reconstituer un organisme au complet à partir de presque n'importe quelle partie du végétal (**bouturage** de tiges, racines ou feuilles). Il y a alors **reproduction asexuée par clonage** d'un petit massif cellulaire initial.

2 La reproduction sexuée est assurée par la fleur

- La fleur possède des gamètes femelles, au sein du pistil, et des gamètes mâles, dans les grains de pollen contenus dans les étamines.
- Chez certaines espèces, la fécondation entre gamètes d'une même fleur est possible, voire obligatoire.
- Dans les autres cas, elle est rendue impossible par divers mécanismes d'incompatibilité. **La fécondation croisée** implique une mobilité des grains de pollen d'une plante à une autre et permet un brassage des gènes entre individus différents.
- Le plus souvent, la pollinisation repose sur un mutualisme par récompense entre plante et pollinisateur (insecte, chauve-souris…) en relation avec la structure florale : on parle alors de **coévolution** animal-plante. Parfois, c'est le vent qui transporte le pollen.

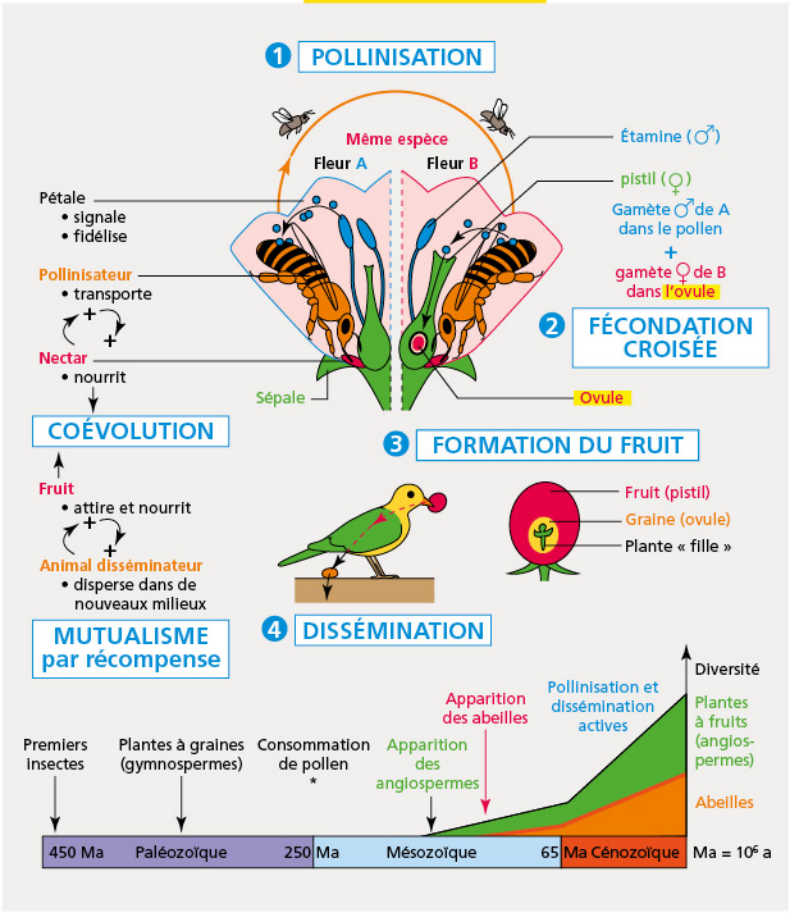
3 La formation et la dispersion des graines et des fruits

- À l'issue de la fécondation, la fleur qui porte des **ovules** se transforme en un fruit qui renferme des **graines**. La graine contient l'embryon d'une future plante qu'elle protège (enveloppe résistante) et nourrit lors de la germination en utilisant des molécules de **réserve** préalablement accumulées.
- La dispersion des graines et des fruits peut être assurée par simple expulsion par le vent, l'eau, ou reposer sur un **mutualisme par récompense entre animal disperseur et plante**, espèces qui peuvent **coévoluer**.

LEXIQUE

- **mécanismes d'incompatibilité** : mécanismes chimiques ou génétiques qui empêchent l'autofécondation et ainsi encouragent la pollinisation croisée.
- **mutualisme** : interaction (non obligatoire) entre espèces à bénéfices réciproques.
- **pistil** : organe femelle des plantes à fleurs renfermant le gamète femelle.
- **pollen** : élément mobile produit dans les étamines qui contient les gamètes mâles et permet leur déplacement.

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir associer :**

- la reproduction sexuée avec l'identification des gamètes et de la fécondation (le pollen se déposant sur le pistil de la fleur) et la reproduction asexuée avec l'identification des mitoses et du clonage (bouturage). ☐
- les différentes adaptations de la fleur et les différents modes de transport du pollen (soit par un animal pollinisateur lui-même adapté et attiré, soit par le vent). ☐
- les différentes adaptations des graines et fruits et les différents modes de dissémination des graines et des fruits contenant les graines. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 237

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Le pollen :

- ☐ **a.** correspond au gamète femelle.
- ☐ **b.** est produit par les étamines.
- ☐ **c.** représente l'embryon de la future graine.
- ☐ **d.** est toujours transporté par les insectes.

2. Le fruit :

- ☐ **a.** contient une quantité variable d'ovules.
- ☐ **b.** contient une quantité variable de graines.
- ☐ **c.** se forme seulement à partir de l'ovule.
- ☐ **d.** se forme avant la pollinisation.

3. La collaboration animal-plante :

- ☐ **a.** s'exerce exclusivement lors de la pollinisation.
- ☐ **b.** s'exerce lors de la pollinisation et de la fécondation.
- ☐ **c.** s'exerce lors de la pollinisation et de la dispersion des graines.
- ☐ **d.** s'exerce lors de la pollinisation et de la dispersion des gamètes.

4. Parmi ces techniques, lesquelles correspondent à une reproduction asexuée ?

- ☐ **a.** Le bouturage.
- ☐ **b.** Le semis.
- ☐ **c.** La plantation de tubercules.
- ☐ **d.** La culture *in vitro* d'un bourgeon.

Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

Pollinisation	• Transformations entre espèces à la suite de leurs influences réciproques.
Dissémination	• Capacité que possède une cellule de se différencier en tous les types cellulaires.
Totipotence	• Dispersion des graines qui permet entre autres aux plantes de coloniser de nouveaux milieux.
Coévolution	• Interaction (non obligatoire) entre espèces à bénéfices réciproques.
Mutualisme	• Transport des organes mâles (pollen) vers les organes femelles (pistil), qui va permettre la fécondation.

Expliquer par un schéma

Légender les schémas.

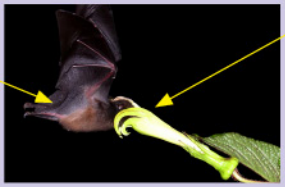
Complétez les légendes qui plaident en faveur d'une « coévolution » à bénéfices réciproques entre deux espèces vivant en Amérique du Sud.
Vous vous appuierez sur les documents et vos connaissances.

Bénéfices réciproques ? → ?

Document 1
Une fleur de *Centropogon nigricans* visitée par la chauve-souris *Anoura fistulata*

Bénéfices réciproques ? → ?

Chauve-souris *Anoura fistulata* dont la langue mesure 8 cm
→ ? … 1



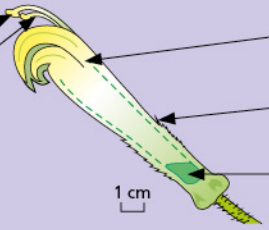
Fleur de *Centropogon nigricans*
→ ? … 2

Document 2

Pistil et étamines sortent de la corolle

Organisation de la fleur de *Centropogon nigricans*

Les pétales forment la corolle de la fleur



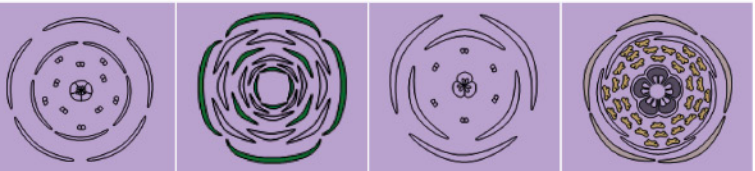
D'après Muchhala, *Nature*

Vers le sujet de BAC

› Indiquez si les affirmations sont vraies ou fausses.

Photographie d'une fleur de lis jaune

- ☐ **a.** Le diagramme floral de la fleur de lis correspond au n° 3.
- ☐ **b.** Les étamines contiennent les gamètes mâles de la fleur.
- ☐ **c.** Le diagramme n° 2 correspond à une fleur stérile.
- ☐ **d.** La fleur n° 3 va donner 6 graines.
- ☐ **e.** La fleur de lis présente les caractères adaptés à une dissémination par le vent.



1 2 3 4

Sujet guidé

SUJET 8

D'après France métropolitaine, juin 2015

8 pts — 1 h 50

Pratique du raisonnement scientifique

La plante de l'espèce *Gorteria diffusa* possède des inflorescences présentant une grande variété d'ornementation selon les individus.

On étudie deux variétés, la forme « okiep » et la forme « spring ».

Chez cette espèce, la reproduction se fait par pollinisation croisée (le pollen d'une inflorescence doit se déposer sur une autre inflorescence).

› Expliquez comment la variété « spring » a une plus grande efficacité de reproduction que la variété « okiep ».

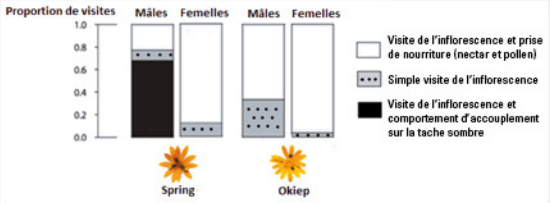
Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix.

DOC. 1 Les inflorescences des deux variétés de *Gorteria diffusa*

Variété « spring » Variété « okiep »

DOC. 2 Visite des fleurs par les insectes de l'espèce *Megapalpus capensis*

2A Types de visites des inflorescences par les mâles ou femelles de l'insecte *Megapalpus capensis*

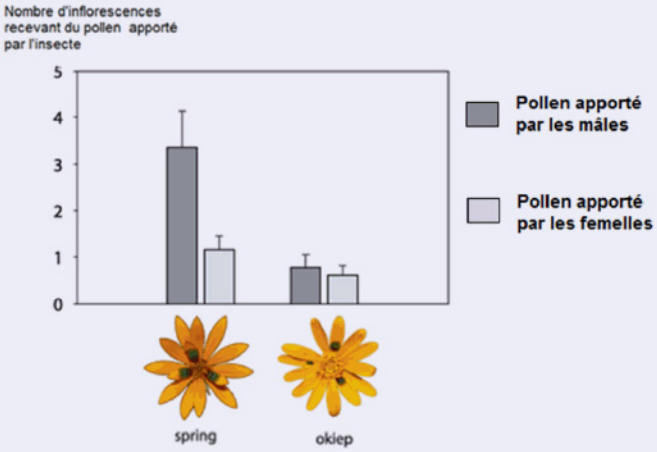


D'après Allan G. ELLIS et Steven D. JOHNSON, 2010.

2B Insecte mâle de l'espèce *Megapalpus capensis* visitant une fleur de la variété « spring »

D'après Allan G. ELLIS et Steven D. JOHNSON, 2010.

DOC. 3 Nombre d'inflorescences recevant du pollen exporté d'une autre inflorescence par les mâles ou femelles de *Megapalpus capensis*



D'après Allan G. ELLIS et Steven D. JOHNSON, 2010.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- La fleur possède des gamètes femelles, au sein du pistil, et des gamètes mâles, dans les grains de pollen. Chez certaines espèces, la fécondation des gamètes femelles par les gamètes mâles de la même fleur est possible, voire obligatoire. Dans les autres cas, elle est rendue impossible. La fécondation croisée implique une mobilité des grains de pollen d'une plante à une autre. Le plus souvent, la pollinisation croisée repose sur une collaboration entre plante et pollinisateur.

Méthode
Pour expliquer, il vous faut faire le lien entre les mots de l'énoncé (pollinisation et efficacité reproductive) et ajouter dans l'introduction : « vecteurs des gamètes mâles ».

Bien comprendre la question

- N'oubliez pas la notion de « pollinisation croisée » qui n'apparaît pas dans les documents, mais vous est rappelée opportunément dans la présentation générale précédant la question.
- La **pollinisation** repose sur une collaboration animal pollinisateur/plante, produit d'une **coévolution**.

Méthode
Notez directement sur les graphes des documents 2A et 3 les comparaisons des valeurs chiffrées. Par exemple, × 3 ou × 1/2 (on dit aussi 50 %).

Exploiter les documents

- Ils sont variés : schémas, photographies et graphiques. Explorez-les en pensant à rechercher les caractéristiques de l'efficacité reproductive évoquée.
- Pensez à analyser suffisamment chaque document. Par exemple, le document 2B paraît très simple, mais il renferme une information capitale pour l'explication finale.
- Demandez-vous quel document vous allez utiliser en premier. Ce n'est pas forcément le document 1.

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

La démarche choisie consiste, en partant de l'efficacité reproductive, à remonter aux mécanismes qui en sont à l'origine. Ainsi, on constate l'efficacité reproductive due aux mâles (doc. 3), puis on analyse le comportement de ces mâles (doc. 2A), et enfin on identifie ce qui produit ce comportement (doc. 1 et surtout doc. 2B).

I – La mesure de l'efficacité reproductive

II – Comportement de visite de l'insecte

III – L'interprétation de l'efficacité reproductive de la variété « spring »

CORRIGÉ 8

Comprendre le corrigé

Introduction

La fécondation croisée implique une mobilité des grains de pollen d'une plante à une autre. C'est la pollinisation qui repose sur une collaboration entre plante et pollinisateur, en relation avec la structure florale. Or la plante de l'espèce *Gorteria diffusa* possède des inflorescences présentant une grande variété d'ornementation selon les individus. On a constaté que la variété « spring » a une plus grande efficacité de reproduction que la variété « okiep ». C'est ce que nous allons expliquer, en nous limitant à l'exploitation des documents fournis.

I – La mesure de l'efficacité reproductive

Le document 3 montre que la variété « spring » reçoit globalement environ trois fois plus de pollen, apporté par des insectes de l'espèce *Megapalpus capensis* et venant d'une autre inflorescence, que la variété « okiep », mais cette différence vient surtout des insectes mâles. Chez « okiep », les deux sexes de *Megapalpus capensis* apportent du pollen en quantités sensiblement équivalentes, alors que chez « spring », le mâle *Megapalpus capensis* apporte environ quatre fois plus de pollen venant d'une autre inflorescence. Comme la plante de l'espèce *Gorteria diffusa* se reproduit par pollinisation croisée, on peut constater que la variété « spring » semble plus efficace pour attirer l'insecte *Megapalpus capensis*, en particulier les mâles.

Comprendre le corrigé

Ne vous contentez pas d'une simple comparaison chiffrée. Notez bien l'intérêt biologique avec un pollen qui vient d'une autre inflorescence, assurant une pollinisation croisée.

II – Comportement de visite de l'insecte

Le document 2A montre que les femelles visitent les deux variétés de manière assez voisine. Elles font essentiellement des visites avec prise de nourriture. Les mâles ont un comportement très différent selon la variété. Chez « okiep », ils se comportent de manière assez voisine des femelles, avec simplement une plus forte proportion de simples visites. Chez « spring », apparaît de manière massive un nouveau comportement, le comportement d'accouplement avec une tache sombre. En effet, plus de 60 % des visites incluent comportement. Ce comportement d'accouplement propre aux mâles chez la variété « spring » peut être mis

Attention

N'oubliez surtout pas de relier vos conclusions de ces deux premières parties et d'annoncer le dernier maillon manquant qui expliquerait cette participation prépondérante des mâles.

en parallèle avec le nombre élevé d'inflorescences recevant du pollen apporté par les mâles chez la variété « spring ». Il reste à trouver ce qui relie ces deux phénomènes.

III – L'interprétation de l'efficacité reproductive de la variété « spring »

Le document 1 montre que les deux variétés possèdent des taches à la base des pétales. Les taches de la variété « spring » semblent plus nombreuses et plus étendues.

Le document 2B nous présente une photo de la base des pétales chez la variété « spring ». À droite, on y voit un insecte posé sur une tache sombre. Sur la gauche de la photo, on a l'impression de voir un autre insecte, en plus flou, mais on nous dit que c'est une tache sombre. On en déduit que les taches ressemblent à un insecte, probablement femelle, de l'espèce *Megapalpus capensis*, ce qui incite les mâles de cette espèce à tenter de s'accoupler avec la tache. Ce comportement d'accouplement permettrait aux mâles de se charger de plus de pollen et de réaliser plus de pollinisations croisées.

Méthode

Pensez à utiliser le conditionnel « permettrait » quand vous proposez une hypothèse à partir d'un nombre réduit de données.

Conclusion

La variété « spring » est plus efficace pour se reproduire, car elle bénéficie d'une pollinisation croisée réalisée par les mâles de l'insecte *Megapalpus capensis*. La variété « spring » est capable de générer un comportement d'accouplement lors de la visite de ces mâles, ce qui n'est pas le cas de la variété « okiep ». Le comportement d'accouplement est induit par les taches sombres de la base des pétales de la variété « spring », qui miment l'apparence d'insectes femelles, ce qui permettrait aux mâles visitant les fleurs « spring » de se charger de plus de pollen et, surtout, de réaliser plus de pollinisations croisées, étant attirés par la perspective d'un nouvel accouplement.

Il serait intéressant de voir si la variété « spring » a ainsi développé un avantage sélectif par rapport à la variété « okiep » et, peut-être, généré une coévolution « spring/*Megapalpus* ».

Comprendre le corrigé

Si vous en avez le temps, élargissez la problématique et/ou proposez (avec prudence) cette notion clé de votre programme : la coévolution – que votre professeur n'a pas manqué de vous présenter.

La domestication des plantes

Faire le point

L'essentiel

1 La domestication, un enjeu majeur pour nourrir l'humanité

- Au cours des siècles, la sélection (empirique ou programmée) exercée par l'être humain sur les **plantes cultivées** a retenu des caractéristiques (taille, rendement, nombre des graines, précocité, couleur…) différentes de celles qui étaient favorables à leurs **ancêtres sauvages**.
- Cette **sélection des génomes et des phénotypes** s'est opérée au cours de l'établissement d'une **relation mutualiste** à avantages partagés entre plantes et êtres humains.
- Aujourd'hui, de nombreuses techniques favorisent la création de plus en plus rapide de nouvelles variétés végétales :

– par **hybridation** ;
– par **transgénèse** et édition génomique (insertion ciblée de gènes d'interêt).

2 Une diversité qui peut s'accompagner de fragilités

- Une espèce cultivée présente souvent de **nombreuses variétés** qui résultent des mutations dans certains gènes particuliers. C'est une forme de biodiversité.
- Cependant, certaines **fragilités** apparaissent. Ainsi, l'étude des génomes montre aussi un **appauvrissement global de la diversité allélique** lors de la domestication. La plante perd certaines capacités pour se reproduire ou se protéger de façon autonome.
- De plus, l'extension de sa culture favorise le développement des **maladies infectieuses végétales** à grande échelle.
- Ces fragilités peuvent être compensées :

– par des **pratiques culturales durables** réintroduisant une biodiversité dans et entre les parcelles, et réduisant l'usage des intrants ou limitant les ravageurs par **lutte biologique** ;
– par l'exploitation des ressources génétiques des **variétés anciennes ou sauvages**.

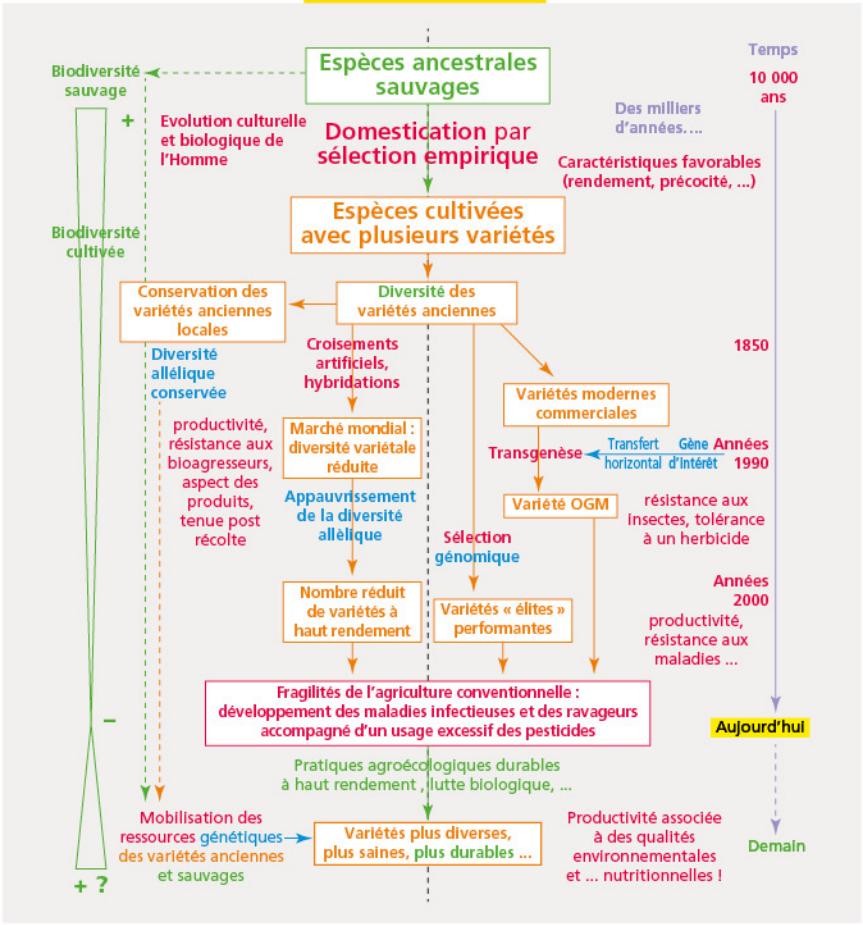
3 La domestication a façonné l'histoire des populations humaines

- La domestication des plantes et du régime alimentaire, menée dans différentes régions du monde, est une **évolution culturelle** qui a entraîné une **évolution génétique et biologique des populations humaines**.

LEXIQUE

- **coévolution :** transformations, au cours de l'évolution, entre espèces à la suite de leurs influences réciproques.
- **hybridation :** croisement entre deux individus d'espèces, sous-espèces ou variétés différentes.
- **sélection artificielle :** procédé qui consiste à croiser volontairement les organismes qui disposent de caractères (couleur, goût, productivité…) que l'on désire perpétuer.

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- les caractères sélectionnés chez les espèces cultivées des caractères ancestraux de leur ancêtre sauvage. ☐
- les techniques d'hybridation par croisement et les techniques de transgénèse (transmission verticale ou horizontale de gènes et de caractères). ☐
- les avantages et les fragilités qui accompagnent la création d'espèces cultivées, en particulier pour la diversité génétique et l'impact sur l'environnement. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 238

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. La domestication des plantes sauvages :

- ☐ **a.** sélectionne uniquement des variétés qui produisent plus.
- ☐ **b.** n'a pas de fondement génétique.
- ☐ **c.** est intervenue sur la sélection naturelle des plantes.
- ☐ **d.** est une préoccupation récente.

2. La sélection des variétés cultivées :

- ☐ **a.** tend à réduire la diversité génétique des espèces cultivées.
- ☐ **b.** peut faire appel à des cycles répétés de croisement suivi de sélection.
- ☐ **c.** permet d'obtenir des plantes adaptées à des conditions locales.
- ☐ **d.** s'efforce d'obtenir des plantes possédant des caractéristiques gustatives qui s'améliorent.

3. La technique d'hybridation :

- ☐ **a.** permet d'obtenir des variétés nouvelles qui cumulent les caractéristiques des 2 parents.
- ☐ **b.** consiste à croiser toujours 2 individus d'espèces différentes.
- ☐ **c.** consiste à croiser 2 individus afin d'obtenir des homozygotes.
- ☐ **d.** est la seule technique permettant de modifier le patrimoine génétique d'une plante.

4. Les plantes OGM sont le résultat de :

- ☐ **a.** mutations d'espèces cultivées.
- ☐ **b.** hybridations d'espèces cultivées.
- ☐ **c.** sélections variétales.
- ☐ **d.** transfert de gènes (transgénèse).

Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

Coévolution •	• Incorporation d'un ou plusieurs gènes d'intérêt dans le génome d'un organisme vivant.
Mutualisme •	• Interaction (non obligatoire) entre espèces à bénéfices réciproques.
Hybridation •	• Transformations entre espèces à la suite de leurs influences réciproques.
Transgénèse •	• Croisement entre deux individus d'espèces, sous-espèces ou variétés différentes.

Expliquer par une image

Légender les images.

Depuis les domestications des roses autour de la Méditerranée et en Chine, il y a 5 000 ans, l'homme a créé plus de 16 000 variétés de roses qui diffèrent entre elles et de leurs ancêtres sauvages, notamment par le nombre de leurs pétales.

› À partir du document 1B et de votre observation, légendez l'organisation florale des trois fleurs et identifiez les deux variétés du document 1A.

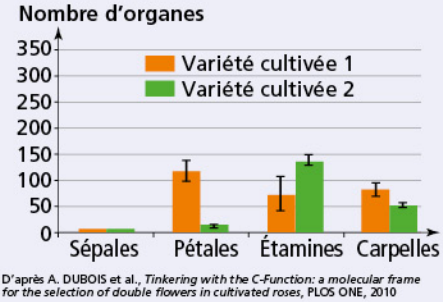
DOC. 1A Aspect des fleurs

Variété cultivée n° … ?	Rosa gallica est l'une des espèces sauvages ressemblant aux ancêtres des roses cultivées	Variété cultivée n° … ?

D'après A. DUBOIS *et al.*, « Tinkering with the C-Function: a Molecular Frame for the Selection of Double Flowers in Cultivated Roses », *PLOS ONE*, 2010.

DOC. 1B Nombre d'organes floraux

Les histogrammes représentent les moyennes obtenues à partir de cinq fleurs. Les barres noires représentent les intervalles de confiance.



D'après A. DUBOIS et al., *Tinkering with the C-Function: a molecular frame for the selection of double flowers in cultivated roses*, PLOS ONE, 2010

D'après A. DUBOIS *et al.*, *PLOS ONE*, 2010.

Vers le sujet de BAC

Un horticulteur souhaite maîtriser l'obtention de plantes ornementales à fleurs roses et à feuillage vert foncé. Pour cela, il réalise une série de croisements et utilise des techniques classiques de bouturage.

Il croise alors une plante A à fleurs blanches et à feuilles vert pâle et une plante B à fleurs rouges et feuilles vert foncé. Ces plantes sont homozygotes pour ces deux caractères.

En F1, il obtient uniquement des plantes à fleurs roses et à feuilles vert foncé. Il réalise une autofécondation d'une plante F1 et observe la génération F2 :

– Plantes à fleurs blanches : 22,

– Plantes à fleurs rouges : 36,

– Plantes à fleurs roses : 68.

En F2, 9 plantes à fleurs rouges ont un feuillage vert pâle et 27 un feuillage vert foncé.

Au cours de ses travaux, l'horticulteur réalise des boutures d'une plante à fleurs roses et à feuillage vert foncé, c'est-à-dire qu'il enfonce dans le sol des portions de tige de cette plante qui s'enracinent et régénèrent une plante entière fleurie. Il réalise une autofécondation. Il récupère les graines et les sème.

› Les quatre affirmations ci-dessous sont-elles vraies ou fausses ?

- ☐ **a.** Les plantes à fleurs roses sont obligatoirement hétérozygotes pour la couleur des fleurs ; donc cet état de caractère ne peut être fixé de génération en génération que par l'autofécondation.
- ☐ **b.** Les gènes couleur du feuillage et couleur des fleurs sont liés, ce qui explique le faible nombre de plantes à fleurs rouges et feuilles vert pâle.
- ☐ **c.** Les boutures ont le même phénotype que la plante dont elles sont issues (fleurs roses ; feuillage vert foncé) et le même génotype.
- ☐ **d.** Les graines obtenues à partir des plantes issues du bouturage ne donneront que des plantes à fleurs roses et feuillage vert foncé.

Sujet guidé

SUJET 9 D'après Asie, 2015

8 pts 1 h 50

Pratique du raisonnement scientifique

À partir de l'étude des documents, cochez la bonne réponse dans chaque série de propositions du QCM afin de mettre en évidence les étapes de l'obtention de *Raphanobrassica* et d'expliquer pourquoi elle n'est pas cultivée aujourd'hui.

Remettre la feuille-réponse annexe avec la copie.

DOC. 1 Obtention d'un hybride

En 1928, Karpechenko, botaniste russe, a pu produire pour la première fois une nouvelle espèce végétale polyploïde expérimentale. Il a réalisé des croisements entre le chou commun *Brassica oleracea* et le radis Raphanus sativus. Son objectif était d'obtenir une espèce présentant des racines de radis et des feuilles de chou.

Brassica et *Raphanus* ont le même nombre diploïde de chromosomes (2n = 18) et sont phylogénétiquement proches. La fusion des gamètes (9 chromosomes de chou et 9 chromosomes de radis) conduit à un nouvel organisme hybride diploïde stérile, car les chromosomes des deux lots ne sont pas homologues.

D'après G. D. KARPECHENKO, Polyploid Hybrids *of Raphanus sativus Lx Brassica oleracea L.*

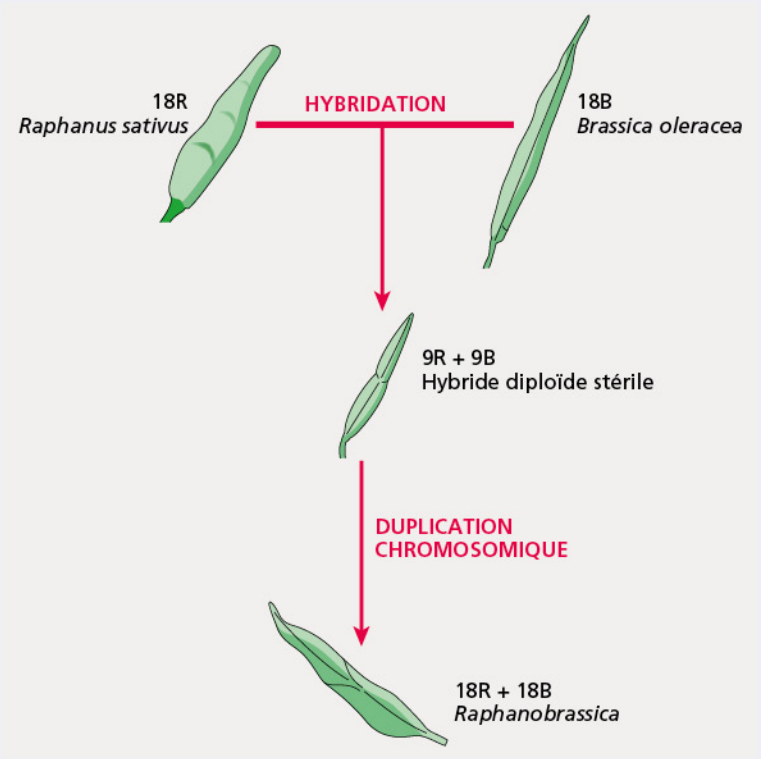
DOC. 2 Un exemple de polyploïdie

Cet hybride a subi un doublement de son stock chromosomique : une duplication chromosomique donne un caryotype tétraploïde (4n = 36) permettant à chaque chromosome d'avoir un homologue. L'individu produit est devenu fertile. *Raphanobrassica* résulte de l'assemblage de deux génomes distincts et d'une duplication chromosomique (2n = 18 à 4n = 36).

R : chromosomes de *Raphanus sativus*.

B : chromosomes de *Brassica oleracea*.

Malheureusement, *Raphanobrassica* présente des racines de chou et des feuilles de radis.



D'après Jules JANICK, *Classic Papers in Horticultural Science*, The Blackburn Press, 1989.

1 *Raphanobrassica* est :

- ☐ **a.** une nouvelle plante stérile.
- ☐ **b.** une nouvelle plante fertile.
- ☐ **c.** une variété de chou.
- ☐ **d.** une variété de radis.

2 Les processus génétiques qui ont conduit à l'obtention de *Raphanobrassica* sont :

- ☐ **e.** une duplication chromosomique chez le radis et le chou, suivie d'une hybridation.
- ☐ **f.** deux duplications successives chez deux espèces possédant 9 chromosomes chacune, suivies d'une hybridation.
- ☐ **g.** deux hybridations successives entre deux espèces diploïdes à 36 chromosomes.
- ☐ **h.** une hybridation entre deux espèces suivie d'une duplication chromosomique.

3 L'hybridation entre le radis et le chou a été possible, car :

- ☐ **i.** ces deux espèces sont génétiquement identiques.
- ☐ **j.** les 9 chromosomes du radis sont homologues aux 9 chromosomes du chou.
- ☐ **k.** ce sont deux espèces qui sont proches phylogénétiquement.
- ☐ **l.** chacune des espèces diploïdes possède 9 chromosomes.

4 *Raphanobrassica* n'est pas cultivée aujourd'hui car :

- ☐ **m.** c'est une espèce transgénique.
- ☐ **n.** elle possède des racines de radis.
- ☐ **o.** elle possède des feuilles de chou.
- ☐ **p.** elle possède un phénotype différent de celui recherché.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- La reproduction sexuée assure la stabilité des caryotypes.
- La sélection (empirique ou programmée) exercée par l'être humain sur les plantes cultivées a retenu des caractéristiques (taille, rendement, précocité…) différentes de celles qui étaient favorables à leurs ancêtres sauvages.
- Cette sélection des génomes et des phénotypes est réalisée par de nombreuses techniques (hybridation ou transgenèse) qui favorisent la création de plus en plus rapide de nouvelles variétés végétales.

Bien comprendre les questions

- Dans un premier temps, ne bloquez pas sur le mot « polyploïde », avec les changements du nombre de chromosomes, s'il est peu explicite pour vous. En effet, certaines affirmations vont concerner la polyploïdie et le nombre de chromosomes, ce qui va peut-être vous surprendre. Mais après avoir regardé le schéma, et sachant qu'une seule réponse est possible, soyez rassuré : vos choix seront facilités. Vous verrez qu'on vous demande une bonne lecture du document et non une compréhension de la notion de polyploïdie.

Méthode
Ne vous perdez pas dans l'analyse fine des documents avant d'avoir lu la question générale et les affirmations vraies ou fausses.

Questions les plus difficiles

- Ce sont en apparence les questions 2 et 3, traitant de duplication et du nombre de chromosomes. Dans la pratique, ce sera plus facile… si vous savez compter jusqu'à 18 et que vous connaissez la signification de « chromosomes homologues » !

Exploiter les documents

- Le schéma est très utile pour ne pas se mélanger dans les étapes (il y en a… deux !) et pour connaître le nombre de chromosomes des différentes espèces avant et après hybridation.

Méthode

Surligneur en main, vous pouvez sélectionner les informations pertinentes des documents, c'est-à-dire repérer les mots-clés des questions dans les documents, et laisser de côté les données à ne pas exploiter.

CORRIGÉ 9

Comprendre le corrigé

Question 1

a. Faux. Voir b.

b. Vrai. Le document 2 vous dit « l'individu produit est devenu fertile ».

c. Faux. Ce n'est pas une variété d'une espèce existante, mais une nouvelle espèce avec un caryotype différent.

d. Faux. Voir c.

Question 2

e. Faux. Voir h.

f. Faux. Voir h.

g. Faux. Voir h.

h. Vrai. D'après le schéma.

Question 3

i. Faux. Les 18 chromosomes d'une espèce ne sont pas homologues à ceux de l'autre espèce, avec pour conséquence que l'organisme hybride diploïde (à 18 chromosomes) obtenu est stérile (doc. 2).

j. Faux. D'après le document 2.

k. Vrai. D'après le document 1.

l. Faux. « Diploïde » signifie des paires de chromosomes homologues (2n = 18). De plus, 9 est un chiffre impair !

Gagnez des points !

Ici, pour un QCM, on ne vous demande pas de justifications. Cependant, dans une réponse rédigée, il vous faudrait définir la notion de « variété ».

Attention

Les remarques ajoutées pour justifier chaque affirmation sont données pour vous aider à progresser. Elles ne sont pas demandées pour l'épreuve du baccalauréat.

Comprendre le corrigé

Là aussi, dans une réponse rédigée, il vous faudrait définir « duplication » et « hybridation ».

Question 4

m. **Faux**. C'est une hybridation, pas une transgenèse.

n. **Faux**. Racines de chou (malheureusement) d'après le document 2.

o. **Faux**. Feuilles de radis (malheureusement) d'après le document 2.

p. **Vrai**. Le document 2 indique « Malheureusement, *Raphanobrassica* présente des racines de chou et des feuilles de radis ».

Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées

Faire le point

L'essentiel

1 Des variations climatiques cycliques depuis 800 000 ans

- Durant cette période, **une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires**, comme actuellement, est attestée par les données géologiques (moraines marquant l'extension des calottes glaciaires…) et paléoécologiques, telles que l'alternance de paléofaunes et paléoflores (pollens fossiles) froides et tempérées.
- Cela est confirmé par l'utilisation de **géothermomètres isotopiques, comme les rapports isotopiques $\delta^{18}O$ de l'oxygène** dans les carottes polaires.
- De telles reconstitutions du passé s'appuient sur le **principe d'actualisme**.

2 Causes de ces variations climatiques « récentes »

- Ces variations cycliques coïncident avec des **variations** :

– **des teneurs atmosphériques des GES (gaz à effet de serre : CO_2, CH_4, N_2O, H_2O)** ;

– **de l'insolation** que reçoivent les hautes latitudes de l'hémisphère nord, qui dépendent elles-mêmes des **variations périodiques des paramètres astronomiques de la Terre**.

- Cela s'accompagne de **boucles de rétroactions positives (amplification) de l'albédo** et de la **solubilité océanique du CO_2**, qui sont à l'origine des entrées et des sorties de glaciation.

3 Causes des variations climatiques plus anciennes

- On a mis en évidence, pendant le Crétacé (Mésozoïque), une **température 15 °C plus élevée qu'actuellement**, et au Permo-Carbonifère (Paléozoïque), une **importante glaciation** avec un CO_2 particulièrement bas.
- Deux causes principales peuvent être évoquées :

– d'une part, **la position relative des mers et continents qui change les courants atmosphériques et océaniques** ;

– d'autre part, **le CO_2 atmosphérique**, que font baisser la formation de **charbon, de pétrole et l'altération** des roches continentales.

LEXIQUE

- **principe d'actualisme** : ce principe postule que les lois régissant les phénomènes géologiques et biologiques actuels étaient également valables dans le passé. Il est validé par recoupement entre différents indices indépendants.
- **albédo** : c'est le pouvoir réfléchissant d'une surface, c'est-à-dire le rapport de l'énergie lumineuse réfléchie à l'énergie lumineuse reçue.
- **effet de serre** : réémission vers le sol des radiations infrarouges absorbées par certains gaz de l'atmosphère appelés GES.

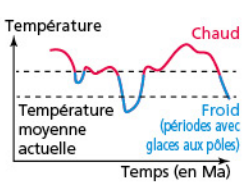
Schéma bilan

Évaluer les variations des climats de la Terre

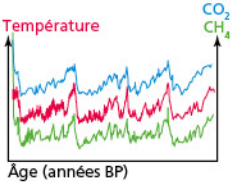
Observations actuelles	Archives anciennes
- mesures des températures - lien entre climat et végétation	- carottes glaciaires - diagrammes polliniques

→ Principe de **l'actualisme** : les lois régissant les phénomènes **actuels** étaient également valables dans le **passé**.

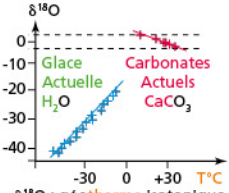
Les climats de la Terre = fortes variations de températures puis une alternance glaciaire - interglaciaire plus « récente »



Paléozoïque, Mésozoïque
Cénozoïque (depuis 545 Ma)



Quaternaire
(depuis 2,5 Ma)



$\delta^{18}O$: géotherme isotopique
Géothermomètre isotopique

Les causes des variations climatiques

CO_2 atmosphérique et effet de serre	Transfert de CO_2 dans l'océan	Albédo moyen
- Stockage dans la matière organique fossile - Altération des silicates - Rejets anthropiques	- Dissolution si eau froide - Dégazage si eau chaude	- Surface de glaces et de neige - Surface des océans

« Refroidit » ou « Réchauffe »

En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir repérer :**

- les indices géologiques de glaciations (moraines), ou d'alternance froid/tempéré (pollens…). ☐
- l'amplitude et la durée relatives des périodes glaciaires et interglaciaires. ☐
- les corrélations (parfois les causalités) entre les variations de température, de GES et d'insolation. ☐
- différents phénomènes modifiant le taux atmosphérique de CO_2 (gisement de roches carbonées, tectonique des plaques…). ☐
- qu'il ne faut jamais oublier de se référer au principe d'actualisme. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 239

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Le $\delta^{18}O$ des calottes glaciaires :

- ☐ **a.** peut être utilisé par application du principe de l'actualisme.
- ☐ **b.** augmente lors d'un réchauffement climatique.
- ☐ **c.** permet de reconstituer les variations de température au Quaternaire depuis 2,6 Ma.
- ☐ **d.** est un géothermomètre (courbe $\delta^{18}O$ = f[t °C]) réalisé sur des échantillons de glace actuelle.

2. Les variations de la teneur en CO_2 de l'atmosphère observées depuis 800 000 ans sont exceptionnelles :

- ☐ **a.** par le fort niveau atteint.
- ☐ **b.** par leur régularité avec des cycles de 110 000 ans.

3. Le $\delta^{18}O$ des carbonates :

- ☐ **a.** permet d'évaluer l'altération des roches continentales.
- ☐ **b.** est le même que le $\delta^{18}O$ des glaces polaires.
- ☐ **c.** diminue quand la température augmente.
- ☐ **d.** est déterminé par rapport à un échantillon de coquille de référence.

4. Les variations climatiques d'une époque donnée dépendent :

- ☐ **a.** de la tectonique des plaques.
- ☐ **b.** de la teneur en O_2 atmosphérique.
- ☐ **c.** de la circulation océanique.
- ☐ **d.** de l'intensité de formation de charbon et de pétrole.

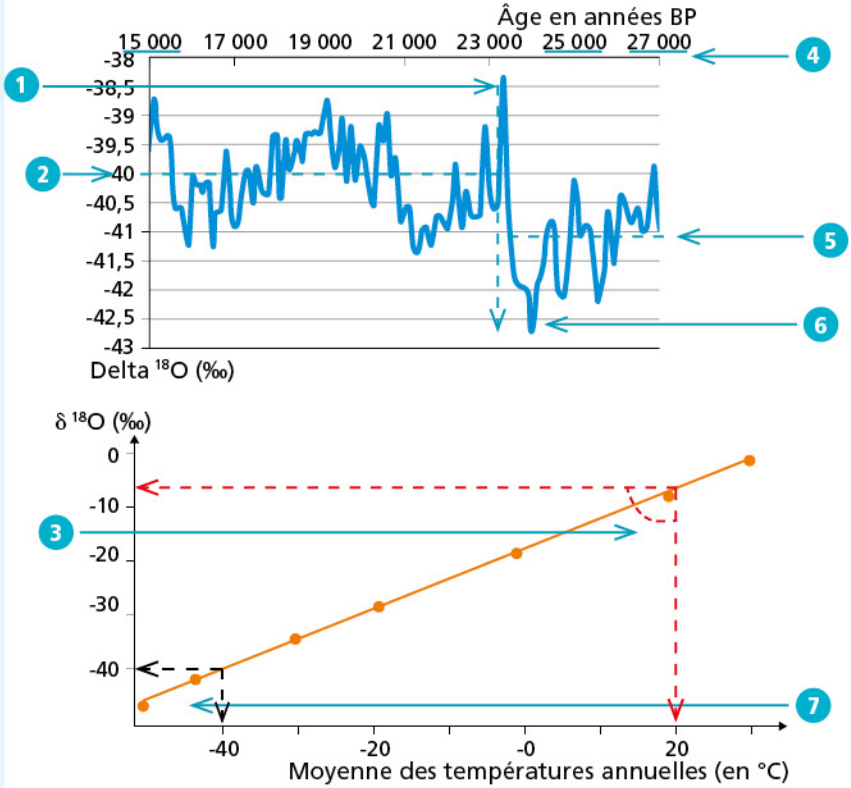
Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

Cycle du carbone •	• Action en retour du système climatique amplifiant une perturbation (albédo, CO_2 de l'océan).
Cycles de Milankovitch •	• Variations périodiques des paramètres astronomiques qui engendrent des variations cycliques de l'insolation aux hautes latitudes.
Boucles de rétroactions positives •	• Ensemble des échanges réciproques du carbone entre l'atmosphère, l'océan, les êtres vivants, le sol, les roches…

Expliquer par un schéma

Légender et ajouter un titre.

Montrez que le principe de l'actualisme permet au géothermomètre $\delta^{18}O$ de définir des paléotempératures. Complétez les légendes 1 à 7 et mettez un titre explicatif.

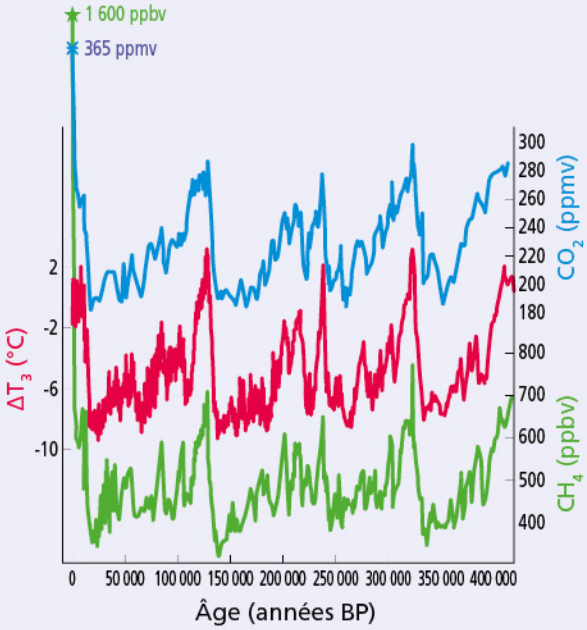


Évolution du Delta ^{18}O dans les glaces de la station GIPS (Groenland) et courbe de référence (glaces actuelles).

D'après P.M GROOTES et M. STUIVER, *Journal of Geophysical Research*, 1997.

Vers le sujet de BAC

DOC. Résultats de l'analyse du $\delta^{18}O$ de la glace et de la composition en CO_2 et CH_4 des bulles de gaz contenues dans les carottes de Vostok, depuis 400 000 ans.



Au Quaternaire, les variations de température **mesurées** dans les glaces anciennes de Vostok ont pour origine fondamentale des variations de l'insolation associées aux variations des paramètres astronomiques de la Terre.

Or les modèles **calculés** à partir des paramètres astronomiques montrent que ces variations de l'insolation devraient entraîner des variations de température planétaire moyenne limitées, comprises entre 0,5 et 1 °C, alors que depuis la dernière glaciation, la température planétaire moyenne mesurée a varié d'environ 5 °C.

› À partir des documents et de vos connaissances, proposez une hypothèse expliquant ces variations de températures mesurées beaucoup plus fortes que celles dépendant des seules variations de l'insolation.

Sujet guidé

SUJET 10 D'après Liban, juin 2016 — 8 pts — 1h50

Pratique du raisonnement scientifique

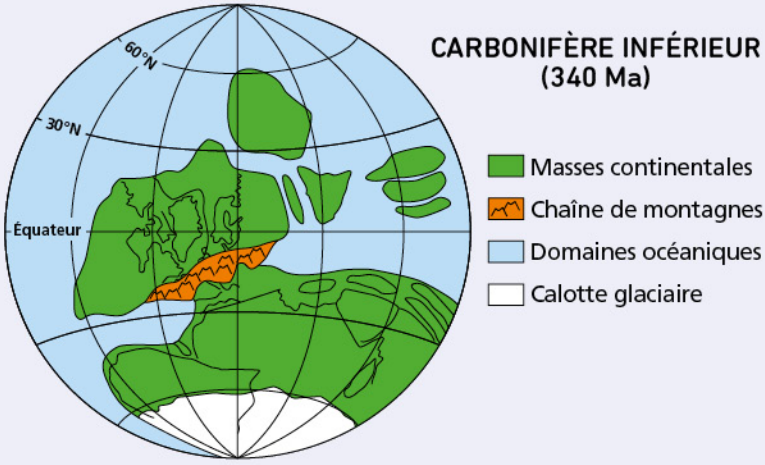
À l'échelle du Paléozoïque, des traces de conditions climatiques très éloignées de celles de l'époque actuelle ont été enregistrées dans les roches.

Expliquez les phénomènes qui ont pu contribuer à l'installation d'une glaciation au Permo-Carbonifère.

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

DOC. 1 Paléogéographie il y a 340 Ma

Au cours de la formation de la Pangée, des chaînes de montagnes résultent de plusieurs collisions continentales initiées il y a 400 Ma.



D'après MATTE, 2001.

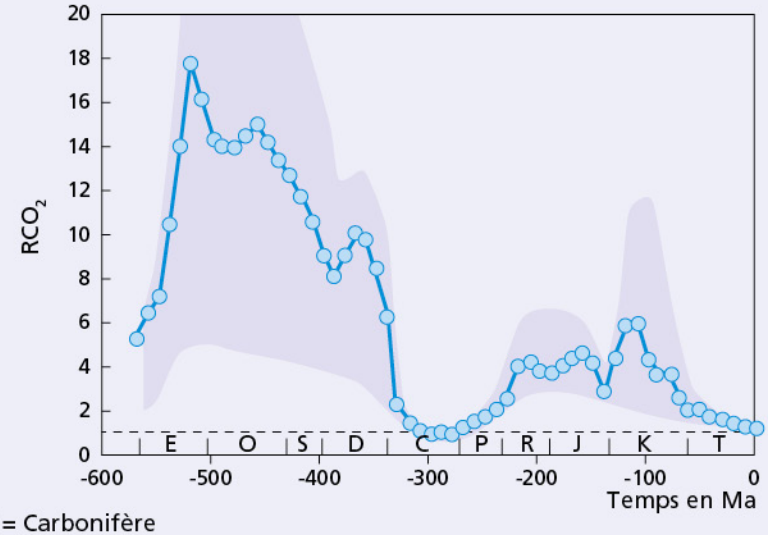
DOC. 2 Relation entre albédo et quelques types de surface

L'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface sur l'énergie solaire reçue. Sa valeur est comprise entre 0 et 1.

Quelques surfaces du globe	Valeur d'albédo
Océan	0,1
Forêts	0,12
Sable sec	0,3
Glace continentale	0,6
Neige	0,8

DOC. 3 Les variations de la teneur en CO_2 de l'atmosphère

À partir de l'analyse de données complexes sur les paléosols et les feuilles fossiles, Berner a établi un graphe traduisant les variations du CO_2 atmosphérique durant les 600 derniers millions d'années de l'histoire de la Terre. La bande grise représente les incertitudes sur les estimations de la teneur en CO_2 aux différentes périodes.



C = Carbonifère
P = Permien

$$RCO_2 = \frac{\text{Teneur en } CO_2 \text{ de l'atmosphère à un moment donné}}{\text{Teneur en } CO_2 \text{ de l'atmosphère actuelle}}$$

D'après BERNER, 1994 et 1997.

DOC. 4 L'altération des roches et la teneur en CO_2 de l'atmosphère au Carbonifère

4A L'arène granitique, témoin de l'altération des roches

Les roches granitiques de la croûte continentale s'altèrent, en particulier dans les chaînes de montagnes. Il en résulte une arène avec des minéraux non altérés (quartz), des minéraux altérés devenus friables (feldspaths, micas) et des minéraux argileux nouvellement formés.

Certains des éléments des minéraux altérés, les ions Na^+ et Ca^{2+} par exemple, sont dissous dans les eaux d'altération.

4B L'altération des silicates et le CO_2 atmosphérique

Réaction 1 :

$$CaAl_2Si_2O_8 + 3\,H_2O + 2\,CO_2 \longrightarrow 2HCO_3^- + Ca^{2+} + Al_2Si_2O_5(OH)_4$$

Réaction 2 :

$$2HCO_3^- + Ca^{2+} \longrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

En précipitant, le $CaCO_3$ forme du calcaire.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- On a mis en évidence une importante **glaciation** au Permo-Carbonifère (Paléozoïque). Différentes causes peuvent être évoquées :

– la **position relative des mers et continents** qui change les courants atmosphériques et océaniques ;

– le CO_2 atmosphérique, que font baisser la formation de **charbon**, de pétrole et l'**altération des roches** des chaînes de montagnes ;

– les boucles de rétroactions positives (**amplification**) de l'**albédo** et de la **solubilité océanique du CO_2** ; elles sont à l'origine des entrées et des sorties de glaciation.

Bien comprendre la question

- Vous devez traduire la formule « installation d'une glaciation » par les deux aspects « refroidissement climatique » et « développement d'une calotte glaciaire (continentale) ».

Méthode

Repérez dans chaque document (en surlignant de différentes couleurs) les facteurs pouvant favoriser ou amplifier un refroidissement climatique et le développement d'une calotte glaciaire (continentale).

Exploiter les documents

- **DOC. 1 :** repérez les paramètres évoqués par la légende, mais aussi la position et l'abondance relative des continents à des latitudes clés (équateur, hautes latitudes…).
- **DOC. 2 :** rappelez-vous le lien entre albédo et température et n'oubliez pas de relier les surfaces relatives des glaces continentales et celles des océans.
- **DOC. 3 et 4 :** rappelez-vous le lien entre CO_2 et température et demandez-vous si la position tropicale des chaînes de montagnes représentées sur le document 1 favorise l'altération.

Méthode

Utilisez vos connaissances clés : contrairement à la banquise, une calotte glaciaire recouvre un continent. Malgré le froid, pas de calotte au Nord.

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

L'exposé peut débuter par l'indice le plus évident (la calotte glaciaire), puis la relation classique avec l'intensité de l'effet de serre, avant d'évoquer les rétroactions amplificatrices.

Votre analyse conduit à définir trois parties.

I – La disposition des continents au Permo-Carbonifère favorise l'installation d'une glaciation

II – Le taux de CO_2 historiquement bas du Permo-Carbonifère modère l'effet de serre

A. La baisse du taux de CO_2 est considérable au Permo-Carbonifère

B. L'altération prélève du CO_2 dans l'atmosphère

III – L'augmentation de l'albédo au Permo-Carbonifère amplifie le refroidissement

Au brouillon

Votre feuille de brouillon est au format « paysage ». Partagez-la en trois colonnes pour noter les trois types de données documentaires pouvant agir sur une baisse de température globale, donc sur l'installation d'une glaciation aux hautes latitudes : la position des continents, l'albédo des différents éléments présents à la surface du globe et le taux de CO_2. Avec des flèches, vous pouvez alors relier les données des documents 2, 3, 4 à celles du document 1.

CORRIGÉ 10

Comprendre le corrigé

Introduction

Une glaciation correspond au développement d'une calotte glaciaire. Cela suppose un refroidissement durable. La disposition des continents, la valeur de l'albédo, ainsi que le taux de CO_2 (et son explication possible) ont-ils contribué à l'installation d'une glaciation au Permo-Carbonifère (noté P-C) ?

Astuce du prof

Cette abréviation P-C vous est suggérée par le document 3 ; mais définissez toujours une abréviation lors de sa première utilisation.

I – La disposition des continents au P-C favorise l'installation d'une glaciation

Sur le document 1, on observe au P-C une calotte glaciaire en périphérie du pôle Sud. Cela est rendu possible par la présence d'une imposante masse continentale au sud du globe.

On verra par ailleurs que la disposition de continents en zone équatoriale favorise une production végétale et une fixation du CO_2 maximale (doc. 3), et que la présence de chaînes de montagnes en position tropicale chaude et humide favorise une altération active et favorable à la glaciation (doc. 4).

Ne perdez jamais une occasion d'utiliser les termes de la question pour rédiger un titre pertinent : « favorise – plus précis que contribue à – l'installation d'une glaciation ».

On peut annoncer d'autres contributions dues à la disposition des continents sans en démontrer les mécanismes, qui seront développés dans les parties suivantes.

II – Le taux de CO_2 historiquement bas du P-C modère l'effet de serre

A. La baisse du taux de CO_2 est considérable au P-C

Le document 3 montre qu'à l'exception de l'époque actuelle, le P-C est une période où le taux de CO_2 atmosphérique, rapporté à la période actuelle, est le plus bas. Et ceci de façon très marquée, puisque ce taux est dix fois plus faible qu'à la période précédente, notée D (Dévonien).

Or on sait que le CO_2 est un gaz à effet de serre, qui absorbe et retient le rayonnement infrarouge issu de l'échauffement du sol, ce qui a pour effet d'augmenter la température terrestre globale.

Selon le principe de l'actualisme, la baisse considérable de CO_2 entre Dévonien et Carbonifère diminue considérablement l'effet de serre, donc contribue à la baisse de température et ainsi à la glaciation.

Il faut noter que le mot Carbonifère fait référence à l'abondance des dépôts de charbon à cette

Gagnez des points !

N'oubliez pas de citer des chiffres pertinents pour votre démonstration.

époque. Or on sait que le charbon est une préservation de la matière organique carbonée végétale, obtenue à partir du CO_2 par photosynthèse. Du CO_2 est donc puisé dans l'atmosphère et est stocké sous forme de charbon.

Ainsi, le taux de CO_2 diminue comme on l'a vu sur le graphe (doc. 3).

On a aussi vu sur le document 1 que la disposition des continents au P-C favorise la production végétale maximale des forêts en zone équatoriale.

Attention

Les gisements de charbon ne sont pas mentionnés dans les documents et il ne s'agit pas de réciter son cours. Mais l'importance du stockage de CO_2 dans la modération de l'effet de serre, et le mot même de Carbonifère, associé au taux extraordinairement bas de CO_2, vous incitent à évoquer le charbon.

B. L'altération prélève du CO_2 dans l'atmosphère

Le document 4 montre que les silicates des roches continentales de la croûte des chaînes de montagnes sont altérés par l'eau.

La réaction 1 prélève 2 CO_2 dans l'atmosphère par silicate, et la réaction 2 restitue 1 CO_2.

Le bilan de cette altération est donc l'appauvrissement de l'atmosphère de 1 CO_2 par silicate altéré.

Cette réaction nécessite de l'eau et, comme toute réaction chimique, est plus intense si la température (de l'eau) est plus élevée.

Or on a vu sur le document 1 la présence de chaînes de montagnes en position tropicale. Selon le principe de l'actualisme, ces conditions chaudes et humides favorisent une altération active, donc un prélèvement de CO_2 (voir graphe du document 3), et par conséquent une baisse de l'effet de serre et des températures. L'altération contribue ainsi indirectement à l'installation d'une glaciation.

Méthode

Repérez bien l'emploi des mots de liaison « donc », « or » pour réaliser une véritable démonstration qui utilise plusieurs étapes et documents.

III – L'augmentation de l'albédo au P-C amplifie le refroidissement

Lorsque la glaciation se met en place conformément aux observations du document 1, on observe l'augmentation de la surface en glace de la calotte glaciaire (à fort albédo de 0,8 selon le document 3) et corrélativement la diminution de la surface des océans (à faible albédo de 0,1). Il en résulte que l'albédo global de la Terre augmente, ce qui signifie que l'énergie solaire est beaucoup plus réfléchie. La surface de la Terre s'échauffe moins et la température diminue. C'est une boucle de rétroaction positive qui contribue à amplifier la glaciation P-C (actualisme), qui renforce à son tour l'augmentation de l'albédo et le refroidissement.

Astuce du prof

Employez les mots scientifiques clés comme « boucle de rétroaction positive », mais après les avoir mis en évidence sur les documents.

Conclusion

Au Permo-Carbonifère, une baisse considérable du CO_2, donc de l'effet de serre, est observée (doc. 3). Cela va dans le sens d'une baisse de température : une calotte glaciaire peut alors se développer sur les masses continentales rassemblées au pôle Sud, traduisant une glaciation (doc. 1). L'altération active des chaînes de montagnes en position tropicale renforce la baisse du CO_2 et le refroidissement, par baisse de l'effet de serre (doc. 4). L'augmentation de la surface de la calotte glaciaire augmente l'albédo et le refroidissement de la surface du globe (doc. 2). Altération et croissance de l'albédo contribuent ainsi au développement de la glaciation.

Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions

Faire le point

L'essentiel

1 Réchauffement climatique : causes anthropiques et prévisions

• Un **consensus scientifique** existe pour quantifier le **réchauffement climatique** à 0,5 °C **depuis 1980**. Ce dernier est corrélé avec l'augmentation des gaz à effet de serre (GES), en particulier d'**origine anthropique** (c'est-à-dire liés aux activités humaines).

• En s'appuyant sur les connaissances des climats passés, sur les observations actuelles, les chercheurs construisent des **modèles** numériques robustes. Ils proposent alors des prédictions probabilistes du réchauffement pour 2100, destinées à éclairer les décisions pour **limiter le réchauffement moyen à + 2 °C** (contre + 7 °C dans le pire des scénarios).

2 Conséquences du réchauffement climatique

• **L'augmentation de la concentration en CO_2** provoque la hausse des températures moyennes, ce qui entraîne :

– des **effets directs sur la biodiversité** (effectifs, **répartition à la surface du globe**…) ainsi que **sur la santé humaine** (eau potable, **diffusion de maladies infectieuses**…) ;

– des effets **indirects liés aux perturbations des écosystèmes naturels** (tempêtes et feux de forêt plus fréquents) **et agricoles** (production, approvisionnement en eau…) ;

– la **montée du niveau marin et la désertification**, qui peuvent réduire la disponibilité des terres agricoles et provoquer des déplacements de population.

3 Actions d'atténuation et d'adaptation possibles

• **On distingue les stratégies d'atténuation** (réduction des émissions ou augmentation du stockage additionnel des GES) **et d'adaptation** (réponse aux effets néfastes du changement climatique). Les premières portent prioritairement sur l'énergie, les transports et l'industrie ; les secondes sur les zones côtières, l'eau… Les actions pour se convertir à une agriculture et une gestion des forêts plus durables sont prioritaires pour ces deux types de stratégies.

LEXIQUE

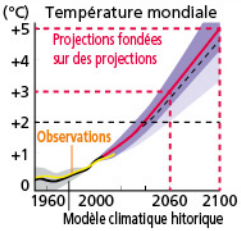
• **modèle numérique** : représentation simplifiée de la réalité à l'aide d'une description mathématique. Il permet la simulation (informatique), la prédiction des évolutions possibles du système et la confrontation avec les observations réelles.

• **stratégies d'atténuation et d'adaptation** : stratégies complémentaires vis-à-vis du changement climatique. L'une traite à long terme les causes, l'autre traite à plus court terme les conséquences.

Schéma bilan

Causes anthropiques et prévisions du réchauffement climatique

1. Collecter des données sur le terrain
2. Proposer des mises en équation et modèles en laboratoire
3. Confronter la validité des modèles sur la période historique
4. Proposer des prévisions suivant les scénarios d'utilisation des combustibles fossiles



Conséquences du réchauffement climatique

- Incendies en été
- Risque de transmission demaladies tropicales par le moustique-tigre
- Disparition des glaciers
- Envahissement par la mer
- Épisodes caniculaires
- Désertification
- Assèchement des rivières et des nappes

Etc.

Actions d'atténuation et d'adaptation possibles du réchauffement climatique

Atténuation =	Adaptation =
Réduire les émissions de gaz à effets de serre : transports, isolation thermique, etc.	**Atténuer les effets néfastes :** érosion de côtes, reboisement, etc.
Stocker le CO_2 : dans la matière organique des sols	**Exploiter les effets bénéfiques :** raréfaction des gelées, maturation précoce des fruits, etc.

En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- l'effet de serre naturel, qui permet la vie sur Terre, et l'effet de serre additionnel anthropique et ses impacts sur la biodiversité et les sociétés humaines. ☐
- les stratégies d'atténuation et d'adaptation vis-à-vis du changement climatique. ☐
- les bénéfices et inconvénients de ces stratégies. ☐
- la climatologie et la météorologie et leurs échelles de temps. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 240

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Les modèles de prédictions climatiques se heurtent à la difficulté de prévoir :

- ☐ **a.** la température à plus de 10 jours, comme pour la météo.
- ☐ **b.** les précipitations futures.
- ☐ **c.** l'évolution de la population (démographie).

2. L'effet de serre additionnel :

- ☐ **a.** est le principal contributeur du réchauffement climatique.
- ☐ **b.** correspond aux effets des différents gaz à effet de serre (GES) qui s'additionnent.
- ☐ **c.** est dû aux GES émis par les activités humaines.

3. Les prévisions climatiques récentes proposent pour 2100 un réchauffement :

- ☐ **a.** de 1,5 à 7 °C suivant le volontarisme des mesures mises en œuvre.
- ☐ **b.** géographiquement assez homogène.
- ☐ **c.** qui pourrait être nul si l'on stockait tout le CO_2 émis.

4. Les mesures suivantes appartiennent plutôt aux stratégies d'adaptation :

- ☐ **a.** développer l'agriculture de conservation reconstituant le stock de carbone du sol.
- ☐ **b.** lutter contre la déforestation.
- ☐ **c.** prévoir le recul des populations dans les zones littorales à risque.

5. Les mesures suivantes appartiennent plutôt aux stratégies d'atténuation :

- ☐ **a.** intégrer la thématique du changement climatique dans les cursus scolaires.
- ☐ **b.** déterminer rapidement quelles essences forestières planter aujourd'hui.
- ☐ **c.** privilégier le train et le covoiturage sur le transport aérien.

6. Une émergence plus fréquente de pandémies (mondiales) comme le coronavirus :

- ☐ **a.** est reliée à l'impact de l'homme sur la biodiversité tropicale.
- ☐ **b.** était annoncée par de nombreux biologistes.

Expliquer par une image

Légender et ajouter un titre.

Pour mobiliser les méthodes, les connaissances et le vocabulaire scientifique, proposez des légendes (1 à 6) ainsi qu'un titre explicatif.

La situation problématique : **Maison, à Soulac-sur-Mer (Gironde), toute proche du vide en raison de l'érosion**

Les actions possibles :

6 … et très certainement dans quelques années…

Titre : Actions …… pour limiter ……

Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

Modélisation analogique	Rapport de deux événements dont l'un implique l'autre.
Causalité	Construction d'un ensemble de fonctions mathématiques décrivant le phénomène.
Effet de serre additionnel	Rapport entre deux événements qui varient simultanément (les deux pouvant être causés par un même autre événement).
Modélisation numérique	Création ou reconstitution de stocks de carbone par des pratiques agricoles ou industrielles durables.
Corrélation	Construction d'un système physique qui reproduit plus ou moins le phénomène.
Stockage additionnel de carbone	Rejet de CO_2, de CH_4 ou de N_2O dans l'atmosphère par les activités humaines.

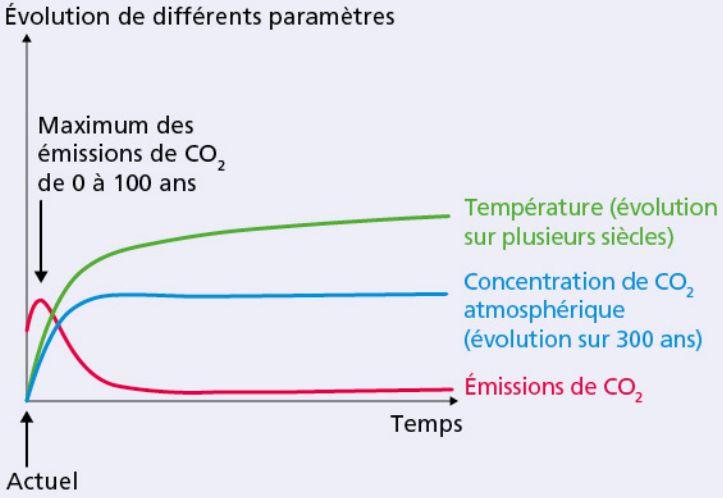
Vers le sujet de BAC

DOC. Une stratégie d'atténuation des changements climatiques.

Dans le protocole de Kyoto (1997), les pays industrialisés s'obligent, entre autres, à abaisser leurs émissions de CO_2 entre 2008 et 2012 à des niveaux inférieurs de 5,2 % à ceux de 1990.

Pour d'autres pays, l'Agence internationale de l'énergie prévoit une augmentation de leurs rejets en CO_2 de 39 % d'ici 2010 (rapport « Perspectives énergétiques mondiales 2004 »).

La figure ci-dessous, volontairement présentée sans unité, est une schématisation de l'évolution envisagée de différents paramètres au cours du temps si le protocole est respecté.



D'après les rapports du GIEC (2001) et un article de James HANSEN, Source : *Pour la Science*, avril 2004.

› En reliant les différentes données, montrez les effets prévisibles de l'application du protocole de Kyoto.

Sujet guidé

SUJET 11

8 pts 1h50

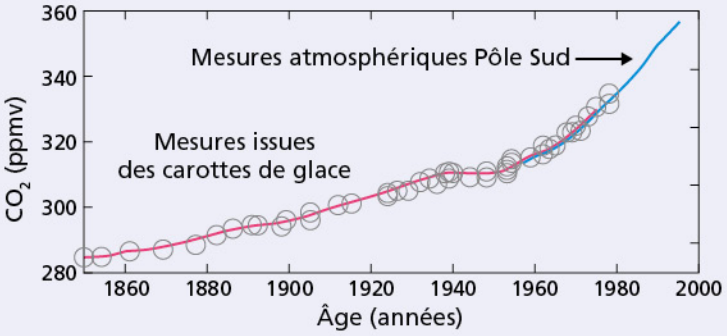
Pratique du raisonnement scientifique

La dix-septième conférence des Nations Unies sur le changement climatique (du 28 novembre au 9 décembre 2011) n'a eu que très peu d'écho auprès du grand public. Vous êtes l'un des rédacteurs du journal du lycée et, à ce titre, vous êtes chargé de rédiger un article pour sensibiliser vos lecteurs aux actions d'atténuation ou d'adaptation à engager.

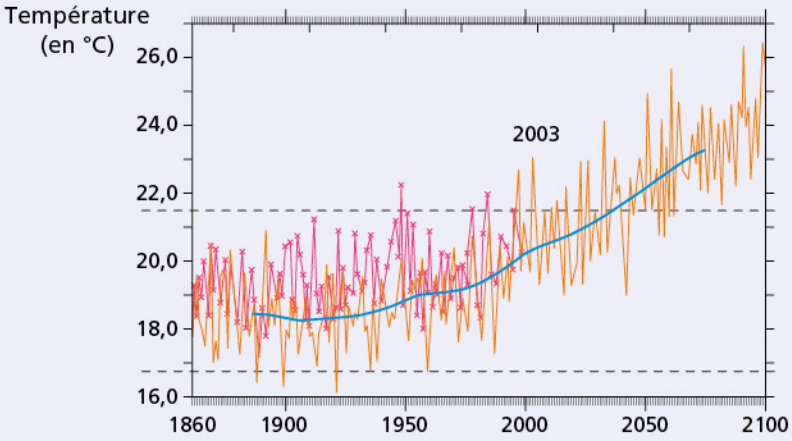
› Écrivez pour le journal du lycée un article qui explique sur quels arguments scientifiques les experts internationaux se fondent lorsqu'ils affirment qu'il est urgent de mettre en œuvre des actions d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre afin de limiter l'augmentation de la température moyenne du globe pour les générations futures.

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

DOC. 1 Évolution du taux de CO2 atmosphérique mesuré dans la glace et de la température depuis 1850 (ppmv : partie par million en volume)

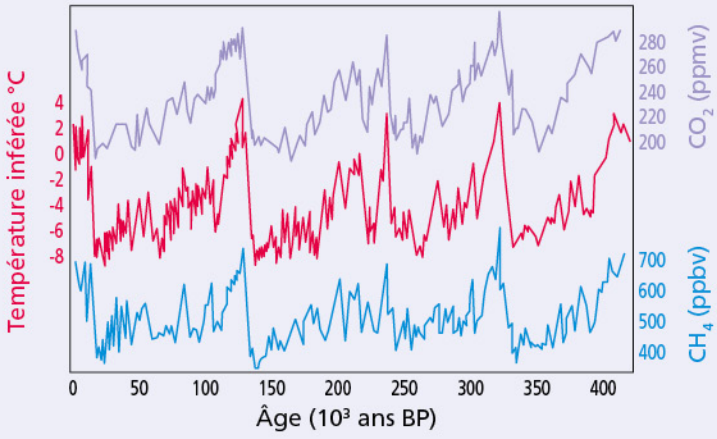


Source : planet-terre.ens-lyon.fr.



- Les données avec des croix sont des valeurs mesurées.
- Les données sans croix (postérieures à 2003) sont issues de simulations.

DOC. 2 Variations, en fonction de l'âge BP (before present), des températures moyennes et des concentrations en CO2 et CH4 atmosphérique mesurées dans les échantillons de glace prélevés par carottage à Vostok (en Antarctique)



Source : J. R. PETIT *et al.*, *Nature*, 399, 429-36, 1999.

Remarques : l'époque actuelle est à « 0 BP » ; les températures sont déduites des concentrations en isotopes du dioxygène (δO^{18}).

DOC. 3 Coefficient de solubilité du CO2 dans l'eau de mer

Le CO_2 atmosphérique peut se dissoudre dans l'eau. La quantité soluble par unité de volume dépend de la température de l'eau. La dissolution du CO_2 dans l'eau est totalement réversible.

Température	0	5	10	15	20	25	30
Coefficient de solubilité du CO_2 dans l'eau de mer ($mol.L^{-1} . atm^{-1}$)	1,41	1,17	0,99	0,85	0,74	0,65	0,57

Source : J. R. PETIT *et al.*, *Nature*, 399, 429-36, 1999.

DOC. 4 Répartition des émissions mondiales de gaz à effet de serre issus des activités humaines, tous gaz compris

- Transport : 15 %.
- Résidentiel et tertiaire : 23 %.
- Procédés industriels : 29 %.
- Déforestation : 17 %.
- Agriculture : 13 %.
- Déchets et égouts : 3 %.

On estime que le CO_2 est responsable de 55 % de l'*effet de serre non naturel*, provenant des activités humaines.

D'après données du GIEC :
Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- Le climat, à l'échelle globale ou locale, est le résultat des **interactions entre l'atmosphère et l'hydrosphère, la géosphère et la biosphère**.
- La **modélisation** de la relation effet de serre/climat permet de proposer des hypothèses d'évolution possible du climat de la planète, notamment en fonction des émissions de **gaz à effet de serre** induites par l'activité humaine **(activités anthropiques)**.

• On peut mettre en œuvre des stratégies d'**atténuation** (réduction des émissions ou augmentation du stockage additionnel des GES) et d'**adaptation** (réponse aux effets néfastes du changement climatique).

Bien comprendre la question

• La question vous invite à faire une sorte d'inventaire de données scientifiques argumentant la nécessité d'agir face au réchauffement climatique.

• Mais pour cela, vous devez démontrer que ce réchauffement est lié à l'augmentation de l'émission des gaz à effet de serre, et que cette augmentation d'émission peut être directement (ou indirectement) liée à l'activité humaine.

Méthode

• En gardant à l'esprit toutes ces relations, organisez votre réponse comme une véritable démonstration, qui est le point fort de l'argumentation scientifique qu'on vous demande.

• Il vous sera alors aisé de montrer l'urgence d'agir.

Exploiter les documents

• **DOC. 1 :** Le graphique des températures présente des données jusqu'à 2100. Cela vous donne l'occasion de distinguer, dans les arguments qui vous sont demandés, ce qui relève des observations et mesures avérées et ce qui relève des prédictions.

• **DOC. 2 :** Ne concluez pas trop vite à d'éventuel les relations de cause à effet sur ce seul document.

Méthode

Vous devez toujours avoir à l'esprit la différence entre causalité et corrélation.

• **DOC. 3 :** Reliez ce document expérimental simple à la problématique générale « relier activité humaine – gaz à effet de serre – réchauffement climatique ».

• **DOC. 4 :** N'oubliez pas le dernier pourcentage (55 %).

Les pièges à éviter

• Ne négligez pas la discussion du lien entre les gaz à effet de serre et l'augmentation de la température. Pour cela, associez des données issues de plusieurs documents.

Méthode

Une analyse de document ne doit jamais être faite pour elle-même. Elle sera prise en compte par le correcteur si vous la rattachez explicitement aux termes de la question.

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

Votre démarche explicative doit clairement apparaître dans votre copie. Le devoir pourra présenter en premier les arguments reliant les variations des taux de gaz à effet de serre aux variations de température, point de départ du raisonnement.

La participation de l'homme à ces émissions de

gaz à effet de serre (émissions anthropiques), et enfin le caractère urgent de réduire les émissions seront alors présentés successivement.

I – L'augmentation des concentrations en GES et celle des températures sont corrélées

II – Les activités humaines génèrent de plus en plus de GES

III – Il est urgent de réduire les émissions de GES pour limiter le réchauffement climatique

Méthode

Un plan doc. 1, doc. 2, doc. 3, doc. 4 ne convient pas puisque sa fonction est d'être construit pour conduire une démarche de résolution du problème.

CORRIGÉ 11

Comprendre le corrigé

Introduction

Le réchauffement climatique est souvent évoqué dans les médias. Mais quand des experts se réunissent pour apporter des données issues de leurs observations et calculs, comme fin 2011 à la 17e conférence des Nations Unies, le grand public en reçoit très peu d'échos.

L'analyse de quelques documents, présentés dans cet article, permettra de montrer les relations entre les activités humaines, l'émission de gaz à effet de serre (GES) additionnels et le réchauffement climatique. L'effet de serre est la réémission vers le sol des radiations infrarouges absorbées par certains gaz de l'atmosphère appelés GES.

Gagnez des points !

N'oubliez pas de définir les termes scientifiques dans l'introduction.

La nécessité urgente de réduire les émissions de gaz à effet de serre est-elle alors scientifiquement fondée ?

I – L'augmentation des concentrations en GES et celle des températures sont corrélées

Les scientifiques ont comme arguments des mesures. Pour les périodes anciennes (doc. 1 et 2), ils ont mesuré les concentrations de CO_2 et déterminé les températures par l'étude de la composition en isotopes de l'oxygène des glaces. Pour les périodes plus récentes (doc. 1), ils ont réalisé plus directement des mesures dans l'atmosphère.

Le document 1 montre, entre 1900 et 2000, une augmentation conjointe des températures (> 1 °C) et du CO_2 (+ 60 ppm, soit + 20 %).

Le document 2 montre une corrélation remarquable entre la température et deux GES, le CO_2 et le CH_4. Depuis 400 000 ans, quatre grands cycles montrent une évolution parallèle entre ces trois paramètres. Cela permet de dire que l'époque actuelle est naturellement une époque déjà relativement chaude (il y a 20 000 ans, pour l'Antarctique, la température était près de 8 °C plus froide), avec des teneurs élevées en GES.

Méthode

Les données du document 1 se limitent à l'année 2000 ; les simulations (2000-2100) seront traitées plus tard.

II – Les activités humaines génèrent de plus en plus de GES

Si l'on en croit les mesures des scientifiques, on peut voir que sur 400 000 ans la teneur en CO_2 n'a jamais dépassé 300 ppm (doc. 2) et donc que les teneurs de 300 à 360 ppm entre 1900 et 2000 (doc. 1) sont exceptionnelles. On peut penser que ces teneurs exceptionnelles sont dues aux activités humaines, en particulier industrielles (révolution industrielle au XIX^{e} siècle).

Comprendre le corrigé

Les données des documents 1 et 2 sont comparées et utilisées dans deux étapes différentes de la démarche.

Cela permet aux scientifiques de faire des simulations sur l'évolution possible des températures pour les 100 années futures. Certains proposent un réchauffement de 4 °C pour les températures moyennes (doc. 1).

Astuce du prof

Vous pouvez montrer au correcteur que la validité des modèles de prédiction est testée sur les mesures passées.

Ces simulations semblent assez fiables, car elles sont testées sur la période 1900-2000 et confrontées aux mesures.

Elles s'appuient sur le calcul et sur les estimations de l'effet de serre non naturel dû aux activités humaines. Ces activités libèrent des GES (doc. 4). Le CO_2 représente 55 % de cet effet de serre additionnel ; les rejets de l'industrie associés aux rejets résidentiels et tertiaires en représentent plus de la moitié.

Attention

Consacrez peu de temps au document 4, qui s'appuie moins sur l'expérimentation et la modélisation scientifique. L'élément clé est le pourcentage de 55 %.

III – Il est urgent de réduire les émissions de GES pour limiter le réchauffement climatique

La présence de GES augmente la température de la Terre. Or les scientifiques constatent expérimentalement (doc. 3) que cette augmentation de température rend l'un des GES, le CO_2, moins soluble dans l'eau (0,99 à 0,57 mol/L/atm, soit – 42 % pour un réchauffement de 10 °C à 30 °C). L'océan plus chaud

risque alors de rejeter du CO_2 dans l'atmosphère, ce qui aggravera encore le réchauffement par augmentation de l'effet de serre. C'est une boucle de rétroaction positive.

Ce renforcement réciproque de l'augmentation de la teneur en GES et de la température pousse à prendre des mesures pour limiter les émissions de GES.

Astuce du prof

Ne récitez pas votre cours, mais utilisez les mots scientifiques (boucle de rétroaction).

Conclusion

L'effet de serre augmente la température terrestre. Les activités humaines rejettent des GES, en particulier du CO_2 (doc. 4). Les variations parallèles de températures et de GES sont bien établies par l'étude des glaces anciennes (doc. 1 et 2).

Gagnez des points !

Reliez toujours votre analyse d'un document à la problématique du sujet.

Ces augmentations se sont accélérées depuis 100 ans et les prévisions par simulations annoncent un réchauffement important d'ici 2100 (doc. 1). Le dégazage du CO_2 de l'océan, avec le réchauffement attendu (doc. 3), fait craindre un emballement du système GES/réchauffement. Ces arguments que nous fournissent les scientifiques conduisent à envisager en urgence de réduire les émissions de GES, et ainsi de limiter le réchauffement climatique.

Astuce du prof

Citez les documents : cela confirme au correcteur que vous ne récitez pas votre cours dans cet exercice, où la priorité doit être donnée aux documents.

Les réflexes

Faire le point

L'essentiel

1 Les 5 éléments de l'arc-réflexe

- À partir d'une sensation de départ (**stimulus**) captée par un **récepteur sensoriel (1)**, un message nerveux est élaboré. Il circule dans les **neurones sensitifs (2)** jusqu'au **centre nerveux (3 : moelle épinière)**. Là, une synapse « réfléchit » le message nerveux par un **neurone moteur (4)** jusqu'à la **synapse neuromusculaire**. Cela induit au final la contraction de **l'effecteur musculaire (5)** et la réponse motrice au stimulus.

2 Le neurone, une cellule spécialisée qui propage un message nerveux électrique

- Au repos, la membrane du neurone est chargée négativement (–70 mV) : c'est le **potentiel de repos** (PR).
- En activité, la membrane **plasmique** peut subir une inversion de polarisation (+30 mV), transitoire et propageable : c'est le **potentiel d'action** (PA). Les PA étant tous identiques, le **message nerveux électrique propagé est codé en fréquence de PA**.

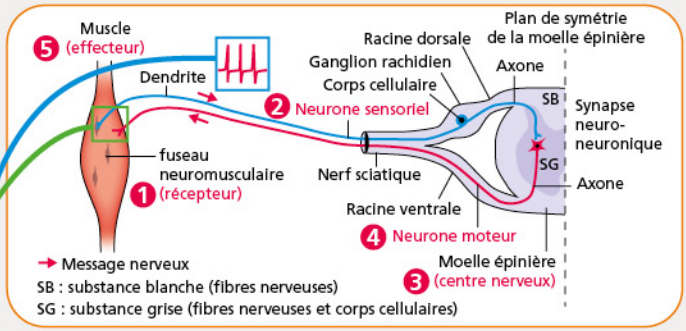
3 Le neurone, une cellule spécialisée qui transmet un message chimique

- Les cellules nerveuses et musculaires sont **connectées par des synapses**. À l'arrivée de PA au niveau du bouton synaptique, il y a **libération de neurotransmetteurs** qui se fixent sur des **récepteurs de la membrane postsynaptique**.
- C'est le cas de **l'acétylcholine** pour la synapse neuromusculaire, qui **code le message nerveux chimique en concentration de neurotransmetteur**.

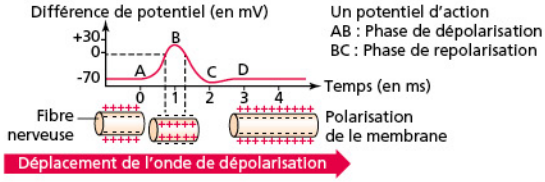
LEXIQUE

- **réflexe myotatique** : contraction réflexe d'un muscle en réponse à son propre étirement.
- **neurone** : cellule nerveuse spécialisée dans la propagation de PA, et constituée d'un corps cellulaire et de prolongements, les dendrites et l'axone.
- **muscles antagonistes** : muscles aux rôles opposés (extenseur/fléchisseur).
- **neurotransmetteur** : messager chimique libéré dans la synapse.

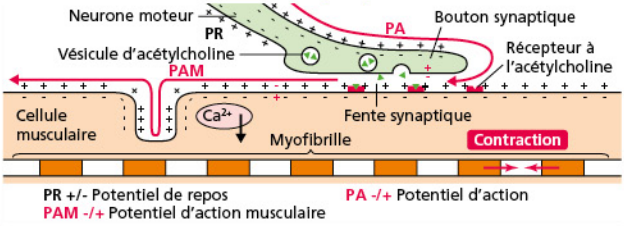
Schéma bilan



Le potentiel d'action, signal nerveux propageable



Le fonctionnement de la synapse neuromusculaire



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- les éléments sensitifs et les éléments moteurs de l'arc-réflexe. ☐
- le potentiel de repos et le potentiel d'action du message nerveux électrique. ☐
- le codage du message nerveux en fréquence des PA pour le message électrique et en concentration du neurotransmetteur pour la transmission synaptique. ☐
- les éléments structurels côté présynaptique et côté postsynaptique des synapses neuro-neuronales. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 241

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Le réflexe myotatique :

- ☐ **a.** est la contraction d'un muscle suite à une stimulation électrique.
- ☐ **b.** fait intervenir un neurone moteur (anciennement motoneurone) puis un neurone sensitif .
- ☐ **c.** ne fait pas intervenir le cerveau.

2. Un message nerveux enregistré dans un neurone moteur :

- ☐ **a.** a une vitesse de propagation proportionnelle à l'intensité de la stimulation.
- ☐ **b.** est codé en fréquence de potentiels d'action.
- ☐ **c.** est constitué de potentiels d'action tous identiques.
- ☐ **d.** se propage des terminaisons axonales vers le corps cellulaire.

3.

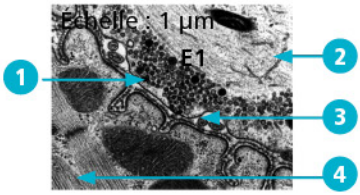
- ☐ **a.** Le message nerveux permettant la réponse est un courant électrique.
- ☐ **b.** Le réflexe rotulien sert d'outil de diagnostic pour contrôler le bon état de la moelle épinière.
- ☐ **c.** Les fibres nerveuses des nerfs sont toujours les axones des neurones mis en jeu.

4. Les neurotransmetteurs :

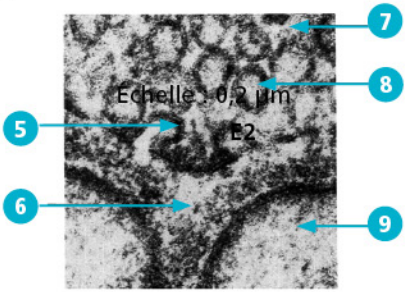
- ☐ **a.** sont capables de se fixer sur les récepteurs du bouton synaptique.
- ☐ **b.** codent le message en concentration.
- ☐ **c.** ne séjournent que momentanément dans la fente synaptique.
- ☐ **d.** reçus par un neurone moteur sont toujours de l'acétylcholine.

Expliquer par une image *Légender et ajouter un titre.*

› Interprétez les électronographies E1 et E2 afin de caractériser le fonctionnement d'une synapse chimique.



Observation au microscope électronique à transmission



Observation au microscope électronique à transmission

Termes à relier

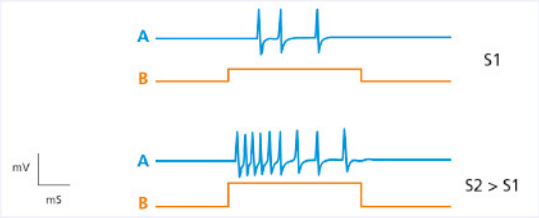
Relier chaque notion à sa définition.

Message nerveux chimique	• Long prolongement cytoplasmique du neurone qui assure la propagation des PA du corps cellulaire aux boutons synaptiques.
Membrane plasmique présynaptique	• Prolongement cytoplasmique généralement ramifié qui conduit vers le corps cellulaire des informations électriques (des PA pour les neurones sensitifs).
Axone	• Qui est équipée de récepteurs protéiques aux neurotransmetteurs.
Membrane plasmique postsynaptique	• Qui montre des figures d'exocytose.
Message nerveux électrique	• Qui code l'intensité de la stimulation « en fréquence ».
Dendrite	• Qui code l'intensité de la stimulation « en amplitude ».

Vers le sujet de BAC

DOC. Récepteurs tactiles de la peau

La peau possède des récepteurs tactiles sensibles aux variations de pression. Dans une cuve contenant du liquide physiologique, un tel récepteur, avec sa fibre nerveuse, est isolé puis soumis à des pressions d'intensité variable (S2 > S1) grâce à un dispositif expérimental approprié. Une microélectrode, implantée dans la fibre, permet d'enregistrer le passage éventuel d'un message nerveux.



Messages nerveux enregistrés par l'électrode sur la fibre nerveuse (tracé A) pour des pressions d'intensité croissante (amplitudes des tracés B)

› Décrire et nommer précisément les signaux observés sur les deux tracés A. Quelle propriété du message nerveux est ainsi mise en évidence ?

Sujet guidé

SUJET 12 D'après Inde, avril 2014

3 pts 40 min

Pratique du raisonnement scientifique

En 1924, le physiologiste britannique Charles Scott Sherrington a réalisé une série d'expériences pour comprendre les mécanismes de rétractation de la patte chez le chat. La modélisation suivante permet de reproduire de façon fidèle mais virtuelle les expériences historiques qui ont permis à Sherrington de mettre en évidence le réflexe myotatique.

On cherche à comprendre, par cette modélisation, comment le réflexe myotatique a pu être mis en évidence par Sherrington.

À partir de l'étude du document, cochez la bonne réponse dans chaque série de propositions du QCM pour comprendre ce qu'est un réflexe myotatique.

DOC. 1 Protocole expérimental modélisé

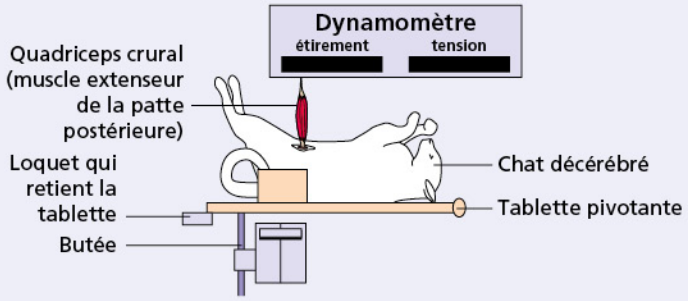
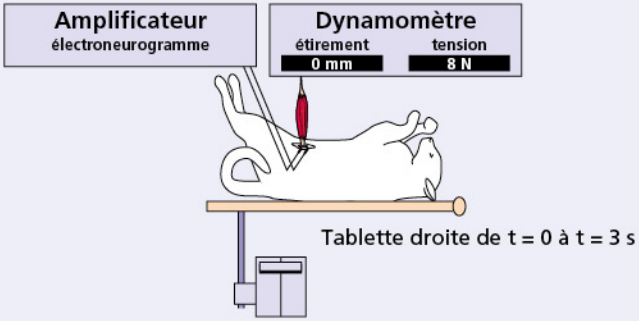


Schéma du dispositif expérimental utilisé par Charles Sherrington

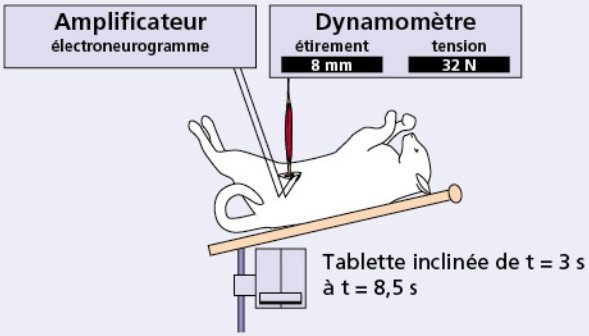
Dans l'expérience ci-dessus, on modélise comment Sherrington avait sectionné l'arrière de l'encéphale d'un chat anesthésié, libérant ainsi sa moelle épinière (animal décérébré), puis avait allongé l'animal sur une planche qu'il pouvait déplacer du haut vers le bas.

La modélisation consiste ensuite à isoler le muscle extenseur (quadriceps crural) du membre postérieur, à le rattacher par son tendon inférieur à un dynamomètre. Ce système fixe permet de mesurer l'étirement subi et la tension développée par le muscle en réponse à cet étirement.

Dans ces conditions et bien que l'animal soit décérébré, le muscle conserve son innervation. On modélise ensuite le déplacement vers le bas de la planche sur laquelle l'animal est allongé.



Chat dont la moelle épinière a été sectionnée



Chat dont la moelle épinière a été sectionnée

Dans cette animation, la planche sur laquelle l'animal est allongé est virtuellement basculée vers le bas 3 secondes après le début de l'enregistrement et jusqu'à 8,5 secondes.

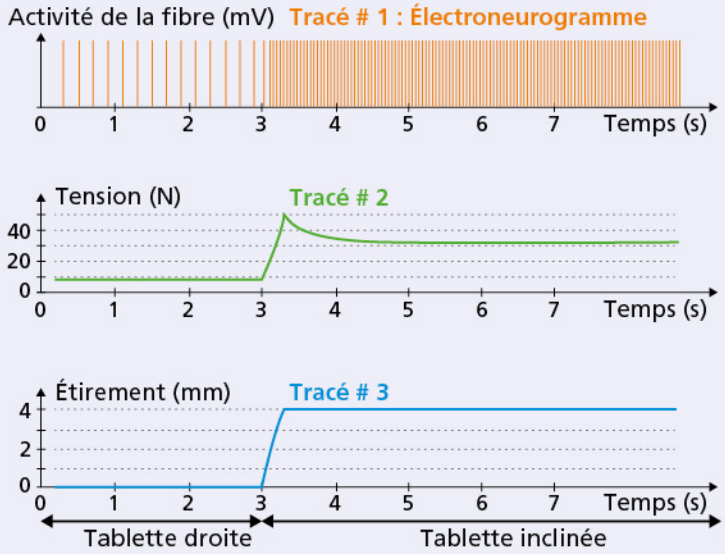
Dans cette adaptation contemporaine et virtuelle de l'expérience de Sherrington, il a été prévu de simuler l'ajout de microélectrodes sur une fibre nerveuse sensorielle qui innerve le muscle extenseur de la patte postérieure du chat.

DOC. 2 Enregistrement des résultats de l'ensemble de l'expérience

Le tracé # 1 permet de suivre l'activité de la fibre nerveuse sensorielle durant l'expérience.

Le tracé # 2 présente la tension mesurée par le dynamomètre durant l'expérience.

Le tracé # 3 montre l'évolution de l'étirement du muscle durant l'expérience.



Question 1

Lorsque Sherrington incline vers le bas la planche sur laquelle l'animal est allongé, la réponse musculaire de la patte du chat montre que le muscle extenseur :

- ☐ **a.** se relâche.
- ☐ **b.** se contracte.
- ☐ **c.** se relâche puis se contracte.
- ☐ **d.** ni ne se relâche ni ne se contracte.

Question 2

En inclinant vers le bas la planche sur laquelle l'animal décérébré est allongé, Sherrington :

- ☐ **a.** met en évidence qu'un muscle réagit de façon involontaire à son propre étirement.
- ☐ **b.** montre que la commande volontaire permet à un muscle de réagir à son propre étirement.
- ☐ **c.** met en évidence qu'un réflexe myotatique nécessite l'intervention du cerveau.
- ☐ **d.** met en évidence qu'un réflexe myotatique se réalise indépendamment de l'intervention d'un centre nerveux.

Question 3

L'électroneurogramme (tracé 1) montre que lors de l'étirement du muscle :

- ☐ **a.** la fréquence des potentiels d'action augmente.
- ☐ **b.** l'amplitude des potentiels d'action augmente.
- ☐ **c.** la fréquence et l'amplitude des potentiels d'action augmentent.
- ☐ **d.** la fréquence et l'amplitude des potentiels d'action augmentent puis diminuent.

Question 4

Ainsi, lorsque Sherrington incline vers le bas la planche sur laquelle l'animal est allongé, l'électroneurogramme permet de montrer que :

- ☐ **a.** l'amplitude des potentiels d'action permet de coder le message nerveux moteur.
- ☐ **b.** la fréquence des potentiels d'action permet de coder le message nerveux moteur.
- ☐ **c.** l'amplitude des potentiels d'action permet de coder le message nerveux sensoriel.
- ☐ **d.** la fréquence des potentiels d'action permet de coder le message nerveux sensoriel.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- Le **réflexe myotatique** est un réflexe monosynaptique. Il met en jeu différents éléments qui constituent l'**arc-réflexe**.
- Les messages nerveux moteurs partent du cerveau. Un animal décérébré n'a pas de mouvement volontaire.
- Dans la moelle épinière sauvegardée, le neurone moteur conduit un **message nerveux codé en fréquence de potentiels d'action**. La réponse à un stimulus d'étirement est possible.

Bien comprendre les questions

- **Pour la question 1**, repérez bien le tracé qui permet de répondre à la question.
- **Pour la question 2**, repérez la condition expérimentale qui est rappelée et qui vous aidera à bien répondre. Énumérez les centres nerveux du chat.
- **Pour la question 3**, rappelez-vous le tracé que vous devez prendre en compte.

Exploiter les documents

- Notez bien ce qui distingue le chat de l'expérience d'un chat « normal ».
- Dans les 3 tracés, repérez ce qui traduit l'étirement du muscle provoqué par le basculement de la planche et ce qui traduit (ensuite) la réponse musculaire à cet étirement. À noter qu'un muscle peut se contracter (la tension – en newtons – augmente) sans se raccourcir (l'étirement – en millimètres – ne change pas).

Méthode

Commencez à lire les propositions avant une analyse plus détaillée des documents. Vous pouvez sélectionner les informations pertinentes des documents et laisser de côté les données à ne pas exploiter.

Méthode

Sur les documents 1 et 2, surlignez les données utiles (les durées où la tablette est horizontale, puis inclinée). Cela doit devenir un réflexe (le sujet s'y prête) et permet ainsi de relier visuellement les documents sans aucune perte de temps.

CORRIGÉ 12

Comprendre le corrigé

Question 1

a. **Faux.** La réponse musculaire est indiquée par le tracé 2, et la tension développée par le muscle augmente : il y a alors contraction.

b. **Vrai.** La tension développée par le muscle augmente : il y a alors contraction.

c. **Faux.** Contraction d'emblée à t = 3 s.

d. **Faux.** Contraction d'emblée à t = 3 s.

Question 2

a. **Vrai.** Le chat est décérébré. Or la motricité volontaire ne peut intervenir, car elle nécessite l'intervention de l'encéphale. La réaction est donc involontaire.

b. **Faux.** La réaction est involontaire.

c. **Faux.** Le chat est décérébré.

d. **Faux.** L'intervention de la moelle épinière est nécessaire et c'est un centre nerveux.

Question 3

a. **Vrai.** La fréquence (potentiels d'action) est multipliée par 5.

b. **Faux.** L'amplitude en mV ne change pas.

c. **Faux.** L'amplitude en mV ne change pas.

d. **Faux.** L'amplitude en mV ne change pas.

Question 4

a. **Faux.** L'amplitude en mV ne change pas, elle ne peut donc coder, c'est-à-dire traduire, des changements d'activité.

b. **Faux.** C'est une fibre nerveuse sensorielle qui est équipée de microélectrodes : il ne s'agit pas du message nerveux moteur.

c. **Faux.** L'amplitude en mV ne change pas.

d. **Vrai.** Avec le basculement, la fréquence (potentiels d'action) est multipliée par 5 : une augmentation de fréquence des potentiels d'action code le message nerveux sensoriel (tracé 1), traduisant l'étirement (tracé 3).

Attention

Les remarques ajoutées pour justifier chaque affirmation sont données pour vous aider à progresser. Elles ne sont pas demandées pour l'épreuve du baccalauréat.

Gagnez des points !

Ici, pour un QCM, on ne vous demande pas de justifications. Mais dans une réponse rédigée, il vous faut toujours comparer des valeurs chiffrées !

Comprendre le corrigé

Comme vous le constatez, la notion de codage du message nerveux est essentielle.

Méthode

Le repérage de la localisation de l'implantation des électrodes (neurone sensoriel ou moteur ; une ou plusieurs fibres…) est un passage obligé. Sur le document 1, surlignez dès la première lecture la phrase « ajout de microélectrode sur une fibre nerveuse sensorielle ».

Cerveau et mouvement volontaire

Faire le point

L'essentiel

1 Des aires motrices cérébrales vers les neurones moteurs

- **Le cerveau est composé de neurones et de cellules gliales** assurant le bon fonctionnement de l'ensemble.
- L'exploration du **cortex cérébral** permet de situer les **aires motrices spécialisées**, à l'origine des mouvements **volontaires**.
- Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent par des **faisceaux de neurones** qui « descendent » dans la moelle jusqu'aux neurones moteurs.

2 L'intégration des messages présynaptiques par le neurone moteur

- Les récepteurs membranaires des dendrites et du corps cellulaire du neurone moteur fixent des **neurotransmetteurs activateurs (ou inhibiteurs)**.
- Il en résulte des dépolarisations (ou des hyperpolarisations) locales de la membrane postsynaptique, dont la somme algébrique appelée **sommation peut dépolariser suffisamment l'axone** et ainsi **faire naître un PA. C'est l'intégration des messages présynaptiques.**
- Quant aux cellules musculaires, chacune ne reçoit le message que d'un seul neurone moteur.

3 La plasticité cérébrale

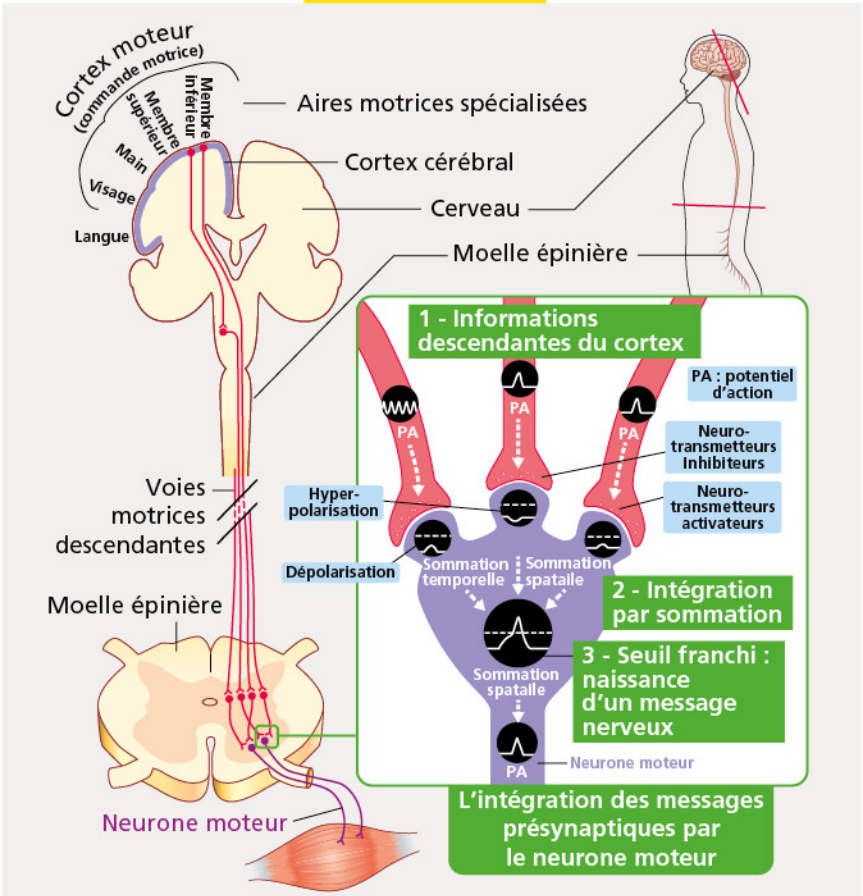
- L'activation répétée des aires motrices **modifie le réseau des synapses du cortex cérébral. C'est la plasticité cérébrale.**

Voir aussi « Le cerveau, un organe fragile à préserver »

LEXIQUE

- **cortex cérébral** : fine écorce périphérique des hémisphères cérébraux riche en neurones.
- **aire motrice** : région du cortex cérébral constituée de neurones dont les axones sont responsables de l'activation des neurones moteurs, qui contrôlent les cellules musculaires.
- **cellules gliales** : cellules nerveuses non neuronales du cerveau et de la moelle épinière, aussi nombreuses que les neurones. Elles assurent leur soutien, leur nutrition et leur protection.
- **intégration** : propriété du neurone moteur d'engendrer ou non des PA en réalisant la sommation de toutes les influences synaptiques activatrices (notées +) et inhibitrices (notées –).

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- la motricité volontaire, qui fait intervenir les aires motrices du cortex cérébral et la moelle épinière, et la motricité réflexe, qui fait intervenir la seule moelle épinière. ☐
- les modulations synaptiques activatrices et inhibitrices des neurotransmetteurs. ☐
- les types spatial et temporel des sommations de ces dépolarisations et hyperpolarisations. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 242

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

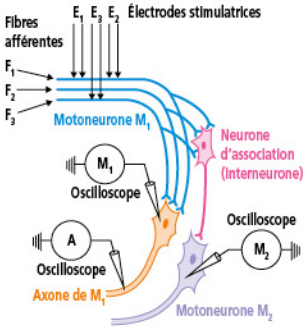
1. Au niveau du cerveau, les cartes motrices :

- ☐ **a.** sont innées, présentes dès la naissance.
- ☐ **b.** restent identiques tout au long de la vie de l'individu.
- ☐ **c.** sont identiques chez tous les individus d'une même espèce.
- ☐ **d.** peuvent évoluer en fonction de l'apprentissage.

2.

- ☐ **a.** Dans une synapse excitatrice entre neurones, un PA présynaptique provoque la naissance d'un PA postsynaptique.
- ☐ **b.** On appelle sommation spatiale la sommation des informations provenant de plusieurs synapses.
- ☐ **c.** Il y a naissance d'un PA postsynaptique si la somme des dépolarisations postsynaptiques est supérieure à la somme des hyperpolarisations.

3. Utiliser le document ci-dessous :



	Enregistrements obtenus en M_1	Enregistrements obtenus en A	Enregistrements obtenus en M_2
Premier cas stimulation de F_1	20 mV -70 mV	20 mV -70 mV	10 mV -70 mV
Deuxième cas stimulation de $F_1 + F_2$	-70 mV	-70 mV	-70 mV
Troisième cas stimulation de $F_1 + F_2 + F_3$	+10 mV -70 mV	+10 mV -70 mV	-70 mV -74 mV

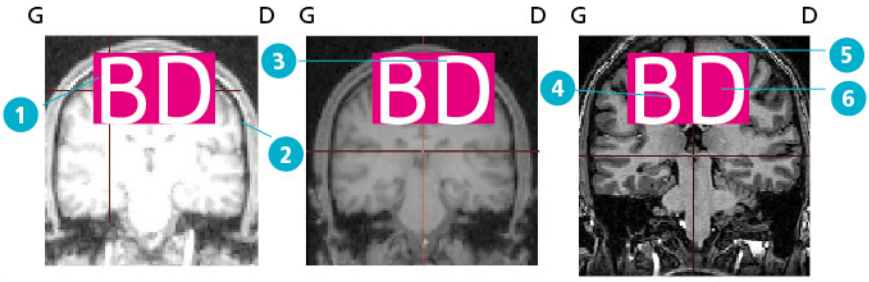
- ☐ **a.** Le schéma représente le fragment d'un circuit neuronique du réflexe myotatique.
- ☐ **b.** L'oscilloscope M_2 enregistre une hyperpolarisation correspondant à l'activité de l'interneurone.
- ☐ **c.** L'enregistrement obtenu en M_1 montre les propriétés intégratrices du neurone grâce au phénomène de sommation temporelle.
- ☐ **d.** Un réflexe myotatique fait intervenir les centres nerveux supérieurs.

Expliquer par une image

Légender et ajouter un titre.

Pour localiser la région du cortex cérébral à l'origine des messages moteurs volontaires d'un individu, complétez les légendes 1 à 6 et proposez un titre associant structures et fonctions.

Image 1 IRMf avec activation motrice de la main droite	Image 2 IRMf avec activation motrice de la main gauche	Image anatomique
IRMf coronal (= frontal)	IRMf coronal	Témoin anatomique coronal



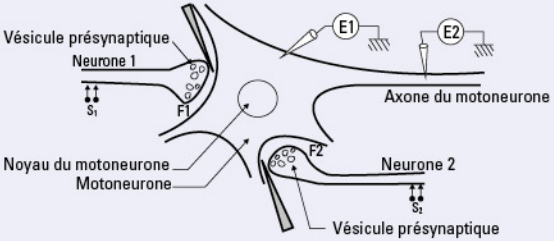
Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

Sommation spatiale	Perturbation du potentiel de repos augmentant le potentiel membranaire (plus négatif).
Dépolarisation	Perturbation du potentiel de repos diminuant le potentiel membranaire (moins négatif).
Sommation temporelle	Somme algébrique des effets successifs d'une même synapse.
Synapse activatrice	Somme algébrique des effets de plusieurs synapses différentes.
Synapse inhibitrice	Qui augmente l'activité du motoneurone par dépolarisation de la membrane postsynaptique.
Hyperpolarisation	Qui diminue l'activité du motoneurone par hyperpolarisation de la membrane postsynaptique.

Vers le sujet de BAC

DOC. 1 Étude du fonctionnement d'une synapse



Légende :

- E2 — Oscilloscope relié à une microélectrode interne réceptrice :
  - E1 : enregistrement de la polarisation au niveau du corps cellulaire du motoneurone
  - E2 : enregistrement de la polarisation au niveau de l'axone du motoneurone
- S_1 S_2 — Électrodes de stimulation S_1 et S_2 des neurones 1 et 2 respectivement
- Micropipette pour l'injection de substances
- F1 F2 — Fentes synaptiques :
  - F1 entre neurone 1 et motoneurone
  - F2 entre neurone 2 et motoneurone

DOC. 2 Résultats obtenus pour des stimulations de S1 et S2

Opérations effectuées	Enregistrements en E1	Enregistrements en E2	Contraction de la fibre musculaire (+ : présence ; - : absence)
Stimulation en S1	mV, hyperpolarisation, -40, -70, temps en ms	temps en ms	-
Stimulation en S2	mV, dépolarisation, -40, -70, temps en ms	temps en ms	+
Stimulation en S1 et S2 simultanément	mV, dépolarisation, -40, -70, temps en ms	temps en ms	-

--- Seuil de dépolarisation nécessaire au déclenchement d'un potentiel d'action dans le motoneurone

› Testez-vous en identifiant, parmi les affirmations a à d, celles qui sont vraies.

- ☐ **a.** Lorsqu'on effectue une stimulation en S1, on observe une hyperpolarisation en E1.
- ☐ **b.** Lorsqu'on effectue une stimulation en S2, on observe un potentiel d'action en E1.
- ☐ **c.** Seul le train de potentiel d'action enregistré en E2 lors de la stimulation de S2 est propagé le long de l'axone du motoneurone.
- ☐ **d.** Lorsqu'on effectue une stimulation conjointe de S1 et S2, on met en évidence le rôle intégrateur du corps cellulaire.

Sujet guidé

Sujet 13

D'après FM, juin 2017

7 pts 1h40

Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté

Expliquez les mécanismes nerveux aboutissant à un mouvement volontaire, incluant le fonctionnement de la synapse neuromusculaire.

Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- L'exploration du **cortex cérébral** permet de découvrir les **aires motrices** spécialisées à l'origine des mouvements volontaires. Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent par des faisceaux de neurones qui descendent dans la **moelle épinière** jusqu'aux **neurones moteurs**.
- Le corps cellulaire du neurone moteur reçoit des informations diverses qu'il **intègre** sous la forme d'un message moteur unique, et chaque fibre musculaire reçoit le message d'un seul neurone moteur. Le neurone moteur conduit un **message nerveux électrique codé en fréquence de potentiels d'action**. La commande de la contraction met en jeu le fonctionnement de la **synapse chimique neuromusculaire**.

Au brouillon

Recensez les mécanismes nerveux (naissance et propagation d'un message nerveux électrique, transmission chimique du message d'une cellule à la suivante).

Bien comprendre la question

- **Attention :** appliquez les mécanismes demandés au cas proposé, qui n'est pas le réflexe myotatique, mais bien le mouvement volontaire souvent plus rapidement évoqué.
- Choisissez les schémas (au moins deux) : celui de la synapse neuromusculaire vous est largement suggéré ; dans un autre schéma, vous pourriez situer les mécanismes demandés depuis le cerveau (puisque c'est la motricité volontaire qui vous est proposée) jusqu'à la fibre musculaire, qui effectue le mouvement.

La problématique

- Focalisez-vous sur les mécanismes et pas sur les structures en elles-mêmes : seule leur adaptation fonctionnelle, permettant la bonne réalisation des mécanismes, doit être dégagée.
- **Choisir des expériences, des observations, des exemples pour argumenter.** Citez les techniques d'observation (imagerie cérébrale IRM fonctionnelle, ou microscope électronique) et les techniques de mesures comme l'implantation de microélectrodes à travers la membrane du neurone.

Construire sa réponse

On vous demande d'expliquer des mécanismes (propagation électrique puis transmission synaptique) qui « aboutissent » au mouvement volontaire. D'où le plan :

I – Des messages nerveux électriques se propagent du cerveau jusqu'à l'extrémité du neurone moteur

II – La transmission d'un message chimique par la synapse neuromusculaire aboutit au mouvement volontaire

CORRIGÉ 13

Comprendre le corrigé

Introduction

Une fraction de seconde avant la réalisation d'un mouvement musculaire volontaire, certaines aires cérébrales spécialisées – les aires motrices – entrent en activité. Nous expliquerons les mécanismes nerveux (propagation d'un message électrique le long des membranes des neurones, transmission d'un message chimique entre cellules) qui, partant du cerveau, aboutissent à la contraction des fibres musculaires.

Introduction

Les mots des titres sont choisis comme **traduction** des mots de la question : « mécanismes » traduits par « Des messages nerveux électriques se propagent… ». Ils vous assurent un plan et un devoir pertinents.

I – Des messages nerveux électriques se propagent du cerveau jusqu'à l'extrémité du neurone moteur

L'exploration du cortex cérébral par les techniques d'imagerie médicale (IRM fonctionnelle) permet de découvrir les aires motrices spécialisées à l'origine des mouvements volontaires. Les messages nerveux moteurs qui partent du cerveau cheminent le long des axones de faisceaux de neurones, qui descendent dans la moelle épinière jusqu'aux neurones moteurs (voir schéma 1).

Les neurones issus du cerveau et le neurone moteur propagent un message nerveux électrique codé en fréquence de potentiels d'action. L'implantation de microélectrodes à travers la membrane montre que chaque potentiel d'action a une même amplitude (environ 100 mV) et correspond à une inversion transitoire (1 ou 2 ms) du potentiel initial de membrane de l'axone du neurone (ce potentiel initial appelé potentiel de repos) ; cette inversion de potentiel est propageable (vitesse de 10 à 100 m/s) et à sens unique.

On remarque que le neurone moteur peut être connecté à plusieurs neurones appelés présynaptiques, car les connexions entre neurones sont des synapses. On dit que le neurone moteur intègre les messages de ces différents neurones.

D'une cellule à l'autre, donc au niveau des synapses, un message chimique est libéré. Le mécanisme de la transmission synaptique est ici simplement localisé ; il sera expliqué dans la partie suivante.

II – La transmission d'un message chimique

L'observation au microscope électronique de la connexion entre cellule, appelée synapse, montre un espace synaptique ou fente synaptique qui interdit la transmission d'un message électrique.

C'est un messager chimique appelé neurotransmetteur qui est libéré par le neurone présynaptique. La réception de ce neurotransmetteur par la cellule postsynaptique peut déclencher son activité : naissance éventuelle de nouveaux potentiels d'action

Méthode

Citez le schéma pour l'associer explicitement à l'explication demandée et pas comme un simple schéma de cours plaqué artificiellement.

Astuce du prof

Les potentiels d'action sont des mécanismes électriques que vous pouvez préciser. Vous appuyez cette connaissance sur l'utilisation de microélectrodes.

Gagnez des points !

N'oubliez pas l'intégration des messages par le neurone moteur, qui est un autre mécanisme permettant de moduler l'intensité du mouvement !

Méthode

Guidez votre correcteur en justifiant vos choix.

Comprendre le corrigé

Si vous y pensez, appuyez vos connaissances sur des observations – ce que vous avez fait en classe comme tout bon scientifique !

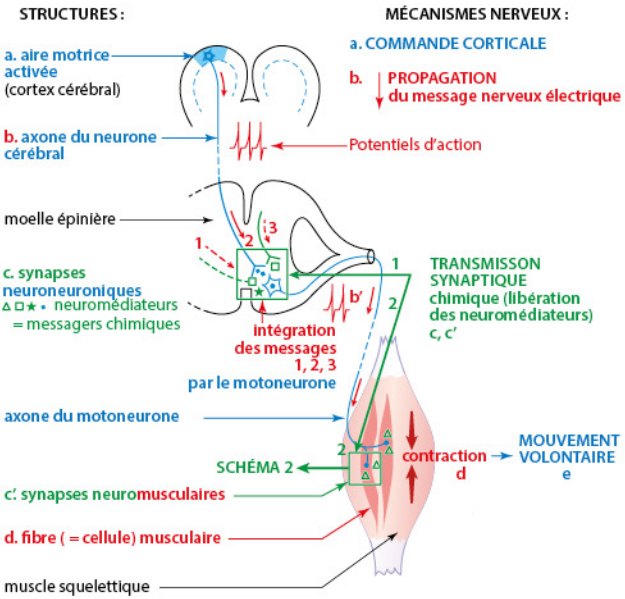


Schéma 1 : Mécanismes (propagation et transmission des messages nerveux) aboutissant à un mouvement volontaire (étapes a, b, b', c, c', d, e)

nerveux pour les neurones postsynaptiques ou, s'il s'agit d'une fibre musculaire, naissance de potentiels d'action musculaires et contraction. C'est ce deuxième exemple qui est illustré sur le schéma 2 et qui permet d'expliquer le fonctionnement de la synapse neuromusculaire et la contraction (volontaire) de la fibre musculaire qui nous sont demandés.

On peut noter que la quantité de neurotransmetteur libéré augmente avec la fréquence des potentiels d'action. Le message nerveux transmis est de nature chimique et codé en concentration du neurotransmetteur.

Méthode

Ne paraphrasez pas le schéma. Dégagez simplement les caractéristiques et l'efficacité du mécanisme de la transmission synaptique.

Conclusion

Grâce aux propriétés des membranes des neurones et cellules musculaires mis en jeu, la propagation de messages nerveux électriques (trains de potentiels d'action) et la transmission synaptique chimique (libération de neurotransmetteur) assurent de façon performante (rapidité, modulation) la motricité volontaire.

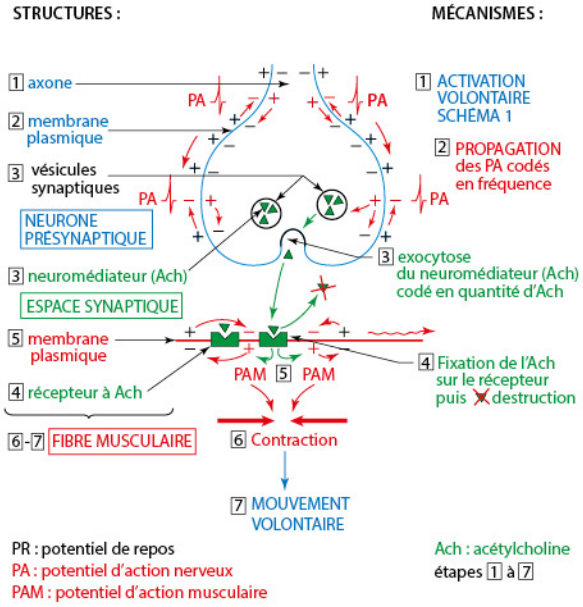


Schéma 2 : Mécanismes nerveux intervenant dans le fonctionnement de la synapse neuromusculaire

Comprendre le corrigé

Notez que la conclusion n'est jamais une reprise de l'introduction, remplaçant la forme interrogative par une forme affirmative. Des connaissances (potentiels d'action, neurotransmetteur, rapidité, modulation…) sont apportées.

Le cerveau, un organe fragile à préserver

Faire le point

L'essentiel

1 La plasticité cérébrale des synapses

- Au sein d'une synapse du cortex cérébral, le neurone présynaptique peut provoquer **l'activation du neurone postsynaptique de façon répétée et persistante.** On observe alors des changements dans la croissance des dendrites. **Ainsi, certaines synapses deviennent plus nombreuses et actives, d'autres moins actives : c'est la plasticité cérébrale,** qui permet l'adaptation des réponses comportementales. Ce que l'on appelle couramment **l'apprentissage est ainsi matérialisé par de nouvelles connexions.**
- Cette plasticité permet aussi la **récupération** de la fonction cérébrale après un accident vasculaire cérébral (AVC).

2 Les neurotransmetteurs endogènes modulent les messages nerveux

- Les aires corticales communiquent entre elles par des voies neuronales. En se fixant sur des récepteurs spécifiques, **les neurotransmetteurs libérés modulent (activent ou inhibent) la fréquence des PA des messages nerveux postsynaptiques.**

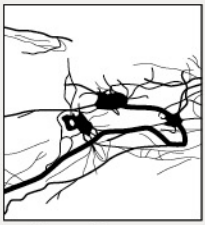
3 Les drogues exogènes perturbent les messages nerveux

- La prise de **substances exogènes (alcool, drogues…)** peut perturber le **fonctionnement des synapses** en les activant, les modérant, les bloquant…
- Conséquences néfastes : la vie sociale, l'apprentissage, la santé sont affectés. Des **comportements addictifs** impliquant le dérèglement du système de récompense peuvent aussi apparaître.

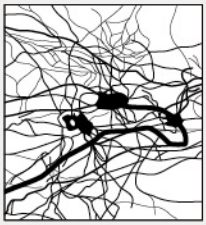
LEXIQUE

- **plasticité cérébrale :** capacité du cerveau à créer, défaire ou réorganiser les réseaux de neurones et les connexions synaptiques.
- **neurotransmetteur :** messager chimique libéré dans les synapses. Ces molécules fabriquées par l'organisme sont dites « endogènes ».

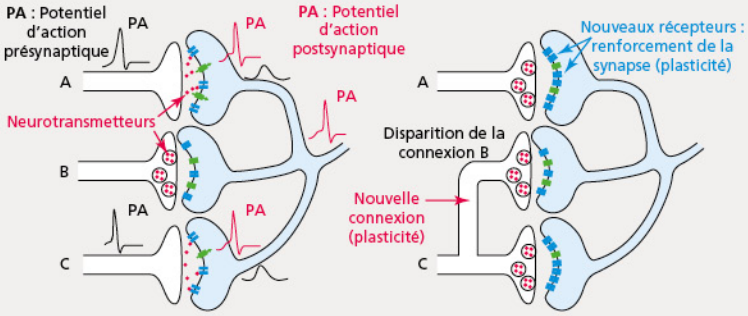
Schéma bilan



Réseaux de neurones **avant** l'apprentissage



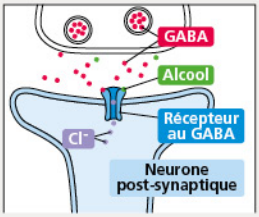
Réseaux de neurones **après 2 mois** de stimulation cognitive



Apprentissage : activation répétée de A et C. B non sollicité.

Résultat : l'apprentissage exemple de **plasticité cérébrale (nouvelles connexions synaptiques).**

L'alcool se fixe sur le récepteur au GABA et accentue le rôle atténuateur du GABA.



Les substances exogènes (alcool, drogues) perturbent les messages nerveux. Ils altèrent ainsi les communications nerveuses et diminuent les capacités motrices et intellectuelles.

En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- le développement des aires corticales ou d'un réseau de neurones avant et après un apprentissage. ☐
- l'activité des aires corticales avant, pendant et après un AVC les affectant. ☐
- les modes d'action d'une synapse avant ou après l'action d'une drogue exogène. ☐
- la forme moléculaire des neurotransmetteurs et celle de certaines drogues exogènes. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 243

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. L'imagerie fonctionnelle permet d'observer :

- ☐ **a.** les aires corticales stimulées lors d'une activité.
- ☐ **b.** la libération des neurotransmetteurs.
- ☐ **c.** la circulation du message nerveux entre les aires corticales du cerveau.

2. La plasticité cérébrale repose sur :

- ☐ **a.** l'apparition de nouveaux neurones.
- ☐ **b.** l'apparition de nouvelles connexions synaptiques.
- ☐ **c.** l'activation de circuits de neurones préexistants.
- ☐ **d.** une modification de l'information génétique.

3. La plasticité cérébrale :

- ☐ **a.** joue un rôle dans l'apprentissage.
- ☐ **b.** permet de compenser des pertes de fonction liées à des lésions cérébrales.
- ☐ **c.** traduit une adaptation rapide et irréversible du cortex cérébral.
- ☐ **d.** ne peut pas être mise en évidence par l'imagerie fonctionnelle.

4. Une drogue qui se fixe sur les récepteurs :

- ☐ **a.** empêche la destruction du neurotransmetteur dans la fente synaptique.
- ☐ **b.** empêche la fixation du neurotransmetteur sur les récepteurs.
- ☐ **c.** présente des analogies moléculaires avec le neurotransmetteur.

Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

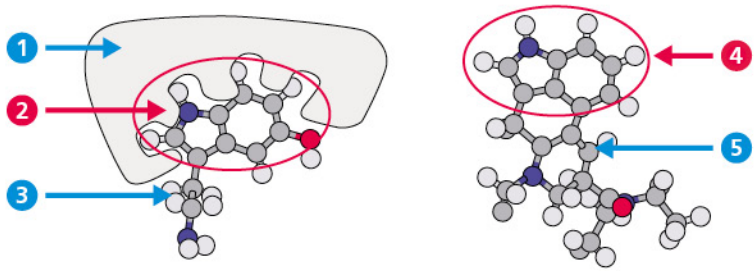
Dépendance •	• Rupture ou destruction subite d'un vaisseau sanguin cérébral par un caillot bloquant l'apport d'O_2 aux neurones.
Plasticité cérébrale •	• Consommation excessive d'une substance, en dépit des conséquences néfastes.
Addiction •	• État de souffrance à l'arrêt brusque de la consommation.
AVC •	• Réorganisation des réseaux de neurones et des connexions synaptiques.

Expliquer par une image

Légender et ajouter un titre.

On a identifié le neurotransmetteur naturel impliqué dans la communication entre les neurones des voies visuelles. Il s'agit d'une molécule dont le nom est « sérotonine » et que l'on a représentée ci-dessous, fixée à son récepteur neuronal. Par ailleurs, on connaît une drogue, le LSD, caractérisée par une puissante action hallucinogène. Il provoque des visions artificielles ou des altérations de la perception visuelle.

› À partir du document et de vos connaissances, complétez les légendes 1 à 5 et proposez un titre en veillant à associer structures et fonctions.



Vers le sujet de BAC

DOC. Le principal neurotransmetteur émis dans le circuit de la récompense est la dopamine

L'alcool et la nicotine de la cigarette sont impliqués, comme tout produit générateur de dépendance, dans l'augmentation de la libération de dopamine ; ils stimulent l'activité des neurones à dopamine.

La cocaïne (mais aussi l'ecstasy et les amphétamines) agit en empêchant la recapture de la dopamine au niveau des synapses.

› En utilisant le document, expliquez, en quelques phrases bien articulées entre elles, comment certaines drogues perturbent le circuit de la récompense et peuvent conduire à la dépendance.

Aide

La suppression d'un effet modérateur peut avoir une action activatrice (– × – = +).

Sujet guidé

Sujet 14 D'après France métropolitaine, sept. 2015 — 8 pts — 1h50

Pratique du raisonnement scientifique

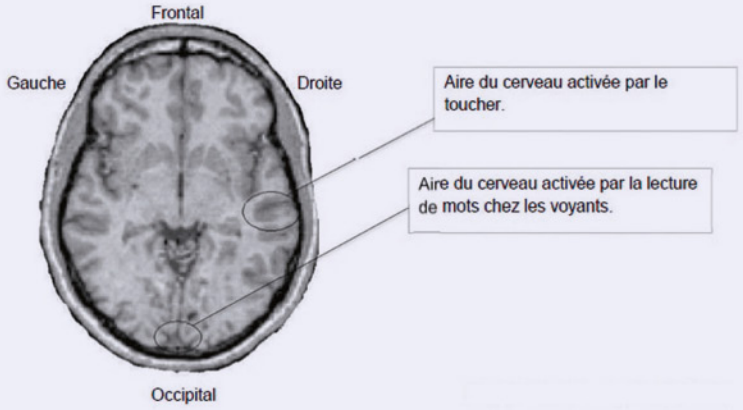
Le cortex, partie la plus externe du cerveau, se caractérise, entre autres, par sa plasticité. Certaines aires semblent dédiées à l'accomplissement de tâches définies. Dans le cas de la lecture, on parle des aires cérébrales de la lecture, visibles dans le document 1.

› Montrez que, même si l'aire impliquée dans la reconnaissance des mots a toujours la même localisation, il existe une plasticité fonctionnelle.

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

DOC. 1 Les aires impliquées dans la lecture

Lors de la lecture, certaines aires du cerveau sont spécifiquement activées. Le toucher en active d'autres.



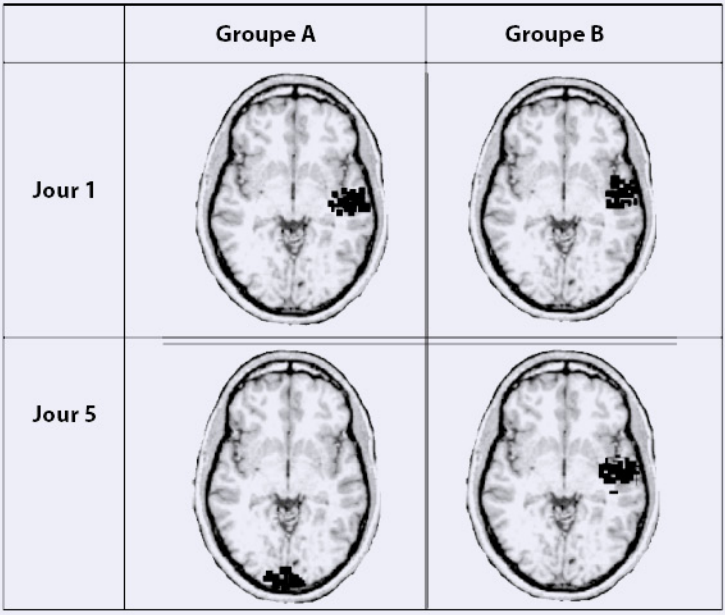
D'après MERABET *et al.*, *PLOS ONE*, 2008.

DOC. 2A Protocole expérimental

Deux groupes de sujets ont été utilisés pour une expérience portant sur la lecture. Toutes les personnes participantes sont voyantes et savent lire. Un groupe a les yeux entièrement masqués durant les cinq jours de l'expérience (groupe A), l'autre non (groupe B). Les deux groupes de personnes sont immergés dans un programme de stimulation tactile, incluant une éducation intensive de la lecture en braille (lecture basée sur le toucher des doigts).

Des IRM fonctionnelles (IRMf) ont été réalisées au jour 1 et au jour 5 de cette expérience, pendant un exercice de lecture en braille pour les deux groupes.

DOC. 2B Résultats des IRMf réalisées sur les deux groupes de sujets



D'après MERABET *et al.*, *PLOS ONE*, 2008.

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

• La comparaison des **aires motrices** de plusieurs individus montre des différences qui s'acquièrent au cours du développement et au cours des **répétitions** de comportement liées à l'**apprentissage** et à l'entraînement. On parle de **plasticité cérébrale**, qui se matérialise par la création et le renforcement de nouvelles **connexions synaptiques**.

Méthode

• Dans les données documentaires, repérez ce qui d'une part se rapporte à la localisation d'une aire cérébrale spécifique de la reconnaissance des mots, et ce qui d'autre part témoigne d'une plasticité cérébrale.

• Pour cela, surlignez de deux couleurs différentes.

Bien comprendre la question

Les mots-clés

• Vous devez traduire le mot « plasticité fonctionnelle » comme un changement (plasticité), non pas dans la localisation des aires étudiées dans cette étude, mais dans leur mise en œuvre fonctionnelle (lecture par toucher ou par vision).

Exploiter les documents

• **DOC. 1 :** c'est un document de comparaison pour l'interprétation de l'expérience du document 2.

• **DOC. 2A :** notez les données expérimentales se rapportant à l'un ou l'autre des deux aspects de la question posée.

• **DOC. 2B :** comparez judicieusement les lignes et/ou les colonnes du tableau, suivant que vous voulez répondre à l'un ou l'autre des deux aspects de la question posée.

Méthode

La plasticité suppose un apprentissage, donc de comparer non seulement les deux colonnes (conditions expérimentales à distinguer), mais aussi les deux lignes qui montrent le changement observable en 5 jours « d'immersion », c'est-à-dire d'intense entraînement.

Les pièges à éviter

• Ne vous contentez pas de décrire les documents pour localiser des aires actives. On attend aussi de vous un raisonnement rigoureux de comparaison des données pour expliquer le changement fonctionnel demandé (la plasticité).

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

Les deux aspects de la question – la localisation d'une aire cérébrale spécifique de la reconnaissance des

mots et la mise en évidence d'une plasticité fonctionnelle cérébrale – seront évoqués successivement.

I – Localisation d'une aire cérébrale spécifique de la reconnaissance des mots

II – Mise en évidence d'une plasticité fonctionnelle cérébrale

Dans cette deuxième partie, votre démarche s'appuiera sur l'analyse rigoureuse des changements observés au cours des cinq jours de l'expérience, changements qui témoignent d'une plasticité.

CORRIGÉ 14

Comprendre le corrigé

Introduction

Chez l'homme, la stimulation tactile et la lecture des mots activent certaines aires du cerveau. Une étude comparative de cette activité chez deux groupes d'individus peut permettre de préciser l'universalité de localisation de l'aire impliquée dans la reconnaissance des mots, tout en montrant l'acquisition possible de nouvelles associations fonctionnelles lorsque les conditions d'apprentissage changent (plasticité cérébrale ou fonctionnelle).

Introduction
Vous devez absolument associer les données des deux documents pour pouvoir réaliser la généralisation demandée (« **toujours** la même localisation »).

I – Localisation d'une aire cérébrale spécifique de la reconnaissance des mots

Le document 1 nous renseigne sur une localisation spécifique de l'aire impliquée lors de la lecture de mots chez les voyants. Elle est située dans la région occipitale du cerveau.

Sur le document 2B, on constate que cette zone occipitale est également activée chez des voyants sachant lire et dont les yeux ont été bandés pendant cinq jours (d'après document 2A). Ces voyants aux yeux bandés ont ensuite été soumis à un exercice de « lecture » (en braille) auquel ils ont été préalablement entraînés.

On peut alors penser que dans ce deuxième cas un peu particulier, il y a à nouveau la mise en évidence d'une activité de reconnaissance des mots spécifique et localisée dans cette aire occipitale.

Comprendre le corrigé
Dans cette première partie, il est préférable et prudent de ne pas interférer avec le caractère tactile de l'apprentissage. Ce point sera réservé à la question sur la plasticité, dans la partie II.

II – Mise en évidence d'une plasticité fonctionnelle cérébrale

On soumet des individus voyants sachant lire, dont les yeux ont été bandés, à un programme de stimulation tactile et d'éducation à la lecture tactile en braille (doc. 2A). Le document 2B montre qu'au jour 1, un test de lecture en braille active la région temporale droite (main gauche ?). Et cela pour les deux groupes d'individus voyants sachant lire, que les yeux soient bandés (A) ou non (B). Cette région est en effet identifiée chez l'homme comme l'aire du cerveau activée par le toucher (doc. 1). À ce stade précoce, il n'y a pas d'activation de l'aire du cerveau activée par la lecture.

Méthode
Pensez à faire référence au document 1.

Mais si l'on compare ces résultats avec ceux du même test de lecture 5 jours plus tard, on constate que la région occipitale de reconnaissance (visuelle) des mots est activée chez le seul groupe A aux yeux bandés pendant 5 jours.

Pourtant, les yeux étant en permanence bandés, aucune stimulation visuelle directe n'a pu entraîner une activité de l'aire occipitale (visuelle) de reconnaissance des mots.

Comprendre le corrigé
Vous devez absolument mentionner ce maillon du raisonnement (l'absence de stimulation visuelle), qui permet de montrer que le cerveau a créé de nouvelles associations vers l'aire occipitale.

C'est donc à partir de l'activation tactile que cette aire occipitale a été activée. Des connexions cérébrales aboutissant à l'aire occipitale, non encore opérationnelles au jour 1, ont été progressivement recrutées par apprentissage entre le jour 2 et le jour 5. C'est la plasticité fonctionnelle du cerveau qui est ainsi mise en évidence.

Gagnez des points !
Définissez bien la plasticité comme un changement dans les connexions neuroniques, et comme progressive (répétitions nécessaires en 5 jours d'apprentissage) !

On peut remarquer, sur le document 2B, que cette plasticité n'apparaît pas chez le groupe B sans bandeau, soumis au même programme.

On peut remarquer aussi qu'au jour 5, malgré un test tactile, le groupe A « ne montre pas » d'activation de la zone temporale droite du toucher, alors qu'elle est encore présente dans le groupe B, pour un même programme d'apprentissage. Cette constatation (surprenante ?) est peut-être due à « un traitement » soustractif préalable des images d'IRMf.

Méthode
Lorsque vous constatez une donnée surprenante, restez très prudent (le « peut-être » puis l'utilisation des « guillemets »). Ou n'en parlez pas.

Conclusion

Une aire impliquée dans la reconnaissance des mots existe dans la région occipitale chez tous les voyants ayant appris par reconnaissance visuelle (doc. 1), comme chez les voyants aux yeux bandés apprenant le braille, qui est une lecture basée sur le toucher des doigts (doc. 2).

Dans ce cas, en plus de l'activation des aires temporales du toucher (doc. 2), des connexions cérébrales aboutissant à l'aire occipitale de reconnaissance des mots sont progressivement recrutées lors de l'apprentissage tactile. C'est la plasticité fonctionnelle cérébrale.

Méthode

Les deux paragraphes correspondent aux deux questions posées (localisation et plasticité).

La cellule musculaire : une structure spécialisée permettant son propre raccourcissement

Faire le point

L'essentiel

1 Des cellules spécialisées contractiles et excitables

• Le muscle est un ensemble de **cellules musculaires** géantes et parallèles :

– qui sont **excitées** (potentiel d'action musculaire) et déversent alors des ions calcium du réticulum sarcoplasmique dans le cytosol cellulaire ;

– et ainsi se **raccourcissent** : c'est la **contraction** musculaire qui permet alors le **mouvement** des deux os auxquels ils sont reliés.

2 Le sarcomère est l'unité de contraction de la cellule musculaire

• Dans la cellule musculaire dite striée, les « stries » révèlent la présence **d'unités de contraction – les sarcomères** – dont l'assemblage constitue une **myofibrille**.

• Chaque sarcomère est constitué de **myofilaments protéiques d'actine et de myosine** imbriqués les uns dans les autres. Le **coulissage** de ces myofilaments permet le raccourcissement de chaque sarcomère, donc le **raccourcissement** de la cellule de 30 %. Cela est rendu possible par l'attachement temporaire actine/myosine et le pivotement des têtes de myosine qui font coulisser l'actine.

• L'hydrolyse de l'ATP par la myosine fournit l'énergie nécessaire.

3 Une continuité mécanique entre le cytosquelette et la matrice extracellulaire est nécessaire

• Cette continuité est obtenue par une protéine, la dystrophine, qui se fixe aux filaments d'actine du cytosquelette et s'attache au collagène extracellulaire.

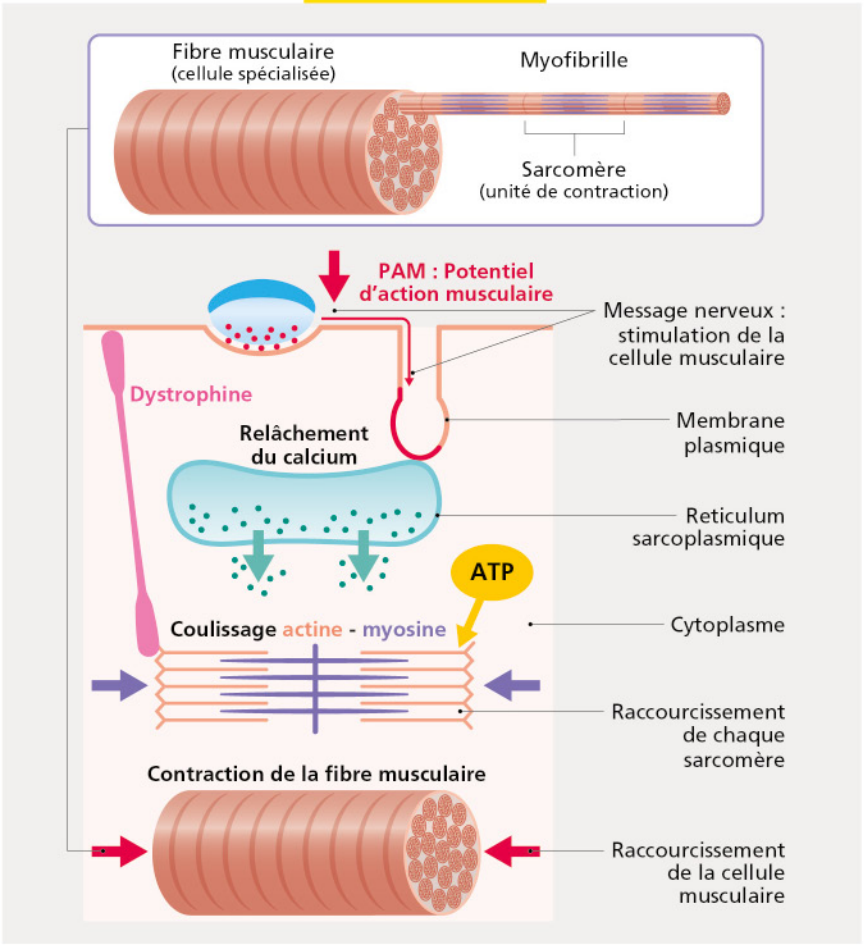
• Dans certaines **myopathies**, les mutations à l'origine de l'absence de dystrophine rompent cette continuité et entraînent une paralysie progressive.

LEXIQUE

• **ATP** : énergie chimique directement utilisable pour l'activité cellulaire.

• **sarcomère** : unité de la myofibrille musculaire, à la fois structurale (myofilaments d'actine et myosine imbriqués, entre deux stries Z) et fonctionnelle (coulissante et donc contractile).

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut se représenter visuellement :**

- les échelles du vivant par tailles décroissantes : muscle contenant des cellules (= fibres) musculaires, contenant des myofibrilles, contenant des myofilaments d'actine et myosine. ☐
- la notion de cellule eucaryote spécialisée contractile et excitable… ☐
- …grâce aux protéines qui la constituent (interactions actine – myosine et ouverture de canaux calciques). ☐
- le lien structure/fonction du sarcomère (coulissage des myofilaments = raccourcissement). ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 244

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Les cellules allongées et contractiles présentes dans les muscles sont appelées :

- ☐ **a.** des myofilaments.
- ☐ **b.** des myofibrilles.
- ☐ **c.** des fibres musculaires.

2. Le sarcomère :

- ☐ **a.** peut mesurer plusieurs centimètres de longueur.
- ☐ **b.** est une unité de contraction.
- ☐ **c.** possède une alternance de bandes claires constituées d'actine et de bandes sombres constituées de myosine.
- ☐ **d.** contient, lorsqu'il est contracté, des filaments d'actine liés par leurs extrémités.

3. La contraction de la cellule musculaire est permise :

- ☐ **a.** par le raccourcissement des filaments d'actine.
- ☐ **b.** par le coulissage des filaments d'actine et de myosine.
- ☐ **c.** par l'hydrolyse de l'ATP par l'actine.
- ☐ **d.** par la libération d'ions calcium.

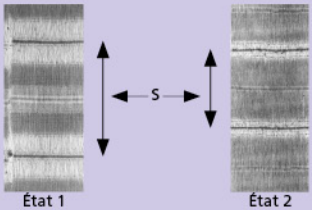
4. Dans certaines myopathies, on observe :

- ☐ **a.** la dégénérescence du tissu musculaire.
- ☐ **b.** une paralysie progressive.
- ☐ **c.** l'absence de liaison temporaire entre actine et myosine.
- ☐ **d.** l'absence de liaison entre les protéines du cytosquelette et des protéines de la matrice extracellulaire.

Expliquer par une image *Légender et ajouter un titre.*

La structure S est observée dans une cellule musculaire dans deux états, notés 1 et 2 (MET × 50 000).

› Inscrivez des légendes qui précisent les mécanismes responsables du changement d'état et proposez un titre pour chacun de ces états. Vous pouvez utiliser des flèches et repasser sur ces images les deux types de filaments par des traits rouges et bleus.

Légendes état 1		Légendes état 2
		
Titre état 1 :		Titre état 2 :

Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

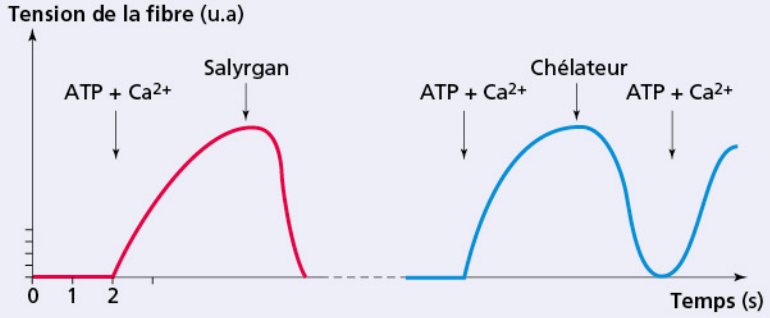
Myosine	• Réseau interne de filaments constitué de protéines reliées telles que les filaments d'actine et de myosine.
Matrice extracellulaire	• Association de macromolécules assurant la cohésion des cellules d'un tissu.
Actine	• Protéine globulaire polymérisée en myofilaments fins.
Myofibrilles	• Protéine dont la tête hydrolyse l'ATP, formant des myofilaments épais.
Cytosquelette	• Association des myofilaments d'actine et myosine contenus dans la cellule ou fibre musculaire.

Vers le sujet de BAC

Des fibres musculaires isolées sont placées dans un liquide physiologique. On ajoute successivement diverses associations de substances et on mesure la tension de la fibre musculaire (voir document).

› Indiquez les conditions de la contraction qui sont ainsi mises en évidence.

DOC.



Le salyrgan est une substance qui bloque l'hydrolyse de l'ATP.

Un chélateur du calcium est une substance qui fixe les ions calcium et bloque ainsi leur action.

Sujet guidé

SUJET 15 Sujet inédit — 7 pts — 1h40

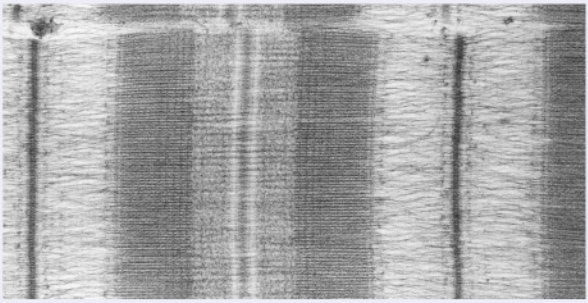
Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté

À l'aide de vos connaissances, exposez les mécanismes de la contraction de la fibre musculaire, jusqu'au niveau structural présenté par le document, en soulignant les relations entre structures et fonctions.

Le document fourni est conçu comme une aide. Vous illustrerez votre exposé en réalisant un schéma soigneusement annoté, représentant les changements structuraux qui permettent la contraction.

Vous rédigerez un exposé structuré. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences et des observations.

DOC. Portion de coupe longitudinale d'une fibre d'un muscle strié au repos (MET × 40 000)



PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- La contraction musculaire est réalisée par des cellules spécialisées contractiles et excitables.

- Le sarcomère est l'unité de contraction de la cellule musculaire.
- Chaque sarcomère est constitué de myofilaments protéiques qui peuvent coulisser.
- Ce mécanisme consomme de l'ATP.

Bien comprendre la question

- **Les limites :** le schéma doit se limiter aux changements structuraux, c'est-à-dire visibles. Mais le sujet doit aussi traiter les autres aspects de cette cellule qui se contracte suite à une excitation.
- Vous devez donc éviter le hors sujet avec des développements détaillés sur la synapse neuro-musculaire et le métabolisme énergétique.
- **La problématique :** elle est clairement donnée : il vous faut montrer les relations structures/fonctions, de l'échelle cellulaire à l'échelle moléculaire.

Méthode
Le schéma est une aide pour fournir des exemples et préciser un point délicat. Cependant, le sujet traite généralement un domaine plus large que celui illustré par le document d'aide.

Exploiter le document

- Vous reconnaissez le sarcomère. Vous devez l'utiliser en le situant dans la cellule musculaire et sous son aspect structure/fonction.

Choisir des expériences, des observations, des exemples pour argumenter

- Pensez à mentionner des expériences de micro-injection d'acétylcholine, de calcium ou d'ATP pour préciser le fonctionnement des différentes structures cellulaires lors de la contraction.

Les pièges à éviter

- Ne récitez pas votre cours sur la contraction musculaire, mais insistez sur le fonctionnement des structures particulières répertoriées qui caractérisent cette cellule spécialisée.

Construire sa réponse

Les titres du plan témoignent de la problématique structure/fonction et suivent un fil conducteur chronologique.

I – La cellule musculaire est une structure excitable

II – Le sarcomère est une structure sous deux états, relâché et contracté

CORRIGÉ 15

Comprendre le corrigé

Introduction

La fibre musculaire est une cellule spécialisée dans la contraction. Le document montre, à un très fort grossissement (MET), une structure participant à cette contraction. Cette structure élémentaire et répétitive est appelée sarcomère.

Quelles sont les structures qui caractérisent la cellule musculaire spécialisée ? Comment ces structures permettent-elles le raccourcissement du sarcomère, donc la contraction cellulaire ?

Introduction
Il faut définir les termes. Certains ne sont présents dans la question que par l'expression « le niveau structural », ou illustrés par le document, ou encore suggérés par l'indice du grossissement. Le mot sarcomère doit donc être indiqué, d'autant que c'est la structure clé de votre cours.

I – La cellule musculaire est une structure excitable

La membrane plasmique de la cellule musculaire est une structure possédant des récepteurs à acétylcholine. Les potentiels enregistrés par des microélectrodes, implantées dans la membrane d'une fibre musculaire isolée, témoignent de l'excitabilité cellulaire suite à une micro-injection d'acétylcholine. Il y a fixation de ce neurotransmetteur libéré dans la synapse neuromusculaire et naissance d'un potentiel d'action, qui est propageable sur cette membrane particulière. La cellule musculaire est une cellule excitable.

Comprendre le corrigé
C'est comme structures fonctionnelles que la membrane plasmique et les récepteurs sont évoqués.

II – Le sarcomère est une structure sous deux états, relâché et contracté

Sur le document, on voit que les myofilaments visibles sont situés dans le cytosol. On observe en effet une alternance de « stries » ou disques ou bandes sombres et claires : la cellule musculaire est dite « striée ». Sur le schéma, on a représenté une unité structurale et fonctionnelle : le sarcomère. Il est constitué d'un disque sombre encadré par deux demi-disques clairs, entre deux stries Z transversales (donc verticales sur le document). On observe que chaque sarcomère est constitué de myofilaments, filaments fins d'actine et filaments épais de myosine, imbriqués les uns dans les autres. Actine et myosine sont des protéines.

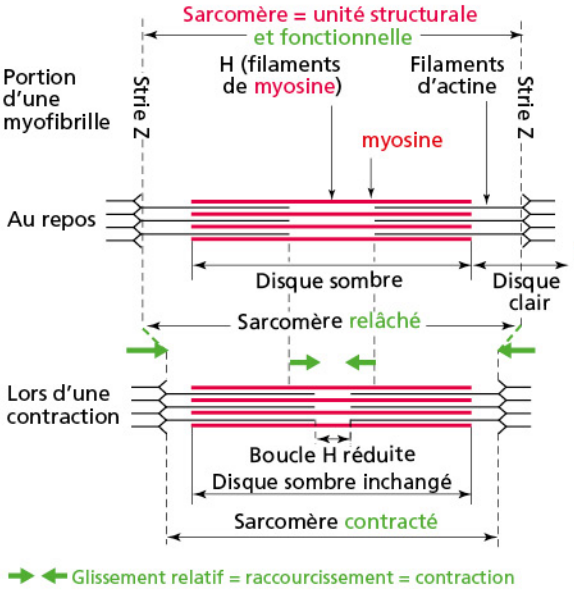
Astuce du prof
Ne vous contentez pas de réciter votre cours : appuyez-vous sur l'observation du document et sur la représentation schématique que vous avez réalisée.

Des micro-injections de calcium ou d'ATP dans des fibres musculaires isolées permettent de préciser le fonctionnement des différentes structures.

Comprendre le corrigé
L'ATP n'est évoqué que comme molécule participant, au niveau moléculaire demandé, au pivotement et donc à la contraction. Respiration et fermentation ne sont pas développées (comparez avec le sujet guidé suivant, p. 190).

Le calcium permet la fixation d'un complexe ATP-myosine sur une molécule d'actine. Il y a alors hydrolyse de l'ATP, et glissement relatif de ces myofilaments. L'ATP hydrolysé par la myosine fournit l'énergie nécessaire à la contraction.

Les changements structuraux du sarcomère : le glissement relatif des myofilaments qui permet la contraction



En effet, comme le montre le schéma, le disque sombre de myosine reste de longueur constante : les myofilaments ne se raccourcissent pas, ils coulissent. Ce glissement entraîne le **raccourcissement** de chaque sarcomère, donc de la cellule. Le sarcomère est une unité de contraction.

Conclusion

Le fonctionnement des éléments structuraux évoqués (membrane plasmique, réticulum) ou observés (myofilaments du sarcomère) explique que la cellule musculaire est à la fois excitable et contractile. Le point essentiel est le glissement relatif des myofilaments d'actine et de myosine, la fixation myosine-actine et l'hydrolyse de l'ATP, qui fournit l'énergie pour le raccourcissement des sarcomères.

Méthode

Il s'agit d'une explication de mécanismes, c'est-à-dire avec des relations de causes à effets, qu'il vous faudra souligner dans votre rédaction en employant les mots « donc », « alors », « en effet », « entraîne ».

Astuce du prof

Veillez à ce que vos schémas (grands et colorés) portent un titre et des légendes qui renvoient au libellé de la question. Ils ne doivent pas être un simple copier-coller de vos schémas de cours.

Origine de l'ATP nécessaire à la contraction de la cellule musculaire

Faire le point

L'essentiel

1 L'ATP est produit par dégradation et oxydation du glucose

- L'**ATP** est la forme **d'énergie chimique** qui, par hydrolyse, est **directement utilisable** pour l'activité de toutes les cellules. Il n'y a pas de stockage de l'ATP.
- Cela nécessite de l'énergie qui provient de **l'oxydation du glucose** par la **glycolyse**, dégradation incomplète du glucose (C_6) en deux acides pyruviques (C_3).
- Il y a formation de **2 ATP**. L'O_2 n'intervient pas (réaction **anaérobie**).

2 Les voies aérobie ou anaérobie

- En présence d'O_2 (**aérobiose**), l'acide pyruvique (C_3) subit dans de la **mitochondrie** une dégradation complète en 6 CO_2 : c'est le **cycle de Krebs** qui produit **2 ATP**.
- Puis, dans la membrane interne mitochondriale, il y a réduction d'O_2 en H_2O. Ces réactions produisent 32 ATP.

Bilan global de la respiration (rendement 40 %) :

(1) $\underline{C_6}H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 36\ (ADP + Pi) \rightarrow \underline{6\ C}O_2 + 6\ H_2O + 36\ ATP$

- En l'absence d'O_2 (anaérobiose) l'acide pyruvique produit de l'acide lactique (C_3).

Bilan global de la fermentation lactique (rendement 2 %) :

(2) $\underline{C_6}H_{12}O_6 + 2\ (ADP + Pi) \rightarrow 2$ acides lactiques $\underline{(C_3)} + 2\ ATP$

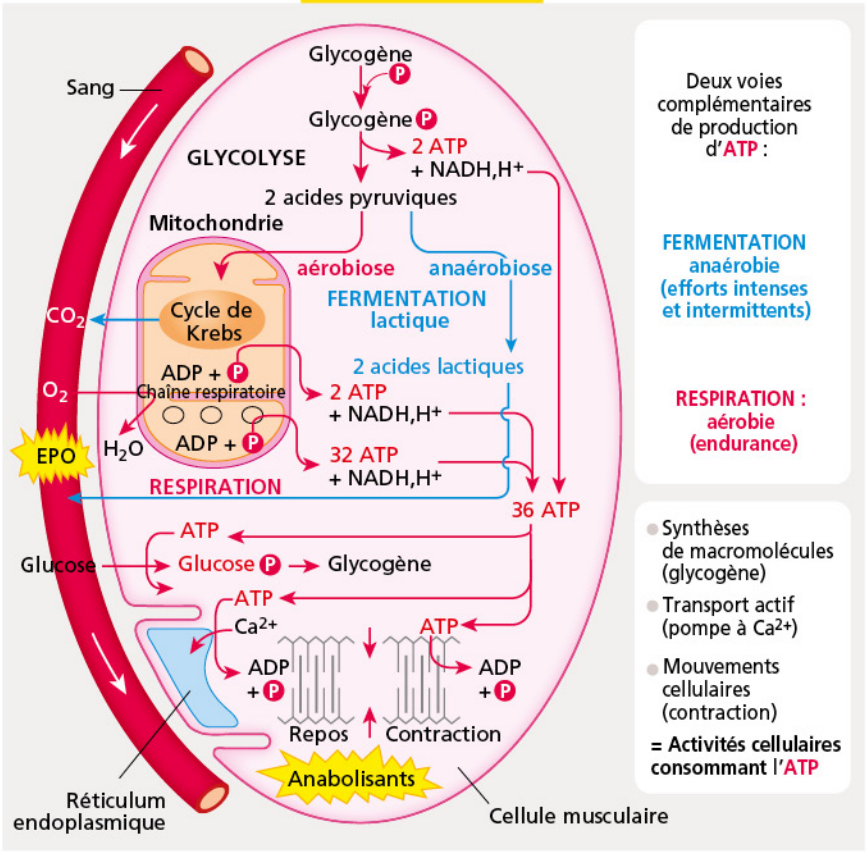
3 Le type d'effort à fournir, les produits dopants et leurs effets

- Suivant le type d'effort, on sollicitera la respiration aérobie (**endurance**) ou la fermentation anaérobie (efforts plus intenses mais **intermittents**).
- Des produits dopants exogènes et nocifs peuvent favoriser la prise de masse musculaire (anabolisants) et l'oxygénation (EPO) des cellules musculaires.

LEXIQUE

- **fermentation lactique** : dégradation incomplète du glucose sans O_2, avec production d'ATP et d'acides lactiques.
- **respiration cellulaire** : dégradation complète du glucose en présence d'O_2, avec production d'ATP.

Schéma bilan



Deux voies complémentaires de production d'**ATP** :

FERMENTATION anaérobie (efforts intenses et intermittents)

RESPIRATION : aérobie (endurance)

- Synthèses de macromolécules (glycogène)
- Transport actif (pompe à Ca^{2+})
- Mouvements cellulaires (contraction)

= Activités cellulaires consommant l'ATP

En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- l'ATP (forme d'énergie directement utilisable pour l'activité cellulaire) et une source d'énergie comme le glucose. ☐
- le métabolisme aérobie utilisant l'O_2 (respiration) et anaérobie n'utilisant pas l'O_2 (fermentation lactique). ☐
- les différentes étapes produisant de l'ATP (glycolyse, cycle de Krebs, chaîne respiratoire)… ☐
- … et leur localisation (hyaloplasme ou mitochondrie). ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 245

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. L'ATP :

- ☐ **a.** est une molécule organique.
- ☐ **b.** est produit au cours de la respiration et de la fermentation.
- ☐ **c.** est une réserve moléculaire d'énergie.
- ☐ **d.** libère par l'hydrolyse de l'énergie directement utilisable par la cellule.

2. L'équation $C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O$:

- ☐ **a.** est l'équation bilan de la respiration.
- ☐ **b.** correspond à des réactions se déroulant dans la mitochondrie.
- ☐ **c.** est une réaction d'oxydation.

3. Les mitochondries :

- ☐ **a.** possèdent un compartiment interne appelé matrice.
- ☐ **b.** possèdent des membranes internes riches en ATP synthases.
- ☐ **c.** sont un lieu de dégradation du glucose.
- ☐ **d.** sont présentes dans toutes les cellules du corps humain.

4. La dégradation du glucose en acide pyruvique dans le hyaloplasme :

- ☐ **a.** s'appelle la fermentation.
- ☐ **b.** produit du CO_2.
- ☐ **c.** produit de l'ATP.

Expliquer par une image

Légender et ajouter un titre.

L'image ci-dessous est celle d'un organite et est réalisée à partir d'une cellule musculaire (MET × 20 000).

› Proposez un titre et des légendes indiquant les structures cellulaires et les étapes du métabolisme aérobie s'y déroulant.

Termes à relier

Relier chaque notion à sa définition.

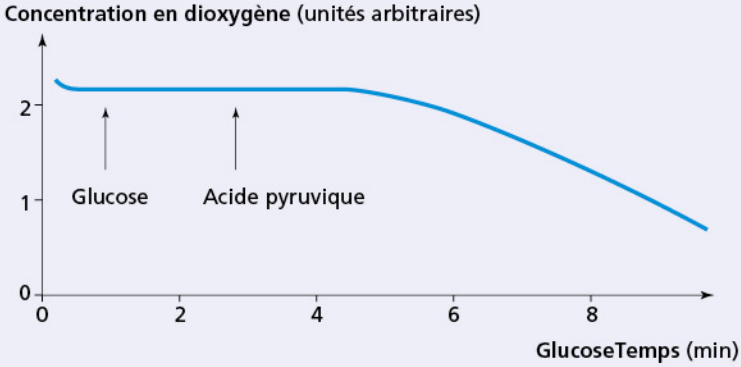
Chaîne respiratoire	• Énergie chimique directement utilisable pour l'activité cellulaire.
ATP	• Transporteur d'électrons et protons lors des réactions métaboliques d'oxydoréduction.
Cycle de Krebs	• Dégradation oxydative du glucose en acide pyruvique et NADH, H^+.
Composés réduits NADH, H^+	• Dégradation oxydative complète de l'acide pyruvique en CO_2 et NADH, H^+.
Glycolyse	• Oxydation des NADH, H^+ en H_2O en présence d'O_2.

Vers le sujet de BAC

On sait que l'ATP nécessaire aux activités cellulaires est produit par la dégradation et l'oxydation respiratoire du glucose. On isole des mitochondries de cellules de racines de carotte par centrifugation. Ces mitochondries sont ensuite placées dans une enceinte où l'on enregistre la concentration en O_2 au cours du temps et où sont ajoutées successivement une solution de glucose, puis d'acide pyruvique.

› À partir du document et de vos connaissances, précisez la participation de la mitochondrie à ce processus d'oxydation.

DOC.



D'après TS Liban 2008 et Nathan 2014, p. 164.

Sujet guidé

SUJET 16 Sujet inédit

7 pts 1h40

Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté

L'entraîneur d'une équipe de natation souhaite comprendre d'où vient l'énergie utilisée par les muscles lors des courses de 100 m et de 1 500 m, afin d'adapter ses séances d'entraînement.

Vous êtes chargé(e) d'expliquer à l'entraîneur d'où provient l'énergie utilisée par les cellules musculaires dans ces deux types de course. Vous devez lui rédiger un document explicatif. Situez les voies métaboliques 1 et 2 du document sur le schéma de la feuille annexe à rendre avec la copie.

Le document fourni est conçu comme une aide : il peut vous permettre d'illustrer votre exposé, mais son analyse n'est pas attendue.

Vous rédigerez un exposé structuré. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

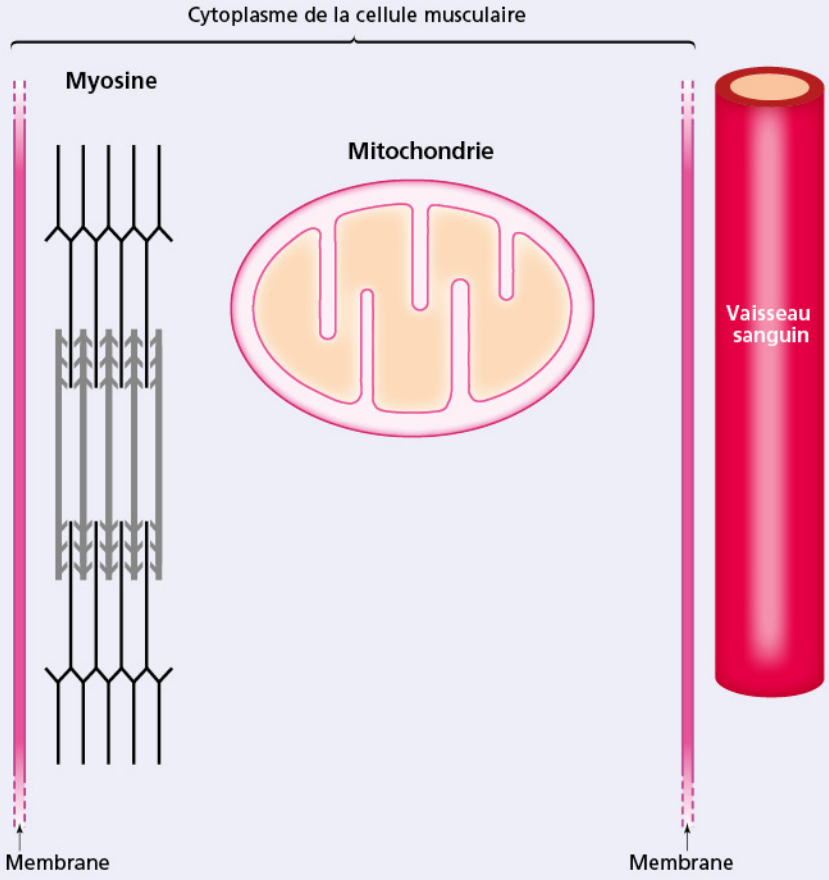
DOC. Contributions relatives de la voie aérobie et de la voie anaérobie lactique selon les types de course et selon les vitesses atteintes par des nageurs de niveau olympique

Distance de la course (en mètres)	Contribution relative en %	
	Voie 1 anaérobie lactique	Voie 2 aérobie
100	48	52
200	33	67
400	22	78
800	15	85
1 500	11	89

D'après lepape-info.com

Aux derniers Jeux olympiques d'été, le médaillé d'or du 1 500 m nage libre homme a mis 14 minutes 31 secondes pour parcourir la distance. Sa vitesse moyenne était donc de 103 m/min. Le médaillé d'or du 100 m nage libre homme a mis 47 secondes et 52 centièmes. Sa vitesse moyenne était donc de 125 m/min.

FEUILLE ANNEXE **Schéma d'une portion de cellule musculaire**



D'après svt.ac-dijon.fr

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- L'ATP, énergie utilisable de la cellule, provient de l'oxydation du glucose qui commence dans le hyaloplasme par la glycolyse.
- En présence d'O_2 (aérobiose), les oxydations se poursuivent dans la mitochondrie par une dégradation complète. Ces réactions produisent de l'ATP.
- En l'absence d'O_2 (anaérobiose), il y a production d'acide lactique, avec un rendement en ATP par glucose consommé plus faible qu'avec la respiration aérobie (2 % contre 40 %).
- Suivant le type d'effort, on sollicitera la respiration aérobie ou la fermentation anaérobie.

Méthode

Pour le biologiste, la vie est toujours l'association de structures (de l'écosystème aux systèmes moléculaires) qui sont en évolution et interactions permanentes (des relations entre espèces aux interactions moléculaires).

Bien comprendre la question

- **La problématique** : vous devez traduire la formule « d'où provient l'énergie ? » par « quelles molécules interviennent et quelles réactions chimiques sont mises en jeu (métabolisme) ? ». Le document vous rappelle que pour les deux types de course, ce sera une balance entre respiration aérobie et fermentation lactique anaérobie. Mais il vous faudra expliquer, et donc présenter les étapes qui s'enchaînent lors de ces métabolismes.
- **Les limites** : contrairement au sujet guidé précédent, on ne vous demande pas les mécanismes de contraction (énergie mécanique), mais l'énergie « utilisée » par les muscles. La contraction est donc hors sujet.

Au brouillon

En une minute, replacez sur votre brouillon (et à l'échelle) une simple « silhouette » de la mitochondrie et de la myofibrille. Vous pourrez alors, au crayon à papier, mettre en page les voies 1 et 2 en disposant les réactions chimiques avec des flèches… qui ne s'entremêlent pas trop ! Il ne restera qu'à reprendre sur la feuille annexe ces réactions fléchées avec des couleurs.

Exploiter les documents

- **DOC. :** sélectionnez les chiffres clés et la tendance de la complémentarité du métabolisme.
- **FEUILLE ANNEXE :** le schéma annexe vous indique qu'il faudra préciser la localisation des deux voies et évoquer les myofilaments d'actine et de myosine.

Choisir des expériences, des observations, des exemples pour argumenter

- Appuyez votre présentation des deux voies métaboliques sur des expériences de type injection d'ATP, de glucose, d'acide pyruvique… sur des fractions diverses de la cellule musculaire. Les observations et exemples seront tout naturellement extraits du document.

Au brouillon

Réalisez un tableau correspondant aux différentes parties de votre plan, et classez-y vos connaissances et les informations présentes dans les documents.

Les pièges à éviter

- Ne vous contentez pas de réciter votre cours sur les deux voies, aérobie et anaérobie. N'oubliez pas que le sujet vous conduit à les intégrer dans la problématique des deux types de course.

Construire sa réponse

On ne peut faire un plan uniquement par type de course, car chacune utilise les voies 1 et 2, qui doivent donc être exposées en début de devoir.

I – Les muscles du nageur utilisent l'énergie de l'hydrolyse de l'ATP

II – L'énergie sous forme d'ATP provient de l'oxydation du glucose

A. Par une « voie 1 » fermentaire, anaérobie lactique

B. Par une « voie 2 » respiratoire, aérobie

III – Contribution des voies anaérobie et aérobie dans les deux types de course

A. L'importance de la voie anaérobie pour le 100 m

B. La prépondérance de la voie aérobie pour le 1 500 m

CORRIGÉ 16

Comprendre le corrigé

Introduction

Quel que soit le type d'effort, le muscle a besoin d'une forme d'énergie chimique (l'ATP) qui, par hydrolyse, est directement utilisable pour la contraction musculaire. Cet ATP doit être régénéré en permanence. Or, l'origine de la synthèse d'ATP est l'oxydation du glucose provenant des aliments. Cette oxydation peut se faire avec ou sans O_2, en aérobiose ou anaérobiose. On expliquera les étapes de cette oxydation dans les deux voies, fermentaire lactique (1) et respiratoire (2), présentées sur le document, et on discutera leur contribution relative pour les deux types de course.

Introduction

Prenez soin de présenter les mots-clés qui soutiendront votre explication, qu'ils soient présents dans la question ou le document (aérobiose, anaérobiose, fermentation, respiration), ou sous-entendus (ATP). Le rôle des aliments et de l'effort sera bien compris de l'entraîneur.

I – Les muscles du nageur utilisent l'énergie de l'hydrolyse de l'ATP

Le schéma en annexe montre des myofilaments d'actine et de myosine imbriqués, constituants du sarcomère.

Si de l'ATP est mis en présence de tête de myosine et d'actine (en présence du calcium), on constate l'apparition ADP + Pi. Ce type d'expérience montre que l'ATP présent dans le hyaloplasme de la cellule musculaire se fixe sur une molécule de myosine, qui se fixe alors temporairement sur une molécule d'actine. Il s'en suit une hydrolyse de l'ATP, qui permet le pivotement de la tête de myosine et le glissement relatif de ces myofilaments. Cela entraîne le raccourcissement du sarcomère, c'est-à-dire la contraction du muscle. L'ATP hydrolysé par la myosine fournit ainsi l'énergie nécessaire à la contraction musculaire du nageur.

Attention

Ne développez surtout pas davantage les mécanismes de raccourcissement du centromère. On se limite strictement à la relation explicative entre l'énergie de l'hydrolyse de l'ATP et l'effort musculaire du nageur.

II – L'énergie sous forme d'ATP provient de l'oxydation du glucose

A. Par une « voie 1 » fermentaire, anaérobie lactique

L'oxydation du glucose commence dans le hyaloplasme (voir schéma complété p. 197) par la glycolyse, qui est une dégradation incomplète du glucose (C_6) en 2 acides pyruviques (C_3).

Il y a formation de 2 ATP.

Lexique

ATP (Adénosine triphosphate) : énergie chimique directement utilisable pour l'activité cellulaire.

L'acide pyruvique est alors dégradé en acide lactique (C_3). Le bilan global de la fermentation lactique peut alors s'écrire :

(1) $\underline{C_6}H_{12}O_6 + 2\ (ADP + Pi) \rightarrow 2$ acides lactiques $(\underline{C_3}) + 2\ ATP$

L'O_2 n'intervient pas : c'est une réaction anaérobie.

L'acide lactique est un déchet qui contient beaucoup d'énergie non exploitée.

B. Par une « voie 2 » respiratoire, aérobie

Si on expérimente sur une suspension de mitochondries isolées, on constate que l'injection de glucose ne provoque pas de consommation d'O_2, contrairement à l'injection d'acide pyruvique. On en déduit que c'est l'acide pyruvique (C_3) qui est oxydé et qui subit dans la matrice de la mitochondrie (voir schéma complété p. 197) une dégradation complète en 6 CO_2 : c'est le cycle de Krebs qui produit 2 ATP.

Puis, dans la membrane interne mitochondriale (voir schéma), la chaîne respiratoire poursuit l'oxydation grâce à l'utilisation d'O_2.

Ces réactions produisent 32 ATP. Le bilan global de la respiration peut alors s'écrire :

(2) $\underline{C_6}H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 36\ (ADP + Pi) \rightarrow \underline{6\ C}O_2 + 6\ H_{20} + 36\ ATP$

III – Contribution des voies anaérobie et aérobie dans les deux types de course

A. L'importance de la voie anaérobie pour le 100 m

Le document montre que l'effort est assez bref (moins d'une minute) et très intense par la vitesse atteinte. L'aérobiose a une place importante (voie 2 = 52 %), tout autant que les 48 % de la voie 1 de la fermentation lactique.

Cela peut s'expliquer par une connaissance partagée de tous : l'intensification de la ventilation pulmonaire et du rythme lors d'un effort intense est progressive. Or, d'après les connaissances sur l'origine de l'énergie exposée précédemment, le nageur peut aussi renouveler l'ATP consommé par une voie complémentaire anaérobie. De plus, nous avons vu que le rendement en ATP par glucose consommé est 18 fois plus faible dans l'équation bilan (1) qu'avec la respiration aérobie (2). L'effort

Lexique

Cycle de Krebs : dégradation oxydative complète de l'acide pyruvique en CO_2 et NADH, H^+.

Comprendre le corrigé

Pour la localisation des étapes, n'oubliez pas de faire référence au schéma.

Astuce du prof

Pensez à citer des chiffres. En bon scientifique, vous conforterez ainsi votre explication.

ne peut être prolongé, sauf à épuiser le glucose disponible (sous forme de glycogène).

L'entraîneur devra veiller à préparer le nageur en consolidant cette voie fermentaire lactique anaérobie par des efforts intenses inférieurs à 1 minute…

B. La prépondérance de la voie aérobie pour le 1 500 m

Le document montre que l'effort est long (près de 15 minutes) et moins intense par la vitesse atteinte, quoique soutenu. L'aérobiose a une place prépondérante (voie 2 = 89 %). La contribution relative de la voie 1 lactique anaérobie diminue alors au fur et à mesure que la ventilation et le débit cardiaque se sont intensifiés.

Le nageur parvient donc à renouveler l'ATP consommé par une voie aérobie présentée dans la partie I.

De plus, l'équation bilan (2) de la respiration montre que la synthèse d'ATP consomme 18 fois moins de glucose. L'effort pourra donc être prolongé pendant les 15 minutes du 1 500 m grâce aux réserves de glycogène.

L'entraînement devra préparer le nageur en consolidant cette voie respiratoire aérobie par des efforts prolongés mais d'intensité non maximale…

Comprendre le corrigé

Un petit conseil à l'entraîneur, même très bref. Il est censé lire votre document explicatif.

Conclusion

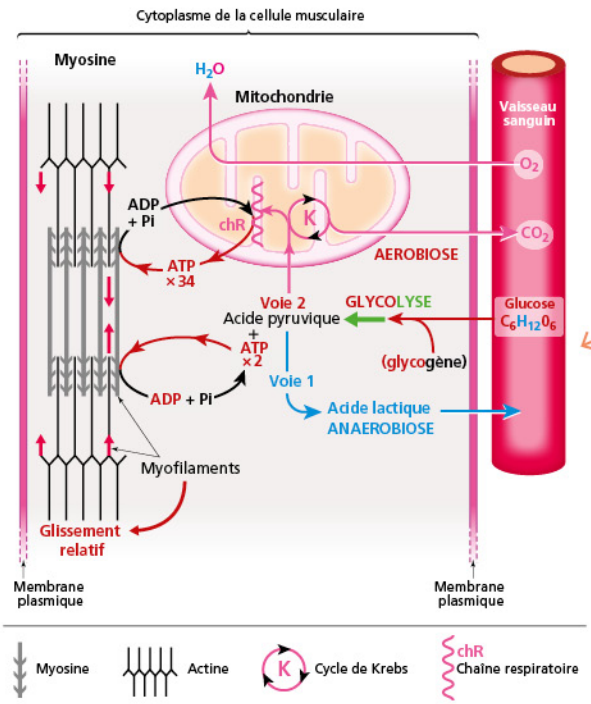
Nous avons montré l'origine de l'énergie, puisque l'énergie de la contraction est couplée à l'hydrolyse de l'ATP. La régénération de l'ATP est assurée par deux voies, respiratoire aérobie (2) et fermentaire lactique anaérobie (1), qui sont complémentaires. La localisation des voies est figurée sur le schéma ci-après.

On explique alors la prépondérance de la voie aérobie pour un effort prolongé (1 500 m) qui peut s'appuyer sur une oxygénation progressive des muscles et une consommation durable de glucose. Pour un effort plus bref et intense (100 m), la fermentation lactique anaérobie apportera un complément relatif d'ATP important, mais au prix d'une consommation de glucose plus élevée, compatible avec la brièveté de la course.

Comprendre le corrigé

Comparez la complémentarité de l'introduction et de la conclusion. L'une définit les termes et annonce la problématique, l'autre y répond en sélectionnant les données les plus éclairantes de votre développement.

Schéma d'une portion de cellule musculaire



Méthode

Un essai rapide au brouillon est recommandé. Pensez à donner un nom à chaque élément représenté. Pour plus de lisibilité, n'hésitez pas à utiliser de la couleur.

Le contrôle des flux de glucose, source essentielle d'énergie des cellules musculaires

Faire le point

L'essentiel

1 Les flux de glucose entre les organes

- Les cellules musculaires ont besoin de **glucose**, puisé dans le sang ou stocké sous forme de **glycogène** dans les **cellules musculaires et dans les cellules hépatiques**. Ces réserves servent à entretenir des flux de glucose entre les organes sources (intestin et foie) et les organes consommateurs (cerveau, muscles…).

2 Un système de régulation hormonale maintient la glycémie

- La **glycémie** est la **concentration de glucose dans le sang**. Elle est maintenue autour d'une valeur de 1 g/L par un **système de régulation hormonale** qui **s'oppose** aux perturbations causées par les repas ou par le jeûne.
- Ce système fait intervenir deux hormones sécrétées par les cellules α et β du pancréas endocrine, qui détectent les perturbations (capteur glucosensible).
- Après un repas, l'**insuline** sécrétée active l'entrée de glucose dans les cellules musculaires et hépatiques (cellules **effectrices** équipées de **récepteurs**) : c'est une **hormone hypoglycémiante**.
- À jeun, le **glucagon** sécrété active la sortie du glucose des cellules hépatiques : c'est une **hormone hyperglycémiante**.

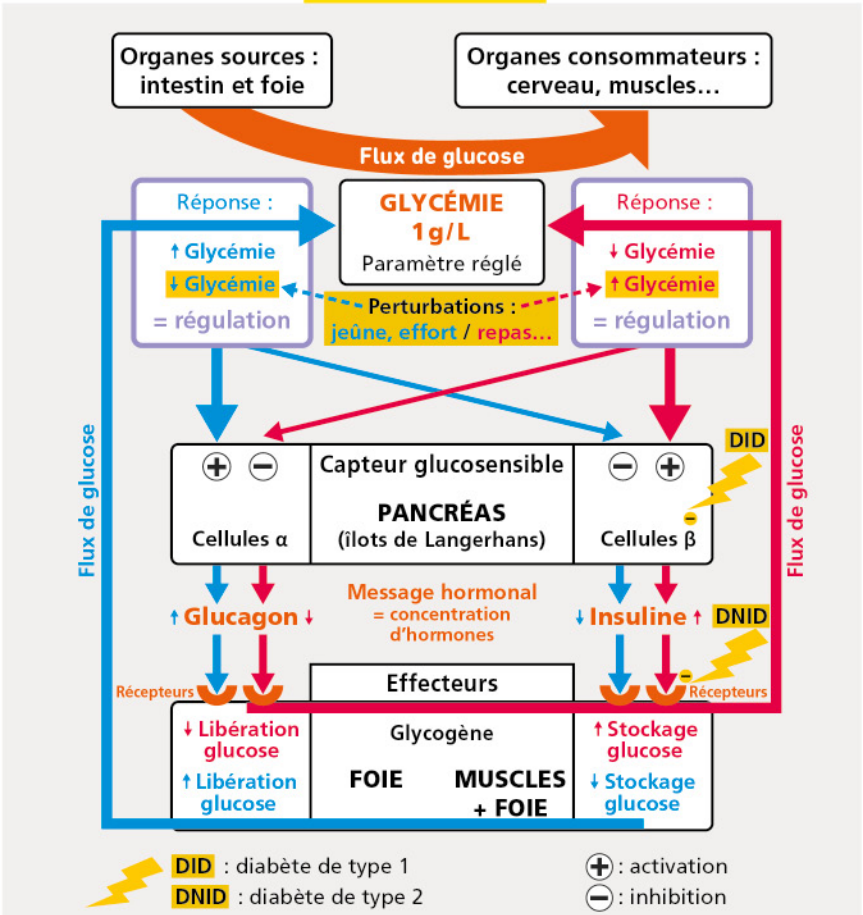
3 Les diabètes de types 1 et 2

- Les **diabètes** se caractérisent par une **hyperglycémie chronique**.
- L'origine du diabète de type 1 est l'absence de sécrétion d'insuline : il est insulinodépendant (noté DID).
- Pour le **diabète de type 2**, l'insuline est sécrétée (DNID). Il peut être dû à une perturbation de l'interaction insuline/**récepteurs** : il y a **insulinorésistance**.

LEXIQUE

- **système de régulation :** système constitué de **capteurs** glucosensibles, **d'effecteurs** corrigeant les écarts et de messagers **hormonaux** activateurs et inhibiteurs (insuline et glucagon).

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir que :**

- on parle de régulation quand une perturbation d'un paramètre comme la glycémie déclenche une réponse (régulatrice) qui s'oppose à cette perturbation. ☐
- le foie est le seul organe effecteur qui libère du glucose dans le sang (aidé des muscles pour le stockage). ☐
- le pancréas endocrine est à la fois le capteur et l'organe qui active (ou inhibe) les effecteurs par l'insuline hypoglycémiante et le glucagon hyperglycémiant. ☐
- le diabète 1 est dû à un défaut de production et le diabète 2 à un défaut de réception de l'insuline. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 246

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Le foie et le muscle :

- ☐ **a.** sont des effecteurs de la régulation glycémique.
- ☐ **b.** agissent sur la glycémie en libérant du glucose dans le sang.
- ☐ **c.** sont sensibles à l'insuline.
- ☐ **d.** sont sensibles au glucagon.

2. Le glucagon :

- ☐ **a.** augmente la glycolyse.
- ☐ **b.** est hyperglycémiant.
- ☐ **c.** augmente la glycogénolyse.

3. L'insuline :

- ☐ **a.** augmente la synthèse de glycogène seulement dans le foie.
- ☐ **b.** inhibe l'hydrolyse du glycogène hépatique.
- ☐ **c.** est hypoglycémiante.

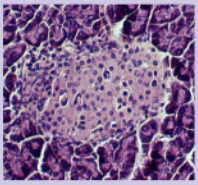
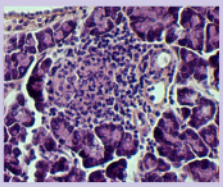
4. La sécrétion d'insuline :

- ☐ **a.** est effectuée par les effecteurs.
- ☐ **b.** diminue au moment des repas.
- ☐ **c.** dépend de capteurs pancréatiques glucosensibles.
- ☐ **d.** est observée chez les diabétiques de type 2.

Expliquer par une image *Légender et ajouter un titre.*

Coupes microscopiques de pancréas.

› Complétez le tableau.

Structure A	La structure A est intacte	La structure B est totalement infiltrée par des cellules immunitaires qui la détruisent	Structure B
1) Nom ? 2) Fonction ? 3) Conséquence ?	 × 200	 × 200	1) Nom ? 2) Fonction ? 3) Conséquence ?

D'après images.inserm.fr

Termes à relier

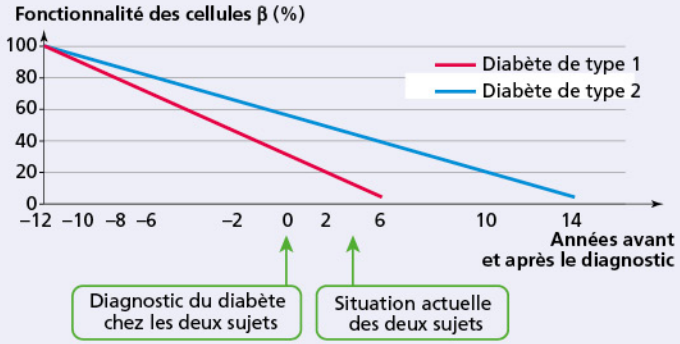
Relier chaque notion à sa définition.

Diabète insulinodépendant (DID)	• Qui se caractérise par une insulinorésistance, due à une perturbation de l'interaction entre l'insuline et ses récepteurs.
Hormone hypoglycémiante	• Qui se caractérise par l'absence de sécrétion d'insuline due à la destruction des îlots de Langerhans.
Diabète non insulinodépendant (DNID)	• Qui libère du glucose dans le sang en activant la glycogénolyse et en inhibant la glycogénogenèse au niveau du foie (c'est le glucagon – et dans le chapitre Comportements et stress, l'adrénaline).
Hormone hyperglycémiante	• Qui fait entrer le glucose du sang à l'intérieur des cellules et, dans le foie, active la glycogénogenèse et inhibe la glycogénolyse (insuline).

Vers le sujet de BAC

Noémie (13 ans) souffre de diabète de type 1 (DT1) et Pascal (50 ans) souffre de diabète de type 2 (DT2). Leur glycémie à jeun est supérieure à 1,26 g.L^{-1}.

DOC.



D'après HOLMAN, *Diabetes Res Clin Prad*, 1998 et http://www.jle.com

› À partir des informations du document et de vos connaissances, caractérisez les particularités des deux types de diabète.

Sujet guidé

SUJET 17 Sujet inédit

8 pts 1h50

Pratique du raisonnement scientifique

Vous montrerez en quoi l'injection d'insuline est inefficace pour soigner les malades atteints de diabète de type 2.

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

DOC. 1 Test d'hyperglycémie provoquée chez un individu normal et chez un diabétique

On a dosé la glycémie et le taux d'insuline (insulinémie) du sujet normal (fig. 1) et du diabétique (fig. 2). Les molécules d'insuline de ces deux individus sont normales.

Fig.1

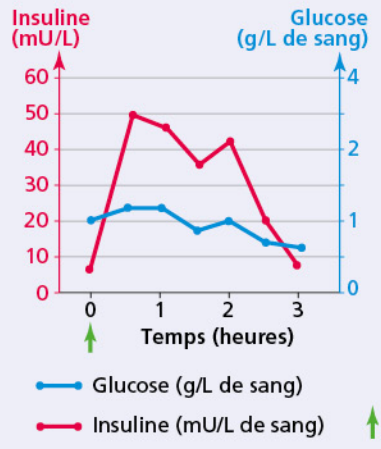
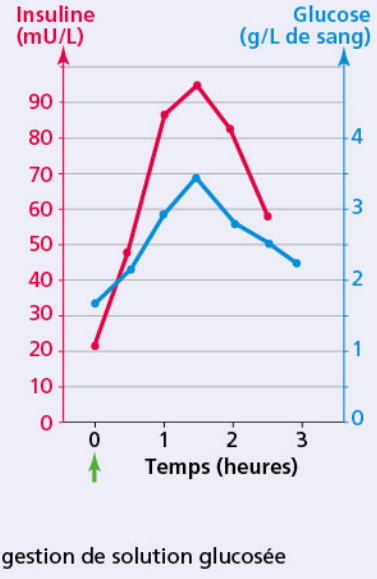


Fig.2



Glucose (g/L de sang)

Insuline (mU/L de sang)

Ingestion de solution glucosée

DOC. 2 Action de l'insuline chez un individu normal et chez un diabétique

On évalue, pour des concentrations croissantes d'insuline injectée :
– la libération du glucose par le foie (fig. 1) ;
– son utilisation par l'organisme (fig. 2).

Fig. 1 Production de glucose par le foie

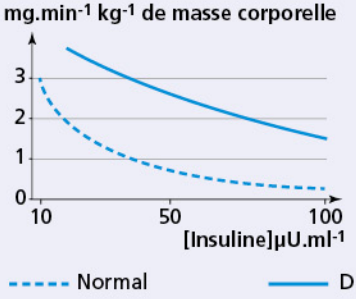
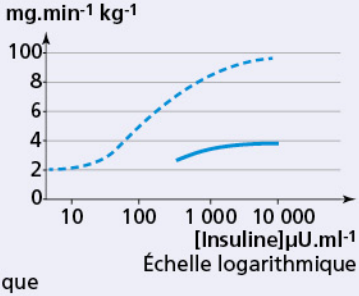


Fig. 2 Utilisation de glucose par l'organisme



DOC. 3 Activation du récepteur à insuline chez un individu normal et chez un diabétique

On étudie la fixation d'insuline (marquée) sur les récepteurs membranaires de cellules musculaires (fig. 1) et l'activité intracellulaire de ceux-ci (fig. 2). Les mesures sont effectuées sur des prélèvements musculaires mis en présence de différentes concentrations d'insuline.

Fig. 1 La fixation d'insuline

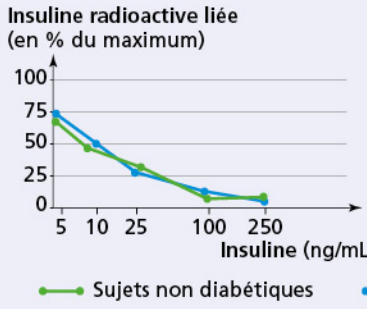
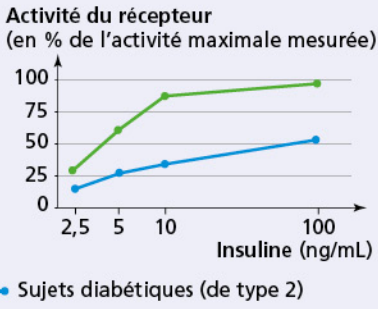


Fig. 2 Activité du récepteur à insuline de cellule musculaire



PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- Il existe un flux de glucose entre les organes sources (intestin et foie) et les organes consommateurs (cerveau, muscles…).
- Le maintien de la glycémie (glucose sanguin) dans une gamme de valeurs étroite est un indicateur d'absence de diabète et une condition de bonne santé.
- Le foie est un organe qui stocke, mais aussi libère du glucose dans le sang.
- L'hyperglycémie caractérise le diabète. Le diabète de type 2 s'explique par une perturbation de l'action de l'insuline.

Bien comprendre la question

- **La problématique** : pour mettre en évidence l'inefficacité des injections d'insuline, vous devez montrer les différences de sécrétion et surtout d'action de l'insuline chez l'individu diabétique par rapport à l'individu normal.
- **Les limites** : pour l'individu normal, appuyez-vous sur les documents et ne récitez pas votre cours. Vos connaissances sont néanmoins utiles pour employer un vocabulaire scientifique précis (par exemple, le mot « cellule cible »).

Exploiter les documents

- **DOC. 1 :** comparez les deux graphes, puisque pour les deux individus il s'agit du même test. Mais pour chaque graphe, reliez les évolutions des deux courbes, glycémie et insulinémie. Remarquez bien que les molécules des deux individus sont normales.
- **DOC. 2 et 3 :** le travail est assez semblable. Vous pouvez montrer que les deux graphes apportent des informations complémentaires que vous pouvez relier. Attention, trois cellules différentes sont soumises à l'insuline.

Les pièges à éviter

- Ne vous contentez pas de constater les dysfonctionnements chez le diabétique. Associez systématiquement ces dysfonctionnements à l'inefficacité d'un traitement par injection d'insuline.

Méthode

Pour rester pertinent(e), notez en rouge sur la feuille de l'énoncé, en face de chacun des documents : « Inefficacité de l'insuline (et de son injection) ? » C'est ce que le correcteur attend de voir sur votre copie, et vous pourrez même le souligner.

Construire votre réponse selon une démarche répondant au problème posé

Le fil conducteur peut mettre en évidence les investigations de plus en plus poussées présentées dans les trois documents : d'abord les simples analyses sanguines, puis le métabolisme du glucose, enfin le niveau moléculaire avec les interactions insuline/récepteur.

I – Efficacité de l'insuline chez un individu normal et chez un diabétique

II – Action de l'insuline perturbée chez le diabétique

III – Activation perturbée du récepteur à insuline chez le diabétique

CORRIGÉ 17

Comprendre le corrigé

Introduction

Le maintien par l'organisme d'une glycémie à une valeur proche de 1 g de glucose par litre de sang est une condition de bonne santé. Ce maintien n'est pas assuré chez les diabétiques, qui présentent une hyperglycémie chronique supérieure à 1,26 g/L.

L'insuline est une hormone hypoglycémiante qui modère l'accroissement de glycémie et devrait être un moyen efficace pour lutter contre l'hyperglycémie.

En quoi l'injection d'insuline est-elle alors inefficace pour soigner les malades atteints de diabète de type 2 ?

I – Efficacité de l'insuline chez un individu normal et chez un diabétique

Chez le sujet normal, on observe sur la figure 1 que l'ingestion de glucose entraîne une variation modérée de glycémie (+/– 20 %) grâce à l'action de l'insuline hypoglycémiante. La sécrétion d'insuline est forte (× 10), immédiate et durable (plus de 2 heures).

Chez le sujet diabétique, on observe sur la figure 2 une glycémie initiale élevée (1,7 g/L), qui augmente très fortement (3,4 g/L) après ingestion de glucose. Cette hyperglycémie ne peut être évitée malgré une sécrétion d'insuline deux fois supérieure à celle de l'individu normal.

Astuce du prof

Comparez les chiffres ! C'est plus parlant que de citer des valeurs en mU/L, qui n'évoquent rien de concret.

L'insuline étant normale chez l'individu diabétique, une injection d'insuline serait inefficace.

On peut penser que ce sont les cellules cibles de cette hormone qui réagissent peu ou pas à la présence de ce messager hormonal.

Comprendre le corrigé

Avec cette hypothèse, vous annoncez les observations des documents 2 et 3 sans les dévoiler.

II – Action de l'insuline perturbée chez le diabétique

La figure 1 du document 2 montre qu'à concentration d'insuline égale, l'individu diabétique produit 2 à 5 fois plus de glucose hépatique. Cela explique que l'insuline que l'on injecterait, même à des doses élevées, ne parviendrait pas à modérer la production de glucose, donc à faire baisser l'hyperglycémie. Cette injection serait inefficace.

De même, d'après la figure 2, l'utilisation de glucose est trois fois plus faible chez le diabétique disposant d'une même concentration d'insuline normale que chez un individu normal. L'injection d'insuline ne permettrait qu'une extraction faible du glucose sanguin. Cette injection serait inefficace.

Attention

À chaque démonstration, n'oubliez pas de relier votre analyse à la question posée : « Cette injection serait inefficace. »

Là encore, cela confirme que ce sont les cellules de l'individu diabétique qui sont peu réactives à l'action de l'insuline normale.

III – Activation perturbée du récepteur à insuline chez le diabétique

Chez le diabétique, la fixation de l'insuline sur les récepteurs membranaires à insuline de la cellule musculaire est identique à la fixation observée chez un individu normal (doc. 3 – fig. 1).

Chez les deux individus, quand l'insuline est en excès (250 ng/mL), seul un faible pourcentage (5 % de la fixation maximale) des hormones marquées trouve un récepteur membranaire libre sur lequel les hormones peuvent se fixer, parmi les cellules musculaires prélevées.

Lorsqu'il y a 25 fois moins d'insuline (5 ng/mL), les molécules trouvent plus facilement un récepteur membranaire libre sur lequel se fixer (75 % de la fixation maximale).

Ce n'est donc pas une mauvaise fixation de l'insuline (sur les cellules musculaires) qui explique le diabète de type 2.

Comprendre le corrigé

Il est classique dans l'activité scientifique, mais rare dans un sujet de bac, d'être confronté à une hypothèse qui n'est pas validée. Commentez le document, ne soyez pas déstabilisé et passez à la suite.

Sur le document 3 – figure 2, on constate que lorsque l'insuline est fixée, l'activité du récepteur à insuline

est environ deux fois plus faible chez le sujet diabétique par rapport au sujet normal.

Cela est observé pour les faibles doses d'insuline (à 5 nmol/L d'insuline, l'activité du récepteur diminue de 65 à 30 % par rapport à l'activité maximale). Cela est aussi observé pour les fortes doses d'insuline (à 100 nmol/L d'insuline, l'activité du récepteur diminue de 100 à 55 % de l'activité maximale).

Les cellules musculaires des individus diabétiques ont donc une déficience d'activité des récepteurs à insuline, mais pas de problème de fixation de l'insuline sur ces récepteurs.

Chez le diabétique de type 2, si le récepteur à insuline réagit peu à la fixation normale d'une insuline normale, on comprend pourquoi il serait peu efficace d'injecter de l'insuline pour soigner les individus diabétiques. On peut penser que cette activité du récepteur serait une augmentation de l'utilisation du glucose de l'organisme, comme on l'a vu sur la figure 2 du document 2.

Conclusion

Chez le diabétique de type 2, l'insuline est normale, sécrétée abondamment, et pourtant sans efficacité pour faire baisser la glycémie (doc. 1).

Chez ce diabétique, l'insuline normale fait baisser insuffisamment la production de glucose par le foie et active mal la consommation de glucose par l'organisme (doc. 2). La glycémie ne peut diminuer après une ingestion de glucose.

Pourtant, les récepteurs des cellules cibles comme les cellules musculaires fixent bien l'insuline, mais cette fixation ne permet pas une bonne activation des cellules cibles (doc. 3).

Les injections sont donc inefficaces pour traiter le malade.

Gagnez des points !

Reliez les informations des documents 2 et 3. C'est une des qualités demandées, qui est évaluée et valorisée dans l'exercice 2 d'exploitation de documents.

Attention

N'oubliez pas de citer les documents.

L'adaptabilité de l'organisme

Faire le point

L'essentiel

1 Le stress aigu, une réponse adaptative nécessaire

- Face aux **perturbations ou agressions** de son environnement, l'organisme dispose de **réponses adaptatives** lui permettant de produire des comportements appropriés. Cette réponse immédiate, appelée stress aigu, **intègre** les systèmes physiologiques **nerveux, endocrinien** et **immunitaire**, qu'elle met en jeu de façon **coordonnée**. C'est une manifestation de l'**unité de notre organisme**.

2 Alerte et activation de l'axe sympatho-médullosurrénalien

- Dans le cerveau, le **système limbique** impliqué dans les émotions est stimulé.
- La **glande médullosurrénale** est alors activée via le **système nerveux sympathique**. Elle libère de l'**adrénaline** qui provoque la libération de glucose par le foie dans le sang (énergie mobilisée), ainsi que l'augmentation du rythme cardiaque et de la fréquence respiratoire.
- **L'organisme s'est mobilisé : c'est une réponse adaptative.**

3 L'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien

- Puis, une autre cascade de réactions se met en place au niveau cérébral. Il y a sécrétion de **CRH par l'hypothalamus** qui, via l'**ACTH hypophysaire**, entraîne la libération du **cortisol des corticosurrénales**. Le cortisol favorise la mobilisation du glucose et inhibe le **système immunitaire**. Il exerce en retour un **rétrocontrôle négatif** qui freine la libération de CRH.

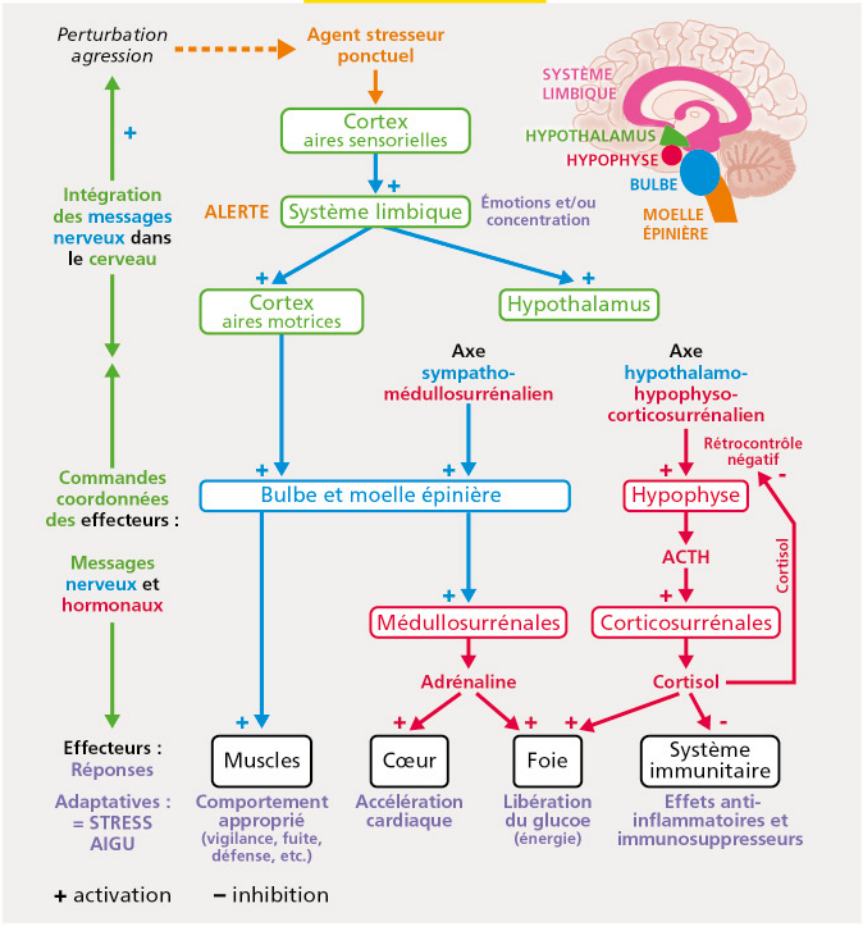
4 Face aux agents stresseurs : adaptabilité et résilience

- Après s'être mobilisé (stress aigu), l'organisme rétablit des conditions physiologiques durables grâce à la **boucle de rétroaction**, par rétrocontrôle négatif du cortisol. Cette capacité de surmonter une altération de son environnement constitue la **résilience**.

LEXIQUE

- **adaptabilité** : aptitude de l'organisme à mettre en jeu des réponses adaptatives face à des variations locales de son environnement, qui aboutit à un comportement approprié à la nouvelle situation.
- **agents stresseurs** : tout ce qui provoque la production d'hormones du stress. On distingue les stresseurs physiques (froid glacial) ou psychologiques (retard, examen…).

Schéma bilan



En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- la réponse (le stress) et le déclencheur (l'agent stresseur). ☐
- l'adaptabilité physiologique de l'organisme et l'adaptation évolutive d'une population dans un environnement changeant, par sélection naturelle des caractères favorables. ☐
- la réponse immédiate à forte composante nerveuse de l'axe sympatho-médullosurrénalien et la réponse différée (quelques minutes) de l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien. ☐
- les cascades activatrices neuro-hormonales de ces axes et le rétrocontrôle négatif inhibiteur du cortisol (boucle de rétroaction). ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 247

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Le stress aigu met en jeu :

- ☐ **a.** le système cardiovasculaire.
- ☐ **b.** le système hormonal.
- ☐ **c.** le système immunitaire.
- ☐ **d.** le système nerveux.

2. La sécrétion d'adrénaline :

- ☐ **a.** est activée par l'hypothalamus.
- ☐ **b.** est immédiate.
- ☐ **c.** est réalisée par les corticosurrénales.
- ☐ **d.** est hyperglycémiante.

3. La sécrétion de cortisol :

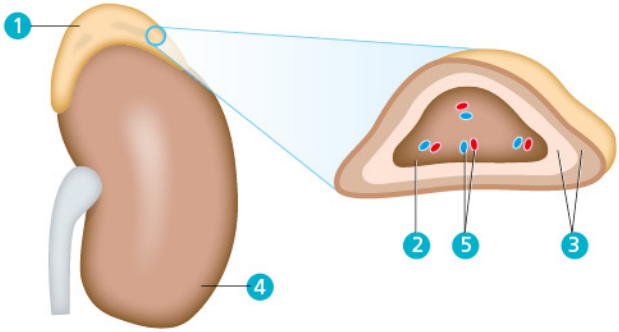
- ☐ **a.** est directement activée par l'hypothalamus.
- ☐ **b.** est réalisée par les corticosurrénales.
- ☐ **c.** peut moduler l'activité de l'hypothalamus.
- ☐ **d.** est immédiate.

4. Lors du stress aigu, on peut observer :

- ☐ **a.** une inhibition du système immunitaire.
- ☐ **b.** une inhibition de l'hypothalamus.
- ☐ **c.** une inhibition du stockage de glucose.
- ☐ **d.** une inhibition de l'hypophyse.

Expliquer par un schéma *Légender et ajouter un titre.*

Il s'agit de glandes endocrines. Complétez les légendes 1 à 5 en indiquant les liens structures/fonctions. Proposez un titre présentant ces liens.



Titre :

Termes à relier

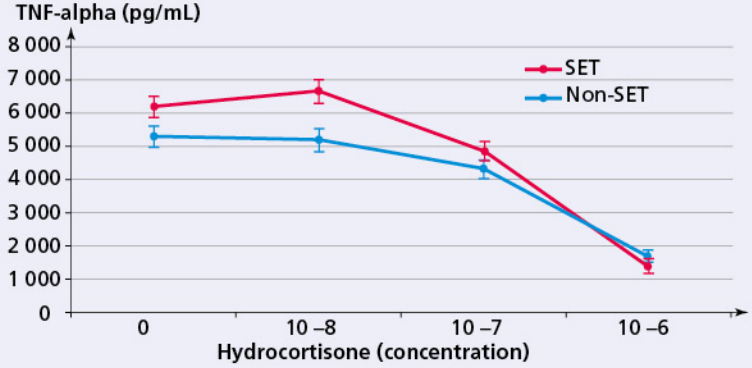
Relier chaque notion à sa définition.

Axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien	• Cascade d'interactions hormonales (CRH, ACTH, cortisol) qui contrôle la réponse secondaire au stress aigu.
Axe sympatho-médullosurrénalien	• Cascade d'interactions nerveuses et hormonales (adrénaline…) qui contrôle la réponse immédiate au stress aigu.
Système limbique	• Ensemble de zones internes du cerveau impliquées dans les émotions (amygdale), la mémoire (hippocampe) et qui exercent une influence sur le système endocrinien.

Vers le sujet de BAC

Des participants en bonne santé ont été soumis à une tâche mathématique, soit en présence d'un jury qui devait les évaluer, soit en l'absence de ce jury (conditions nommées respectivement « SET » ou « non SET »). Dans ces deux conditions, on a mesuré le taux de cytokines pro-inflammatoires (TNF-alpha), des médiateurs chimiques de l'immunité protectrice du cerveau, pour des dosages à quatre concentrations d'hydrocortisone. L'hydrocortisone, appelée aussi cortisol, naturellement sécrétée par les corticosurrénales lors du stress aigu, peut être prescrite sous forme de médicaments rigoureusement dosés.

› Montrez, à partir des résultats des expériences, les relations entre stress et immunité.



Sujet guidé

SUJET 18 Sujet inédit

7 pts 1 h 40

Mobilisation des connaissances dans un texte argumenté

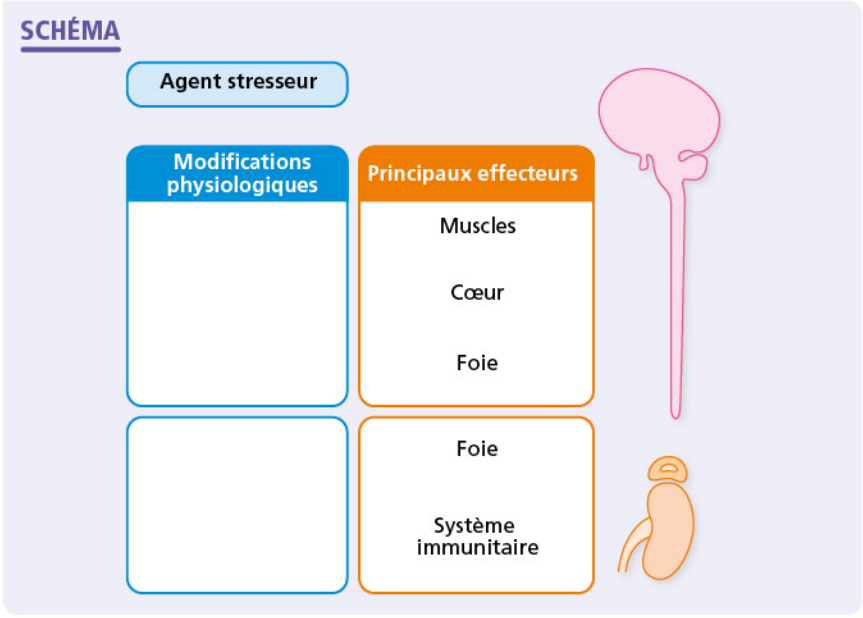
Pour faire face aux perturbations de son environnement, l'organisme est capable de s'adapter : il dispose d'un ensemble coordonné de réponses adaptatives, rassemblées sous le terme de stress biologique, qui permettent un comportement approprié à la situation.

Le système nerveux est impliqué dans ces mécanismes physiologiques et interagit avec les autres systèmes biologiques de l'organisme.

Vous montrerez que ces interactions mettent en jeu une transmission de messages nerveux et hormonaux entre organes impliqués dans les réponses adaptatives. Vous envisagerez le cas d'un organisme confronté à un agent stresseur ponctuel.

Vous illustrerez votre propos en complétant le schéma proposé en annexe, qui est conçu comme une aide. Vous rédigerez un exposé structuré. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

SCHÉMA



PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

- **Face aux perturbations ou agressions de son environnement, l'organisme dispose de réponses adaptatives** lui permettant de produire des comportements appropriés.
- L'étude des mécanismes physiologiques du stress met en évidence l'intégration des différents systèmes en jeu : nerveux, endocrinien et immunitaire. Ces différentes voies physiologiques sont coordonnées grâce aux messages nerveux et hormonaux. L'axe sympatho-médullosurrénalien est mis en jeu en premier. Dans un second temps, il y a activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien.

Bien comprendre la question

- **La problématique :** on vous dit que certains organes sont impliqués dans des réponses « adaptatives » (des conséquences) à un agent stresseur (une cause). Vous devez donc **exposer la cascade de mécanismes causes/conséquences** et montrer que la réponse est « adaptée », c'est-à-dire que l'organisme va se mobiliser pour surmonter l'agent stresseur.
- Mais vous devez aussi **insister sur l'importance des messages nerveux et hormonaux**, qui sont indispensables pour mettre en jeu les organes présentés sur le schéma joint. De plus, l'expression « interactions » vous suggère qu'il ne faudra pas négliger les rétroactions neuro-hormonales (activatrices ou inhibitrices ?), en plus des actions (activatrices ou inhibitrices ?).
- **Les limites** : la question évoque les « réponses adaptatives » et un « agent stresseur ponctuel ». Vous devez vous intéresser au stress aigu, et non au stress chronique.

Exploiter le document

- Le schéma donné en annexe va vous aider à retrouver les « autres systèmes biologiques de l'organisme » évoqués dans le sujet. Bien plus qu'une simple illustration, il va vous aider à construire votre devoir.

Méthode

Refaites en une minute une esquisse très simplifiée du schéma. Reliez alors sous forme de flèches les principales voies nerveuses et hormonales et les principales réponses des différents systèmes mis en action lors des différentes réponses adaptatives. Vous allez ainsi récupérer dans votre mémoire les liens et interactions qui vous sont demandés et vous pourrez reprendre l'esquisse du schéma au propre sur le document fourni.

Choisir des expériences, des observations, des exemples pour argumenter

- Les exemples d'effecteurs mis en jeu vous sont naturellement suggérés par le schéma en annexe.
- L'intervention de message hormonal doit vous faire penser aux données des dosages sanguins et aux expériences d'ablations, greffes et injections d'extraits avec leurs conséquences activatrices ou inhibitrices sur certains effecteurs. De même, l'identification de l'encéphale sur ce même schéma peut vous amener à évoquer l'imagerie cérébrale analysée avec votre professeur.

Les pièges à éviter

- La bonne nouvelle est que votre cours sur « le stress aigu » comme exemple d'adaptabilité est un réservoir bien identifié de connaissances dans lequel vous allez abondamment puiser. Mais attention : la problématique est la transmission des messages qui permet la réponse de l'ensemble de l'organisme. **Pensez à bien gérer votre temps, car le sujet est vaste** (le correcteur le sait) **et vous devez aussi réaliser un schéma.**

Construire sa réponse

Vous pouvez utiliser un fil conducteur chronologique, où vous présenterez dans les deux premières parties les cascades de réactions « descendantes » étudiées en classe, avant d'envisager la rétroaction. En conclusion, l'importance des messages sera dégagée.

Notez que les mots composant les titres ci-dessous font tous référence à des structures nerveuses ou endocriniennes. Vous montrez ainsi à votre correcteur que vous traitez la problématique proposée.

I – Le système limbique et l'activation de l'axe neuro-hormonal sympatho-médullosurrénalien

II – L'activation de l'axe neuro-hormonal hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien

III – Une interaction : la rétroaction négative du cortisol

Conclusion : Les messages nerveux et hormonaux permettent une réponse de l'ensemble de l'organisme.

CORRIGÉ 18

Comprendre le corrigé

Introduction

Notre environnement change et peut constituer une agression appelée « agent stresseur ». Pour se mobiliser, notre organisme doit apporter une réponse globale de différents organes, figurés sur le schéma en annexe. Quand l'agent stresseur n'est pas durable mais

ponctuel, cet ensemble coordonné de réponses adaptatives constitue le stress aigu.

Pour que la réponse soit coordonnée, nous montrerons qu'elle s'appuie sur la transmission de messages nerveux électriques et chimiques mettant en jeu divers centres nerveux et nerfs. Seront également recrutées des glandes endocrines sécrétant dans le sang des messagers chimiques, les hormones. Sont ainsi constitués des axes neuro-hormonaux en interactions.

Le long de ces axes, nous montrerons comment sont transmis ces messages permettant une cascade d'activations et la mise en jeu des organes effecteurs du schéma. Des interactions sous forme de rétroaction hormonale seront alors mises en évidence. Pour finir, sera soulignée l'importance de la transmission de ces messages, permettant une réponse appropriée et globale de l'organisme, importance qui sera illustrée par le schéma complété.

Méthode

Veillez à définir les mots scientifiques (stress aigu, hormones…). Évoquez les organes du schéma (centres, nerfs, glandes endocrines, effecteurs…). En outre, dans votre problématique et l'annonce du plan, insistez sur la transmission des messages.

I – Le système limbique et l'activation de l'axe neuro-hormonal sympatho-médullosurrénalien

L'agression de l'agent stresseur est détectée généralement par des récepteurs sensoriels délivrant un message nerveux transmis aux centres nerveux. L'imagerie cérébrale (IRMf) montre que diverses zones cérébrales sont activées et que, parmi elles, le système limbique est stimulé (voir schéma).

Astuce du prof

Soyez bref, pour ne pas faire double emploi avec le schéma.

La glande médullosurrénale est alors activée via le système nerveux sympathique. Les dosages sanguins montrent qu'elle libère dans le sang une hormone (l'adrénaline) qui provoque la libération de glucose par le foie (énergie mobilisée) et l'augmentation du rythme cardiaque (énergie déployée vers le cerveau, les muscles…).

Méthode

Pour être lisible, votre copie doit être aérée. Allez à la ligne chaque fois que vous abordez une nouvelle idée.

L'organisme s'est mobilisé, un comportement approprié peut être déployé : c'est une réponse adaptative.

II – L'activation de l'axe neuro-hormonal hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien

Les dosages sanguins montrent, avec un décalage de quelques dizaines de minutes, la sécrétion d'une autre hormone issue des corticosurrénales, le

cortisol. Diverses expériences d'ablation de l'hypophyse suivies de greffe ou d'injection d'une substance extraite de l'hypophyse (ACTH) permettent de mettre en évidence une autre cascade de réactions, conséquence des agents stresseurs, qui se met en place au niveau cérébral. Il y a sécrétion locale d'une neurohormone (la CRH) par les neurones de l'hypothalamus ; celle-ci, via l'hormone hypophysaire ACTH, entraîne la libération en cascade d'une troisième hormone, le cortisol. Ce dernier favorise la mobilisation du glucose et inhibe certaines fonctions, dont le système immunitaire (voir schéma).

III – Une interaction : la rétroaction négative du cortisol

L'hypersécrétion d'ACTH, suite à l'ablation des corticosurrénales, indique que le cortisol exerce en retour une rétroaction ou rétrocontrôle négatif qui freine la libération de CRH par l'hypothalamus. Cela illustre les « inter-actions » hypothalamus/corticosurrénales. Après s'être mobilisé (stress aigu, voir I et II), l'organisme rétablit des conditions physiologiques durables grâce à la boucle de rétroaction, par rétrocontrôle négatif du cortisol.

Conclusion

Les messages nerveux et hormonaux permettent une réponse de l'ensemble de l'organisme.

Le schéma complété (ci-après) montre que le stress est une réponse globale mobilisant des organes nombreux et éloignés. Ils peuvent être mis en œuvre ensemble grâce à la transmission des messages hormonaux et nerveux.

Ces réponses sont coordonnées et immédiates, lorsque le message nerveux est prépondérant pour la distribution du glucose, avec la sécrétion d'adrénaline. Elles peuvent être légèrement différées, lorsque la cascade hormonale circulant plus lentement dans le sang est prépondérante, avec la sécrétion du cortisol.

Cette transmission des messages hormonaux et nerveux dans tout l'organisme permet d'intégrer les différents systèmes physiologiques figurés sur le schéma complété.

Comprendre le corrigé

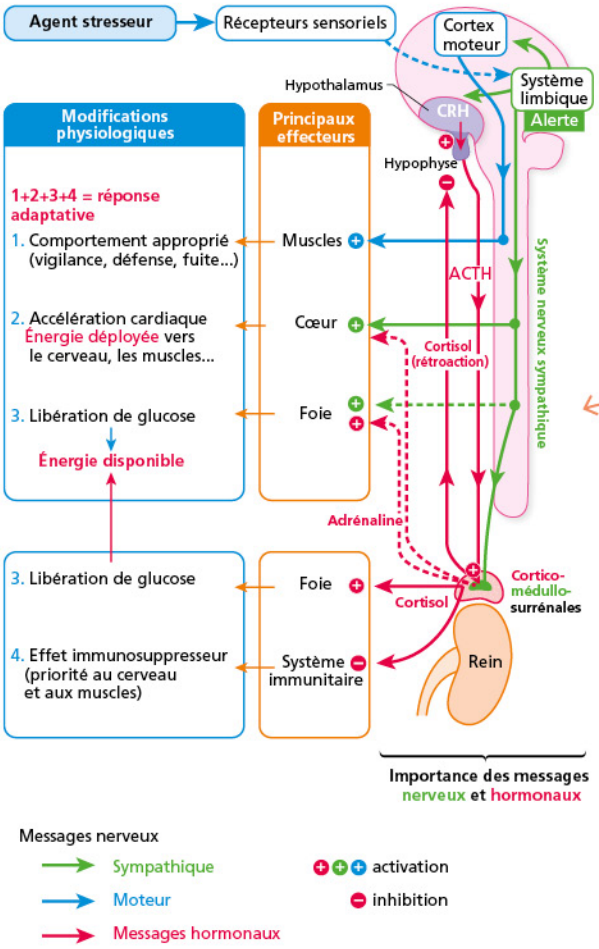
Restez bien dans la problématique en employant les mots neurohormone, neurones, hormone… Montrez la cascade d'activations (notées « + » sur le schéma) ou d'inhibitions (notées « – » sur le schéma). Votre esquisse de schéma vous aide, mais peut aussi être complétée au fur et à mesure de votre rédaction.

Méthode

Pensez à relier une connaissance du cours (le rétrocontrôle) à la problématique de la question (les « inter-actions » entre systèmes nerveux et endocrinien).

Astuce du prof

Vous avez dû vous rendre compte avec ce sujet que la gestion du temps est une des vraies difficultés de l'épreuve écrite. Le schéma vous a fourni beaucoup d'indices pour récupérer vos connaissances, mais il faut du temps pour le compléter et il reprend votre développement des parties I à III. Prenez le parti de dégager aussi brièvement que possible l'importance des messages nerveux et hormonaux permettant une réponse globale et coordonnée à l'ensemble de l'organisme.



Astuce du prof

Pour être lisible, votre schéma doit être grand et coloré. Ce ne doit pas être un simple copier-coller d'un de vos schémas de cours.

L'organisme débordé dans ses capacités d'adaptation

Faire le point

L'essentiel

1 Le stress chronique accompagné de perturbations cérébrales

- S'ils sont sollicités à l'excès et de façon durable, les mécanismes physiologiques du stress aigu sont débordés et s'épuisent. Le **stress** devient **chronique**. On observe souvent une altération du système cardio-vasculaire et un affaiblissement du système immunitaire dus à des taux forts et prolongés de cortisol sanguin.
- Il peut être accompagné de **modifications de certaines structures du cerveau**, où l'on peut observer une raréfaction des connexions interneuronales.
- Alors que la variation observée dans le stress aigu (plasticité physiologique) était efficace, avec une réponse adaptative de mobilisation, on observe ici une **fragilité, avec une plasticité dite « mal-adaptative »**. En effet, elle se traduit par d'éventuelles **perturbations des performances cognitives** (attention, mémorisation, apprentissage…).

2 Ces dérèglements peuvent être traités

- Face à une anxiété chronique, existent des médicaments dont l'effet vise à favoriser la résilience. C'est le cas des benzodiazépines, qui activent **des récepteurs** à GABA (un neurotransmetteur inhibiteur du système nerveux), et ont un **effet anxiolytique**.
- Pour éviter des effets secondaires (troubles de l'attention) et autres dangers des médicaments « antistress », ils doivent être prescrits selon un protocole rigoureux.
- Chaque fois que c'est possible, on peut leur préférer des **alternatives non médicamenteuses** comme le contrôle de la respiration, la détente musculaire, le sport… Ces pratiques de gestion du stress favorisent la **résilience** du système.
- Bien entendu, la réponse physiologique est différente entre individus, tous différents par leurs caractéristiques psychologiques, émotionnelles, génétiques, sociales et culturelles…

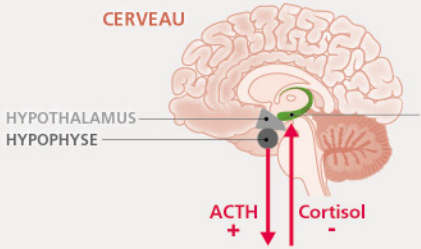
LEXIQUE

- **plasticité** : processus d'adaptation et de flexibilité d'un système soumis à l'influence de facteurs environnementaux.
- **résilience** : capacité d'un organisme à rebondir et à retrouver un fonctionnement normal lorsque sa capacité à fonctionner a été ébranlée de façon négative.

Schéma bilan

Exposition durable aux agents stresseurs (bruits, situations anxiogènes...)

Intégration des messages nerveux dans le cerveau



Inhibition de la neurogénèse dans l'hippocampe

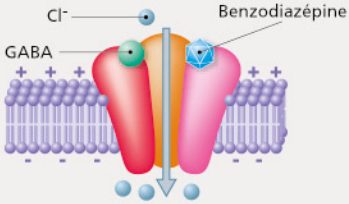
➡ Trouble de l'apprentissage

Corticosurrénales : production d'un excès de cortisol

Commande altérée des effecteurs : muscles (tension musculaire), cœur (trouble du rythme cardiaque,infarctus...), cerveau (anxiété, trouble de la mémoire...)

Traiter le stress chronique

Médicaments Benzodiazépines



➡ Action anxiolytique et relaxante

Pratiques de gestion du stress :

- Respiration profonde
- Sommeil
- Sport

➡ Résilience

En bref **Pour aborder les sujets portant sur ce chapitre, il faut savoir distinguer :**

- le stress (réponse) et l'agent stresseur (le déclencheur). ☐
- le stress chronique, qui est une réponse mal-adaptative entraînant de multiples troubles, et le stress aigu, qui est une réponse adaptative nécessaire à la survie face à des agressions. ☐
- les différentes échelles explicatives (macroscopique, cellulaire, moléculaire) des perturbations cérébrales accompagnant le stress chronique, telles l'anxiété ou la mémorisation. ☐
- les mécanismes des traitements médicamenteux antistress et les alternatives non médicamenteuses de gestion du stress. ☐

J'ai tout coché ? Je passe le test page suivante

Contrôler ses connaissances

corrigés p. 248

QCM *Cocher les bonnes réponses.*

1. Le stress chronique :

- ☐ **a.** est une réaction adaptative nécessaire face aux agressions.
- ☐ **b.** se manifeste dans le fonctionnement mental.
- ☐ **c.** se manifeste dans le fonctionnement physiologique des organes.
- ☐ **d.** ne change rien dans la production de son travail.

2. En cas de stress chronique, le cortisol :

- ☐ **a.** est sécrété plus fortement.
- ☐ **b.** a une action toujours positive.
- ☐ **c.** stimule l'apprentissage.
- ☐ **d.** stimule les réactions immunitaires.

3. Le stress chronique est une réponse :

- ☐ **a.** régulatrice.
- ☐ **b.** adaptative.
- ☐ **c.** mal-adaptative.
- ☐ **d.** de courte durée.

4. Parmi les solutions « antistress », on peut recommander :

- ☐ **a.** une alimentation sucrée plus tonique.
- ☐ **b.** une pratique physique ou sportive régulière.
- ☐ **c.** des pratiques favorisant le sommeil.
- ☐ **d.** la consommation de cannabis.

Termes à relier *Relier chaque notion à sa définition.*

Stress aigu	• Processus d'adaptation et de flexibilité d'un système soumis à l'influence de facteurs environnementaux.
Stress chronique	• Réponse adaptative immédiate de l'organisme à des agressions de l'environnement, qui est nécessaire à la survie.
Résilience	• Capacité d'un organisme à retrouver un fonctionnement normal lorsque sa capacité à fonctionner a été ébranlée de façon négative.
Plasticité	• Réponse mal-adaptative de l'organisme à l'exposition prolongée à des agressions de l'environnement et provoquant de nombreux troubles.

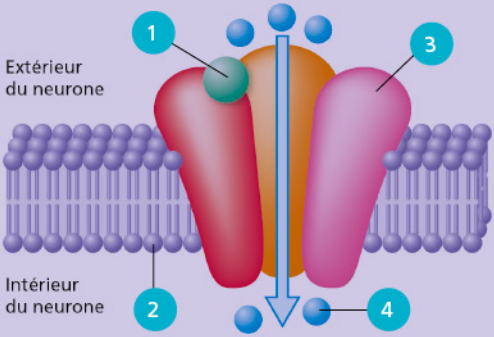
Expliquer par un schéma

Légender et ajouter un titre.

L'effet des benzodiazépines est schématisé sur les deux schémas ci-dessous. Ils représentent une protéine réceptrice du GABA, qui fonctionne comme un canal laissant passer des ions chlorures à travers la membrane cellulaire, lorsque le GABA se fixe sur le récepteur.

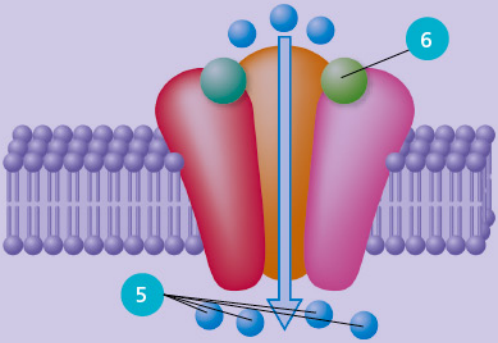
› Complétez les légendes 1 à 6 et proposez un titre à chaque schéma traduisant les mécanismes représentés.

a. Le GABA s'est fixé sur son récepteur



Titre :

b. La benzodiazépine vient aussi se fixer sur le récepteur de GABA



Titre :

Vers le sujet de BAC

À partir des données extraites des documents, expliquez les difficultés de mémorisation et d'apprentissage que l'on constate chez les individus soumis à un stress chronique prolongé.

DOC. 1

Le stress, via une augmentation de la production de glucocorticoïdes (cortisol), semble également influencer le nombre de synapses dans l'hippocampe, structure cérébrale faisant partie du système limbique. L'hippocampe a un rôle dans le contrôle de l'humeur, de la mémorisation, de la concentration et de l'acquisition des connaissances.

En effet, différentes observations ont été réalisées :

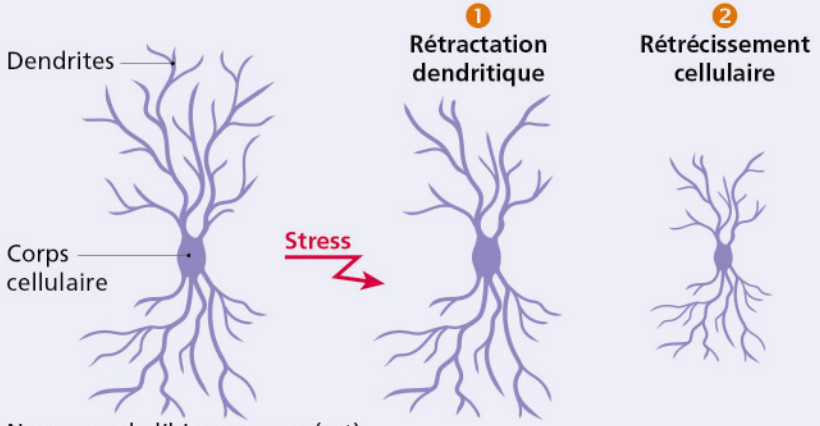
– L'exposition d'un rat à un stress prolongé provoque, dans l'hippocampe, une raréfaction de l'arborisation dendritique et des connexions interneuronales (doc. 2), ainsi qu'une perturbation de la mémorisation spatiale.

– Un stress prolongé peut aller jusqu'à la mort neuronale, ce qui pourrait expliquer la diminution du volume de l'hippocampe observée chez des vétérans de la guerre du Vietnam.

– Ces effets sont corrélés à la concentration sanguine de corticostéroïdes et sont, dans certains cas, réversibles par une ablation de la glande surrénale, une diminution de la synthèse des corticostéroïdes, ou encore la fin de l'élément stressant.

Source : unige.ch

DOC. 2



Neurones de l'hippocampe (rat)

Sujet guidé

SUJET 19 Sujet inédit

8 pts 1h50

Pratique du raisonnement scientifique

Dans certains métiers pour lesquels le travail n'est pas physique, mais où la pression psychologique est importante, le stress induit de l'anxiété chronique accompagnée d'une tension musculaire continue (cou, épaules…), et même parfois des contractions musculaires brusques et inopinées.

On sait que les centres supérieurs, comme le système limbique, qui intervient dans la réaction du stress, sont également impliqués dans les mécanismes qui contrôlent le degré de contraction musculaire.

Ces contractions musculaires qui accompagnent l'anxiété peuvent être soignées par des médicaments antidépresseurs comme les benzodiazépines.

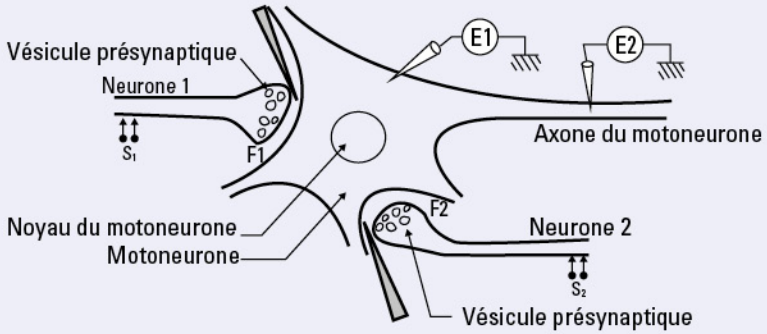
Aucune connaissance préalable sur les synapses étudiées ici n'est nécessaire.

› **Expliquez l'apparition des symptômes musculaires dus à l'anxiété chronique et leur traitement par les benzodiazépines.**

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

L'exploitation du document de référence n'est pas attendue.

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE **Montage expérimental et localisation des expériences menées sur un neurone moteur de moelle épinière de mammifère**



Légende :

E2 — Oscilloscope relié à une microélectrode interne réceptrice :
- E1 : enregistrement de la polarisation au niveau du corps cellulaire du motoneurone
- E2 : enregistrement de la polarisation au niveau de l'axone du motoneurone

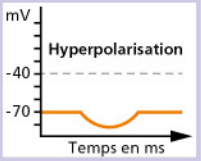
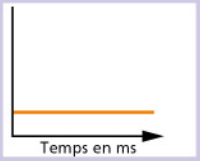
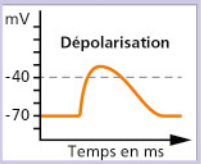
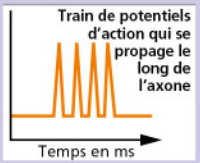
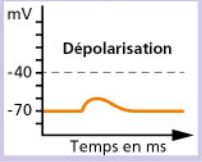
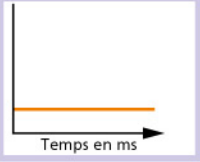
S_1 S_2 — Électrodes de stimulation S_1 et S_2 des neurones 1 et 2 respectivement

Micropipette pour l'injection de substances

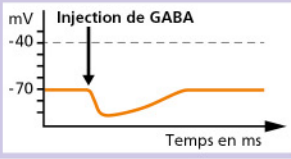
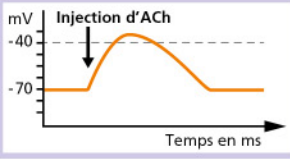
F1 F2 — Fentes synaptiques :
- F1 entre neurone 1 et motoneurone
- F2 entre neurone 2 et motoneurone

DOC. 1 Résultats expérimentaux d'une stimulation au niveau de S1, de S2 et d'une stimulation simultanée de S1 et S2 chez les mammifères

Les neurones moteurs qui commandent des cellules musculaires des muscles squelettiques sont soumis à des informations diverses qu'ils intègrent sous la forme d'un message nerveux unique. Chaque information reçue par le neurone moteur perturbe son potentiel de repos. Si cette perturbation atteint un certain seuil, des potentiels d'action se déclenchent. En période de crise d'anxiété, les informations que les neurones moteurs intègrent sont modifiées.

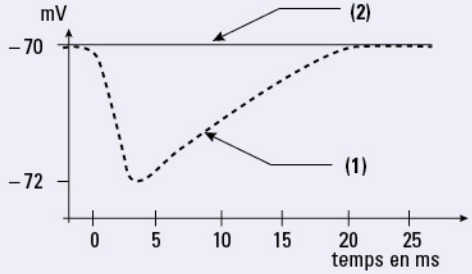
Opérations effectuées	Enregistrements en E1	Enregistrements en E1	Contraction de la fibre musculaire (+ : présence ; - : absence)
Simulation en S1			–
Simulation en S2			+
Simulation en S1 et S2 simultanément			–

DOC. 2 Effet sur le neurone moteur de mammifère d'une injection de GABA ou d'acétylcholine en l'absence de toute stimulation électrique

Opérations effectuées	Injection de GABA au niveau de F1	Injection d'acétylcholine (ACh) au niveau de F2
Enregistrements en E1		

DOC. 3 Reproduction expérimentale des signes de l'anxiété chez les mammifères

On peut reproduire expérimentalement la situation des synapses associées à l'anxiété. Pour cela, on injecte de la picrotoxine dans la fente synaptique F1. La picrotoxine est capable de se fixer sur les récepteurs membranaires au neurotransmetteur GABA situés sur le neurone moteur.

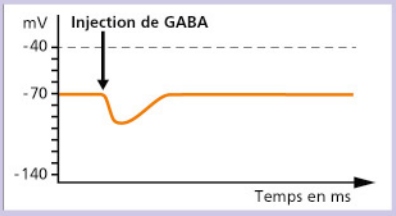
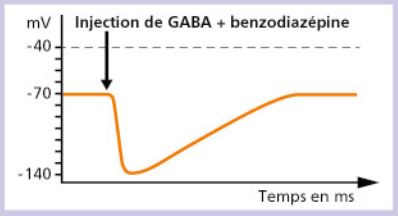


(1) Enregistrement en E1 de la polarisation suite à une stimulation en S1, sans injection de picrotoxine au niveau de F1

(2) Enregistrement en E1 de la polarisation suite à une stimulation en S1, avec injection de picrotoxine au niveau de F1

DOC. 4 Action des benzodiazépines chez les mammifères

De nombreuses substances utilisées en médecine comme médicaments se lient spécifiquement aux récepteurs membranaires. Les benzodiazépines (comme le Valium® et le Librium®) sont des tranquillisants (utilisés contre l'anxiété) qui se fixent de manière spécifique aux récepteurs membranaires du GABA.

Enregistrement en E1 de la polarisation après injection de GABA au niveau de F1 et absence de benzodiazépines	Enregistrement en E1 de la polarisation après injection de GABA au niveau de F1 et présence de benzodiazépines
	

PAR ÉTAPES

COMPRENDRE LE SUJET

L'essentiel à savoir

• Le corps cellulaire du neurone moteur reçoit des informations diverses qu'il intègre sous la forme d'un message moteur unique. Ainsi, si les agents stresseurs sont trop intenses ou si leur action dure, l'organisme est débordé dans ses capacités d'adaptation. C'est le stress chronique. Il peut entraîner diverses pathologies, qui sont traitées par des médicaments, comme les benzodiazépines.

Bien comprendre la question

• **La problématique :** on vous demande d'expliquer, c'est-à-dire de proposer des mécanismes, activateurs ou inhibiteurs, cellulaires ou moléculaires, qui rendent compte et sont à l'origine des symptômes de l'anxiété et de l'efficacité du traitement proposé. Cette explication doit s'appuyer au maximum sur les documents, qui apportent beaucoup de données, les connaissances étant peu sollicitées dans l'argumentation.

Exploiter les documents

• **DOCUMENT DE RÉFÉRENCE :** appropriez-vous les positions et les notations des différentes électrodes et micropipettes.

• **DOC. 1 :** faites bien le lien entre les différents aspects de la transmission synaptique présentés et l'apparition des symptômes.

• **DOC. 2, 3 et 4 :** comparez bien les valeurs chiffrées des potentiels membranaires en E1.

Méthode

Pour analyser ce document complexe sans vous perdre, mais aussi pour apporter une démonstration rigoureuse, posez-vous les questions essentielles pour comprendre et expliquer la transmission synaptique : « Sont-elles pré ou postsynaptiques, intra ou extracellulaires, quel lien y a-t-il entre un neurotransmetteur chimique et les différents messages électriques… ? »

Les pièges à éviter

• N'oubliez pas la notion de seuil de dépolarisation, qui apparaît en pointillé dans trois documents, mais qui est essentielle.

Construire sa réponse selon une démarche répondant au problème posé

Identifiez (dans la moelle épinière) la synapse qui module l'activité du neurone moteur et les contractions liées à l'anxiété. Abordez d'abord la modulation de l'activité électrique, puis les neurotransmetteurs, pour déboucher enfin sur l'action médicamenteuse des benzodiazépines.

Les deux aspects de la question, l'explication des symptômes et leur traitement, seront traités successivement.

I – Expliquer les symptômes musculaires de l'anxiété

II – Expliquer le traitement par les benzodiazépines

CORRIGÉ 19

Comprendre le corrigé

Introduction

Dans certains métiers pour lesquels le travail n'est pas physique, mais où la pression psychologique est importante, le stress induit de l'anxiété chronique accompagnée de conséquences désagréables par le déclenchement de contractions musculaires brusques et inopinées. Il peut alors être intéressant d'étudier des données sur les mécanismes de transmission synaptique du message nerveux d'un neurone à l'autre, chez des mammifères, avec ou sans traitement par les benzodiazépines. Cette étude va permettre de proposer des explications aux symptômes de contraction et à l'efficacité du traitement proposé.

I – Expliquer les symptômes musculaires de l'anxiété

Méthode
N'oubliez pas de citer les documents.

Le document 1 montre que c'est l'apparition de trains de potentiels d'action dans l'axone du neurone moteur, suite à la stimulation présynatique S2, qui est responsable des symptômes de contraction musculaire chez les mammifères.

On voit que cela demande le franchissement du seuil de dépolarisation de – 40 mV.

Le déclenchement des symptômes n'apparaît pas si la stimulation présynaptique S1 au niveau de la fente F1 crée une hyperpolarisation (– 80 mV). Associée à S2, S1 empêche alors le franchissement du seuil.

Méthode
Pensez à systématiquement relier votre analyse des documents à la question posée.

On peut alors dire qu'en F1 on a une synapse inhibitrice, en F2 une synapse excitatrice.

Les symptômes semblent apparaître quand l'action inhibitrice est insuffisante.

Le document 2 montre que ce sont deux substances, le GABA et l'acétylcholine, qui ont respectivement les actions inhibitrices (hyperpolarisation – 90 mV) et activatrices (franchissement du seuil). Ce sont des neurotransmetteurs, selon nos connaissances.

Le document 3 montre que le blocage des récepteurs membranaires postsynaptiques au GABA par la picrotoxine annule l'effet inhibiteur (suppression de l'hyperpolarisation) de la synapse F1. Cela peut expliquer les symptômes de l'anxiété chez les mammifères.

On peut penser qu'un rétablissement de l'action inhibitrice, en activant les récepteurs au GABA par des substances pharmacologiques, pourrait alors représenter un traitement efficace.

II – Expliquer le traitement par les benzodiazépines

Le document 4 montre que l'action des benzodiazépines (Valium®, Librium®), substances spécifiques des récepteurs au GABA, intensifie l'hyperpolarisation en F1 de – 95 mV (GABA seul) à – 140 mV (avec GABA + benzodiazépines).

Le franchissement du seuil de dépolarisation devient alors très difficile, et l'absence de potentiels d'action propagés par le neurone moteur (tels qu'on les a vus dans le document 1) empêche l'apparition des symptômes de contraction chez les mammifères. Ce résultat permet donc d'envisager un traitement efficace pour l'homme.

Conclusion

L'activité du neurone moteur commandant la contraction musculaire résulte d'un équilibre entre influences excitatrices et inhibitrices (doc. 1 et 2). En cas d'anxiété, les influences inhibitrices sont diminuées (doc. 3). Les benzodiazépines rétablissent l'influence inhibitrice (doc. 4) et peuvent être un traitement efficace des symptômes musculaires dus à l'anxiété.

Cela est une illustration des sommations spatiales (en F1 et F2 dans le document 1) ou temporelles (dans la même synapse F1 dans les documents 3 et 4).

Comprendre le corrigé

Le document 3 vous donne l'occasion de relier les deux questions posées : les symptômes de l'anxiété et un traitement possible (qui reste à démontrer).

Gagnez des points !

Continuez de citer des arguments chiffrés.

Méthode

Ce type d'exercice vous demande de vous appuyer sur des faits. Faites référence au document 1, qui avait établi le lien entre le franchissement (ou non) du seuil en E1 et l'apparition (ou non) des contractions qui accompagnent l'anxiété citée dans le document 4.

Comprendre le corrigé

Vous pouvez évoquer la notion essentielle de sommation, mais plutôt en fin de devoir, car c'est une exploitation de documents et non une question de cours. Cette évocation aurait été indispensable dans une question de connaissances avec des documents d'aide comme ceux du sujet.

CORRIGÉS Contrôler ses connaissances

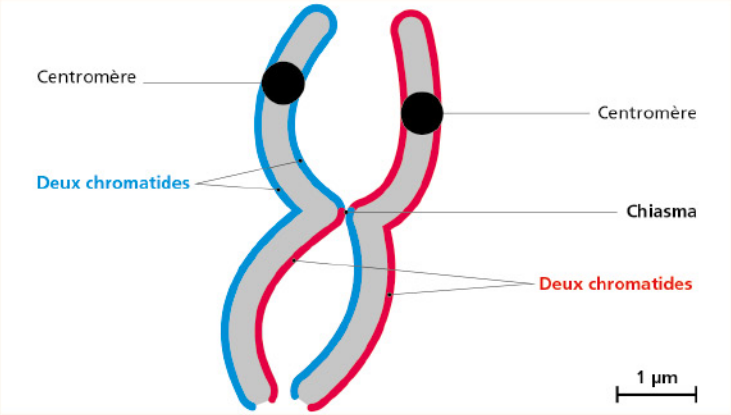
Thème 1: Génétique et évolution

Le brassage des génomes à chaque génération : la reproduction sexuée des eucaryotes p. 32

QCM

1. c – 2. a – 3. c – 4. a et b.

Expliquer par une image



Termes à relier

Brassage interchromosomique : création de nouvelles combinaisons haploïdes de chromosomes de part et d'autre du plan équatorial, en métaphase 1 de méiose.

Brassage intrachromosomique : création de nouvelles combinaisons d'allèles par recombinaisons de chromatides homologues par crossing-over en prophase 1 de méiose.

Haploïde : se dit d'une cellule ou d'un organisme contenant n chromosomes morphologiquement différents.

Diploïde : se dit d'une cellule ou d'un organisme possédant un double jeu de chromosomes (2n).

Vers le sujet de BAC

a. **Vrai.** Les proportions des phénotypes de la F'2 sont le reflet des proportions des gamètes de la F1. Les phénotypes recombinés sont à 11 % et 12 %, les parentaux à 38 % et 39 %. Les gamètes de la F1 ne sont pas équiprobables.

b. **Faux.** Le caractère uni seul présent en F1 est dominant. Le caractère rayé n'est pas dominant.

c. **Vrai.** Les recombinaisons peu abondantes se sont faites par crossing-over entre 2 gènes situés sur une même paire de chromosomes homologues.

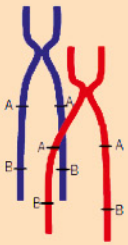
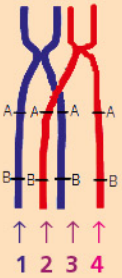
d. **Faux.** Les échanges par crossing-over ont lieu à la première division de méiose, pas la deuxième.

Conservation, diversification, complexification des génomes p. 42

QCM

1. a et c – 2. b – 3. a – 4. b et c – 5. b.

Expliquer par un schéma

	Prophase 1	Métaphase 1	
2 chromatides **paternelles** et 2 chromatides **maternelles** Échange inégal entre les chromatides sœurs 2 et 3	1 2 3 4  Appariement inégal entre 2 chromosomes homologues	 1 2 3 4	Chromatides 2 et 3 recombinées inégalement
Titres :	**Crossing-over inégal**	**Duplication du gène A sur la chromatide 2 = complexification du génome**	

Termes à relier

Mutation : modification ponctuelle de séquences de nucléotides formant de nouveaux allèles.

Duplication : apparition d'un deuxième exemplaire d'un gène sur un même chromosome.

Transfert horizontal de gènes : processus dans lequel un organisme intègre du matériel génétique provenant d'un autre organisme sans en être le descendant.

Transfert vertical de gènes : processus dans lequel un organisme reçoit du matériel génétique à partir de son ancêtre.

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

• Le document montre que le gène psbO présent dans les noyaux des limaces vertes provient de l'algue, puisque leurs séquences sont sensiblement identiques. La limace intègre du matériel génétique provenant de l'algue sans en être le descendant. C'est donc un transfert horizontal de gène. Ce transfert est indispensable puisque le document indique que l'ADN que contient les chloroplastes code seulement 10 % des protéines nécessaires à une photosynthèse fonctionnelle. Le psbO du noyau est un gène complémentaire nécessaire.

• Le document montre l'incorporation, à l'intérieur des cellules de la paroi du tube digestif, de chloroplastes, qui restent fonctionnels puisqu'ils réalisent la photosynthèse. C'est au niveau intracellulaire qu'il y a une coopération à bénéfice réciproque : on peut parler d'endosymbiose.

• Cette endosymbiose et le transfert horizontal de gènes qui l'accompagne constituent une innovation intéressante, puisque la « limace verte » peut alors survivre des mois sans se nourrir grâce aux nutriments qu'elle produit elle-même par photosynthèse.

Des mécanismes évolutifs, génétiques et non génétiques, contribuent à la diversification du vivant p. 52

QCM

1. a et c – 2. a, b, c et d – 3. a – 4. b.

Termes à relier

Dérive génétique : évolution aléatoire des fréquences alléliques qui se produit de façon plus rapide lorsque l'effectif de la population est faible.

Évolution culturelle : changement dans la répartition des comportements sociaux au cours du temps, par analogie aux changements dans la fréquence des gènes ou des caractères observés dans l'évolution biologique.

Culture : ensemble des comportements sociaux des individus (animaux ou humains – « animaux culturels ») transmis entre les membres d'une population par l'enseignement, l'imitation…

Expliquer par un graphique

	Un couple fondateur	Dix couples fondateurs
Disparition de l'allèle A (fixation de l'allèle B)	4 séries sur 10 = 40 %	4 séries sur 10 = 40 % (malgré 5 % de A seulement à T_0)
Fixation de l'allèle A (disparition de l'allèle B)	5 séries sur 10 = 50 %	3 séries sur 10 = 30 %
Les allèles A et B sont conservés	1 série sur 10 = 10 %	3 séries sur 10 = 30 % (malgré 5 % de A seulement à T_0)
Rapidité de la dérive génétique	Très rapide : en 6 générations, 6 séries avec disparition d'un allèle A ou B	Moins rapide : en 6 générations, 5 séries avec disparition d'un allèle A ou B
Baisse de la diversité génétique	Très forte (1 seule série avec A et B)	Moins forte (3 séries avec A et B) (malgré 5 % de A seulement à T_0)
Adaptation des espèces à un changement du milieu.	Très faible	Faible

Vers le sujet de BAC

a. **Faux.** Si l'homozygotie S//S était mortelle, elle aurait aussi disparu dans une région avec paludisme. Or le graphique indique une fréquence de 5 %, faible mais non nulle. De plus, dans la région où le paludisme a disparu, il reste 1 à 2 % d'homozygotes S//S (en liaison avec le taux de 15 % d'hétérozygotes A//S – voir b) : ce n'est pas une disparition.

b. **Vrai.** Les hétérozygotes A//S sont favorisés par le paludisme (d'après la comparaison des cartes et graphiques des régions avec ou sans paludisme) et évitent les difficultés liées à la drépanocytose. Or un quart des descendants d'un couple de deux géniteurs de génotype A//S sont S//S : ce phénotype S//S est alors maintenu en petit effectif.

c. **Faux.** La grande sensibilité au paludisme des génotypes A//A explique la différence de fréquences entre les régions avec ou sans paludisme. La constance des fréquences, quant à elle, s'explique par la constance de l'environnement.

d. Faux. Dans la région où le paludisme a disparu, la fréquence d'hétérozygotes A//S reste suffisamment importante pour que se maintiennent suffisamment d'allèles S.

Thème 2 : À la recherche du passé géologique de notre planète

Le temps et les roches p. 64

QCM

1. a – 2. a et b – 3. a, b et c – 4. a et b – 5. b – 6. b.

Termes à relier

Chronologie : science qui date des objets et événements historiques ou leur succession dans le temps.

Échelle stratigraphique : division internationale des temps géologiques basée sur les coupures entre les strates et leur regroupement en ensembles de plus en plus vastes.

Période : durée qui correspond au temps nécessaire à la désintégration de la moitié des éléments pères radioactifs.

Expliquer par un schéma

Légendes : 1. Principe d'identité paléontologique : certaines associations de Foraminifères caractérisent le Permien ; 2. Le principe de superposition : la strate sédimentaire beige est plus récente que la couche du Cambrien et plus ancienne que la couche du Permien ; 3. Principe d'identité paléontologique : certaines associations de Trilobites caractérisent le Cambrien ; 4. Le principe de recoupement : une déformation (basculement) est antérieure à la roche la plus ancienne non affectée (jaune clair avec des galets) ; 5. Chronologie absolue : âge de 1 104 millions d'années par méthode de datation radiométrique 40Ar/39Ar ; 6. Le principe de recoupement : la roche magmatique est postérieure aux roches recoupées métamorphiques et antérieure à la roche verte non recoupée.

Vers le sujet de BAC

a. Vrai. Le rubidium est radioactif.

b. Vrai. La construction du granite est basée sur des mesures sur différents minéraux de deux granites G1 et G2.

c. Faux. Isochrone signifie « égal dans sa durée ». Sur une courbe isochrone, comme son nom l'indique, les minéraux ont le même âge. Le rapport $^{87}Rb/^{86}Sr$ dépend des différents minéraux de la roche qui ont été étudiés et pouvait être différent au moment de la fermeture du système par cristallisation du magma.

d. Vrai. Plus t augmente et plus le coefficient directeur ($e^{\lambda t} - 1$) augmente. Le granite G1 qui a une pente, donc un coefficient directeur plus élevé, est plus âgé que G2.

Les traces du passé mouvementé de la Terre p. 76

QCM

1. c – 2. b et c – 3. a – 4. c.

Termes à relier

Marqueurs de distension : failles normales, blocs basculés.

Rift : lithosphère étirée et amincie formant un fossé d'effondrement bordé par des failles dites normales et des blocs.

Marqueurs de collision : plis, failles inverses, chevauchements, empilements d'écailles crustales.

Ophiolites : portion de lithosphère océanique charriée sur un continent (obduction) lors d'un phénomène de collision de deux plaques lithosphériques.

Expliquer par un schéma

Légendes : 1 et 6. Sédiments océaniques profonds ; 2 et 7. Basaltes en coussins (Pillow lavas) ; 3 et 8. Gabbros ; 4. Moho ; 5 et 9. Péridotites serpentinisées (Manteau).

Titre : Les ophiolites, portion de lithosphère océanique, témoins d'un océan disparu par collision des plaques lithosphériques européenne et africaine

Vers le sujet de BAC

Question 1 :

a. **Faux.** Les gneiss appartiennent à la croûte continentale.

b. **Faux.** Les gneiss sont des roches de profondeur : on ne peut pas parler de reliefs positifs.

c. **Vrai.** Voir b.

d. **Faux.** Dans la croûte continentale profonde, et non dans le manteau.

Question 2 :

a. **Faux.** Voir b.

b. **Vrai.** Elle recoupe la chaîne de montagnes récente datée de 0,3 milliard d'années, elle est donc plus récente.

c. **Faux.** Voir b.

d. **Faux.** Voir b.

Thème 3 : De la plante sauvage à la plante domestiquée

L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs p. 86

QCM

1. c – 2. a et c – 3. b et d – 4. b.

Termes à relier

Xylème : tissu végétal, formé de vaisseaux conduisant la sève brute et constituant le bois.

Phloème : tissu végétal formé de tubes conduisant la sève élaborée.

Croissance : ensemble des changements quantitatifs de multiplication et d'élongation cellulaire.

Développement : ensemble des changements qualitatifs de différenciation des cellules.

Méristème : tissu végétal formé de cellules embryonnaires, indifférenciées, à multiplication rapide par mitose.

Expliquer par un schéma

Légendes : 1. Cuticule limitant les pertes d'eau (échauffement du soleil) ; 2. Lacunes augmentant la surface d'échange feuille-atmosphère ; 3. Entrée de CO_2 et rejet d'H_2O vapeur ; 4. Stomate qui contrôle l'approvisionnement en CO_2 et l'aspiration d'eau racinaire (évapotranspiration et ascension de sève brute).

Titre : La feuille participe aux échanges de CO_2 et H_2O entre la plante et l'atmosphère.

Vers le sujet de BAC

Question 1 :

a. **Faux.** La concentration d'éthylène du plant immergé est supérieure à celle du plant à l'air libre.

b. **Vrai.** La concentration d'éthylène n'augmente que chez les plants immergés. Il est donc produit par les cellules du plant immergé, car il n'est pas présent naturellement dans l'eau.

c. **Faux.** Aucune information sur une « consommation » ; uniquement « concentration » (doc. 1) et « réaction à l'éthylène » (doc. 2.a et 2.b).

Question 2 :

a. **Vrai.** D'après le document 2.b.

b. **Faux.** L'expérience du document 2.b concerne des plants à l'air libre qui montrent une croissance.

c. **Faux.** Dès les premiers jours, il y a croissance.

La plante, productrice de matière organique p. 96

QCM

1. b – 2. a – 3. a et b – 4. a, b et d.

Termes à relier

Sève brute : substance circulante qui contient de l'eau et des ions minéraux.

Sève élaborée : substance circulante qui contient des composés organiques solubles, principalement du saccharose et des acides aminés.

Lignine : substance localisée dans les parois, leur assurant rigidité et imperméabilité à l'eau.

Tanin : substance végétale assurant la défense chimique contre les microbes pathogènes et les herbivores.

Cellulose : substance principale de la paroi squelettique des cellules végétales, qui est perméable à l'eau.

Expliquer par un schéma

Légendes : 1. Chloroplaste ; 2. Amidon coloré au lugol ; 3. Paroi squelettique de la cellule ; 4. Cytoplasme ; 5. Grain d'amidon coloré au lugol ; 6. Paroi squelettique de la cellule.

Phrase : L'amidon synthétisé à la lumière dans les chloroplastes (B) de la feuille de bananier (A), va être transporté via le saccharose de la sève élaboré, pour être stocké dans la banane à l'usage des animaux disséminateurs qui le consommeront.

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

- Connaissances et document : dans l'équation bilan de la photosynthèse, l'O_2 dégagé peut venir du CO_2 et de l'H_2O.
- Dans les deux conditions expérimentales, la proportion d'^{18}O mesuré dans O_2 est celle de l'eau du milieu de vie des algues (0,85/0,84 ; 0,20/0,20). Et celle contenue dans le CO_2 n'a pas d'influence.
- L'O_2 dégagé provient donc de H_20.
- Les suspensions d'algues étant exposées à la lumière, on parle alors de photolyse de l'eau : $H_2O \rightarrow O_2+2H^+ +2e^-$.

Reproduction de la plante entre vie fixée et mobilité p. 106

QCM

1. b – 2. b – 3. c – 4. a, c et d.

Termes à relier

Pollinisation : transport des organes mâles (pollen) vers les organes femelles (pistil), qui va permettre la fécondation.

Dissémination : dispersion des graines qui permet, entre autres, aux plantes de coloniser de nouveaux milieux.

Totipotence : capacité que possède une cellule de se différencier en tous les types cellulaires.

Coévolution : transformations entre espèces à la suite de leurs influences réciproques.

Mutualisme : interaction (non obligatoire) entre espèces à bénéfices réciproques.

Expliquer par un schéma

Légendes : 1. Oui ; 2. La chauve-souris transporte le pollen (gamète mâle) et permet la reproduction sexuée de la plante, donc au bénéfice de la plante. Sa langue allongée est adaptée à la profondeur de la corolle ; 3. Contiennent les gamètes mâles ; 4. Contient les gamètes femelles ; 5. Oui ; 6. Attire (parfum ? couleur ?) et nourrit la chauve-souris, donc au bénéfice de la chauve-souris ; 7. Attire (parfum ? couleur ?) et fidélise la chauve-souris ; 8. Protection ; 9. Nourrit la chauve-souris.

Vers le sujet de BAC

a. **Vrai.** On reconnaît une fleur de type 3 avec, de l'intérieur vers l'extérieur, les 4 cycles concentriques des pièces florales : pistil en 3 parties (3 « carpelles »), 3 × 2 étamines, 3 pétales, 3 sépales (ressemblant chez le lis aux pétales).

b. **Vrai.** Le gamète mâle est contenu dans le grain de pollen, lui-même contenu dans les étamines.

c. **Vrai.** On n'observe ni pistils (carpelles) femelles ni étamines mâles au centre de la fleur, qui est donc stérile.

d. **Faux.** On observe 6 ovules sur le diagramme, qui vont se transformer en graines. Mais il s'agit d'une coupe et il est possible que sur la hauteur du fruit il y ait 2 ou 3 étages et donc 2 × 6 ou 3 × 6 ou n × 6 graines.

e. **Faux.** La pollinisation par le vent s'observe chez des fleurs comme les herbes et graminées (« rhume des foins » !) ou les arbres à chatons (saule, noisetier), avec une corolle manquante ou peu colorée, des étamines pendantes non observées chez le lis. La fleur de lis, en plus de sa corolle très colorée, possède un nectaire qui attire papillons ou abeilles pollinisateurs (non visible sur la photographie !).

La domestication des plantes p. 116

QCM

1. c – 2. a, b et c – 3. a – 4. d

Termes à relier

Coévolution : transformations entre espèces à la suite de leurs influences réciproques.

Mutualisme : interaction (non obligatoire) entre espèces à bénéfices réciproques.

Hybridation : croisement entre deux individus d'espèces, sous-espèces ou variétés différentes.

Transgenèse : incorporation d'un ou plusieurs gènes d'intérêt dans le génome d'un organisme vivant.

Expliquer par une image

Légendes : 1. Étamines ; 2. Pétales ; 3. Pistil ; 4. Pétales ; 5. Étamines ; 6. Pistil ; 7. Pétales.

À gauche : variété cultivée n° 1. À droite : variété cultivée n° 2.

Vers le sujet de BAC

a. **Faux.** Les plantes à fleur rose sont hétérozygotes R//B et forment des gamètes (R) et (B). Par autofécondation il y aura des descendants R//R Rouge et B//B Blanc en plus des roses R//B -R et B codominants. Le caractère rose n'est pas fixé.

b. **Faux.** Chaque hybride F1 fabrique 4 gamètes, 2 parentaux (B, p) et (R, F) et 2 recombinés (B, F) et (R, p) – F (foncé) dominant sur p (pâle) d'après les phénotype de F1. Or en F2, les 36 fleurs rouges correspondent à 4 combinaisons de gamètes avec 3 vert foncé et 1 vert pâle. Cela peut rendre compte des résultats observés : 3/4 (27) vert foncé et 1/4 (9) vert pâle, si les gamètes qui se sont rencontrés sont équiprobables. Les gènes sont alors indépendants et l'affirmation « les gènes sont liés » est fausse.

c. **Vrai.** Le bouturage est un clonage avec uniquement des mitoses, et donc conservation des génotypes et phénotypes.

d. **Faux.** Voir réponse à la question a. Les graines contiennent aussi les génotypes R//R fleur Rouge et B//B fleur Blanc : il n'y aura pas « que des plantes à fleurs roses ».

Thème 4 : Les climats de la Terre : comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain

Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées p. 126

QCM

1. a, b et d – 2. b – 3. c et d – 4. a, c et d.

Termes à relier

Cycle du carbone : ensemble des échanges réciproques du carbone entre l'atmosphère, l'océan, les êtres vivants, le sol, les roches…

Cycles de Milankovitch : variations périodiques des paramètres astronomiques qui engendrent des variations cycliques de l'insolation aux hautes latitudes.

Boucles de rétroactions positives : action en retour du système climatique amplifiant une perturbation (albédo, CO_2 de l'océan).

Expliquer par un schéma

Légendes : 1. $\delta^{18}O$ maximal (chaud) ; 2. Moyenne « plus chaude » (23 000/15 000 ans) ; 3. Relation $\delta^{18}O$ t°C actuelle (température « plus chaude ») ; 4. Repères chronologiques pertinents ; 5. Moyenne « plus froide »

(27 000-23 000 ans) ; 6. $\delta^{18}O$ minimal (froid) ; 7. Relation $\delta^{18}O$ t°C actuelle (température « plus chaude »).

Titre explicatif : Détermination d'une période froide suivie d'une période chaude grâce à la comparaison des $\delta^{18}O$ actuels et anciens (actualisme)

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

- Les variations mesurées ont une amplitude plus forte (5 °C depuis la dernière glaciation) que celles calculées (0,5 à 1 °C). Attention : les valeurs de l'ordre de 10 °C du graphe concerne les pôles et non la moyenne planétaire.
- Les graphes montrent que les variations de t°C sont corrélées avec les variations de GES.
- Or, plus l'atmosphère se réchauffe et plus le CO_2 de l'océan est dégazé dans l'atmosphère et plus le taux de GES augmente, ce qui… amplifie le réchauffement.
- Cette boucle de rétroaction positive explique que le réchauffement calculé de 1 °C dû à la seule insolation aboutit à un réchauffement mesuré réel de 5 °C en moyenne (10 °C à Vostok).

Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions p. 138

QCM

1. b et c – 2. a et c – 3. a – 4. c – 5. a et c – 6. a et b.

Termes à relier

Modélisation analogique : construction d'un système physique qui reproduit plus ou moins le phénomène.

Causalité : rapport de deux évènements dont l'un implique l'autre.

Effet de serre additionnel : rejet de CO_2, de CH_4, ou de N_2O dans l'atmosphère par les activités humaines.

Modélisation numérique : construction d'un ensemble de fonctions mathématiques décrivant le phénomène.

Corrélation : rapport entre deux événements qui varient simultanément (les deux pouvant être causés par un même autre événement).

Stockage additionnel de carbone : création ou reconstitution de stocks de carbone par des pratiques agricoles ou industrielles durables.

Expliquer par une image

Légendes : 1. Urbanisation trop proche de la mer ; 2. Érosion de la falaise ; 3. Renforcer la végétalisation des côtes ; 4. Renforcer la falaise de sable ; 5. Limiter l'action des vagues et/ou retenir le sable ; 6. …Et très certainement dans quelques années… déplacer les populations à l'intérieur des terres.

Exemple de titre : Actions d'atténuation pour limiter les conséquences du réchauffement (érosion littorale avec des tempêtes plus fréquentes)

Vers le sujet de BAC

Vous devez montrer :

- l'ampleur de l'effort à faire vu l'écart entre la baisse des émissions de CO_2 recherchée (5,2 %) comparée à l'augmentation prévue si rien ne change (39 %).
- l'augmentation prédite du CO_2 et de la température malgré la mise en œuvre du protocole.
- l'inertie du système climatique : c'est avec retard que la baisse, puis la modération des émissions de CO_2, provoquent un ralentissement, puis une stabilisation (haute) du CO_2 et de la température.
- l'urgence qui en découle.

Thème 5 : Comportements, mouvement et système nerveux

Les réflexes p. 150

QCM

1. c – 2. b et c – 3. b – 4. b et c.

Expliquer par une image

Légendes : 1. Vésicule contenant des molécules de neuromédiateur, l'acétylcholine ; 2. Neurone présynaptique ; 3. Fente synaptique ; 4. Cellule musculaire postsynaptique ; 5. Exocytose des vésicules ; 6. Fente synaptique ; 7. Neurone présynaptique propageant un message nerveux sous forme de potentiels d'action ; 8. Vésicule contenant des molécules de neuromédiateur, l'acétylcholine ; 9. Cellule musculaire postsynaptique propageant des potentiels d'action musculaires.

Titre E1 : Électronographie d'une synapse neuromusculaire sans stimulation présynaptique

Titre E2 : Électronographie d'une synapse neuromusculaire avec stimulation présynaptique

Termes à relier

Message nerveux chimique : qui code l'intensité de la stimulation « en amplitude ».

Membrane plasmique présynaptique : qui montre des figures d'exocytose.

Axone : long prolongement cytoplasmique du neurone qui assure la propagation des PA du corps cellulaire aux boutons synaptiques.

Membrane plasmique postsynaptique : qui est équipée de récepteurs protéiques aux neurotransmetteurs.

Message nerveux électrique : qui code l'intensité de la stimulation « en fréquence ».

Dendrite : prolongement cytoplasmique généralement ramifié qui conduit vers le corps cellulaire des informations électriques (des PA pour les neurones sensitifs).

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

- Avant le stimulus de pression : potentiel de repos.
- Pendant le stimulus : des signaux d'amplitude constante appelés potentiel d'action (PA). La microélectrode, implantée dans la fibre (du neurone), permet d'enregistrer des potentiels transmembranaires.
- L'intensité croissante de la pression est codée en fréquence croissante des PA (3 PA et 9 PA / unité de temps de stimulation).

Cerveau et mouvement volontaire p. 160

QCM

1. a et d – 2. b – 3. a, b et c.

Expliquer par une image

Légendes : 1. Aire motrice gauche (d'activation de la main droite) ; 2. Boîte crânienne (ou crâne) ; 3. Aire motrice droite (d'activation de la main gauche) ; 4. Hémisphère cérébral gauche ; 5. Hémisphère cérébral droit ; 6. Cortex cérébral (matière grise périphérique).

Titre : Activation des aires motrices cérébrales à l'origine des messages moteurs volontaires

Termes à relier

Sommation spatiale : somme algébrique des effets de plusieurs synapses différentes.

Dépolarisation : perturbation du potentiel de repos diminuant le potentiel membranaire (moins négatif).

Sommation temporelle : somme algébrique des effets successifs d'une même synapse.

Synapse activatrice : qui augmente l'activité du motoneurone par dépolarisation de la membrane postsynaptique.

Synapse inhibitrice : qui diminue l'activité du motoneurone par hyperpolarisation de la membrane postsynaptique.

Hyperpolarisation : perturbation du potentiel de repos augmentant le potentiel membranaire (plus négatif).

Vers le sujet de BAC

a. **Vrai.** L'hyperpolarisation observée est de – 80 mv (au lieu des -70 mv du potentiel de repos).

b. **Faux.** Ce n'est pas un potentiel d'action car il n'y a pas inversion du potentiel à + 60 mv comme en E2.

c. **Vrai.** Cela provoque une contraction de la fibre musculaire à laquelle est connectée le motoneurone. Cette propagation et cette contraction n'ont pas lieu dans les autres cas, car les potentiels de l'enregistrement E1 ne se sont pas propagés quelques millimètres plus loin en E2.

d. **Vrai.** Cette intégration se voit car le potentiel de – 55 mv (S1 et S2 simultanées) est intermédiaire entre les potentiels de – 80mv (S1 seule) et – 30 mv (S2 seule).

Le cerveau, un organe fragile à préserver p. 170

QCM

1. a – 2. b et c – 3. a et b – 4. b et c.

Termes à relier

AVC : rupture ou obstruction subite d'un vaisseau sanguin cérébral par un caillot bloquant l'apport d'O_2 aux neurones.

Dépendance : état de souffrance à l'arrêt brusque de la consommation.

Plasticité cérébrale : réorganisation des réseaux de neurones et des connexions synaptiques.

Addiction : consommation excessive d'une substance, en dépit des conséquences néfastes.

Expliquer par une image

Légendes : 1. récepteur membranaire postsynaptique à la sérotonine ; 2. fixation permise par complémentarité de forme entre récepteur membranaire et neurotransmetteur ; 3. sérotonine (neurotransmetteur) ; 4. analogie moléculaire de forme entre le LSD (exogène) et la sérotonine (endogène) ; 5. LSD (drogue = substance exogène).

Titre : Analogie de forme entre le LSD et la sérotonine expliquant les altérations de la perception visuelle par fixation sur le récepteur membranaire

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

- La recapture de la dopamine met fin à l'action de ce neurotransmetteur. La cocaïne (mais aussi l'ecstasy et les amphétamines), en empêchant cette recapture, prolonge la libération de cette dopamine et amplifie son action.
- Quant à l'alcool et la nicotine, ils stimulent l'activité des neurones à dopamine.

• Le circuit de la récompense faisant intervenir principalement la dopamine est donc perturbé.

• Par ailleurs, la dépendance est liée à l'augmentation de la libération de dopamine. Ainsi, la consommation des drogues citées, en favorisant la sécrétion de dopamine, peut conduire à la dépendance.

Thème 6 : Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie

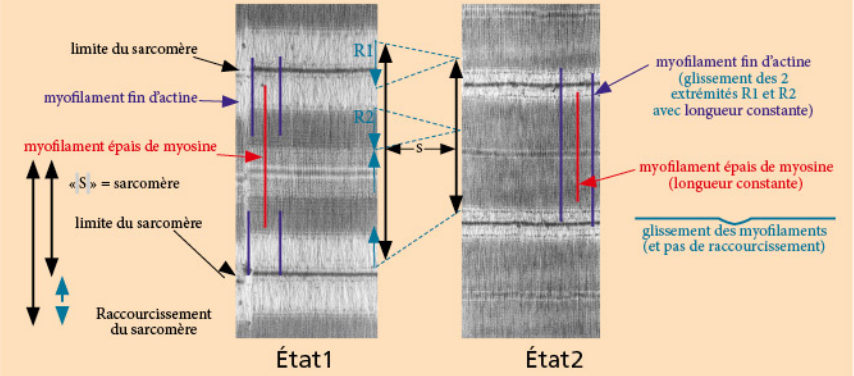
La cellule musculaire : une structure spécialisée permettant son propre raccourcissement p. 180

QCM

1. c – 2. b – 3. b et d – 4. a, b et d.

Expliquer par une image

Légendes État 1 **Légendes État 2**



Titre État 1 : Sarcomère relâché (MET) **Titre État 2 :** Sarcomère contracté (MET)

Termes à relier

Myosine : protéine dont la tête hydrolyse l'ATP, formant des myofilaments épais.

Matrice extracellulaire : association de macromolécules assurant la cohésion des cellules d'un tissu.

Actine : protéine globulaire polymérisée en myofilaments fins.

Myofibrilles : association des myofilaments d'actine et myosine contenus dans la cellule ou fibre musculaire.

Cytosquelette : réseau interne de filaments constitué de protéines reliées telles que les filaments d'actine et de myosine.

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

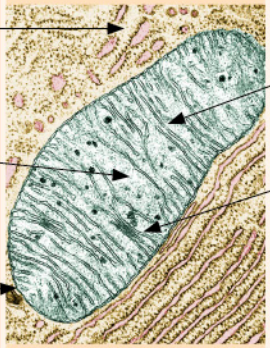
- On travaille sur une fibre musculaire, donc sur une cellule isolée.
- Lorsque la tension de la fibre augmente, cela traduit la survenue d'une contraction (quelques secondes de durée).
- L'annulation de la contraction sur la première courbe traduit que l'hydrolyse de l'ATP (bloquée par le salyrgan) est nécessaire et que le Ca^{2+} n'est pas suffisant.
- De même, l'annulation de la contraction sur la deuxième courbe traduit que le Ca^{2+} (piégé par le chélateur) est nécessaire et que l'ATP n'est pas suffisant.
- La contraction nécessite donc ATP et Ca^{2+}.

Origine de l'ATP nécessaire à la contraction de la cellule musculaire p. 188

QCM

1. a, b et d – 2. a – 3. a et b – 4. aucune des réponses proposées n'est vraie.

Expliquer par une image

Structures cellulaires et ÉTAPES DU MÉTABOLISME		Structures mitochondriales et ÉTAPES DU MÉTABOLISME
Hyaloplasme ou cytosol (GLYCOLYSE) Mitochondrie (RESPIRATION CELLULAIRE) Double membrane limitant l'organite		Matrice mitochondriale (CYCLE DE KREBS) Crêtes mitochondriales (OXYDATIONS RESPIRATOIRES) avec consommation d'O_2

Titre : Dans le hyaloplasme, la mitochondrie, organite de la respiration cellulaire (MET)

Termes à relier

Chaîne respiratoire : oxydation des NADH, H^+ en H_2O en présence d'O_2.

ATP : énergie chimique directement utilisable pour l'activité cellulaire.

Cycle de Krebs : dégradation oxydative complète de l'acide pyruvique en CO_2 et NADH, H^+.

Composés réduits NADH, H^+ : transporteur d'électrons et protons lors des réactions métaboliques d'oxydoréduction.

Glycolyse : dégradation oxydative du glucose en acide pyruvique et NADH, H^+.

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

- On travaille sur des mitochondries isolées et non sur des cellules « complètes ».
- On constate que la mitochondrie est un organite impliqué dans la respiration cellulaire, car on voit qu'elle consomme de l'O_2 à partir de 5 minutes.
- Mais c'est l'acide pyruvique qui est le « carburant » de la mitochondrie, et non le glucose, dont l'injection n'est pas suivie de consommation d'O_2 par la mitochondrie.
- Le glucose (C_6), « carburant de la cellule », doit d'abord être transformé (et oxydé) en acide pyruvique (C_3). Cette transformation est la glycolyse, réalisée à l'extérieur de la mitochondrie dans le hyaloplasme.

Le contrôle des flux de glucose, source essentielle d'énergie des cellules musculaires

p. 200

QCM

1. a et c – 2. b et c – 3. b et c – 4. c et d.

Expliquer par une image

Structure A : îlot de Langerhans d'un individu sain. Nom : îlot de Langerhans du pancréas endocrine. Fonction : sécrétion d'insuline (et glucagon). Conséquence : régulation de la glycémie possible.

Structure B : îlot de Langerhans d'un individu atteint de diabète DID. Nom : îlot de Langerhans détruit. Fonction : pas de sécrétion d'insuline. Conséquence : diabète de type 1 insulinodépendant.

Termes à relier

Diabète insulinodépendant (DID) : qui se caractérise par l'absence de sécrétion d'insuline due à la destruction des îlots de Langerhans.

Hormone hypoglycémiante : qui fait entrer le glucose du sang à l'intérieur des cellules et, dans le foie, active la glycogénogenèse et inhibe la glycogénolyse (insuline).

Diabète non insulinodépendant (DNID) : qui se caractérise par une insulinorésistance, due à une perturbation de l'interaction entre l'insuline et ses récepteurs.

Hormone hyperglycémiante : qui libère du glucose dans le sang en activant la glycogénolyse et en inhibant la glycogénogenèse au niveau du foie (c'est le glucagon – et dans le chapitre Comportements et stress, l'adrénaline).

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

- La seule connaissance utile est de traduire « fonctionnalité des cellules β » par « sécrétion d'insuline ». Ne récitez pas vos connaissances sur les deux types de diabète.
- On constate alors que cette sécrétion est très faible pour le DT1 au moment de l'étude (« situation actuelle ») et s'annulerait deux ans plus tard. Ce diabète est donc dû à un défaut précoce (avant 15 ans) de sécrétion d'insuline, d'où son nom de DID (diabète insulinodépendant).
- Pour le DT2, la sécrétion d'insuline est encore forte (50 %) et s'annule tardivement (vers 60 ans). Ce n'est donc pas un défaut de sécrétion d'insuline (hypoglycémiante), d'où son nom de DNID (diabète non insulinodépendant).

Thème 7 : Comportements et stress : vers une vision intégrée de l'organisme

L'adaptabilité de l'organisme p. 210

QCM

1. a, b, c et d – 2. b et d – 3. b et c – 4. a, b, c et d.

Expliquer par un schéma

Légendes : 1. Glande surrénale ; 2. Noyau médullo-surrénale (adrénaline) ; 3. Cortico-surrénale (cortisol) ; 4. Rein ; 5. Vaisseau sanguin (message hormonal).

Titre : Les glandes surrénales sécrétrices des hormones adrénaline et cortisol

Termes à relier

Axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien : cascade d'interactions hormonales (CRH, ACTH, cortisol) qui contrôle la réponse secondaire au stress aigu.

Axe sympatho-médullosurrénalien : cascade d'interactions nerveuses et hormonales (adrénaline…) qui contrôle la réponse immédiate au stress aigu.

Système limbique : ensemble de zones internes du cerveau impliquées dans les émotions (amygdale) et la mémoire (hippocampe) et qui exercent une influence sur le système endocrinien.

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

• La condition de l'évaluation par un jury (condition SET) peut être considérée comme un agent stresseur.

• En l'absence d'hydrocortisone, par comparaison entre SET et non SET, on voit que l'agent stresseur entraîne une augmentation de sécrétion de cytokine : 6 300 au lieu de 5 300 pg/mL. Il y a donc une activation de la réponse inflammatoire en réponse à l'agent stresseur.

• De plus, les doses croissantes d'hydrocortisone de 10-8 à 10-6 entraînent une baisse du taux de cytokines à 1 600 pg/mL, donc de leur activité pro-inflammatoire : les doses plus élevées d'hydrocortisone ont donc une action anti-inflammatoire.

• Ainsi, pour une dose d'hydrocortisone de 10-7, on retrouve en condition stressante (SET) les valeurs initiales en condition non stressante (non SET) de 5 300 pg/mL.

L'organisme débordé dans ses capacités d'adaptation p. 220

QCM

1. b, c et d – 2. a – 3. c – 4. b et c.

Termes à relier

Stress aigu : réponse adaptative immédiate de l'organisme à des agressions de l'environnement, qui est nécessaire à la survie.

Stress chronique : réponse mal-adaptative de l'organisme à l'exposition prolongée à des agressions de l'environnement et provoquant de nombreux troubles.

Résilience : capacité d'un organisme à retrouver un fonctionnement normal lorsque sa capacité à fonctionner a été ébranlée de façon négative.

Plasticité : processus d'adaptation et de flexibilité d'un système soumis à l'influence de facteurs environnementaux.

Expliquer par un schéma

Légendes : 1. GABA ; 2. Membrane cellulaire ; 3. Récepteur du GABA ; 4. Ion chlorure ; 5. Flux d'ions chlorure ; 6. Benzodiazépine.

Titre schéma a : Le GABA s'est fixé sur son récepteur, il active l'ouverture du canal et des ions chlore traversent la membrane

Titre schéma b : La benzodiazépine vient aussi se fixer sur le récepteur de GABA. Le canal ionique est davantage ouvert et la quantité d'ions chlore franchissant la membrane est plus importante. En définitive, la benzodiazépine augmente l'effet inhibiteur du GABA.

Vers le sujet de BAC

Éléments de réponse :

- Les difficultés de mémorisation spatiale sont observées chez le rat en même temps qu'une raréfaction des connexions interneuronales (doc. 1A) et de l'arborisation dendritique (doc. 1A et 2).
- Chez l'homme, une diminution du volume de l'hippocampe par mort cellulaire ou rétrécissement cellulaire (doc. 2) est corrélée au stress vécu par les vétérans de la guerre du Vietnam (doc. 1B).
- On comprend alors que le fonctionnement de l'hippocampe dans la mémorisation, la concentration et l'acquisition des connaissances soit perturbé. D'où les difficultés de mémorisation et d'apprentissage que l'on constate chez les individus soumis à un stress chronique.
- Ces altérations (parfois réversibles) des neurones et de l'apprentissage sont corrélées à une augmentation des glucocorticoïdes corticosurrénaliens.

Sujets comme à l'examen

SUJET COMPLET 1 Sujet inédit — 15 pts — 3h30

Exercice 1 — 7 pts — 1h40

corrigés p. 254

Stabilité du caryotype et trisomie 21

Méiose et fécondation participent à la stabilité du caryotype des individus de l'espèce. Pourtant, certains d'entre eux présentent un caryotype anormal : leurs cellules possèdent trois chromosomes 21.

Après avoir expliqué comment la méiose et la fécondation assurent la stabilité du caryotype, vous présenterez les perturbations du déroulement de la méiose qui conduisent à une trisomie 21.

Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies dans lesquelles la formule chromosomique de la cellule sera 2n = 4. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

Exercice 2 — 8 pts — 1h50

corrigés p. 258

Métabolisme musculaire et entraînement des sportifs

Un entraînement de longue durée (course pendant 21 semaines à raison de 5 séances par semaine) peut être à l'origine, chez les sportifs, d'une modification du métabolisme des cellules musculaires.

À partir de l'exploitation des documents et de l'utilisation des connaissances, montrez que le métabolisme musculaire est modifié par l'entraînement, puis expliquez en quoi ces modifications permettent des contractions musculaires plus intenses et de plus longue durée.

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

DOC. 1 Quantité de mitochondries dans les cellules musculaires

Les mitochondries sont des organites présents dans les cellules musculaires. Elles permettent la synthèse d'ATP par oxydation des métabolites. Un entraînement de 21 semaines à raison de 5 séances par semaine permet d'observer dans les cellules musculaires :

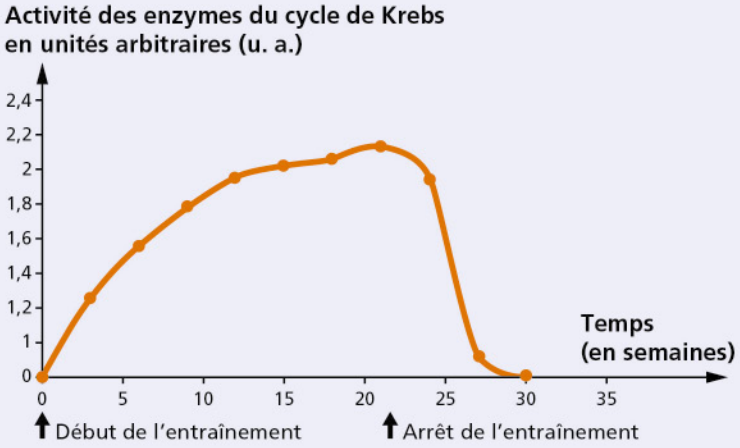
– une augmentation du nombre de mitochondries de 120 % ;

– une augmentation de 14 à 40 % de la taille des mitochondries.

Source : www.jap.physiology.org

DOC. 2 Entraînement et activité enzymatique

Des mesures de l'activité des enzymes du cycle de Krebs sont réalisées à partir d'extraits de muscles prélevés chez différents sportifs avant et après entraînement.



Source : physiperf.fr

DOC. 3 Entraînement et réserves de métabolites

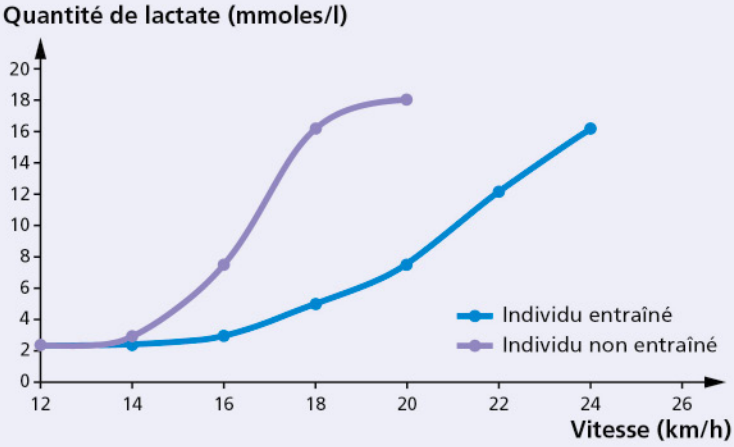
Le glycogène est une forme de stockage du glucose. Le tableau ci-dessous présente les réserves en glycogène musculaire chez une personne non entraînée et chez une personne entraînée.

	Réserves en glycogène musculaire
Personne non entraînée	13 à 15 g/kg de muscle
Personne entraînée	15,5 à 17,5 g/kg de muscle

Source : www.jap.physiology.org

DOC. 4 Entraînement et conditions de production d'acide lactique

Des mesures de l'activité des enzymes du cycle de Krebs sont réalisées à partir d'extraits de muscles prélevés chez différents sportifs avant et après entraînement.



Variation de la quantité de lactate en fonction de la vitesse de course chez un individu entraîné et chez un individu non entraîné

Source : Stapsnancy.univ-lorraine.fr

CORRIGÉ SUJET COMPLET 1

› **Retrouvez une méthodologie pas à pas via l'application Nathan Live.**

Exercice 1

énoncé p. 252

Introduction

Dans l'espèce humaine, **la reproduction sexuée fait intervenir les deux mécanismes fondamentaux de la méiose**, formant les gamètes, **et de la fécondation**, réunissant les gamètes. Nous montrerons que **ces mécanismes complémentaires assurent la stabilité du caryotype**, équipement ordonné des chromosomes caractéristique de l'espèce. Mais l'observation de ces caryotypes révèle parfois la présence de trois chromosomes 21 au lieu de deux.

Nous montrerons que **des anomalies de première ou de deuxième division de méiose peuvent survenir**, perturbant la distribution des chromosomes ou chromatides et conduisant, après fécondation, à la trisomie 21 observée.

I – La méiose et la fécondation assurent le maintien du caryotype

A. La fécondation entraîne l'addition des chromosomes des gamètes

La fécondation est l'union de deux gamètes qui apportent chacun n chromosomes (n = 23 chez l'espèce humaine). On obtient une cellule œuf à n paires de chromosomes (2n = 46 chromosomes).

Ce doublement de chromosomes devrait alors se reproduire à chaque génération. Or, le nombre 2n = 46 chromosomes est stable et caractérise le caryotype de l'espèce humaine.

Il existe donc un mécanisme qui équilibre la fécondation : il s'agit de la méiose, ensemble de deux divisions, qui fait passer d'une cellule diploïde à 2n chromosomes à quatre cellules haploïdes à n chromosomes.

Gagnez des points !

Pour produire le texte argumenté attendu, vous devez utiliser des liens logiques soulignés par les mots « alors », « or », « donc »...

B. La première division de méiose permet une réduction chromatique (schéma 1)

Le schéma 1 montre le résultat de la première division de méiose pour deux paires, soit 2n = 4 chromosomes, dont la paire 21.

Le phénomène fondamental est l'appariement des chromosomes en prophase 1, qui conduit chaque chromosome d'une paire à se placer de part et d'autre du plan équatorial en métaphase 1.

La séparation des chromosomes homologues en anaphase 1 conduit à deux lots de n = 2 chromosomes à deux chromatides (schéma 1).

C. La deuxième division de méiose produit des chromosomes à une chromatide (schéma 1)

Lors de l'anaphase 2, le clivage des centromères conduit à la séparation de n = 2 chromosomes à une chromatide (schéma 1). À partir d'une cellule à 2n = 4 chromosomes à deux chromatides, on obtient ainsi quatre cellules à n = 2 chromosomes à une chromatide.

Gagnez des points !

Si les schémas des anomalies de méiose qui vont suivre sont réalisés avec les mêmes conventions, la comparaison sera possible et vous présenterez à votre correcteur une vraie démonstration.

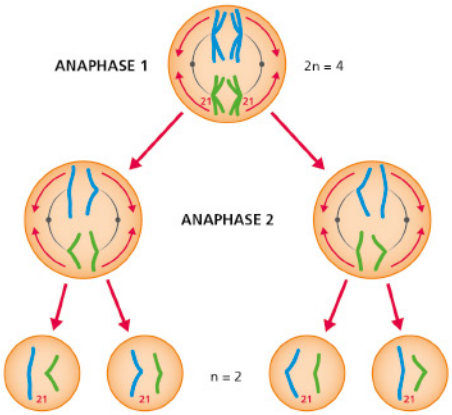


Schéma 1 : Les deux divisions de méiose : réduction de 2n = 4 à n = 2

II – Anomalies de méiose et trisomie 21

Une anomalie de méiose peut aboutir à des gamètes anormaux possédant deux chromosomes 21, aboutissant après fécondation à un caryotype à trois chromosomes 21.

A. Anomalie de première division de méiose (schéma 2)

L'un des parents de l'enfant trisomique fabrique des gamètes normaux possédant un chromosome 21. Chez l'autre parent (le plus souvent chez la mère), la séparation des chromosomes 21 homologues n'a pas lieu (schéma 2).

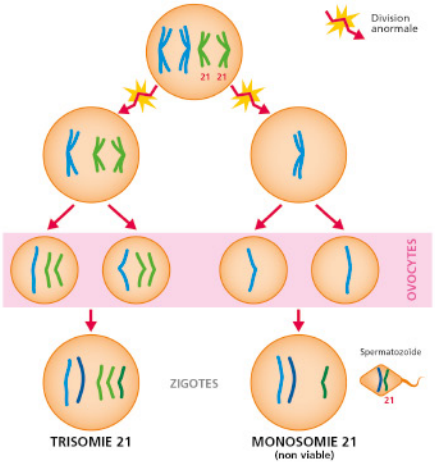


Schéma 2 : Perturbation de la première division de méiose à l'origine de la trisomie 21

Le schéma 2 montre que la première division anormale de méiose donne :

– Une cellule haploïde anormale car possédant deux chromosomes 21. Elle est à l'origine, après fécondation, d'une trisomie 21.

– L'autre cellule ne possède pas de chromosomes 21. Elle est à l'origine, après fécondation, d'une monosomie 21 non viable.

Astuce du prof

Ne paraphrasez pas le schéma, qui constitue l'essentiel de votre temps. Deux lignes pour poser le problème, un très bref bilan et c'est tout. Ce sera encore plus court pour le schéma 3 !

B. Anomalie de deuxième division de méiose (schéma 3)

Chez l'un des parents, la séparation des chromatides n'a pas lieu (schéma 3).

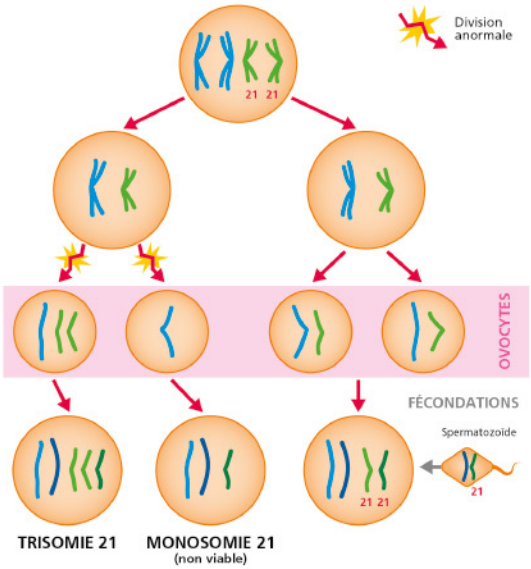


Schéma 3 : Perturbation de la deuxième division de méiose à l'origine de la trisomie 21

Après la fécondation, les conséquences sont comparables à une trisomie 21 et à une monosomie 21 non viable.

Conclusion

La méiose, grâce à la séparation des chromosomes homologues en anaphase 1, permet de compenser la fécondation et assure ainsi la stabilité du caryotype.

En cas d'anomalie de première ou de deuxième division de méiose, certains gamètes héritent de deux chromosomes 21 et sont à l'origine d'une trisomie 21.

Exercice 2

énoncé p. 252

Introduction

Un entraînement intense et de longue durée est profitable aux performances et au confort du sportif. Mais quelles modifications peuvent être détectées et mesurées à l'échelle de la cellule musculaire ? Comment sont modifiées les réactions chimiques, c'est-à-dire le métabolisme de ces cellules ? Cela peut-il permettre aux contractions musculaires d'être plus intenses et de plus longue durée ? Les données documentaires fournissent quelques éléments de réponse.

I – Le métabolisme respiratoire est plus actif chez l'individu entraîné

Le document 1 montre que l'entraînement de 21 semaines augmente le potentiel du métabolisme respiratoire musculaire en augmentant fortement le nombre (+ 120 %) et la taille (+ 14 à 40 %) des cellules musculaires. L'ATP respiratoire (énergie utilisable) peut donc être régénéré plus activement.

Le document 2 montre que l'entraînement augmente fortement l'activité des enzymes du cycle de Krebs (× 2,2), qui se déroule dans les mitochondries. Or, ces enzymes produisent des transporteurs réduits RH2, qui permettent la régénération d'ATP avec utilisation d'O_2, dans la chaîne respiratoire mitochondriale.

Avec l'activation de ces enzymes, l'ATP respiratoire peut donc être régénéré plus activement. Le métabolisme respiratoire est ainsi activé.

Gagnez des points !

Utilisez brièvement vos connaissances en expliquant le lien entre l'activité des enzymes du cycle de Krebs et le changement de métabolisme.

II – Le métabolisme fermentaire est moins actif chez l'individu entraîné

Le document 4 montre que pour des vitesses de course de 16 ou 20 km/h, l'entraînement fait diminuer fortement la quantité de lactates (divisée par 2,5) formés par fermentation lactique. Le métabolisme fermentaire intervient donc moins activement.

Méthode

Montrez à votre correcteur qu'une comparaison rigoureuse nécessite de faire varier un seul facteur : l'entraînement. Il faut donc fixer la variable vitesse. Vous remarquez qu'un minimum de méthode permet d'être bref et rigoureux.

III – L'entraînement permet des contractions plus intenses et plus durables

Le document 4 montre qu'en deçà de 20 km/h, l'entraînement fait diminuer fortement la quantité de lactates. Or, les lactates pourraient être à l'origine d'une fatigue musculaire.

Une moindre fatigue doit permettre des contractions plus durables.

On sait, par ailleurs, que le métabolisme fermentaire consomme beaucoup plus de glucides que le métabolisme respiratoire pour produire une même quantité d'ATP. Les modifications du métabolisme mises en évidence dans les parties I et II permettent d'économiser les réserves de sucre, donc permettent des contractions plus durables.

Gagnez des points !
Le lien entre les documents 3 et 4 est essentiel.

D'autant plus durables que le document 3 montre que l'entraînement multiplie par 1,2 les réserves de glycogène musculaire.

Astuce du prof
Utilisez le conditionnel pour vos conclusions, car l'intensité de la contraction n'est pas chiffrée expérimentalement.

Le document 4 montre que seul l'individu entraîné a été testé pour des vitesses de course intense au-delà de 20 km/h (jusqu'à 24 km/h). Il semblerait que l'entraînement permette des contractions musculaires plus intenses.

Gagnez des points !
Dans la conclusion, en quelques lignes, reprenez les mots de la question (pertinence) et citez quelques données essentielles, ainsi que les documents.

En activant le mécanisme respiratoire dans les mitochondries (documents 1 et 2) et en réduisant l'intervention du métabolisme fermentaire (document 4), l'entraînement modifie le métabolisme des cellules musculaires.

Pour les individus entraînés, les réserves de glycogène musculaire plus abondantes (document 3) sont préservées : la contraction musculaire peut être plus durable. Une course plus rapide et plus intense semble possible.

SUJET COMPLET 2 Sujet inédit 15 pts 3h30

Exercice 1 7pts 1h40

corrigés p. 264

Les principes de datation absolue

Un objet géologique, fossile ou roche magmatique, témoigne d'une histoire que l'on peut reconstituer par l'application de méthodes chronologiques. La décroissance radioactive de certains isotopes permet de déterminer l'âge de cet objet.

Expliquez comment on peut déterminer l'âge absolu d'un fossile ou d'une roche magmatique, c'est-à-dire la durée qui s'est écoulée depuis sa formation jusqu'au moment où le géologue le ou la récolte. Vous montrerez que différents radiochronomètres sont choisis en fonction de la période de temps à explorer.

Le document fourni est conçu comme une aide : il peut vous permettre d'illustrer votre exposé, mais son analyse détaillée n'est pas attendue, pas plus que des développements mathématiques. Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies. Pour illustrer l'exposé, on attend des arguments, comme des expériences, des observations, des exemples.

DOC. 1A

La méthode des isochrones est utilisée pour déterminer l'âge t d'une roche à partir de certains éléments radioactifs présents dans les minéraux de cette roche. Cette dernière est par exemple un granite, et certains minéraux ont incorporé, lors de leur formation, du rubidium ^{87}Rb ainsi que du strontium ^{87}Sr et ^{86}Sr.

Le ^{87}Rb est radioactif et se désintègre par radioactivité ß en ^{87}Sr radiogénique.

$$^{87}Rb \rightarrow {}^{87}Sr \text{ (radioactivité ß)}$$

Ainsi, au cours du temps, la quantité de strontium (^{87}Sr) augmente. Elle provient de la désintégration du rubidium ^{87}Rb.

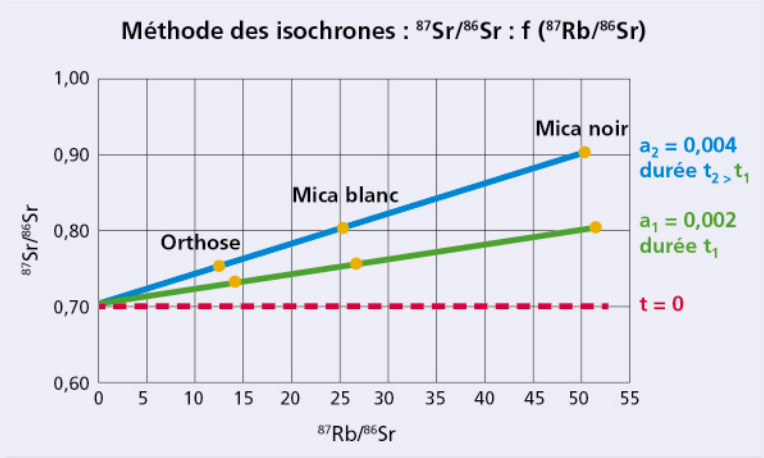
Le ^{86}Sr est un isotope stable.

Un spectromètre de masse a mesuré dans un granite donné d'un âge donné, pour certains minéraux (orthose, mica blanc, mica noir), les nombres d'atomes (N) de ^{87}Sr, ^{86}Sr et ^{87}Rb.

On construit, à partir des couples ($^{87}Rb/^{86}Sr$; $^{87}Sr/^{86}Sr$) des minéraux d'une même roche, une droite d'équation $y = ax + b$.

Le coefficient directeur a est une fonction croissante du temps. Pour cette raison, la droite de minéraux de même âge est dite isochrone.

Le graphe donne les droites isochrones théoriques pour un même granite, pour deux durées écoulées, croissantes : $t_2 > t_1$.



Droites isochrones d'un granite pour deux durées écoulées t_1 et $t_2 > t_1$

DOC. 1B **Table de valeurs de la fonction croissante du temps de a**

Coefficient directeur de l'isochrone noté a	Âge du granite noté t en millions d'années
0,001	70,4
0,002	141
0,003	211
0,004	281
0,005	351
0,006	421
Etc.	Etc.

Exercice 2 8pts 1h50

corrigés p. 268

Résistance des bactéries et moustiques aux antibiotiques ou insecticides

À l'heure actuelle, certains organismes nuisibles à l'espèce humaine deviennent résistants et survivent à des traitements qui les éliminaient auparavant. On s'intéresse à deux exemples : la résistance de la bactérie *Haemophilus influenzae* aux antibiotiques et la résistance du moustique *Culex pipiens* aux insecticides.

On cherche à expliquer les origines possibles de cette résistance.

Proposez une explication :
– à l'apparition d'individus résistants (documents 1 et 2) ;
– à l'augmentation du nombre d'individus résistants dans les populations (document 3).

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

DOC. 1 Séquence de la protéine PBP3 chez différentes souches d'Haemophilus influenzae (Rd, T196, H2, KK01)

Pour lutter contre *Haemophilus influenzae* (bactérie responsable de méningites chez l'enfant), on utilise comme antibiotique la pénicilline, qui entraîne la mort des bactéries.

On compare la séquence partielle de la protéine PBP3 de plusieurs souches d'*Haemophilus influenzae*. La protéine PBP3 est susceptible d'intervenir dans des mécanismes de résistance à la pénicilline.

```
                320        330        340        350        360        370        380        390
Rd     SELMNNRAIT DTFENQSTVK PFVVLTALQR CVVKRDKIID TTEFKLSCKE IVDVAPRAQQ TLDIILMISS MNGVSRLALR
T196   ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ----------
H2     ---------- ---------- ---------- ---------N ------N--- ---------- ---------- ----------
KK01   ---------- ---------- ---------- ---------N ---------- ---------- ---------- ----------

                400        410        420        430        440        450        460        470
Rd     MPPSALMETY QNACLSKPTD LGLIGPQVCI LNANRKRKAD IERATVAYCY CITATPLQIA RAYATLGSYG VERPLSITKV
T196   ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ----------
H2     ---------- ---------- ---------- ---------- ------S--- ---------- ---------- ----------
KK01   ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ----------

                480        490        500        510        520        530        540
Rd     DPPVICKRVY SERITKDIVC ILEKVAIKNK RAMVEGYRVC VKTGGARRIE NGHYVNKYVA PTAGIAPIED
T196   ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ---------- ----------
H2     ---------- ---------- ---------- ---------- ------H--- ---------- ----------
KK01   ---------- ---------- ---------- -V-------- ---------- -----K---- ----------
```

Les souches Rd et T196 sont sensibles à la pénicilline. Les souches H2 et KKO1 sont résistantes. Chaque lettre correspond à un acide aminé. La séquence de la souche Rd est prise comme référence. Les acides aminés identiques à ceux de la souche Rd sont indiqués par des tirets « - ». Pour plus de clarté, les séquences sont présentées par groupes de 10 acides aminés.

Source : OZAKI *et al.* (2005).

DOC. 2 Résistance de *Culex pipiens* aux insecticides

Pour lutter contre le moustique *Culex pipiens*, on utilise des insecticides organophosphorés. L'étude du génome du moustique a montré qu'il possédait deux gènes A et B codant des enzymes (estérases), permettant ainsi la dégradation des composés organophosphorés. On a observé, par ailleurs, que la quantité d'estérases était 500 fois plus importante chez un moustique résistant que chez un moustique sensible.

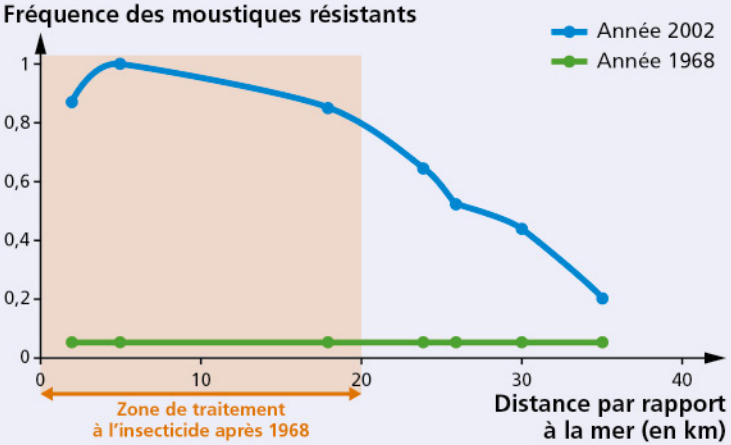
On compare l'organisation d'une partie du génome d'un moustique sensible et celle d'un moustique résistant aux insecticides organophosphorés.

Représentation schématique d'une portion chromosomique d'un moustique sensible aux insecticides organo-phosphorés

Représentation schématique d'une portion chromosomique d'un moustique résistant aux insecticides organo-phosphorés

DOC. 3 Fréquence des souches résistantes de *Culex pipiens*

Dans la région de Montpellier, on effectue un prélèvement de larves de moustiques dans les zones traitées aux insecticides organophosphorés après 1968 (en bord de mer) et dans les zones non traitées. On étudie ensuite, chez les moustiques prélevés, la résistance aux insecticides organophosphorés.



Source : RAYMOND *et al.* (1991).

CORRIGÉ SUJET COMPLET 2

› Retrouvez une méthodologie pas à pas via l'application Nathan Live.

Exercice 1

énoncé p. 260

Introduction

La datation relative ne permet pas de donner un âge absolu (en millions d'années) à une roche ou à un fossile. Cet âge, ou datation absolue, peut être donné en étudiant certains isotopes instables présents dans les minéraux, qui sont appelés radiochronomètres.

Comment les isotopes présents dans l'échantillon récolté par le géologue nous fournissent-ils un âge absolu ? Comment se présente l'échantillon au moment du déclenchement du radiochronomètre ? Comment choisir un radiochronomètre en fonction de la période à explorer ?

I – Un principe : la décroissance radioactive

La décroissance radioactive d'un isotope père P radioactif et sa transformation en un élément fils F radiogénique obéit à une loi mathématique connue*, fonction du temps.

Soient les valeurs mesurées donc connues* des isotopes F*(t) et P*(t) pour un échantillon d'âge t, et F_0 à teneur initiale de F au moment du déclenchement du radiochronomètre.

$$F^*(t) = P^*(t) \times \text{fonction croissante}^*(\text{du temps } t) + F_0$$

* signifie « connu »

Astuce du prof

On ne vous demande pas de développement mathématique. Mais il faut argumenter, donc distinguer la fonction mathématique et les mesures qui sont connues du temps t que l'on cherche, qui est inconnu.

A. Premier cas (rare) : la quantité initiale de l'élément père P_0 est connue et la quantité de l'élément fils F_0 est nulle

Il y a alors **une seule inconnue t**. On connaît la durée de demi-vie d'un élément radioactif où la moitié des éléments P sera désintégrée, remplacée par des éléments F. La mesure des quantités P/F permet de déterminer l'âge, en années, depuis la fermeture du système considéré (cristallisation du minéral ou mort de l'organisme fossilisé) – **Schéma 1**. Le couple (P, F) fonctionne donc comme un sablier et constitue alors un radiochronomètre.

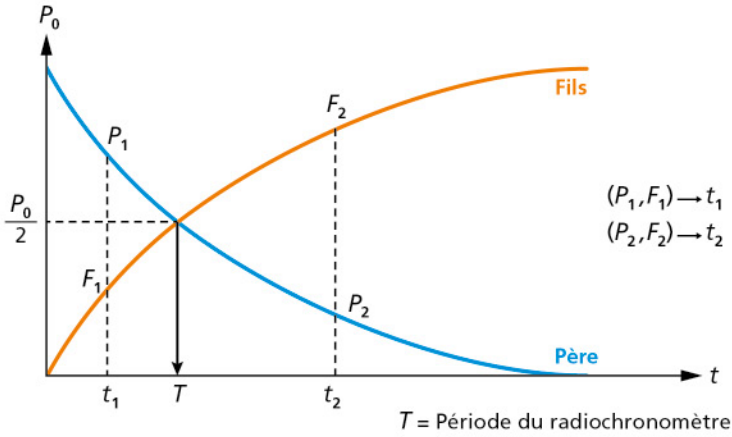


Schéma 1 – Évolution des quantités des isotopes Père et Fils et détermination de deux âges $t_2 > t_1$

Le graphe montre que la valeur du rapport F(t)/P(t) peut être traduite en un âge t.

B. Deuxième cas (ordinaire) : les quantités initiales d'isotopes sont inconnues

C'est le cas le plus fréquent donné dans les documents 1A et 1B et qui va être étudié dans la partie suivante.

II – Comprendre l'état du système au moment de sa fermeture

Pour déterminer une durée écoulée, il faut connaître le moment du déclenchement du radiochronomètre. Il faut que les isotopes soient piégés lors de la formation de la roche magmatique (ou de la mort du fossile). On dit qu'il y a fermeture du système considéré (minéral ou roche), ce qui correspond à l'arrêt de tout échange entre le système considéré et l'environnement (par exemple, quand un cristal solide se forme à partir d'un magma liquide). Pour les roches magmatiques ou métamorphiques, cette fermeture du système est due à un abaissement de la température en dessous d'un certain seuil. Il ne doit pas, non plus, y avoir de contaminations venues de l'extérieur.

La datation absolue d'âge croissant du granite présentée dans le document 1 est basée sur le couple d'isotopes rubidium/strontium.

Le ^{87}Rb radioactif (Père) se désintègre en ^{87}Sr radiogénique (Fils) ($^{87}Rb \rightarrow {}^{87}Sr$ noté P → F).

Astuce du prof

Vous pouvez utiliser différentes notations, que vous présentez au correcteur. Ce qui compte est de garder le fil conducteur de votre démonstration. Aucun développement mathématique n'est exigé.

Il existe aussi un isotope stable (^{86}Sr), qu'on peut noter dans la suite S.

Sur le schéma 2, on voit qu'à partir des échantillons du granite, les mesures des quantités des isotopes de trois minéraux (orthose, mica blanc et mica noir) pour deux âges croissants permettent de construire deux droites (document 1A), dont les coefficients directeurs a_1 et a_2 croissants donnent les âges de 141 Ma et 281 Ma (document 1B).

Cette méthode a donc permis de déterminer la durée qui s'est écoulée depuis la formation du granite.

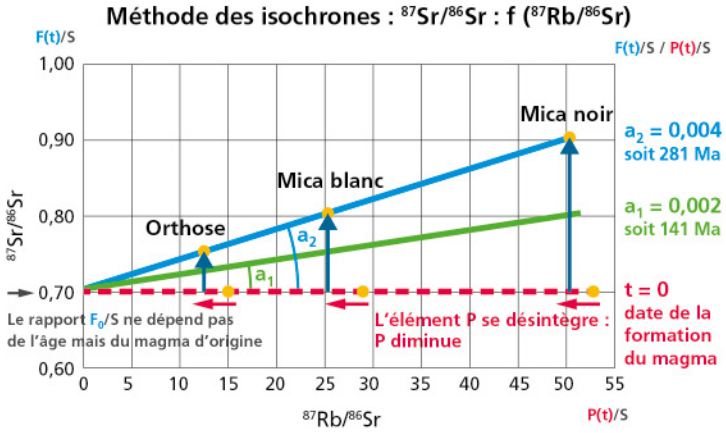


Schéma 2 – Expliquer la détermination de l'âge absolu d'un granite quand les quantités initiales d'isotopes sont inconnues

Le sujet nous demande d'expliquer comment on peut déterminer l'âge absolu t du granite. On constate alors que le principe énoncé en partie I :

$F^*(t) = P^*(t) \times$ fonction croissante*(du temps t) + F_0

n'est pas opérationnel, puisqu'on a une équation à **2 inconnues t, mais aussi F_0.**

On observe que le document 1A fait intervenir un isotope **stable (noté S)** non radiogénique, non radioactif, dont la quantité reste constante. On peut alors diviser l'équation précédente par S :

$$F^*(t)/S = P^*(t)/S \times \text{fonction croissante}^*\text{ (du temps t)} + F_0/S$$
$$(y = ax + b)$$

Les points représentatifs des minéraux « de même âge » récoltés, avec leurs quantités d'isotopes mesurés connues, s'insèrent sur une droite « isochrone » $y = ax + b$ dans le diagramme graphe **F(t)/S /P(t)/S** du document 1A repris dans le schéma 2.

Gagnez des points !

En annotant le graphe du document 1A, vous argumentez et vous montrez que vous avez compris la méthode des isochrones présentée dans le document 1.

On constate que « a » est bien le coefficient directeur de la droite et qu'il augmente avec le temps (c'est une fonction croissante connue*). **Être capable de calculer graphiquement la pente « a » de la droite permet le calcul de l'âge absolu t à partir de la fonction mathématique connue.** Mission accomplie, même en ne connaissant pas F_0.

On peut noter que lorsque les minéraux rapportés par le géologue sont alignés, cela signifie que trois conditions ont été remplies :

– les échantillons ont le même âge ;

– les échantillons proviennent du même magma ;

– les échantillons se sont comportés en système clos.

III – Choix d'un radiochronomètre en fonction de la période à explorer

Chaque radiochronomètre est caractérisé par sa période. Cette période est le temps nécessaire pour que la quantité initiale de l'élément père diminue de moitié. C'est une constante qui fixe un domaine d'utilisation pour chaque couple père/fils (tableau).

Couple d'isotopes	Période	Domaine d'utilisation	Roches ou fossiles
Carbone 14 Azote 14	5 370 ans	– 100 à – 50 000 ans	végétaux, os, coquilles, fossiles
Potassium 40 Argon 40	1,3 Ga	– 0,1 Ma à – 10 Ma	roches magmatiques ou métamorphique

On voit que pour établir l'âge d'apparition des premiers Homininés (de l'ordre de 7 Ma), c'est le couple Potassium-Argon qui convient. Il permet de dater les laves ou cendres intercalées avec les gisements fossilifères.

Gagnez des points !

Faire un tableau est un moyen efficace pour réaliser une comparaison et… gagner des points ! Il vous faudra aussi argumenter en donnant des périodes de validité de quelques radiochronomètres (au minimum deux pour montrer les différences), avec des exemples de roches et de fossiles.

Conclusion

Pour déterminer un âge absolu par radiochronologie, le choix de l'échantillon étudié et le contexte géologique sont déterminants. Le système a dû rester clos après fermeture, donc l'échantillon ne doit pas être altéré (pour éviter les contaminations), ni avoir été réchauffé par métamorphisme, car dans ce cas on daterait le dernier refroidissement. Il doit également posséder les minéraux contenant les isotopes dont la période est pertinente pour l'âge recherché.

Si la décroissance radioactive est le principe théorique fondamental, dans la pratique, la méthode des isochrones présentée dans le document nous montre que l'analyse de plusieurs minéraux d'une même roche est nécessaire pour pouvoir déterminer son âge.

Enfin, la radiochronologie a permis un calage en âge absolu isotopique de l'échelle stratigraphique, qui est la superposition relative des intervalles de temps, limités par des coupures.

Gagnez des points !

L'ouverture qui évoque la datation relative avec l'échelle stratigraphique montrera à votre correcteur que la rigueur explicative de votre exposé ne vous empêche pas d'avoir une vue d'ensemble sur les méthodes de chronologie.

Exercice 2

énoncé p. 262

Introduction

L'utilisation d'antibiotiques pour lutter contre les bactéries ou d'insecticides contre les moustiques a mis en évidence l'existence d'organismes résistants. Pour les populations de ces organismes, il s'agit d'un changement d'environnement. Quels changements structuraux ou biologiques peuvent expliquer l'apparition d'individus résistants ? Quels changements d'environnement et processus biologiques peuvent expliquer l'augmentation de ces individus résistants dans les populations ?

I – Des mutations favorables expliquent l'apparition de bactéries résistantes aux antibiotiques

On constate que la protéine PBP3 a une même séquence de 230 acides aminés chez les deux souches de bactéries sensibles à l'antibiotique pénicilline.

Au contraire, pour les souches résistantes, des différences de séquences apparaissent par rapport à la souche Rd, qui sert de référence :

– 4 différences pour H2 par rapport à Rd ;

– 3 différences pour KK01 par rapport à Rd.

On sait que ces différences sont la conséquence des différences des séquences de nucléotides des gènes qui codent ces protéines.

Le gène codant la protéine PBP3 a subi des mutations aléatoires chez les souches H2 et KK01. La protéine PBP3 a changé de séquence et de forme, changements susceptibles d'expliquer la résistance à la pénicilline pour ces deux souches.

Méthode

Pour parler de mutations, vous devez faire appel aux gènes, donc à vos connaissances.

II – Des duplications favorables expliquent l'apparition de moustiques résistants aux insecticides

Le moustique est combattu par des insecticides organophosphorés. Les gènes A et B codent des protéines enzymatiques (estérases) de dégradation des insecticides. On constate que l'estérase est 500 fois plus abondante chez les moustiques résistants. On constate aussi que les gènes A et B sont 3 fois plus nombreux chez les moustiques résistants.

Gagnez des points !
Citer les chiffres, c'est bien ; les comparer (« x fois plus, x fois moins »), c'est mieux.

On peut penser que les gènes A et B ont subi deux duplications aléatoires à l'origine d'une synthèse plus abondante des enzymes de dégradation des insecticides. Ces duplications et la dégradation des insecticides peuvent expliquer la résistance des moustiques.

III – La sélection naturelle explique l'augmentation du nombre de moustiques résistants

En 1968, alors que les traitements aux insecticides organophosphorés n'ont pas débuté, le graphe montre qu'on ne recense que 5 % de moustiques résistants (fréquence : 0,05).

En 2002, dans la zone de traitement, au moins 90 % des moustiques sont résistants.

En 35 ans, il y a donc une augmentation du nombre des individus résistants aux insecticides.

Méthode
La comparaison entre les deux années d'étude vous oblige à fixer cette zone d'étude.

Cette augmentation est beaucoup plus faible quand on s'éloigne de la zone de traitement (elle diminue de 80 à 20 %).

On peut penser que cette augmentation du nombre de moustiques résistants est due à la présence du traitement aux insecticides.

D'après les connaissances, les mutations ou duplications sont aléatoires et ne sont pas causées par les changements d'environnement (traitement aux insecticides).

Il existait déjà 5 % de moustiques résistants en 1968, c'est-à-dire avant traitement.

Après traitement aux insecticides, les moustiques résistants se sont mieux reproduits : les duplications des gènes A et B (document 2) sont transmis aux descendants, qui sont plus fréquemment résistants à la génération suivante. On dit que le phénotype résistant et les duplications des gènes A et B ont été sélectionnés positivement par le changement d'environnement (sélection naturelle).

Attention
Dans cette étude qui s'intéresse aux moustiques, n'oubliez pas de revenir au document 2 pour proposer un processus biologique de sélection.

Conclusion

Il y a apparition aléatoire des mutations du gène codant pour la protéine PBP3 chez certaines souches de bactéries, ou duplication aléatoire des gènes A et B chez les moustiques.

Avant l'utilisation des traitements, ces mutations sont rares et ne confèrent aucun avantage : les individus potentiellement résistants sont minoritaires.

En présence d'un changement d'environnement (antibiotiques ou insecticides), les phénotypes résistants ont été sélectionnés positivement : c'est la sélection naturelle.

SUJET COMPLET 3 Sujet inédit 15 pts 3h30

Exercice 1

7 pts 1h40

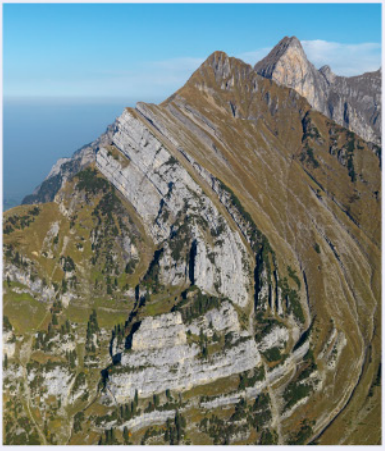
corrigés p. 274

Les étapes qui mènent à la formation d'une chaîne de montagnes

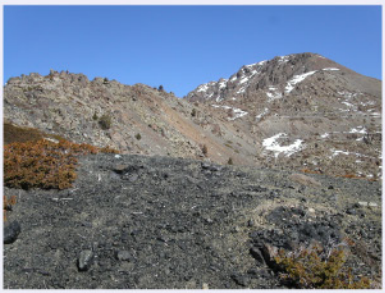
Décrire les différentes étapes qui mènent à la formation d'une chaîne de montagnes de collision, telle que les Alpes ou l'Himalaya. Présenter les indices qui témoignent des phénomènes à l'œuvre pour chaque étape de cette histoire géologique.

Vous rédigerez un exposé structuré. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des observations, des exemples (vous ferez référence à chacune des quatre images pour illustrer votre propos). Aucune analyse d'image n'est attendue. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies, qui intégreront les quatre images fournies.

DOC. 1 Couches de sédiments dans les Alpes suisses



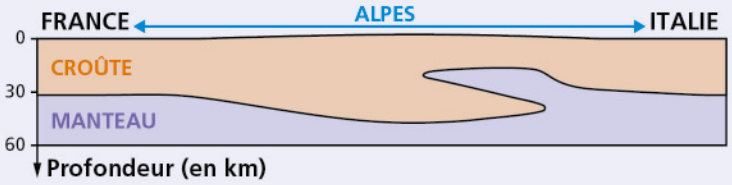
DOC. 2 Massif du Chenaillet, Alpes françaises



DOC. 3 Fossile de corail, Alpes autrichiennes

N.B. : les coraux sont des organismes strictement marins.

DOC. 4 Coupe montrant l'épaisseur de la croûte dans les Alpes franco-italiennes



Source : OZAKI *et al.* (2005).

Exercice 2 8pts 1h50

corrigés p. 277

Expliquer la diversité des phénotypes chez la drosophile

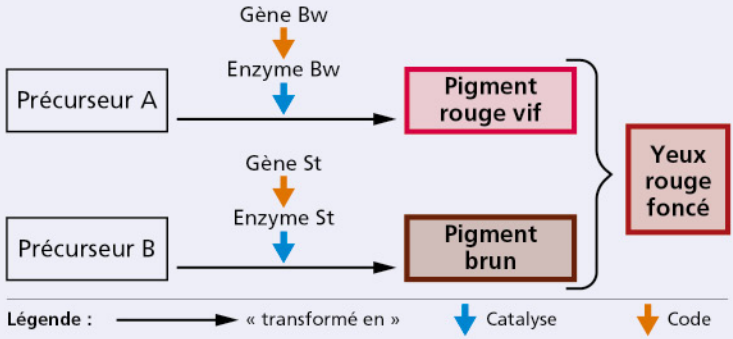
La couleur des yeux des drosophiles est gouvernée par de nombreux gènes. On étudie la transmission de deux de ces gènes.

Expliquez la diversité des phénotypes obtenus dans le document 3 à chaque génération, ainsi que leurs proportions.

Pour l'écriture des génotypes, les allèles seront notés comme dans le document 2. Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et des connaissances utiles.

DOC. 1 Synthèse des pigments dans les yeux de drosophile

La drosophile a des yeux composites faits de centaines d'unités visuelles individuelles appelées « ommatidies ». La couleur sauvage (rouge foncé) de l'œil est due au mélange de deux groupes de pigments distincts dans chaque ommatidie : les pigments rouge vif et les pigments bruns. Chaque pigment est produit par une voie de biosynthèse distincte. Chaque étape est catalysée par une enzyme différente.



Source : W. KLUG, M. CUMMINGS, C. Spencer, *Génétique*, 8e édition Pearson Education.

DOC. 2 Déterminisme génétique de la couleur des yeux

Le gène qui permet la synthèse du pigment brun est situé sur la paire de chromosomes 3 et existe en deux versions :
– l'allèle st^+, qui code une enzyme fonctionnelle ;
– l'allèle st, qui code une enzyme non fonctionnelle.

Celui qui permet la synthèse du pigment rouge est situé sur la paire de chromosomes 2 et existe en deux versions :
– l'allèle bw^+, qui code une enzyme fonctionnelle ;
– l'allèle bw, qui code une enzyme non fonctionnelle.

Les homozygotes possédant les allèles mutés pour les deux gènes ne synthétisent aucun des deux pigments : ils ont les yeux blancs.

Les homozygotes possédant l'allèle muté « st » ne fabriquent pas le pigment brun et ont les yeux rouge vif s'ils possèdent l'allèle bw^+.

Les homozygotes possédant l'allèle muté « bw » ne fabriquent pas le pigment rouge et ont les yeux bruns s'ils possèdent l'allèle st^+.

Source : W. KLUG, M. CUMMINGS, C. SPENCER, *Génétique*, 8e édition Pearson Education.

DOC. 3 Résultats de croisements de drosophiles

On croise des drosophiles sauvages homozygotes aux yeux rouge foncé avec des drosophiles aux yeux blancs. Tous les individus de première génération ont les yeux rouge foncé de type sauvage. On effectue un second croisement entre des individus de première génération et des individus aux yeux blancs. Quatre phénotypes sont obtenus :

– 25 % de mouches aux yeux rouge foncé de type sauvage ;

– 25 % de mouches aux yeux blancs ;

– 25 % de mouches aux yeux bruns ;

– 25 % de mouches aux yeux rouge vif.

CORRIGÉ SUJET COMPLET 3

Retrouvez une méthodologie pas à pas via l'application Nathan Live.

Exercice 1

énoncé p. 271

Introduction

Une chaîne de montagnes nous apparaît concrètement comme un relief. Mais le questionnement scientifique nous interroge sur l'origine de leur formation. Si l'on parle de collision, quels blocs continentaux réalisent cette collision et selon quelle dynamique ? Quelles étapes peut-on identifier ? Et surtout : quels indices nous permettent de valider ces étapes ?

Les observations aux différentes échelles, depuis l'échantillon fossile de quelques centimètres jusqu'au profil d'une chaîne de montagnes d'une centaine de kilomètres, en passant par l'affleurement ou le paysage local, nous permettront de présenter une longue histoire, où paradoxalement l'océan tient une grande place et qui, étape par étape, « mène à la formation d'une chaîne de montagnes de collision ».

Astuce du prof

Efforcez-vous de relier la problématique chronologique des étapes à celle des indices concrétisés par les différentes échelles d'observations présentées sur les quatre images.

I – Un océan sépare les continents avant leur collision

L'image 2 montre, au cœur des Alpes, des gabbros et basaltes superposés, qui sont un indice de croûte océanique. Les coraux fossiles, organismes strictement marins de l'image 2, au cœur des Alpes autrichiennes, sont un autre in-

dice compatible avec cet océan ancien qui sépare les deux continents avant leur collision (voir schéma 1).

On peut également observer des failles normales et des blocs basculés, qui sont des marqueurs de la distension au niveau des marges continentales passives bordant un océan. Ce sont des témoins de la fragmentation initiale avant l'accrétion océanique.

Méthode

Commencez par les indices, car c'est la problématique spécifique du sujet, et les données qui servent d'arguments au géologue pour valider leur histoire géologique. Évoquez aussi la collision, l'un des mots clés de la question.

II – La convergence par subduction

Lorsque la lithosphère océanique est trop lourde, parce que froide et âgée, elle plonge : un mécanisme de convergence des plaques lithosphériques s'installe. La lithosphère océanique plongeante (européenne pour les Alpes) est alors chevauchée par la plaque africaine… chevauchante.

Astuce du prof

Placez les indices issus des images sur les schémas.

On observe des métagabbros et métabasaltes avec des minéraux de haute pression-basse température, qui sont des indices de cette subduction.

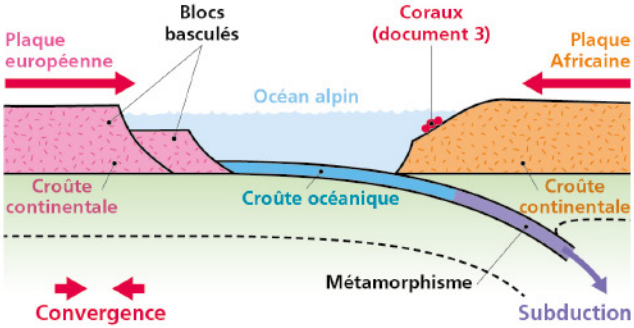


Schéma 1 : Convergence et subduction

Gagnez des points !

Soulignez votre argumentation par les mots « parce que » ou « alors » et associez « France » et « Italie » à la dynamique des plaques lithosphériques européenne et africaine.

III – La fermeture de l'océan, la collision et les déformations associées

Lorsque les continents entrent en contact, la collision commence.

La collision est révélée par différents indices. On observe des plis (image 1, où les couches sédimentaires initialement immergées sont plissées) et des chevauchements et empilements de nappes (suggérés sur l'image 4 à la base de la croûte côté italien, c'est-à-dire côté africain chevauchant).

Ce raccourcissement est associé à un épaississement visible sur l'image 1, où la couche sédimentaire blanche la plus épaisse est redoublée, et sur l'image 4, en particulier au niveau de la racine crustale atteignant 45 km de profondeur (schéma 2).

Des vestiges de la croûte et de la lithosphère océaniques, plus ou moins métamorphisés et déformés, sont exhumés et ainsi préservés de leur disparition (ophiolites du Chenaillet de l'image 2). Ils forment des sutures au sein des chaînes de montagnes et témoignent de la fermeture de l'océan.

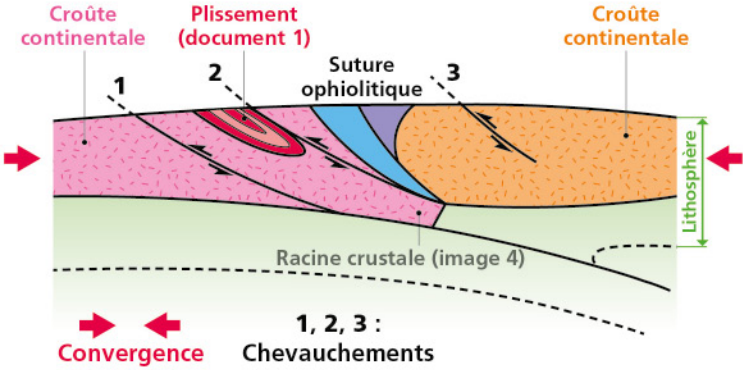


Schéma 2 : Fermeture de l'océan, collision et déformations associées

IV – La formation des reliefs et la naissance d'une chaîne de montagnes de collision

Cet épaississement aboutit à l'émersion et à la montée en altitude des roches sédimentaires marines du plateau continental (images 1 et 3), du plancher océanique (image 3) et de la croûte continentale, en particulier dans l'axe de la chaîne (image 4).

Une chaîne de montagnes de collision comme les Alpes est née (schéma 3).

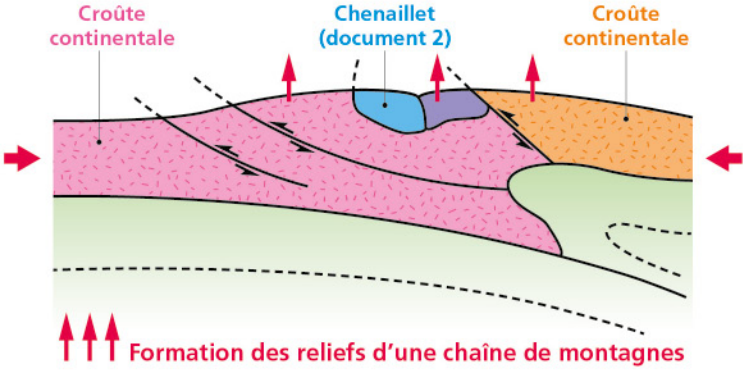


Schéma 3 : Formation des reliefs et naissance d'une chaîne de montagnes de collision

Conclusion

Les dynamiques de divergence, puis de convergence, sont les deux phénomènes à l'origine de la création puis de la disparition de l'océan, dont témoigne la suture ophiolitique (comme au Chenaillet).

La collision qui a suivi est révélée par les plis et chevauchements observés. Les reliefs apparaissent. Ces étapes mènent à une chaîne de montagnes de collision.

La chaîne alpine qui a servi de support à ce devoir est une chaîne actuelle dont les étapes s'inscrivent dans une longue durée géologique, sur plus de 150 Ma si l'on se réfère à la naissance de l'océan alpin.

Astuce du prof

Seul le caractère marin du fossile de corail était indiqué, pas son âge. Mais le correcteur appréciera que vous pensiez à dater les objets ou événements géologiques, même comme ouverture possible dans la conclusion. La géologie est aussi une science historique.

Exercice 2

énoncé p. 272

Introduction

Les proportions des drosophiles observées à l'issue d'un croisement s'expliquent par les connaissances sur le brassage chromosomique réalisé au cours de la méiose et de la fécondation.

Cette explication peut être réalisée pour la transmission de la couleur des yeux de ces drosophiles.

I – Les phénotypes et génotypes possibles des drosophiles

Les différents phénotypes pour la couleur des yeux dépendent des combinaisons alléliques de deux gènes indépendants Bw et St (document 1), car situés sur deux chromosomes différents (document 2).

– Sur le chromosome 2, l'allèle bw^+ code l'enzyme fonctionnelle Bw : les yeux possèdent le pigment rouge vif. Avec l'allèle bw à l'état homozygote, il n'y a pas d'enzyme fonctionnelle Bw, pas de pigment rouge vif. L'allèle bw^+ est donc dominant, bw est récessif.

– Sur le chromosome 3, l'allèle st^+ code l'enzyme fonctionnelle St : les yeux possèdent le pigment brun.

Avec l'allèle st à l'état homozygote, il n'y a pas d'enzyme fonctionnelle St, pas de pigment brun. L'allèle st^+ est dominant, st est récessif.

Méthode

Commencez toujours par la dominance et reliez les informations des documents en les citant.

Astuce du prof

Les quatre étapes logiques de votre démarche (un seul gène avec deux allèles, puis un gène et l'autre) sont soulignées par quatre argumentaires successifs, qui débouchent sur les quatre couleurs.

– Ainsi, si la drosophile est homozygote pour bw et st, le génotype est noté bw//bw st//st : il n'y a synthèse d'aucun des deux pigments, et les yeux sont blancs.

– Si la drosophile possède à la fois l'allèle bw^+ et st^+, le génotype est noté bw^+//x st^+//y avec x représentant les allèles bw^+ ou bw, et y représentant les allèles st^+ ou st, suivant que le génotype est homozygote ou hétérozygote. Il y a synthèse des pigments rouge vif et brun. Les yeux sont rouge foncé.

II – Méioses et fécondations expliquent la proportion des phénotypes à chaque génération

A. Explication du premier croisement

Les parents sont homozygotes sauvages aux yeux rouge foncé bw^+//bw^+ st^+// st^+ d'une part, et aux yeux blancs bw//bw st//st d'autre part. Ils fournissent un seul type de gamète, respectivement (bw^+, st^+) et (bw, st).

Les individus hybrides de première génération sont donc doubles hétérozygotes bw^+//bw st^+//st : un couple d'allèles bw^+ et bw d'une part, et un couple d'allèles st^+ et st d'autre part.

B. Explication du second croisement

Le second croisement des drosophiles issues du premier croisement avec le double récessif aux yeux blancs est un croisement test.

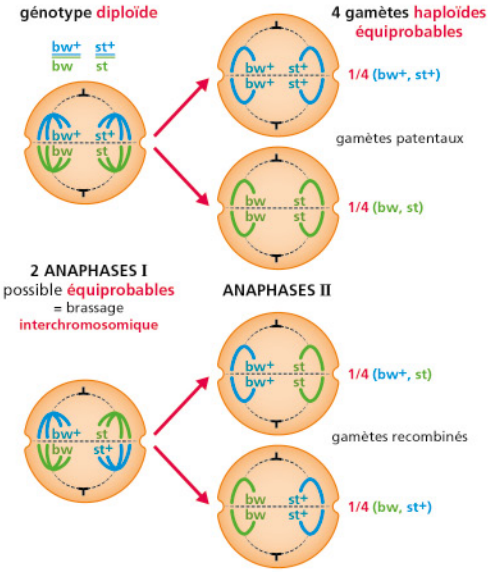
Le parent homozygote aux yeux blancs bw//bw st//st ne fournit qu'un seul gamète (bw, st). L'autre drosophile possède les quatre allèles et est double hétérozygote bw^+//bw st^+//st.

La méiose explique la formation de quatre gamètes équiprobables.

On observe la présence de quatre descendants équiprobables, avec des phénotypes parentaux aux yeux rouge foncé et aux yeux blancs et des phénotypes recombinés aux yeux rouge vif et aux yeux bruns. Cela suppose que les drosophiles issues du premier croisement fournissent quatre gamètes équiprobables parentaux (bw^+, st^+) et (bw, st) et recombinés (bw^+, st) et (bw, st^+). On sait que les quatre gamètes équiprobables sont obtenus par la répartition des chromosomes selon deux métaphases 1 et anaphases 1 équiprobables, selon le schéma ci-après :

Gagnez des points !

On attend de vous une démonstration (« on observe », « cela suppose », « on sait ») qui débouche sur la comparaison du tableau des fécondations avec l'observation initiale.



Astuce du prof

Il est toujours conseillé de schématiser le comportement des chromosomes (brassage chromosomique) mis en jeu au cours de la méiose chez les drosophiles hétérozygotes.

Les fécondations possibles expliquent la proportion des descendants du second croisement. Le chromosome étudié présent dans le gamète paternel va s'unir au chromosome homologue du gamète maternel. C'est la fécondation permettant d'obtenir un zygote diploïde. Les fécondations possibles sont présentées dans le tableau des fécondations possibles suivant :

	4 gamètes équiprobables			
gamètes des drosophiles issues du croisement 1	(bw⁺,st⁺)	(bw,st)	(bw⁺,st)	(bw,st⁺)
gamète du double récessif ↓ (bw,st) p=1	bw⁺//bw st⁺//st yeux rouge foncé : 25 %	bw//bw st//st yeux blancs : 25 %	bw⁺//bw st//st yeux rouge vif : 25 %	bw⁺//bw st⁺//st yeux bruns : 25 %

Les proportions des phénotypes correspondent aux résultats observés pour le second croisement du document 3.

Conclusion

La couleur des yeux est gouvernée par deux gènes indépendants et quatre allèles situés sur deux chromosomes différents. Les associations de gènes et la dominance entre allèles définissent quatre couleurs possibles.

Les deux anaphases 1 et métaphases 1 équiprobables (schéma) chez les drosophiles issues du premier croisement, suivies des quatre fécondations équiprobables possibles (tableau), expliquent la proportion des descendants du second croisement.

SUJET COMPLET 4 Sujet inédit — 15 pts — 3h30

Exercice 1 — 7 pts — 1h40

corrigés p. 284

Collaboration avec d'autres espèces et contraintes de la vie fixée

Les végétaux terrestres sont pour la plupart des êtres vivants fixés. La vie fixée impose des contraintes.

Expliquez comment une plante à fleur, par sa collaboration avec d'autres espèces, peut contourner les contraintes de la vie fixée.

Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

Exercice 2 — 8 pts — 1h50

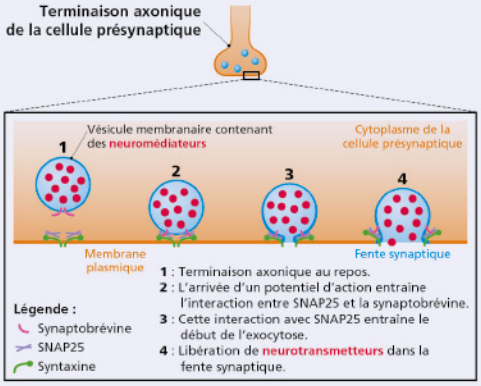
corrigés p. 286

Le venin de veuve noire : un espoir de traitement contre le botulisme

Expliquez comment l'utilisation d'extrait de venin de veuve noire peut constituer un espoir de traitement contre le botulisme.

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

DOCUMENT DE RÉFÉRENCE **Le mécanisme de libération de neurotransmetteurs au niveau d'une synapse**



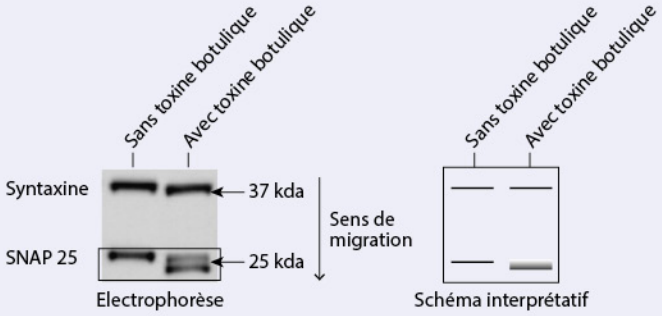
Source : http://biochimej.univ-angers.fr

DOC. 1 Action de la toxine botulique A sur la jonction neuromusculaire

1A Effet moléculaire de la toxine botulique A

La toxine botulique de type A est produite par une bactérie du sol appelée *Clostridium botulinum*. Elle agit au niveau des jonctions neuromusculaires dans la terminaison du neurone présynaptique.

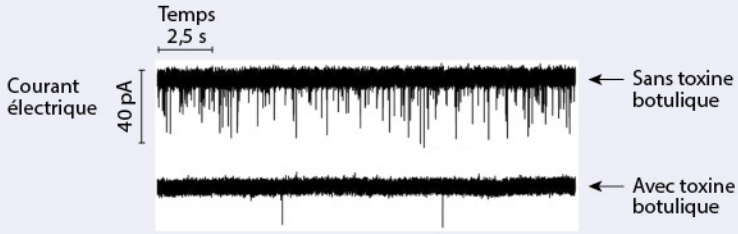
Pour observer son action moléculaire, on réalise une électrophorèse de la syntaxine et de la SNAP25 présents dans la terminaison axonique de la cellule présynaptique, avec ou sans contact avec la toxine botulique A.



Source : HUBBARD *et al.*, *Journal of Visualized Experiments*, 2015.

Remarque : l'électrophorèse est une technique permettant de séparer les molécules selon leur poids en les faisant migrer sur une membrane dans un champ électrique. Plus la molécule migre, plus elle est légère. Le chiffre indique un poids moléculaire exprimé en kilodaltons (kda).

1B Effet de la toxine botulique A sur l'activité électrique de la cellule postsynaptique



Source : HUBBARD *et al.*, *Journal of Visualized Experiments*, 2015.

Remarque : les enregistrements ci-dessus montrent l'activité électrique d'une cellule postsynaptique. Chaque pic vers le bas représente une réponse postsynaptique.

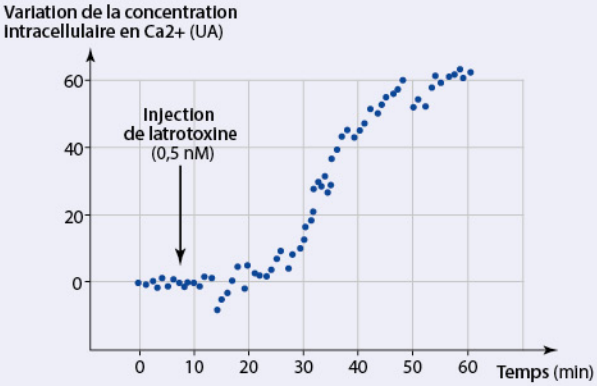
DOC. 2 Action de la toxine contenue dans le venin de l'araignée appelée veuve noire (Latrodectus sp.)

2A Le venin de veuve noire

Le venin de la veuve noire contient une molécule appelée latrotoxine agissant au niveau de la terminaison de l'axone de la jonction neuromusculaire.

Source : HOSTELGE, BAER, PINES, BRADY, *Visual Diagnosis in Emergency and Critical Care Medicine*, 2011.

2B Effet de la latrotoxine sur la terminaison axonique du neurone présynaptique

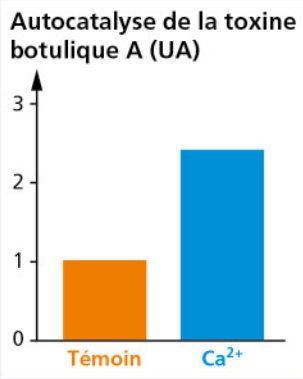


Source : TSANG *et al.*, *The Journal of Neuroscience*, 2000.

DOC. 3 Effet d'un essai de traitement expérimental du botulisme par des injections de toxine de veuve noire

3A Autocatalyse de la toxine botulique A dans la terminaison du neurone présynaptique

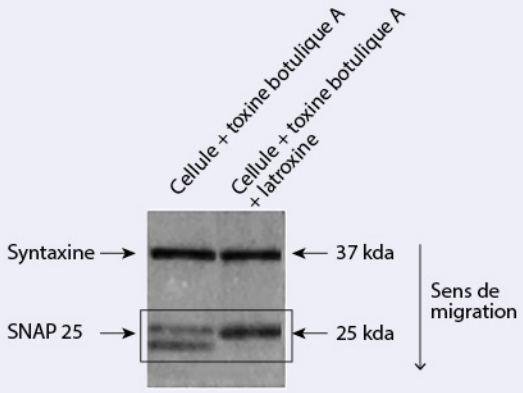
Il a été mis en évidence qu'une des extrémités de la toxine botulique A entraîne spontanément sa propre dégradation (= autocatalyse) et son inactivation. L'importance de cette dégradation spontanée a été testée en présence de Ca^{2+} ou en absence de Ca^{2+} (témoin).



Source : S. ASHRAF AHMED *et al.*, *The Protein Journal*, 2004.

3B Effet de la latrotoxine sur les protéines impliquées dans l'exocytose

Des cellules intoxiquées par la toxine botulique A sont soumises (ou non) à la présence de latrotoxine pendant 13 minutes. On réalise 48 heures plus tard une électrophorèse de la syntaxine et de la SNAP25 de la cellule.



Source : MESNGON et MCNUTT, 2011.

CORRIGÉ SUJET COMPLET 4

› Retrouvez une méthodologie pas à pas via l'application Nathan Live.

Exercice 1

› énoncé p. 280

Introduction

Dans le monde animal non aquatique, les nécessités biologiques de la nutrition et de la reproduction sexuée croisée demandent une mobilité. **Malgré leur vie fixée, les plantes à fleur et à fruit** (les angiospermes) **parviennent à se nourrir et se reproduire** – et avec quel succès – **en déployant des adaptations originales**, parmi lesquelles la photosynthèse, une croissance efficace permettant d'explorer l'environnement et de développer des surfaces d'échange considérables pour se nourrir.

Mais dans de nombreux cas, nous verrons que la **collaboration avec d'autres espèces** a permis une grande efficacité : pour la nutrition, en collaborant avec des champignons mycorhiziens ; pour la reproduction croisée, en collaborant avec les animaux pollinisateurs ou disséminateurs de graines.

I – La collaboration avec un champignon favorise la nutrition de la plante (les mycorhizes)

Chez de nombreuses espèces, on observe une association entre les racines de la plante et des manchons de filaments souterrains de champignons, qui constitue des mycorhizes (voir schéma 1). Si, expérimentalement, on compare une même espèce avec ou sans association mycorhizienne, on constate une croissance très améliorée par les mycorhizes.

Cette association est donc une collaboration, car elle favorise l'absorption de l'eau et des ions du sol par la plante, en augmentant considérablement la surface d'échange avec le sol.

L'utilisation d'un marqueur radioactif montre qu'en échange, la plante fournit de la matière organique issue de la photosynthèse au champignon non chlorophyllien. **Cette collaboration, à bénéfice réciproque et obligatoire, donc symbiotique, permet à la plante d'explorer un volume de sol beaucoup plus important et de s'approvisionner sans se déplacer : c'est donc un** contournement des contraintes de sa vie fixée.

Gagnez des points !

En bon scientifique, ne considérez pas que l'existence d'une collaboration est acquise. Argumentez en commençant par les observations, les expériences, pour montrer qu'il y a collaboration.

Astuce du prof

Ne vous privez pas d'employer les termes de la question. L'expression « contournement des contraintes de la vie fixée » sera appréciée du correcteur.

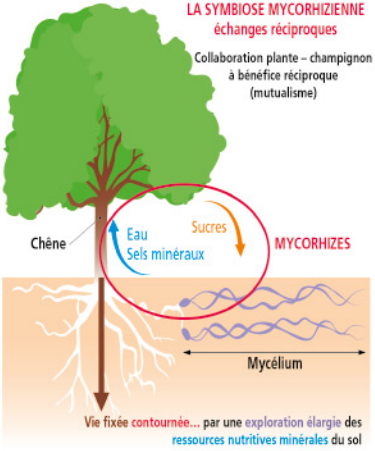


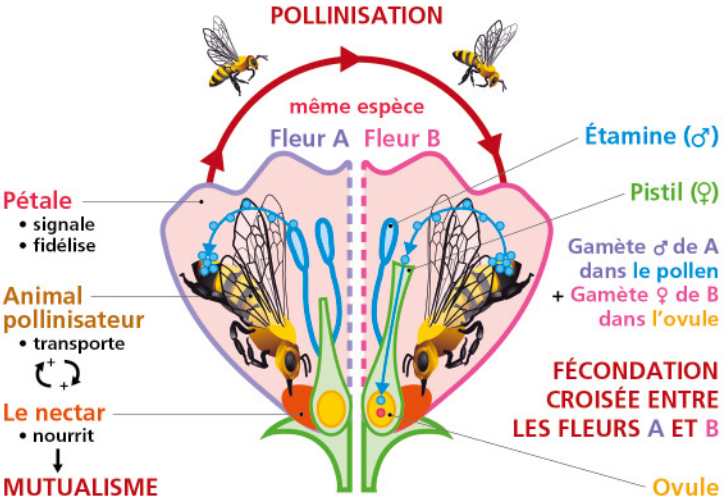
Schéma 1 : La collaboration avec un champignon favorise la nutrition de la plante (les mycorhizes)

II – La collaboration avec un animal pollinisateur favorise la fécondation croisée de la plante

La fleur possède des gamètes femelles, au sein du pistil, et des gamètes mâles dans les grains de pollen contenus dans les étamines. La fécondation croisée permet un brassage des gènes entre individus différents, mais elle implique une mobilité des grains de pollen d'une plante à une autre (voir schéma 2). **Pour contourner la contrainte de la vie fixée, on observe une collaboration entre plantes et pollinisateurs** (des insectes comme l'abeille, la chauve-souris…). **Il y a donc un bénéfice pour la plante, dont la pollinisation est assurée, mais aussi pour l'animal, qui se nourrit de nectar.** On observe aussi que l'animal pollinisateur est fidélisé sur une espèce végétale précise, point indispensable à la réalisation de la fécondation : il est en effet attiré par la forme, la couleur ou l'odeur de ce type de fleur. On parle de mutualisme par récompense, qui a été obtenu par une **coévolution animal/plante**.

Méthode

Votre description de la pollinisation s'inscrira dans une argumentation si elle est précédée de l'enjeu génétique de la fécondation croisée et suivie d'une brève évocation des notions de mutualisme et de coévolution plante/animal, qui sont à votre programme.



Gagnez des points !

Comme pour le schéma 1, essayez de reprendre les mots de la question dans le titre et les légendes.

Schéma 2 : Collaboration par mutualisme entre plante fixée et animal pollinisateur permettant une fécondation croisée

III – La collaboration avec un animal disperseur favorise la dispersion des graines

À l'issue de la fécondation, la fleur qui porte des ovules se transforme en un fruit qui renferme des graines. La graine contient l'embryon d'une future plante qu'elle protège.

La dispersion des graines et des fruits est indispensable, malgré la vie fixée, pour coloniser de nouveaux espaces, sources de nourriture ou de survie, dans des conditions changeantes.

Quand les fruits sont charnus, il y a un bénéfice pour les animaux qui s'en nourrissent. Les animaux rejettent les graines dans leurs excréments. D'autres graines sont dans des fruits non charnus, mais qui adhèrent aux poils des animaux et sont donc dispersés passivement. Là encore, on constate un **bénéfice réciproque** et l'on parle encore de **mutualisme par récompense**, qui permet à la plante de contourner les contraintes dues à sa vie fixée. Dans certains cas, ce mutualisme est le résultat d'une coévolution animal/plante.

Gagnez des points !

Avant de décrire un exemple de dissémination, vous devez à nouveau éclairer les enjeux de la dissémination, afin de construire une véritable argumentation.

Astuce du prof

On choisit de ne pas faire de schéma (du merle disperseur du noyau de cerise), mais plutôt de prendre le temps de construire à nouveau une véritable argumentation : survie des descendants – collaboration par mutualisme – contournement des contraintes.

Conclusion

Malgré sa vie fixée, la plante peut explorer de nouvelles sources nutritives par la symbiose mycorhizienne et peut acquérir une mobilité dans la reproduction sexuée, en collaborant avec des animaux pollinisateurs ou disséminateurs par des relations mutualistes. Le contournement des contraintes de la vie fixée a bien été réalisé, grâce au réseau des relations entre espèces qui s'est établi au cours de l'histoire évolutive ou coévolutive.

Exercice 2

énoncé p. 280

Introduction

Le botulisme est une maladie d'origine bactérienne : une toxine altère le fonctionnement de la jonction neuromusculaire, connexion synaptique entre un neurone moteur et une cellule musculaire. Après avoir éclairci le mécanisme d'action de cette toxine, nous montrerons qu'un extrait de venin de veuve noire, en neutralisant l'action de la toxine, peut constituer un espoir de traitement.

I – Le botulisme entraîne une altération de la SNAP25 et de la transmission synaptique

L'électrophorèse du document 1A montre que, par rapport à un témoin sain, la toxine botulique modifie la protéine SNAP25. En effet, elle migre un peu plus, donc sa masse étant plus légère, elle a dû perdre un fragment. Sa structure est altérée.

On constate alors que, sur le document 1B, par rapport à un témoin sain, l'activité électrique postsynaptique a pratiquement disparu. La cellule musculaire n'est pas excitée et une paralysie est à craindre.

Gagnez des points !

Le mot postsynaptique est important, car la SNAP25 altérée en 1A est présynaptique. L'altération de transmission synaptique est alors rigoureusement démontrée.

On peut penser que la toxine botulique, en altérant la SNAP25, empêche l'exocytose du neurotransmetteur (document de référence). En conséquence, l'activité synaptique et musculaire est altérée.

II – Le venin, favorisant l'inactivation de la toxine botulique, est un espoir de traitement

Le document 2A indique que la latrotoxine du venin agit au niveau présynaptique, côté axone du neurone moteur.

D'après 2B, l'injection de latrotoxine déclenche une importante libération de Ca^{2+} intracellulaire, c'est-à-dire dans la terminaison axonique représentée sur le document de référence où se fait l'exocytose. Cela demande un délai de 25 minutes, avec une augmentation étalée, elle aussi, sur 25 minutes. Mais l'action est durable.

Le document 3A montre en effet que, par rapport à un témoin privé de Ca^{2+}, l'ajout de Ca^{2+} multiplie par 2,4 l'autocatalyse, c'est-à-dire l'inactivation de la toxine botulique dans la terminaison du neurone présynaptique.

On peut alors penser que la latrotoxine du venin, par l'intermédiaire d'une augmentation de Ca^{2+} dans la terminaison de l'axone, inactive la toxine botulique, ce qui serait un espoir de traitement.

L'altération de la SNAP 25 qui était provoquée par la toxine botulique disparaît-elle ?

L'électrophorèse du document 3B confirme que la protéine SNAP25 retrouve son poids naturel de 25 kda en présence de latrotoxine du venin, et ce malgré la toxine botulique. On se retrouve alors dans la situation témoin sans toxine botulique du document 1A, qui est associée à une bonne activité électrique, donc à un rétablissement du fonctionnement de la jonction neuromusculaire (document 1B).

Le muscle fonctionnerait alors malgré la toxine botulique. Un traitement contre le botulisme serait possible.

Gagnez des points !

Utilisez les chiffres pour montrer l'intensité des modifications, mais aussi la durabilité. Ce sont des critères importants pour juger de l'efficacité d'un traitement.

Astuce du prof

La confrontation des deux électrophorèses des documents 3B et 1A permet de prolonger et d'achever la démonstration, jusqu'au rétablissement du fonctionnement de la jonction neuromusculaire.

Conclusion

Le botulisme entraîne une altération de la SNAP25 impliquée dans l'exocytose présynaptique du neurotransmetteur, et donc dans la transmission synaptique. La cellule musculaire postsynaptique n'est plus activée.

En présence de la latrotoxine du venin, l'inactivation de la toxine botulique via une augmentation du taux de Ca^{2+} présynaptique permet de retrouver l'intégrité de la protéine SNAP25, et donc de rétablir l'activation de l'exocytose, la libération de neurotransmetteur et, ainsi, le rétablissement de l'activation de la cellule musculaire postsynaptique. Ce rétablissement est un réel espoir de traitement du botulisme. Encore un service (parmi tant d'autres) rendu par les araignées… et par la biodiversité en général.

SUJET COMPLET 5 Sujet inédit

15 pts 3h30

Exercice 1

7 pts 1h40

corrigés p. 294

Le réflexe myotatique, test médical

Lors d'une visite médicale permettant d'établir un certificat d'aptitude à la pratique d'activités sportives, le médecin vérifie l'intégrité du système neuromusculaire en testant, notamment, la mise en œuvre d'un réflexe myotatique au niveau rotulien ou au niveau achilléen.

Décrivez les différents éléments mis en jeu dans le réflexe myotatique et précisez les caractéristiques des messages nerveux propagés par ces éléments. Indiquez en quoi ce test médical permet de vérifier le bon fonctionnement de la commande neuromusculaire.

Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur le schéma fonctionnel de l'arc réflexe mis en œuvre dans le cas du réflexe myotatique. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

Exercice 2

8 pts 1h50

corrigés p. 296

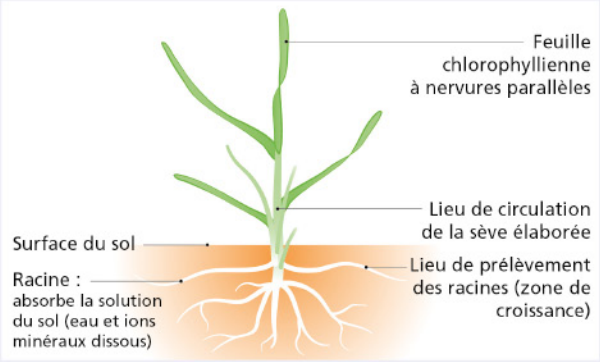
Complémentarité des différentes parties de la plante pour l'approvisionnement des organes en glucose

Les plantes produisent leur matière organique avec une diversité de métabolites nécessaires à leurs fonctions biologiques. Parmi elles, le glucose est la principale source d'énergie nécessaire au métabolisme cellulaire.

Dégagez la complémentarité des différentes parties de la plante pour l'approvisionnement des organes et des cellules en glucose, qui est la principale source d'énergie cellulaire. Aucun détail du fonctionnement des organites n'est attendu.

Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et des connaissances utiles. Un schéma bilan illustrant votre étude est attendu à l'échelle de l'organisme.

DOC. 1 Un jeune plant de blé, végétal chlorophyllien



Source : *Les Grandes Productions végétales*, DOMINIQUE SOLTNER, 1987.

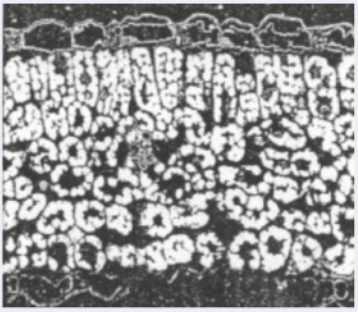
DOC. 2 Données biochimiques

2A La carboxylase est une enzyme qui assure l'incorporation de CO_2 dans les molécules organiques intermédiaires pour la synthèse de glucides

C_5 + CO_2 → (C_3 → glucose → amidon)

Intermédiaire organique — *Carboxylase* — Intermédiaire organique — (C_6)

Elle est localisée par la technique d'immunofluorescence : les organites contenant cette enzyme apparaissent en blanc brillant.



Coupe transversale de feuille de betterave × 130

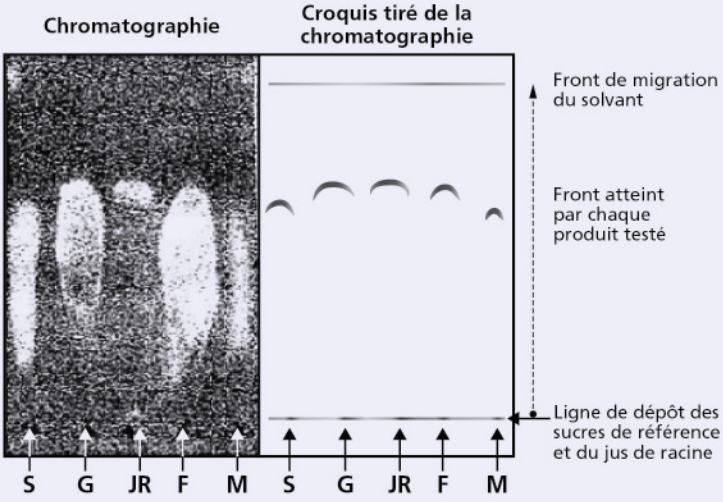
2B Rappel de bilans de transformations de glucides chez les végétaux chlorophylliens

$$\text{Saccharose} + \text{eau} \underset{\text{Enzymes}}{\overset{\text{Enzymes}}{\rightleftharpoons}} \text{glucose} + \text{fructose}$$

$$\text{Amidon} + \text{eau} \xrightarrow[\text{Enzymes}]{\text{Enzymes}} \text{saccharose}$$

2C Composition de l'extrémité de la racine

L'extrémité des racines de jeunes plants de blé est prélevée sur un centimètre et broyée à froid. Le jus obtenu est centrifugé. Une chromatographie est aussitôt réalisée pour déterminer les sucres présents. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous avec le calque d'interprétation légendé.



S = saccharose et **M** = maltose : sucres en C_{12}
G = glucose et **F** = fructose : sucres en C_6
JR = jus de jeunes racines de blé

2D Composition de la sève élaborée

La sève élaborée se forme dans la feuille, organe source, puis elle est distribuée à tous les autres organes de la plante, des racines aux bourgeons. Un prélèvement de sève élaborée du blé (document 1) a permis de réaliser une chromatographie dans les mêmes conditions que celle de l'extrémité des racines du blé (voir document 2B). On constate qu'un seul glucide est ainsi mis en évidence : le saccharose.

DOC. 3 Métabolisme des cellules des feuilles et des racines du plant de blé

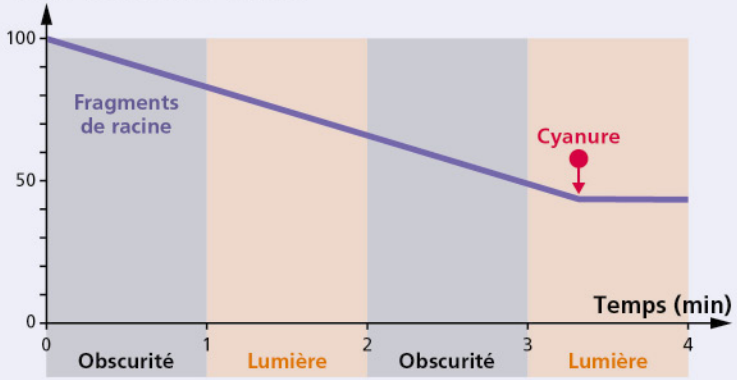
Avec une sonde oxymétrique, le dioxygène d'un milieu de culture est mesuré pendant 4 minutes dans différentes conditions expérimentales (ExAO).

3A Mesures sur cellules de racines

On prélève sur les jeunes plants de blé l'extrémité (1 cm) des racines. Ces fragments de racine sont mis en suspension dans un milieu strictement minéral et exposés à l'obscurité ou à la lumière par période d'une minute. Pendant la dernière période, on introduit du cyanure qui bloque le métabolisme respiratoire.

Le saccharose n'est pas considéré, ici, comme un substrat des mitochondries et ne s'hydrolyse que lorsque la concentration en glucose devient faible.

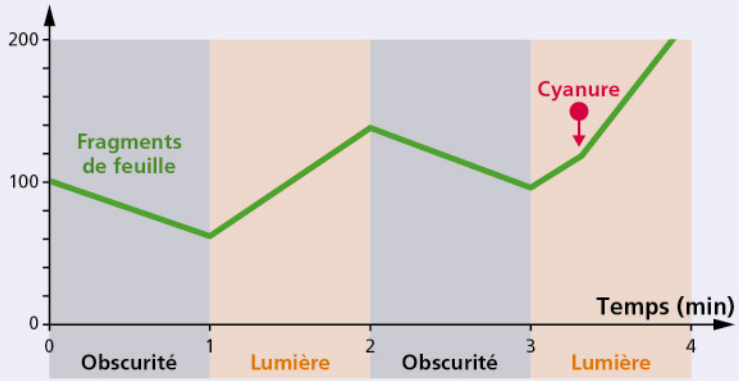
Quantité de dioxygène mesurée dans le milieu (en % de la teneur initiale)



3B Mesures sur cellules de feuilles

On prélève sur les plants de blé des feuilles bien vertes. Les fragments de feuilles sont soumis aux mêmes conditions expérimentales que les fragments de racines.

Quantité de dioxygène mesurée dans le milieu (en % de la teneur initiale)



CORRIGÉ SUJET COMPLET 5

Retrouvez une méthodologie pas à pas via l'application Nathan Live.

Exercice 1

énoncé p. 289

Introduction

La pratique d'activités sportives nécessite l'intégrité du système neuromusculaire. Elle demande une bonne contraction du muscle et un bon contrôle par les nerfs sensitifs et moteurs qui y sont connectés. Cette intégrité peut être testée. Notamment par la mise en œuvre du réflexe de contraction involontaire d'un muscle, en réponse à son étirement, appelé réflexe myotatique.

Astuce du prof

Le mot « notamment » n'a pas été oublié. Mais l'essentiel est la définition des termes de la question et la présentation du fil conducteur du devoir.

Nous présenterons les éléments intervenant dans ce réflexe (constituant l'arc réflexe), puis les caractéristiques des messages nerveux électriques et chimiques intervenant dans ce réflexe. Enfin, nous montrerons que l'existence d'un tel réflexe témoigne d'un bon fonctionnement (réflexe) de la commande neuromusculaire.

I – L'arc réflexe mis en œuvre dans le réflexe myotatique

Lors d'un test médical, on peut mettre en œuvre le réflexe rotulien, qui est déclenché par un coup sur la rotule. Cela provoque l'étirement involontaire du muscle extenseur de la jambe. En réponse à ce stimulus, ce même muscle se contracte et provoque l'extension de la jambe. Cette réponse réflexe d'un muscle qui se contracte en réponse à son étirement est bien un réflexe myotatique.

Les éléments qui interviennent dans l'arc réflexe, nécessaire à la réponse d'extension de la jambe, peuvent être identifiés par des expériences de section ou stimulation (pour les nerfs et fibres nerveuses qu'ils contiennent) ou de destruction (pour la moelle épinière). Ces éléments peuvent être présentés sous forme d'un **schéma fonctionnel**.

Méthode

Placez en vis-à-vis les éléments équivalents (nerf moteur ou sensitif) ou complémentaires (stimulus ou réponses).

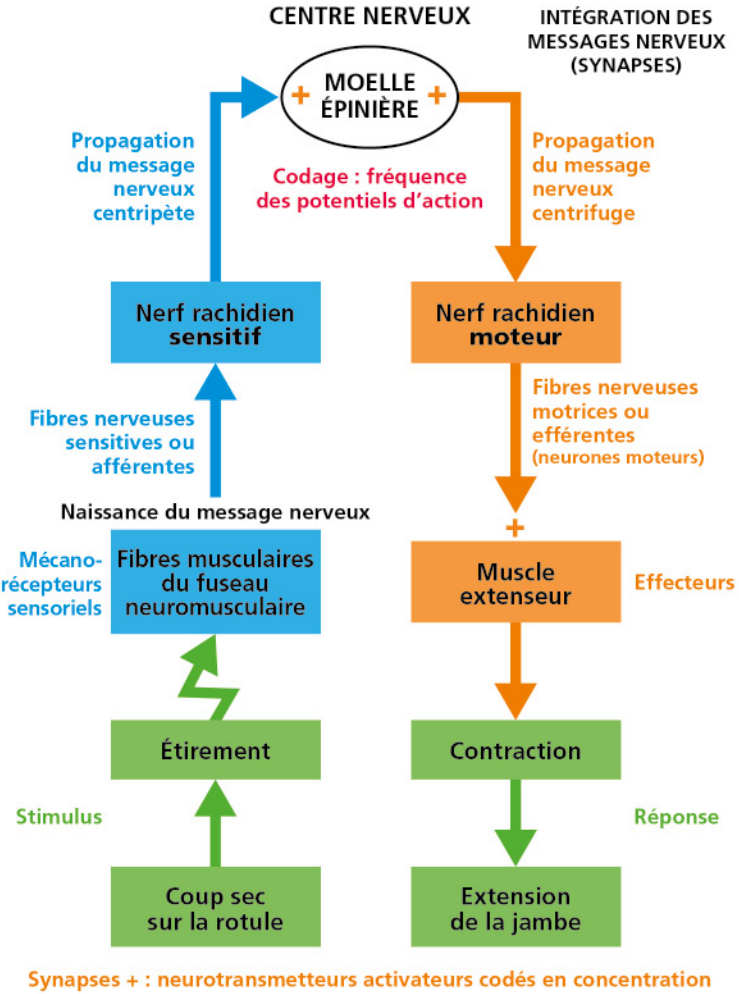


Schéma fonctionnel : Arc réflexe – exemple du réflexe myotatique rotulien

II – Le message nerveux est électrique et chimique

Le schéma précédent montre que la communication nerveuse entre les récepteurs sensoriels (le fuseau neuromusculaire est un mécanorécepteur) et les effecteurs musculaires se fait par une chaîne de deux neurones connectés par une synapse.

Le long des neurones, des enregistrements par des microélectrodes révèlent la présence d'un message nerveux électrique, constitué de potentiels d'action, qui se propage. Ce message est codé en fréquence de potentiels d'action.

La transmission du message d'un neurone sensoriel à un neurone moteur est réalisée par des messagers chimiques appelés neurotransmetteurs. Une synapse neuromusculaire chimique existe entre le neurone moteur et les cellules musculaires effectrices. Le codage du message est réalisé en concentration du neurotransmetteur.

Gagnez des points !

Vous devez être attentif au vocabulaire scientifique utilisé : ne confondez pas propagation et transmission du message nerveux.

III – Le réflexe myotatique, un test médical simple de la commande neuromusculaire

Sur le schéma, on observe de nombreux éléments anatomiques et fonctionnels dont l'intégrité doit être présente lorsque le test est positif (contraction réflexe en réponse à l'étirement). Ce test est donc porteur d'informations.

Mais l'activité sportive n'est pas que réflexe. L'intégrité de la commande neuromusculaire de la motricité volontaire des sportifs, par exemple des neurones moteurs qui partent du cerveau, n'est pas testée.

De même, si le test est négatif, le dysfonctionnement peut provenir d'un problème purement musculaire, par exemple, et pas à proprement parler du « bon fonctionnement de la commande neuromusculaire ».

Conclusion

La commande neuromusculaire permettant la contraction d'un muscle en réponse à son étirement fait intervenir de nombreux éléments constituant l'arc réflexe. Entre récepteurs et effecteurs musculaires, il existe deux types de messages nerveux :

– l'un, électrique, codé en fréquence de potentiels d'action, se propage le long des fibres nerveuses des neurones ;

– l'autre, chimique, codé en concentration de neurotransmetteur, est transmis d'un neurone à l'autre au niveau des synapses.

On comprend alors que le médecin utilise le réflexe myotatique pour tester l'intégrité fonctionnelle de tous ces éléments, qui assurent la commande neuromusculaire réflexe, un des éléments importants pour la réussite du geste sportif.

Exercice 2

énoncé p. 289

Introduction

Chaque cellule ou organe doit recevoir une source d'énergie chimique, principalement du glucose. Or, un végétal n'est pas une levure qui s'approvisionne directement en glucose dans son environnement. Chez une plante, aucun organe ne peut assurer seul et de façon prolongée cet approvisionnement. **Après avoir constaté que la présence de glucose s'accompagne, dans les organes, d'un métabolisme énergétique respiratoire, on montrera que les trois parties de la plante – tige, feuille, racine** – figurées

sur le document 1 **ont des rôles complémentaires dans la formation ou la distribution du glucose ou des glucides**. On terminera en montrant que **les actions différentes et complémentaires sont rendues possibles par des enzymes variées dans des cellules et organes différenciés.**

I – Le glucose permet la respiration des racines et feuilles

Le document 3A montre que la racine (du jeune plant de blé) consomme de l'O_2, sauf après introduction de cyanure, qui bloque la respiration. Cette consommation d'O_2 traduit donc un métabolisme respiratoire qui se produit à la lumière, comme à l'obscurité, et qui libère de l'énergie, nécessaire à l'activité des cellules de racine.

De même, dans l'expérience analogue du document 2B avec les feuilles de plant de blé, on constate :

– à l'obscurité, une consommation d'O_2 ;

– à la lumière, après l'introduction de cyanure, un excès de dégagement, ce qui traduit également une consommation d'O_2 avant la présence de cyanure.

Cette consommation d'O_2 traduit donc, également, un métabolisme respiratoire, à la lumière comme à l'obscurité.

Astuce du prof

Le document 3B sera repris dans la partie II pour le dégagement d'O_2 et la photosynthèse.

On sait que cette respiration est une oxydation du glucose. Et l'on constate que la présence de glucose est attestée :

– dans la racine, sur la chromatographie du document 2C, par la coïncidence entre la marque du glucose G et du jus de racine JR ;

– dans la feuille, puisque la voie métabolique permettant la synthèse de glucose fait intervenir une enzyme localisée par fluorescence dans la feuille (document 2A).

Gagnez des points !

La mise en relation des documents 2 et 3 permet de privilégier les observations validant l'hypothèse que c'est bien le glucose qui est oxydé dans la respiration du plant de blé. L'équation bilan peut alors être proposée.

On peut alors résumer cette oxydation respiratoire par l'équation bilan suivante :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{Énergie pour les activités cellulaires}$$

Glucose = source d'énergie

Les cellules des différentes parties du végétal respirent. **Comment s'approvisionnent-elles en glucose ?**

II – Le glucose est formé à partir du CO_2 dans les cellules chlorophylliennes de la feuille

Sur le document 2A, on observe une voie métabolique permettant la synthèse de glucose. Elle est catalysée par la carboxylase, localisée par fluorescence dans les cellules chlorophylliennes de la feuille. On constate que cette enzyme permet l'assimilation du CO_2 minéral dans des intermédiaires organiques :

il y a donc réduction du CO_2 absorbé, aboutissant à la production de glucose.

L'eau H_2O fournit les H nécessaires à cette réduction du CO_2 et le document 1 montre que c'est la racine qui absorbe et fournit l'eau indispensable, la sève brute l'acheminant vers la feuille. La racine est donc une partie complémentaire indispensable à l'approvisionnement en glucose de la feuille.

On a ainsi mis en évidence une première forme d'approvisionnement en glucose concernant la feuille et les cellules chlorophylliennes.

Gagnez des points !

Vous serez évalué sur la pertinence de votre analyse, c'est-à-dire sur le lien entre les données analysées sur le document 2A et la question posée, la complémentarité avec la racine et l'approvisionnement en glucose.

Cette réduction du CO_2 dans la feuille est réalisée par photosynthèse, comme le montre le document 3B, où le dégagement d'O_2 caractéristique de la photolyse de l'eau s'effectue uniquement à la lumière.

On peut alors résumer cet approvisionnement en glucose des feuilles par photosynthèse par l'équation bilan suivante :

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophylle}]{\text{Lumière}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

($12\,H_2O$: absorbée par les racines ; $C_6H_{12}O_6$: glucose)

Comment le glucose peut-il être transféré vers les racines pour leur approvisionnement ?

III – La circulation de saccharose dans la tige assure la distribution, dans tous les organes, du glucose formé

Le document 1 montre que la partie qui relie la feuille et la racine est la tige et qu'on peut y prélever de la sève élaborée.

Le document 2D indique que cette sève élaborée se forme dans la feuille et qu'elle est distribuée à tous les organes de la plante, des racines aux bourgeons.

La chromatographie montre qu'un seul glucide est mis en évidence : le saccharose formé de fructose, mais surtout de glucose (document 2B).

Le saccharose est donc la forme de distribution du glucose de l'organe source, la feuille, vers tous les autres organes cibles (ou puits).

Astuce du prof

Dans tous les titres du plan, vous pouvez essayer d'employer à la fois le mot glucose et un mot se référant à une partie de la plante : feuille, tige, racine.

IV – La conversion du glucose et des glucides est assurée par des enzymes variées et distribuées

La transformation du saccharose en glucose (et fructose) est présentée dans le document 2B. Elle est réalisée dans les organes puits, comme la racine. La conversion inverse de glucose (et fructose) en saccharose est réalisée dans la feuille ou lors de la mobilisation de réserves souterraines vers les parties aériennes. En effet, le glucose peut provenir

Comprendre le corrigé

Il est possible d'intégrer cette partie IV à la partie III.

aussi de l'amidon des tubercules ou des graines via le saccharose de la sève élaborée. L'amidon est donc une source de glucose différée. L'équation de cette transformation est en effet également présentée dans le document 2B.

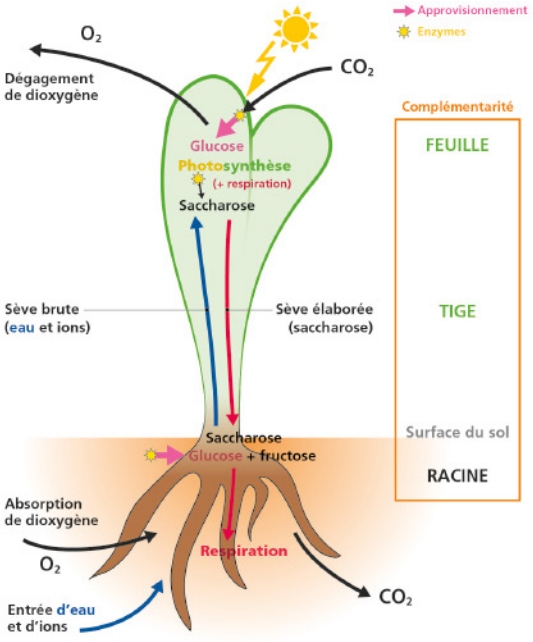
Il y a donc une conversion des différents types de glucides grâce aux quelques enzymes signalées sur ce document 2B. La carboxylase de la feuille (document 2A) est également une enzyme transformant deux intermédiaires organiques en glucose, en fixant le CO_2.

Conclusion

L'utilisation du glucose comme source d'énergie par son oxydation respiratoire est réalisée dans toutes les parties de la plante. Les cellules chlorophylliennes de la feuille s'approvisionnent en glucose, fabriqué à la lumière par photosynthèse à partir du CO_2 et de l'eau (absorbée par les racines).

Ce glucose est converti en saccharose et distribué à tous les organes en croissance ou de stockage par la sève élaborée, en particulier par la tige. Le saccharose sera alors transformé en glucose. On constate que les trois parties – feuille (productrice), racine (fournissant l'eau nécessaire à la photosynthèse) et tige (distributrice) – sont complémentaires. **Toutes ces transformations métaboliques sont rendues possibles grâce à des enzymes variées.** Certaines enzymes assureront d'autres transformations du glucose, comme la formation de la cellulose des parois cellulaires. Cellulose qui est la molécule organique la plus abondante sur Terre.

Un schéma bilan à l'échelle de l'organisme peut permettre de visualiser cette complémentarité.



SUJET COMPLET 6 Sujet inédit 15 pts 3h30

Exercice 1 7 pts 1h40

corrigés p. 305

Régulation de la glycémie après un repas

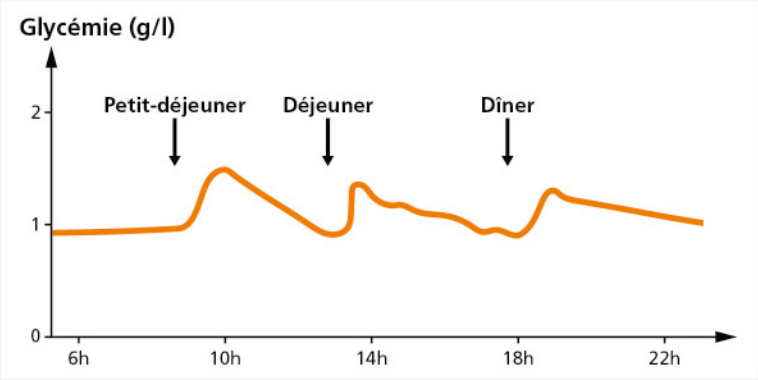
Après un repas riche en glucides, on n'observe qu'une très faible variation de la glycémie, qui retrouve rapidement sa valeur normale.

Exposez les destinées possibles du glucose après un repas, puis expliquez les mécanismes qui permettent le retour rapide à la valeur normale.

Vous rédigerez un exposé structuré. Vous pouvez vous appuyer sur des représentations graphiques judicieusement choisies. On attend des arguments pour illustrer l'exposé, comme des expériences, des observations, des exemples.

Le document fourni est conçu comme une aide : il peut vous permettre d'illustrer votre exposé, mais son analyse n'est pas attendue.

DOC. 1 Glycémie au cours d'une journée chez une personne en bonne santé



DOC. 2

Notre organisme utilise 10 à 15 g de glucose par heure. L'apport conseillé de glucides par jour est d'environ 180 à 200 g, dont 25 g de sucres simples rapides (de type glucose) par jour. Pourtant, la plupart des pays dépassent largement ces indications. En France, la consommation moyenne de sucres simples s'élève à 95 g par jour, soit près de quatre fois la dose recommandée.

Exercice 2

8pts 1h50

corrigés p. 307

(d'après France métropolitaine, septembre 2015)

Réchauffement canadien, débâcle d'icebergs et refroidissement européen

Les événements de Heinrich sont caractérisés par l'apparition, en domaine océanique profond, des sédiments glaciaires grossiers. Ces événements se sont répétés entre – 60 000 et – 10 000 ans.

À partir des informations issues des documents et de vos connaissances, justifiez le scénario proposé par les scientifiques dans le document de référence.

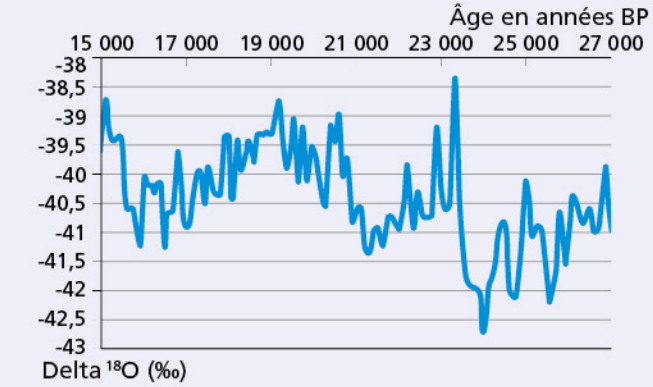
Vous organiserez votre réponse selon une démarche de votre choix intégrant des données des documents et des connaissances utiles.

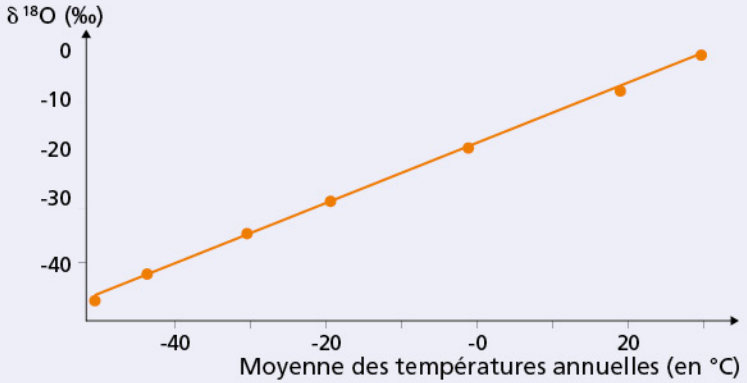
DOCUMENT DE RÉFÉRENCE Les événements de Heinrich

Les scientifiques ont construit la théorie suivante : les événements de Heinrich correspondent à un réchauffement des zones nord-américaine et arctique. Ce réchauffement entraîne une débâcle dans le nord de l'Atlantique, c'est-à-dire la libération en mer d'un grand nombre d'icebergs par les glaciers alors présents au Canada. Ces icebergs entraînés par les courants océaniques provoquent un refroidissement général au niveau de l'Europe.

Événements de Heinrich notés H	H1	H2	H3	H4	H5
Âge en années BP (avant le présent)	15 000	23 000	30 000	39 000	45 000

DOC. 1 **Évolution du $\delta^{18}O$ dans les glaces de la station GIPS (Groenland) et courbe de référence**

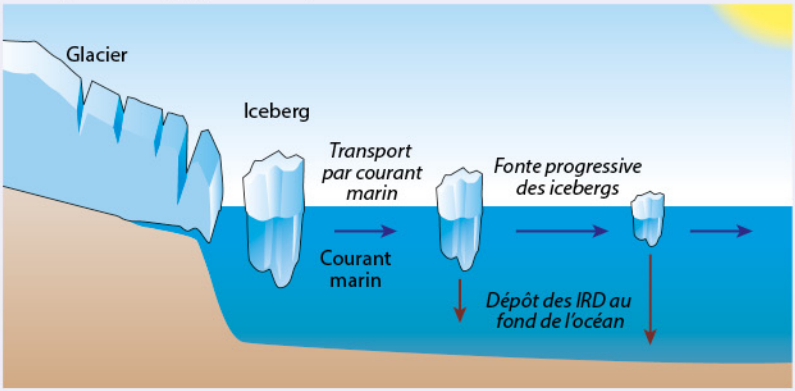




Source : P.M GROOTES et M. STUIVER, *Journal of Geophysical Research*, 1997.

DOC. 2 Débâcle d'icebergs

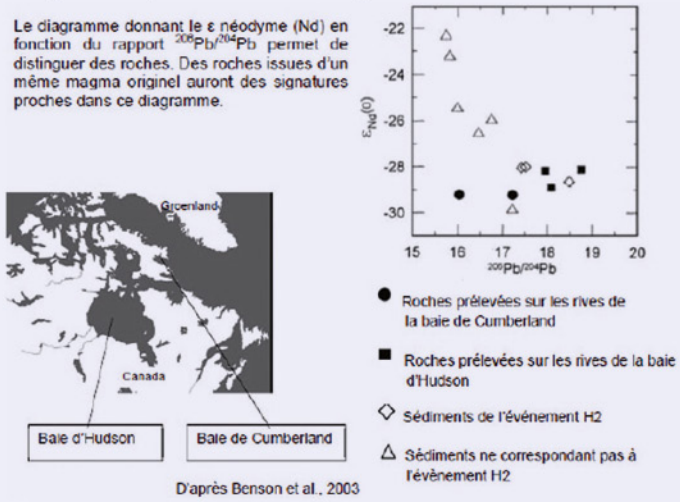
Lors de sa progression sur le socle, le glacier arrache et transporte des éléments rocheux grossiers (appelés IRD).



Source : http://acces.ens-lyon.fr

DOC. 3 Diagramme ε néodyme en fonction du rapport $^{206}Pb/^{204}Pb$ pour les sédiments de l'événement H2 et des éléments issus de différentes zones continentales

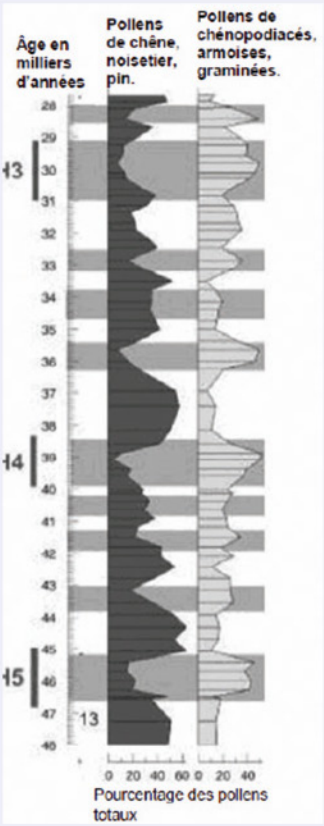
Le diagramme donnant le ε néodyme (Nd) en fonction du rapport $^{206}Pb/^{204}Pb$ permet de distinguer des roches. Des roches issues d'un même magma originel auront des signatures proches dans ce diagramme.



D'après Benson et al., 2003

DOC. 4 Quantité relative de pollens dans des couches correspondant à des événements de Heinrich

Des forages réalisés au large du Portugal donnent accès à des pollens continentaux fossilisés dans les couches correspondant aux événements de Heinrich.



Source : http://acces.ens-lyon.fr

DOC. 5 Préférence écologique de différents types de végétations

Plantes présentes	Exigences de température
chêne, noisetier, pin.	température moyenne.
chénopodiacées, armoises, graminées.	températures basse et moyenne.

CORRIGÉ SUJET COMPLET 1

› **Retrouvez une méthodologie pas à pas via l'application Nathan Live.**

Exercice 1

énoncé p. 300

Introduction

La glycémie est la concentration de glucose dans le sang. Le document 2 nous confirme que la richesse de nos repas en glucides est importante, plus de 50 g en moyenne, et que pourtant la glycémie ne « décolle » pas, mais redescend rapidement pour être maintenue autour d'une valeur d'équilibre proche de 1 $g.L^{-1}$, rappelée dans le document 1.

Il doit exister un système de régulation qui s'oppose aux perturbations causées par les repas riches en glucides. Quelle est la destinée du glucose ? Vers quelles cellules et sous quelles formes moléculaires ? Par quels mécanismes la réponse régulatrice se déclenche-t-elle et se réalise-t-elle ? Ces deux aspects seront développés successivement, avant de rassembler les conclusions sous forme d'un schéma fonctionnel.

Méthode

Vous devez présenter la notion de régulation dans l'introduction et donc évoquer les documents, puisqu'ils l'illustrent.

I – Le glucose peut être consommé, mais surtout stocké

Les neurones ou les cellules musculaires, par exemple, ont besoin de glucose. Le document 2 estime que la consommation cellulaire totale est de 10 à 15 g par heure. Ce glucose est puisé dans le sang, et, après un repas riche en glucides, l'organe source est l'intestin. La valeur de cette consommation cellulaire est insuffisante pour expliquer à elle seule une augmentation de glycémie limitée à 0,5 g, le début de retour vers une glycémie normale en moins d'une heure observée sur le document 1. Il existe donc un

Gagnez des points !

Ce n'est pas une simple récitation de votre cours : les observations des documents sont utilisées, l'équation de la glycogénogenèse est présentée et vous pouvez éventuellement proposer une expérience (glucose radioactif…).

autre phénomène : le stockage de glucose sous forme de glycogène, observé dans les cellules musculaires et dans les cellules hépatiques. Ce glycogène devient massivement radioactif si l'on fait ingérer expérimentalement à un animal du glucose radioactif.

$(C_6H_{10}O_5)n$ (glycogène) + $C_6H_{12}O_6$ (glucose) $\xrightarrow{\text{glucogénogenèse}}$ $(C_6H_{10}O_5)n+1$ (**polymérisation** du glycogène) + H_2O

Il y a donc une réponse régulatrice, qui s'oppose à la perturbation d'augmentation de glycémie du repas. On évite une hyperglycémie à répétition néfaste à la santé.

II – L'augmentation de glycémie est détectée par le pancréas

Une expérience d'ablation du pancréas chez un animal à jeun a montré que sans pancréas, la glycémie augmente rapidement. Si l'on rétablit le pancréas grâce à une greffe au niveau de la circulation sanguine, la glycémie redevient normale.

Ce système fait donc intervenir des substances véhiculées par le sang et agissant sur des cellules cibles du foie et des muscles. Ce sont des hormones sécrétées par le pancréas endocrine : les îlots de Langerhans.

Expérimentalement, sur un pancréas isolé :

– l'insuline est produite par les cellules bêta. Elle est libérée lorsqu'on observe une hausse de la glycémie et a une action hypoglycémiante ;

– le glucagon est produit par les cellules alpha. Il est libéré lorsqu'on observe une baisse de la glycémie et a une action hyperglycémiante.

Cela signifie donc que c'est le pancréas endocrine qui détecte les perturbations : c'est un capteur glucosensible.

Méthode

Le choix a été fait de définir la notion d'hormone à la suite de la démonstration expérimentale injection + greffe, anticipée dans la réflexion au brouillon. Vous auriez pu annoncer le caractère hormonal dès l'introduction.

Gagnez des points !

Cette notion de capteur – très importante pour une régulation (voir schéma bilan) – est elle aussi introduite par l'observation sur un pancréas isolé.

III – Les concentrations d'insuline et de glucagon commandent le retour à la normale

Les cellules cibles musculaires et hépatiques sont équipées de récepteurs aux hormones pancréatiques. Après un repas, la concentration d'insuline augmente et celle de glucagon baisse. En conséquence, la glycogénogenèse (stockage de glucose) est activée et la glycogénolyse (libération des réserves) est inhibée. **C'est donc une réponse régulatrice hypoglycémiante qui se déclenche en quelques dizaines de minutes après le repas,** telle qu'on l'observe dans le document 1.

Conclusion

Le repas glucidique est une perturbation détectée par le pancréas endocrine, capteur glucosensible. Nous avons vu que la destinée du glucose, après le repas, est principalement son stockage sous forme de glycogène dans les cellules hépatiques et musculaires. L'activation de ce stockage est réalisée par l'action hypoglycémiante de l'insuline pancréatique. C'est une **réponse régulatrice qui permet un retour rapide à la valeur d'équilibre proche de 1 g.L^{-1}.**

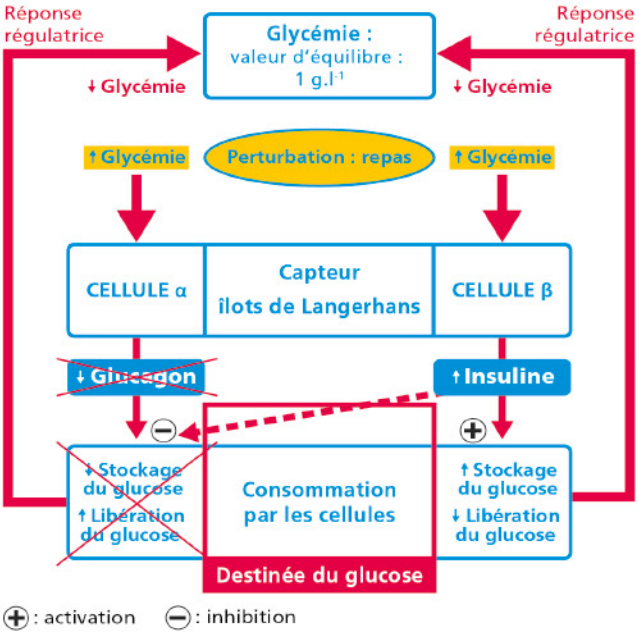


Schéma fonctionnel bilan : Destinée du glucose et réponse régulatrice après un repas glucidique

Astuce du prof

C'est le schéma indispensable. Si vous avez du temps, vous pouvez schématiser les îlots de Langerhans dans la partie II.

Exercice 2

énoncé p. 301

Introduction

Les épisodes de réchauffement entraînent la fonte des calottes glaciaires et le largage ou débâcle d'icebergs dans l'océan, qui ainsi se refroidit. Peut-on mettre en évidence et dater de tels épisodes du réchauffement nord-américain, qui entraîneraient un refroidissement européen grâce au transport d'eaux froides des courants océaniques vers l'Europe ?

Introduction

Vous devez apporter des éléments concrets du scénario du document de référence dès l'introduction. N'oubliez pas de mentionner l'aspect chronologique de la problématique.

I – Les épisodes de réchauffements arctiques

Le document 1 montre deux maxima de $\delta^{18}O$ d'environ – 38,5 ‰ (soit environ – 38 °C) à 15 000 et 23 000 ans BP, soient aux deux événements de Heinrich H1 et H2 du document de référence. En effet, le principe de l'actualisme nous permet de dire que la corrélation actuelle entre le $\delta^{18}O$ des glaces et la température moyenne annuelle peut s'appliquer à ces périodes anciennes H1 et H2.

Comme on constate que ces maxima peuvent être précédés ou suivis de valeurs du $\delta^{18}O$ plus faibles (par exemple, – 41,5 ‰ à 21 000 ans BP, soit – 42 °C), cela démontre alors que les événements de Heinrich correspondent à un réchauffement de 4 ou 5 °C.

Astuce du prof

Traitez les différents événements de Heinrich en une seule fois (même chose pour le document 4).

II – Mise en évidence de la débâcle d'icebergs d'origine canadienne

Le document 2 indique que les glaciers arrachent des éléments rocheux grossiers, qui sont ensuite transportés au large, puis déposés au fond de l'océan lors de la fonte du glacier. Or, le document 3 nous indique que les sédiments grossiers (IRD du document 2) datés de H2 ont la même signature chimique que les seules roches de la baie d'Hudson.

Cela confirme alors le scénario de fonte d'icebergs en provenance de la baie d'Hudson canadienne, à l'époque de réchauffement H2 mise en évidence sur le document 1. De plus, les documents illustrent un refroidissement des océans par la fonte des icebergs. Cette eau froide ainsi générée peut-elle refroidir l'Europe ?

Gagnez des points !

Vous devez montrer clairement au correcteur les liens de causalité entre les étapes du scénario : réchauffement, donc débâcle, donc icebergs, donc refroidissement de l'Atlantique et de l'Europe. Il aura fallu faire appel aux trois documents !

III – Les épisodes de refroidissements européens

Le document 4 montre que pour les événements de Heinrich H3 à H5, la répartition des pollens fossilisés au Portugal traduit une végétation majoritairement herbacée (40 %) par rapport au chêne et au noisetier (20 %). On constate également que pour les autres périodes du diagramme, les pourcentages sont globalement inversés.

Or, le principe de l'actualisme nous permet de dire que les exigences de températures des végétaux actuels du document 5 peuvent s'appliquer à ces périodes anciennes H3, H4, et H5. Les plantes herbacées étant actuellement caractéristiques de températures plus basses, les événements de Heinrich où ces plantes prolifèrent au Portugal, donc en Europe, sont des événements plus froids.

Méthode

Chiffrez les valeurs moyennes d'abondance des plantes herbacées (froides), d'une part, et des arbres (plus tempérés), d'autre part.

Conclusion

Un réchauffement de 4 à 5 °C est mis en évidence et daté pour les événements de Heinrich H dans la zone arctique (document 1). Cela provoque des débâcles d'icebergs à partir de la baie d'Hudson canadienne, datés de ces épisodes H (documents 2 et 3). On constate alors au Portugal, lors de ces événements H, le développement d'une végétation de milieux plus froids (documents 4 et 5). Le refroidissement de l'Europe du document de référence est ainsi validé.

Comprendre le corrigé

Notez que la conclusion n'est jamais une reprise de l'introduction, en remplaçant la forme interrogative par une forme affirmative. Des connaissances (températures, localisation géographique…) sont apportées. Et les documents sont cités.

Fiche sujet candidat

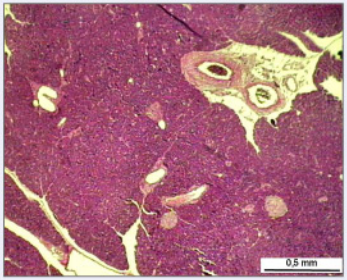
Étape 1 : Proposer une stratégie et mettre en œuvre un protocole pour résoudre une situation problème (durée recommandée : 40 min). Mise en situation et recherche à mener.

On cherche à expliquer le diabète d'un patient, Monsieur X.

Certaines formes de diabète sont associées à une anomalie structurale et fonctionnelle du pancréas. On dispose de microphotographies de pancréas de Monsieur X, atteint de cette forme de diabète. On dispose aussi des dosages hormonaux provenant de ce patient diabétique en hyperglycémie prolongée.

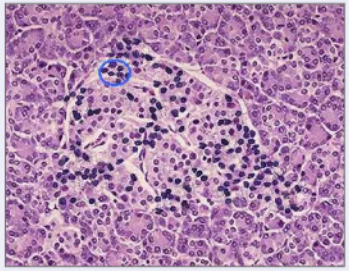
Ressources :

DOC. 1 Microphotographie d'une coupe de pancréas d'un sujet diabétique (X40)



D'après http://espace-svt.ac-rennes.fr
© Daniel FAGES et Marie-Laure GUEUNE - AC. de Rennes

DOC. 2 Microphotographie d'une coupe de pancréas d'un sujet diabétique (X400)



D.R.

Les lymphocytes T cytotoxiques (noyaux foncés entourés en bleu) détruisent certaines cellules des îlots de Langerhans du pancréas (noyaux plus clairs).

DOC. 3 Tableau de dosages hormonaux réalisés après un repas chez le patient diabétique et un sujet sain

	Insuline (µU/mL)	Glucagon (ng/mL)
Sujet sain	38	0,09
Patient diabétique	2	0,10

Matériel disponible et protocole d'utilisation du matériel :	
Matériel disponible : – d'observation (microscope, loupe binoculaire…). **Matériel envisageable :** – de laboratoire (verrerie, instruments…).	Afin de déterminer l'origine du diabète de Monsieur X, réaliser les observations et comparaisons nécessaires. Dispositif d'acquisition et de traitement d'images (si disponible).
Si besoin, à tout moment mais au plus tard après 15 minutes, appeler l'examinateur pour modifier à l'oral votre stratégie. Appeler l'examinateur pour vérifier les résultats de la mise en œuvre du protocole.	
Étape 2 : Communiquer et exploiter les résultats pour répondre au problème (durée recommandée : 20 min).	
Sous la forme de votre choix, présenter et traiter les données brutes pour qu'elles apportent les informations nécessaires à la résolution du problème. Répondre sur la fiche-réponse candidat. Appeler l'examinateur pour vérification de votre production. Exploiter les résultats pour résoudre la situation problème.	

Fiche réponse candidat

NOM Prénom :
Recto : présenter les résultats pour les communiquer.
Verso : exploiter les résultats obtenus pour répondre au problème.

MÉTHODE DE ECE

L'essentiel à connaître

- Le diabète de type 1 résulte de la perturbation de la régulation de la glycémie provoquée par l'arrêt ou l'insuffisance d'une production pancréatique d'insuline.
- L'absence ou l'insuffisance de l'insuline est due à une destruction auto-immune des cellules b des îlots de Langerhans.

Bien comprendre la question

- Vous avez une question générale « on cherche à expliquer le diabète d'un patient », très simple. Pour cela, lisez attentivement la fiche sujet.
- Le tableau va vous mettre sur la voie puisqu'il compare un individu sain (le témoin) et le patient dont vous devez vous occuper.
- Quelle activité réalisable au laboratoire en accord avec le problème proposer ? Vous pouvez « logiquement » penser à une observation microscopique de pancréas sain pour déceler une éventuelle anomalie dans les photographies du pancréas du patient diabétique.

Exploiter les documents

- **DOC. 1 ET 2** : notez bien les grossissements différents pour les observations. Cela conditionne les informations que vous pouvez obtenir et doit rester présent à votre esprit quand vous réalisez l'observation du pancréas sain avec votre microscope.
- **DOC. 2** : notez qu'on vous incite à vous intéresser aux îlots de Langerhans.
- **DOC. 3** : le tableau apporte les informations sur les anomalies de fonctionnement. Vous devrez relier ces anomalies de fonctionnement et les anomalies de structures que pourrait mettre en évidence votre comparaison entre le pancréas sain et celui du patient diabétique.

Bien gérer votre temps

- Vous n'avez que 15 minutes pour proposer une stratégie. Pour être efficace, notez brièvement sur une feuille de brouillon les 3 principales rubriques attendues : ce que je fais ; comment je le fais (matériel) ; quels résultats attendus.
- On ne vous demande pas un protocole complet.
- N'oubliez pas d'appeler l'examinateur quand cela est demandé.

CORRIGÉS D'ECE

1 Étape 1 : proposer une stratégie d'investigation

- **Quel principe ?** Comparer les structures des pancréas sain et diabétiques.
- **Quelle activité pratique ?** Une observation microscopique, donc besoin d'un microscope.
- **Quel matériel biologique?** Une coupe de pancréas d'un individu sain que vous pouvez demander.
- **Quels résultats attendus ?** Votre hypothèse est que les anomalies de structure éventuellement décelées dans le pancréas du diabétique pourront être reliées au déficit de sécrétion des hormones (tableau du doc. 3).

2 Étape 1 (suite) : réaliser un protocole

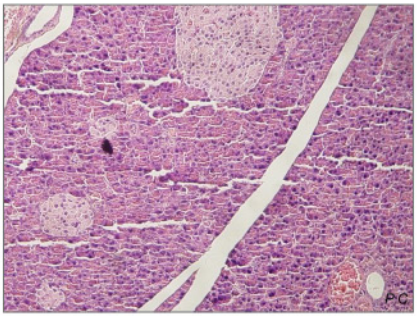
- **Comprendre la manipulation**

Constatez que dans le matériel disponible il n'y a pas de lame microscopique de pancréas sain. C'est délibéré pour évaluer votre capacité à réfléchir aux observations utiles à votre démarche, et c'est à vous de la demander. L'observation de la coupe de pancréas de sujet sain et sa comparaison avec les microphotographies de coupes de pancréas de l'individu diabétique vous permettront d'identifier une anomalie structurale associée à un tel cas de diabète. Associé aux données fonctionnelles apportées par le tableau, il vous sera possible de proposer une explication sur une cause possible du diabète.

- **Utiliser le microscope**

Voici quelques conseils concernant l'utilisation du microscope :
– utilisez les deux oculaires ;
– réglez bien l'éclairage ;
– utilisez les différents objectifs pour centrer la coupe microscopique de pancréas du patient sain sur une zone montrant la densité élevée des îlots de Langerhans qui sécrètent l'insuline (voir données du doc. 3).

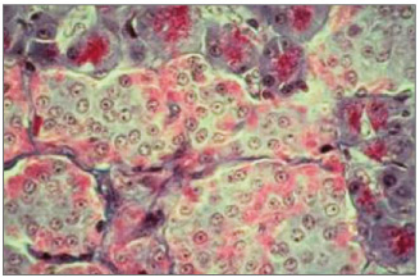
- **Au faible grossissement (X 40) : repérez les îlots de Langerhans ;** centrez votre préparation.



http://www2.ac-lyon.fr

Appelez l'examinateur pour lui indiquer que cela vous permet de **comparer** l'abondance des îlots de Langerhans chez l'individu sain et leur absence chez le patient diabétique (doc. 1).

- **Faites ensuite une mise au point au moyen grossissement (X100) sur un îlot de Langerhans.**



http://www.uvp5.univ-paris5.fr

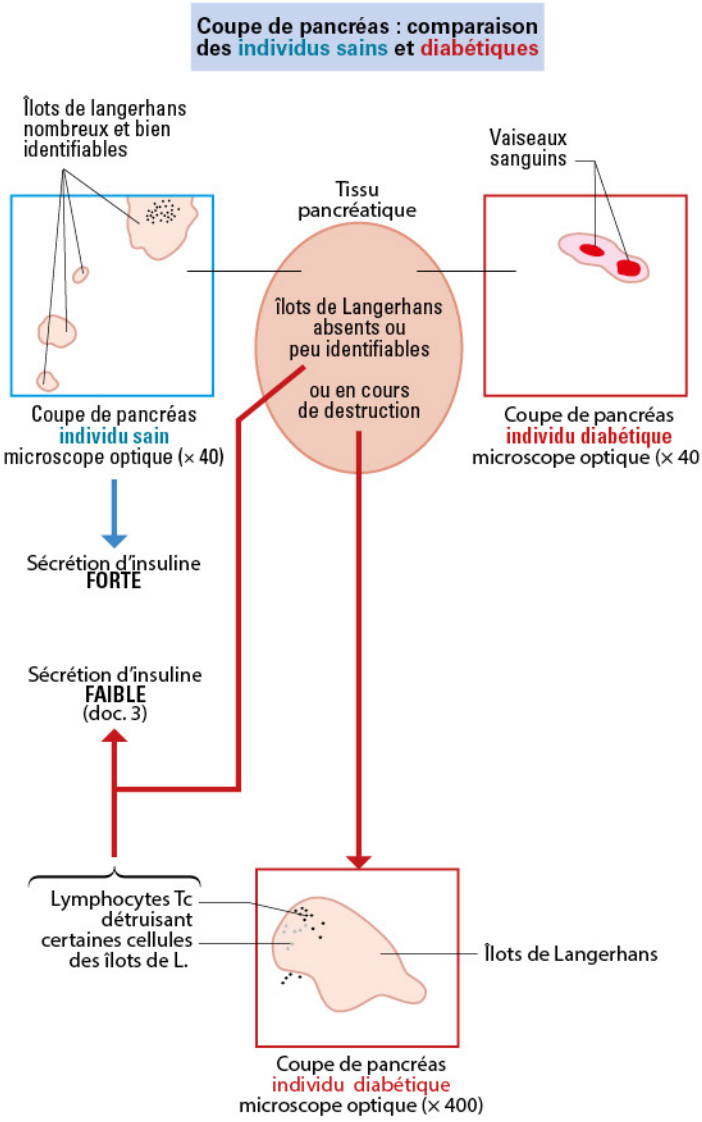
Appelez l'examinateur pour lui indiquer que cela vous permet de **comparer** avec le document 2 et de noter l'absence de Lymphocyte T chez un individu sain.

3 Étape 2 : communiquer des résultats – sur la fiche réponse candidat (au recto)

- **Vous pouvez présenter votre observation par un dessin d'observation.**

Soyez attentif à la mise en page (centré, grand) et à sa pertinence par rapport au problème posé.
Réalisez un dessin fidèle au modèle. Votre dessin doit être soigné (crayon à papier bien taillé, trait net et continu).
Veillez à l'exactitude scientifique des légendes et à leur pertinence par rapport au problème posé.
N'oubliez pas le titre avec l'indication du mode d'observation et du grossissement.

- Vous pouvez aussi réaliser un schéma avec des couleurs.



• Vous pouvez aussi choisir de faire une capture numérique de votre préparation microscopique (si le matériel est disponible), l'insérer dans une page d'un traitement de texte, et l'annoter avec les outils de dessin.

4 Étape 2 : exploiter les résultats pour répondre au problème - sur la fiche réponse candidat (au verso)

• Adopter une démarche explicative

Par rapport au pancréas de l'individu sain observé sur la coupe de pancréas, on constate que chez l'individu diabétique les microphotographies montrent l'absence des îlots de Langerhans ou leur altération avec la présence de lymphocytes cytotoxiques (destructeurs de cellules de pancréas).
On constate sur le tableau que la sécrétion d'insuline est beaucoup plus faible chez le patient diabétique (X 1/19).
On peut alors penser que les cellules manquantes ne sécrètent plus d'insuline et que le manque d'insuline est à l'origine du diabète.

• Pour finir

N'oubliez pas de remettre le microscope dans l'état initial (réglé sur l'objectif de faible grossissement) ; éteignez-le.
Reposez la lame de pancréas sain et les microphotographies comme vous les avez trouvées au début de la séance.

Cahier
SPÉCIAL
GRAND
ORAL

L'épreuve

Au cours de l'année

Préparer ses questions

Vous devez choisir deux questions portant sur les enseignements de spécialité soit pris isolément, soit abordés de manière transversale. Toute l'année, vous préparez ces questions avec les professeurs de spécialité et éventuellement d'autres élèves.

S'entraîner aux techniques de l'oral

Vous devez travailler la prise de parole en public grâce à des exercices d'élocution, de débit de la parole, de votre rythme à l'oral… Vous pouvez également travailler votre posture : gestes expressifs, regards, sourires…

Le jour J

1er TEMPS — Présentation d'une question

Vous proposez vos deux questions au jury

Le jury en choisit une seule, que vous devrez présenter

TEMPS DE PRÉPARATION — 20 min

- Vous préparez votre présentation en fonction de la question choisie par le jury. Il est possible de préparer un support sur une feuille que vous remettrez au jury : le support ne fait pas l'objet d'une évaluation, il est facultatif !

PRÉSENTATION — 5 min

- Présentation orale de votre travail, en réponse à la question choisie.

NOTATION — 20 pts — coef. 10

Les 5 critères d'évaluation :

- Qualité de l'épreuve orale
- Qualité de la prise de parole en continu
- Qualité des connaissances
- Qualité de l'interaction
- Qualité de l'argumentation

2e TEMPS — Échange avec le candidat

10 min

- Il s'agit d'approfondir votre travail. Le jury peut vous poser des questions sur toutes les parties du programme du cycle terminal.

Jury de 2 professeurs

- Un professeur d'une spécialité
- Un professeur de l'autre spécialité ou d'un enseignement commun ou un professeur documentaliste

3e TEMPS — Échange sur le projet d'orientation

5 min

- Réflexion autour de vos choix de spécialités et de votre projet d'orientation. Il s'agit de partager l'évolution de votre cheminement, à la fois dans le cadre scolaire et le cadre personnel (vos activités, vos centres d'intérêt) !

Sujet

SUJET TYPE

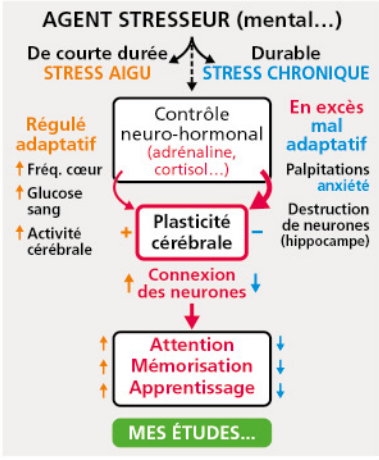
20 pts — 1 heure

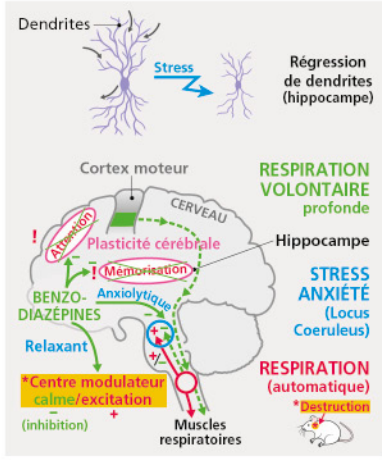
Question

> **Comment une meilleure compréhension du stress pourrait m'aider à le gérer dans mes études futures ?**

Temps de préparation — 20 min

Utilisez ce temps pour réaliser le support de votre présentation orale. Ce support, qui sera remis au jury une fois les 20 minutes écoulées, n'est pas noté. Mais il vous permet de mettre en ordre vos idées. Et il permet au jury de se repérer pendant votre exposé, tout en se rendant compte de l'étendue de votre travail. Il pourra comporter un plan, des mots-clés, des exemples, les sources, une expérience, un schéma, ou une courbe, que vous demanderez au jury de regarder.





Sources (pour la réalisation du support et de l'exposé) à mentionner en bas du support :

- Science, *Breathing control center neurons…*, mars 2017.
- Radio Canada, *Respiration et stress, tout se joue dans le cerveau*, avril 2017.
- Cohérence cardiaque : exercice de respiration 4/7/8, stress et endormissement.

▶ Présentation de la question — 25 min

• Introduction

Bonjour. Vous m'avez demandé « comment une meilleure compréhension du stress pourrait m'aider à le gérer dans mes études futures ». Je souhaite faire des études médicales et j'ai des amis étudiants qui me parlent de leur stress. Je pratique le chant et je suis moi-même confronté(e) au stress d'avant concert.

Le sujet n'est pas « qu'est-ce que le stress ? », mais le lien entre le vécu personnel et ce que dit la science.

Ma professeure m'a appris à respirer profondément, à décontracter mes épaules…

Ralentissez à ce moment-là, dans cette phrase qui évoque le contrôle corporel.

Alors quand j'ai vu que cette question du stress était évoquée dans mon livre de SVT, j'ai eu envie de savoir ce que disaient les scientifiques. Qu'est-ce que le stress ? Est-il l'ennemi de mes apprentissages ? Qu'est-ce qui rend la respiration profonde efficace ?

1. Le stress, ami ou ennemi de mes apprentissages ?

Le stress est une réponse automatique à une situation mentale ou émotive perçue comme une menace. Ainsi, cet examen peut être considéré comme un « agent stresseur ». Mais vous devez savoir qu'il y a un « bon » et un « mauvais » stress.

Ces qualificatifs ne sont pas scientifiques, mais ils rendent accessible le propos et seront les bienvenus pour le membre du jury non spécialiste.

A. Le stress aigu, un « bon » stress

Le premier est un atout : nous sentons battre notre cœur plus vite car il est stimulé par le système nerveux et hormonal : c'est la petite décharge d'adrénaline, mais aussi le cortisol qui activent la libération de glucose dans le sang.

Le cerveau reçoit ainsi en abondance le carburant qui permet l'activité des circuits de neurones impliqués dans l'attention, dans la mémoire. C'est une bonne nouvelle pour qui veut apprendre. Ce stress aigu est une réponse adaptative, et il est de courte durée.

Choisissez les seules connaissances qui donnent du sens (l'énergie avec le glucose, la « décharge d'adrénaline »). Et parmi les hormones, préférez celles qui seront nécessaires dans la suite. Le reste est réservé pour les questions, qui suivront l'exposé.

B. Le stress chronique, un « mauvais » stress

Mais il y a un deuxième stress, qui est une fragilité. Pour l'avoir vécu, vous savez que préparer un examen peut constituer une pression mentale durable. Nous sommes fatigué(e)s, on sent une boule au ventre, notre attention et notre mémoire sont altérées, nous sommes anxieux(ses).

Là encore, vous avez anticipé une éventuelle question : l'anxiété n'est pas le stress, c'est une émotion qui l'accompagne.

À ce stade, je dois vous préciser qu'apprendre, c'est créer de nouvelles connexions synaptiques entre neurones.

La formule « je dois vous préciser » vous permet de garder le contact avec le jury.

On observe le développement de prolongements appelés dendrites, qui collectent l'information. Vous pouvez les voir sur le schéma 1. On parle de plasticité cérébrale.

À partir d'ici, les schémas aideront à faire passer votre message. Ils vous permettront de montrer que votre vécu le plus banal (apprendre, se calmer en respirant) s'appuie sur un support cellulaire. Vous n'êtes pas journaliste, mais scientifique.

Vous pouvez aussi constater que le stress et l'excès de cortisol entraînent une régression des dendrites. Dans un organe impliqué dans la mémorisation, l'hippocampe, des neurones sont même détruits. Notre altération de la mémoire trouve ici son explication.

Pour éviter cela, vous comprenez qu'il est important, pour les étudiant(e)s comme moi, de comprendre comment une méthode comme la respiration profonde peut être une solution efficace pour gérer le stress et l'anxiété. C'est l'objet de la partie suivante.

Cette transition permet de bien structurer votre exposé.

2. Quelles méthodes pour maîtriser le stress ?

A. Les anxiolytiques, une fausse bonne solution

Vous savez que la France est championne de consommation d'anxiolytiques comme le Lexomil. Ils contiennent des molécules de synthèse (appelées benzodiazépines) qui renforcent l'activité de synapses, qui ont un rôle calmant. Comme vous le voyez sur schéma 2, cela explique le rôle anxiolytique et relaxant observé. Mais vous voyez aussi que cela entraîne des effets secondaires : troubles de l'attention et de la mémoire. Et un médecin hésitera à prescrire ce genre de médicament à un(e) étudiant(e) comme moi.

Dans une question d'écrit, vous auriez remplacé la phrase surlignée par une explication et un schéma de l'activation des récepteurs à GABA (un neurotransmetteur inhibiteur). Ce sera peut-être utile pour les éventuelles questions, mais cela n'a pas sa place dans votre grand oral.

B. La respiration profonde, des pouvoirs enfin compris

Que faire alors ? On reviendra, si vous le voulez, sur la pratique du sport et, bien sûr, sur l'importance de préserver un sommeil de qualité. Mais permettez-moi de terminer en partageant avec vous la découverte publiée dans le magazine *Science* de mars 2017.

Montrez au jury que vous avez travaillé en citant vos sources.

Il propose une toute nouvelle compréhension de l'efficacité de la respiration profonde que j'ai adoptée dans ma pratique musicale.

Ce sujet valorise une réflexion scientifique expérimentale ancrée sur la vie quotidienne et évite la dispersion et un catalogue des modes de gestion du stress.

Je vous propose de regarder le schéma 2 du support. Pour résumer, les chercheurs de Stanford ont eu une surprise, suivie d'une découverte. La surprise est que

la destruction d'un petit amas millimétrique de 175 neurones, situé à la base du cerveau, dans le centre respiratoire automatique de la souris, ne change rien à sa respiration. Mais son comportement est plus calme, avec trois fois plus de temps passé au toilettage et moins de temps pour l'exploration (- 30 %).

Avec votre main, vous pouvez montrer le centre respiratoire tel qu'il est localisé sur le schéma 2.

La découverte, c'est qu'il y a une connexion directe entre ces 175 neurones et un centre impliqué dans le stress et l'excitation (le locus coeruleus). La destruction expérimentale a supprimé stress et excitation.

Soyez concret(ète) et vivant(e) en parlant du toilettage des souris. Les chiffres, eux, ont été choisis pour illustrer la méthode de quantification des observations.

Le schéma 2, réalisé chez l'homme, montre comment ce circuit neuronal permettrait aussi à la respiration volontaire lente et profonde d'inhiber le locus coeruleus. L'anxiété serait alors diminuée.

Vous avez conçu le schéma pour qu'en première lecture le jury voit le support de votre explication : les deux moyens de gérer le stress et le lien anatomique respiration – stress. Le reste peut renvoyer aux questions.

• Conclusion

Pour conclure, j'ai compris qu'il fallait accueillir le stress aigu. C'est un bon stress, car il participe à la fourniture de tout le glucose nécessaire à l'activité des réseaux de neurones construits par la plasticité synaptique. Et cette plasticité est le secret de la qualité de mes apprentissages, qui sont au cœur de ma vie d'étudiant(e).

Mais nous avons aussi visualisé ensemble la destruction synaptique et l'anxiété qui accompagnent le stress chronique. Il est donc néfaste pour la santé et les performances de l'étudiant.

J'ai compris que les médicaments anxiolytiques et relaxants ne sont pas une solution, car ils altèrent l'attention et la mémorisation. Si je sens l'anxiété monter, je sais que je peux ajouter à une bonne hygiène de vie, la respiration lente et profonde. J'ai compris, enfin, que des circuits neuronaux découverts en 2017 relient directement la respiration volontaire et me permettent une meilleure maîtrise du stress chronique.

On voit bien dans cette conclusion, par l'emploi des expressions « j'ai compris » et plus généralement l'emploi de la première personne, que vous répondez bien à la question qui vous implique personnellement.

Merci du temps que vous m'avez accordé(e).

▶ Échange avec le candidat 10 min

Quelques questions que le jury pourrait vous poser :

- Sur quels documents et sources vous-êtes vous appuyé(e) principalement ?
- Parlez-nous des exercices que votre professeure de chant vous a appris.

- Vous avez évoqué le bénéfice du sommeil et du sport pour vos apprentissages ou dans la gestion de votre stress : pouvez-vous nous préciser quelques mécanismes physiologiques qui relient ces pratiques et leurs effets recherchés ?
- Vous avez écrit sur le support l'expression « contrôle neuro-hormonal ». De quoi s'agit-il ? Qu'est-ce qu'une hormone ? Quelle est la part du système nerveux ?
- Quelles glandes sécrètent l'adrénaline ? Et le cortisol ?
- En quoi le glucose dans le sang peut-il être bénéfique à l'attention et à la mémorisation ?
- Combien avons-nous de neurones dans le cerveau ? Connaissez-vous d'autres sortes de cellules nerveuses ?
- Qu'est-ce qu'une synapse ? Et une synapse inhibitrice ? Vous pouvez peut-être l'illustrer avec l'effet relaxant des benzodiazépines ?
- Pouvez-vous m'expliquer comment je peux à la fois avoir une respiration automatique et une respiration volontaire ?
- Expliquez-moi brièvement ce qu'on appelle le cortex moteur et son lien avec la respiration ?
- Pourquoi les chercheurs, en expérimentant sur des souris, peuvent-ils comprendre le fonctionnement du corps humain ?
- Question anecdotique : où est située l'université de Stanford, puisque vous l'avez évoquée ?

Le jury posera forcément des questions permettant de préciser certains points évoqués lors la présentation orale, mais il peut également poser des questions sur l'ensemble des programmes des deux enseignements de spécialité.

Échange sur le projet d'orientation 5 min

Quelques questions que le jury pourrait vous poser :

- Précisez-nous les liens entre la question que vous avez traitée et votre orientation ?
- Vous envisagez des études médicales. Qu'est-ce qui vous intéresse dans ce métier ?
- Vous avez pu en discuter ou rencontrer des gens qui le pratiquent déjà ?
- Quelles sont les qualités que vous pensez avoir pour exercer ce métier ?
- Vous avez dû faire plusieurs vœux sur Parcoursup. Citez-nous en un ou deux autres ? Vers quels métiers mènent-ils ?
- Pouvez-vous nous dire ce que vous savez ce ces études pour les trois prochaines années ?
- Quelle activités extrascolaires pratiquez-vous ? (C'est pour mieux vous connaître.)

Annexes

FICHES MÉTHODE 328
LEXIQUE 331

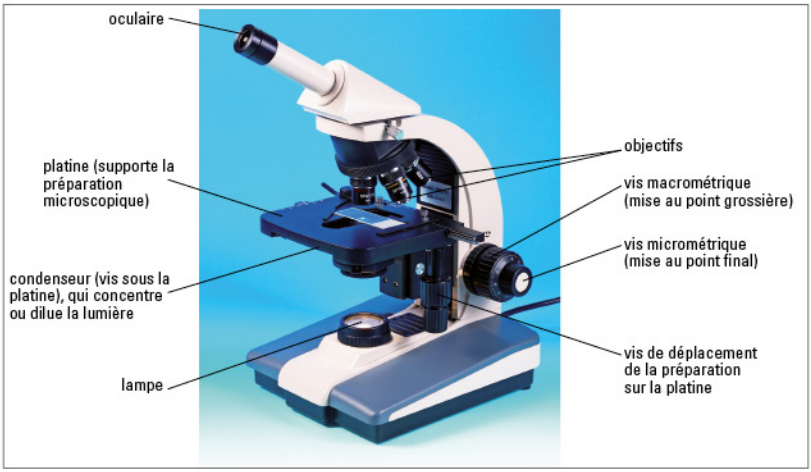
FICHE MÉTHODE 1

Utiliser un microscope optique

Présentation

Le microscope optique permet d'observer des objets avec un grossissement allant généralement de 40 à 1000 fois.

Les parties du microscope optique



Méthode

1 La préparation de l'objet à observer : La lumière doit traverser l'objet à observer, en venant du côté opposé. Vous placerez donc entre lame et lamelle une coupe très fine, un petit morceau écrasé, ou un objet minuscule.

2 Les phases de l'utilisation

- Commencez l'observation avec le **grossissement le plus petit**. Cela permet de régler la mise au point, les oculaires si le microscope est binoculaire, et de voir l'ensemble de l'objet, de manière à repérer l'endroit le plus intéressant à observer de plus près avec des objectifs plus puissants.
- Lorsque vous passez aux **grossissements moyen et fort**, le réglage de la mise au point est quasiment le même et seul un léger ajustement à la vis micrométrique est nécessaire.
- **Lors de l'observation**, modifiez régulièrement les réglages, en particulier l'éclairage et la mise au point, de manière à voir l'ensemble des détails de l'objet à observer.

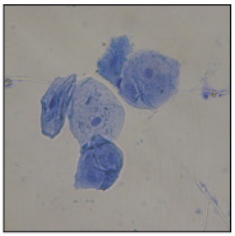
FICHE MÉTHODE 2

Réaliser un schéma ou un dessin d'observation

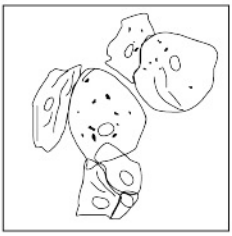
Présentation

→ Un **dessin** est une représentation la plus fidèle possible de la réalité. Il est fait au crayon à papier pour pouvoir gommer si nécessaire.

→ Un **schéma** est une représentation simplifiée qui ne conserve de l'objet observé que les contours. Il peut être réalisé en couleur.



observation au microscope



dessin (proche du réel)

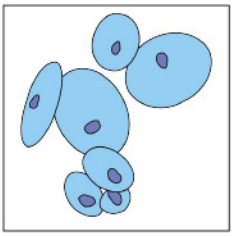


schéma (contours simplifiés)

Méthode

1 Comment débuter la représentation ?

- Vous devez avoir une idée précise de ce que vous voulez représenter. Même dans le cas d'un dessin, on ne représente jamais la totalité des détails. On opère donc une sélection.
- **Un essai rapide au brouillon** est recommandé. Estimez la taille de la représentation, ainsi que la place de la légende et du titre.

2 Les éléments indispensables au dessin ou au schéma d'observation

- **Les grossissements** de l'oculaire, de l'objectif et du dessinateur se multiplient. Comme ce dernier est difficile à déterminer, on se limite aux deux premiers et on parle de **grossissement d'observation**. Par exemple x 10 par x 40 donne x 400.
- **La légende** : pensez bien à indiquer les noms des différentes parties de la représentation. Donnez un nom à chaque élément représenté.
- **Le titre** : il indique l'objectif de la représentation et son contenu.

FICHE MÉTHODE 3

Utiliser le logiciel *Sismolog*

Présentation

• *Sismolog* est un logiciel qui, comme son nom l'indique, fournit des renseignements sur les séismes terrestres. On y trouve des données sur les séismes récents (localisation, date, horaires, sismogramme, etc.), des simulations sur la trajectoire des ondes dans le globe terrestre et une carte interactive des séismes et des volcans à la surface du globe.

• **Les principaux menus et outils** : en Terminale S, on utilise surtout la carte interactive des séismes et des volcans à la surface du globe. Sur cette carte, on peut afficher ou supprimer, avec des icônes ou des menus, les séismes, les volcans, les limites de plaques, le relief, etc.

• Sur la carte, il est possible de tracer une coupe géologique.

Méthode

1 Étudier le mouvement des plaques tectoniques à l'aide d'une coupe : on peut vous demander d'afficher une coupe dans un endroit précis pour déduire les mouvements de plaques tectoniques à cet endroit. Vous devrez donc afficher les séismes et les volcans sur la carte interactive, puis utiliser l'outil *Coupe* pour tracer la coupe.

2 Comparer deux subductions : vous devez tracer les coupes l'une après l'autre car on ne peut en tracer qu'une à la fois. Pour en garder une trace, vous pouvez la dessiner ou encore réaliser une impression d'écran (touche *Impr écran*) et la coller dans un logiciel de traitement de texte par exemple. Pour mieux comparer les deux coupes, vous les tracerez avec l'échelle 1 : 1.

Lexique

A

- **Actine** : protéine globulaire polymérisée en myofilaments fins.
- **Adaptabilité** : aptitude de l'organisme à mettre en jeu des réponses adaptatives face à des variations locales de son environnement, qui aboutit à un comportement approprié à la nouvelle situation.
- **Addiction** : consommation excessive d'une substance, en dépit des conséquences néfastes.
- **Agents stresseurs** : tout ce qui provoque la production d'hormones du stress. On distingue les stresseurs physiques (froid glacial) et psychologiques (retard, examen…).
- **Aire motrice** : région du cortex cérébral constituée de neurones dont les axones sont responsables de l'activation des motoneurones qui contrôlent les cellules musculaires.
- **Albédo** : c'est le pouvoir réfléchissant d'une surface, c'est-à-dire le rapport de l'énergie lumineuse réfléchie à l'énergie lumineuse reçue.
- **Antérieur** signifie plus ancien.
- **ATP (Adénosine triphosphate)** : énergie chimique directement utilisable pour l'activité cellulaire.
- **AVC** : rupture ou obstruction subite d'un vaisseau sanguin cérébral par un caillot bloquant l'apport d'O_2 aux neurones.
- **Axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien** : cascade d'interactions hormonales (CRH, ACTH, cortisol) qui contrôle la réponse secondaire au stress aigu.
- **Axe sympatho-médullosurrénalien** : cascade d'interactions nerveuses et hormonales (adrénaline…) qui contrôle la réponse immédiate au stress aigu.
- **Axone** : long prolongement cytoplasmique du neurone qui assure la propagation des PA du corps cellulaire aux boutons synaptiques.

B

- **Boucles de rétroactions positives** : action en retour du système climatique amplifiant une perturbation (albédo, CO_2 de l'océan).
- **Bouturage** : mode de reproduction asexuée de certaines plantes, par mitose puis différenciation cellulaire. Il consiste à donner naissance à un nouvel individu à partir d'un organe ou d'un fragment d'organe isolé.
- **Brassage génétique** : création de nouvelles combinaisons alléliques au sein d'une cellule. Chez les eucaryotes, il se réalise au hasard pendant la méiose (diversité des gamètes), puis lors de la fécondation, par la réunion au hasard des génomes haploïdes.
- **Brassage interchromosomique** : création de nouvelles combinaisons haploïdes de chromosomes de part et d'autre du plan équatorial, en métaphase 1 de méiose.
- **Brassage intrachromosomique** : création de nouvelles combinaisons d'allèles par recombinaisons de chromatides homologues par crossing-over en prophase 1 de méiose.

C

- **Causalité** : rapport de deux événements dont l'un implique l'autre.
- **Ceinture orogénique** : zone linéaire ou arquée, à l'échelle régionale, qui a subi une tectonique de compression.
- **Cellules gliales** : cellules nerveuses non neuronales du cerveau et de la moelle épinière, aussi nombreuses que les neurones. Elles assurent leur soutien, leur nutrition et leur protection.
- **Cellulose** : substance constituant principal de la paroi squelettique des cellules végétales qui est perméable à l'eau.
- **Chaîne respiratoire** : oxydation des NADH, H^+ en H_2O en présence d'O_2.
- **Chloroplaste** : organite limité par une double membrane contenant de la chlorophylle (et de

l'ADN) et assurant la photosynthèse chez les végétaux verts.

- **Chronologie** : science qui date des objets et événements historiques ou leur succession dans le temps.
- **Coévolution** : transformations, au cours de l'évolution, entre espèces à la suite de leurs influences réciproques.
- **Consensus scientifique** : position de la communauté scientifique impliquant un accord général, mais pas nécessairement l'unanimité. Il est basé sur des arguments scientifiques.
- **Corrélation** : rapport entre deux événements qui varient simultanément (les deux pouvant être causés par un même autre événement).
- **Cortex cérébral** : fine écorce périphérique des hémisphères cérébraux riches en neurones.
- **Croissance** : ensemble des changements quantitatifs de multiplication et d'élongation cellulaire.
- **Crossing-over** : échange de fragments strictement homologues de chromatides par crossing-over en prophase 1 de méiose.
- **Culture** : ensemble des comportements sociaux des individus (animaux ou humains – « animaux culturels ») transmis entre les membres d'une population par l'enseignement, l'imitation…
- **Cycle de Krebs** : dégradation oxydative complète de l'acide pyruvique en CO_2 et NADH, H^+.
- **Cycles de Milankovitch** : variations périodiques des paramètres astronomiques qui engendrent des variations cycliques de l'insolation aux hautes latitudes.
- **Cycle du carbone** : ensemble des échanges réciproques du carbone entre l'atmosphère, l'océan, les êtres vivants, le sol, les roches…
- **Cycle orogénique** : succession des événements correspondant à la formation puis à la destruction d'une chaîne de montagnes.
- **Cytosquelette** : squelette de la cellule constitué de protéines reliées entre elles et responsables de ses propriétés mécaniques. Les filaments d'actine et de myosine, organisés en sarcomères reliés entre eux, en sont un exemple.
- **Composés réduits NADH, H+** : transporteur d'électrons et protons lors des réactions métaboliques d'oxydoréduction.

D

- **Datation absolue** : datation utilisant la variation au cours du temps, selon une loi connue, de la proportion d'isotopes radioactifs et aboutissant à un résultat chiffré, exprimé en années.
- **Datation relative** : datation permettant d'ordonner chronologiquement des structures et événements géologiques et biologiques les uns par rapport aux autres.
- **Dendrite** : prolongement cytoplasmique généralement ramifié qui conduit vers le corps cellulaire des informations électriques (des PA pour les neurones sensitifs).
- **Dépendance** : état de souffrance à l'arrêt brusque de la consommation de substances psychoactives.
- **Dépolarisation** : perturbation du potentiel de repos diminuant le potentiel membranaire (moins négatif).
- **Dérive génétique** : évolution aléatoire des fréquences alléliques qui se produit de façon plus rapide lorsque l'effectif de la population est faible.
- **Développement** : ensemble des changements qualitatifs de différenciation des cellules, auxquels on associe parfois la croissance.
- **Diabète insulinodépendant (DID)** : qui se caractérise par l'absence de sécrétion d'insuline due à la destruction des îlots de Langerhans.
- **Diabète non insulinodépendant (DNID)** : qui se caractérise par une insulinorésistance, due à une perturbation de l'interaction entre l'insuline et ses récepteurs.
- **Diploïde** : se dit d'une cellule ou d'un organisme possédant un double jeu de chromosomes (2n).
- **Dissémination** : dispersion des graines qui permet, entre autres, aux plantes de coloniser de nouveaux milieux.
- **Domestication d'une plante** : acquisition, perte ou développement de caractères résultant de l'interaction avec l'homme.
- **Duplication** : apparition d'un deuxième exemplaire d'un gène sur un même chromosome.

E

- **Échelle stratigraphique** : division internationale des temps géologiques basée sur les coupures entre les strates et leur regroupement en ensembles de plus en plus vastes.
- **Effet de serre** : réémission vers le sol des radiations infrarouge absorbées par certains gaz de l'atmosphère appelés GES.
- **Effet de serre additionnel** : rejet de CO_2, de CH_4, ou de N_2O dans l'atmosphère par les activités humaines.
- **Espèce** : ensemble d'individus suffisamment apparentés pour pouvoir réaliser entre eux des échanges génétiques à l'occasion de la reproduction sexuée.
- **Évolution culturelle** : changement dans la répartition des comportements sociaux au cours du temps, par analogie aux changements dans la fréquence des gènes ou des caractères observés dans l'évolution biologique.

F

- **Fermentation lactique** : dégradation incomplète du glucose sans O_2, permettant la conversion de son énergie en ATP, acide lactique (déchet organique) et chaleur.
- **Fossile stratigraphique** : fossile permettant de dater la roche qui le contient. Il doit être caractérisé par une grande extension géographique, une courte extension dans le temps et une grande abondance.

G - H

- **Géothermomètre** : thermomètre isotopique ($\delta^{18}O$) dont la valeur, lorsque les températures augmentent, augmente aussi pour la glace mais diminue pour les carbonates.
- **Glycolyse** : dégradation oxydative du glucose en acide pyruvique et NADH, H^+.
- **Haploïde** : se dit d'une cellule ou d'un organisme contenant n chromosomes morphologiquement différent.
- **Hormone hyperglycémiante** : qui libère du glucose dans le sang en activant la glycogénolyse et en inhibant la glycogénogenèse au niveau du foie (c'est le glucagon – et dans le chapitre Comportements et stress, l'adrénaline).
- **Hormone hypoglycémiante** : qui fait entrer le glucose du sang à l'intérieur des cellules et, dans le foie et les muscles, active la glycogénogenèse et inhibe la glycogénolyse (insuline).
- **Hybridation** : croisement entre deux individus d'espèces, sous-espèces ou variétés différentes.
- **Hyperpolarisation** : perturbation du potentiel de repos augmentant le potentiel membranaire (plus négatif).

I - L

- **Intégration** : propriété du motoneurone d'engendrer ou non des PA en réalisant la sommation de toutes les influences synaptiques activatrices (notées +) et inhibitrices (notées –).
- **Lignine** : substance localisée dans les parois végétales, leur assurant rigidité et imperméabilité à l'eau.

M

- **Marqueurs de collision** : plis, failles inverses, chevauchements, empilements d'écailles crustales.
- **Marqueurs de distension** : failles normales, blocs basculés.
- **Matrice extracellulaire** : association de macromolécules assurant la cohésion des cellules d'un tissu.
- **Mécanismes d'incompatibilité** : mécanismes chimiques ou génétiques qui empêchent l'autofécondation et ainsi encouragent la pollinisation croisée.
- **Membrane plasmique postsynaptique** : qui est équipée de récepteurs protéiques aux neurotransmetteurs.
- **Membrane plasmique présynaptique** : qui montre des figures d'exocytose.
- **Méristème** : tissu végétal formé de cellules embryonnaires, indifférenciées, à multiplication rapide par mitose.
- **Message nerveux chimique** : neurotransmetteurs qui codent l'intensité de la stimulation « en amplitude » au niveau des synapses.

- **Message nerveux électrique** : potentiels d'action qui codent l'intensité de la stimulation « en fréquence ».
- **Modèle numérique** : représentation simplifiée de la réalité à l'aide d'une description mathématique. Il permet la simulation (informatique), la prédiction des évolutions possibles du système et la confrontation avec les observations réelles.
- **Modélisation analogique** : construction d'un système physique qui reproduit plus ou moins le phénomène.
- **Modélisation numérique** : construction d'un ensemble de fonctions mathématiques décrivant le phénomène.
- **Molécules exogènes** : molécules dont l'origine (« gène ») est extérieure (« exo ») à l'organisme. C'est le cas des drogues et de l'alcool.
- **Muscles antagonistes** : muscles aux rôles opposés (extenseur/ fléchisseur).
- **Mutation** : modification ponctuelle de séquences de nucléotides formant de nouveaux allèles.
- **Mutualisme** : interaction (non obligatoire) entre espèces à bénéfices réciproques.
- **Mycorhizes** : associations symbiotiques entre champignons et racines de plantes.
- **Myofibrilles** : association des myofilaments d'actine et myosine contenus dans la cellule ou fibre musculaire.
- **Myosine** : protéine dont la tête hydrolyse l'ATP, formant des myofilaments épais.

N - O

- **Neurone** : cellule nerveuse spécialisée dans la propagation de PA et constituée d'un corps cellulaire et de prolongements : les dendrites et l'axone.
- **Neurotransmetteur** : messager chimique libéré dans les synapses. Ces molécules fabriquées par l'organisme sont dites « endogènes ».
- **Obduction** : chevauchement d'une croûte continentale par une lithosphère océanique.
- **Ophiolites** : portion de lithosphère océanique charriée sur un continent (obduction) lors d'un phénomène de collision de deux plaques lithosphériques.

P

- **Paléogéographie** : reconstitution des différentes géographies qui se sont succédé au cours des millions d'années de l'histoire de la Terre.
- **Pancréas endocrine** : il est constitué des cellules α et β des îlots de Langerhans secrétant respectivement le glucagon et l'insuline.
- **Période** : durée qui correspond au temps nécessaire à la désintégration de la moitié des éléments pères radioactifs.
- **Phloème** : tissu végétal formé de tubes conduisant la sève élaborée.
- **Photolyse de l'eau** : oxydation de l'eau en dioxygène qui est rejeté. L'hydrogène ($2H^+ + 2e^-$) formé servira à la réduction du CO_2.
- **Phylogenèse** : reconstitution de l'histoire évolutive des lignées d'êtres vivants.
- **Pigments chlorophylliens** : composés chimiques permettant la transformation de l'énergie lumineuse absorbée en énergie chimique chez les organismes effectuant la photosynthèse.
- **Pistil** : organe femelle des plantes à fleurs, renfermant le gamète femelle.
- **Plasticité** : processus d'adaptation et de flexibilité d'un système soumis à l'influence de facteurs environnementaux.
- **Plasticité cérébrale** : capacité du cerveau à créer, défaire ou réorganiser les réseaux de neurones et les connexions synaptiques.
- **Pollen** : élément mobile produit qui contient les gamètes males et permet leur déplacement.
- **Pollinisation** : transport des organes mâles (pollen) vers les organes femelles (pistil), qui va permettre la fécondation.
- **Postérieur** signifie plus récent.
- **Principe d'actualisme** : il postule que les lois régissant les phénomènes géologiques et biologiques actuels étaient également valables dans le passé. Ce principe est validé par recoupement entre différents indices indépendants.

R

- **Radiochronomètre** : couple d'atomes formé par l'isotope radioactif (élément père) et l'isotope

radiogénique (élément fils), utilisé en radiochronologie (datation absolue).

- **Rapports isotopiques ($\delta^{18}O$)** : il exprime le rapport $^{18}O/^{16}O$ de la glace ou des carbonates des sédiments et coquilles par rapport à un échantillon de référence : eau océanique (H_2O) ou carbonate ($CaCO_3$).
- **Réduction du CO_2** : fixation de protons H^+ et d'électrons sur le CO_2 à l'origine de glucose $C_6H_{12}O_6$.
- **Réflexe myotatique** : contraction réflexe d'un muscle en réponse à son propre étirement.
- **Régulation** : action assurant le maintien d'un paramètre physiologique à une valeur constante en s'opposant aux perturbations (boucle de rétroaction négative).
- **Résilience** : capacité d'un organisme à retrouver un fonctionnement normal lorsque sa capacité à fonctionner a été ébranlée de façon négative.
- **Respiration cellulaire** : dégradation complète du glucose en présence d'O_2, permettant la conversion de son énergie en ATP et chaleur.
- **Rift** : portion de lithosphère étirée et amincie formant un fossé d'effondrement bordé par des failles dites normales et des blocs.

S

- **Sarcomère** : unité de la myofibrille musculaire, à la fois structurale (myofilaments d'actine et myosine imbriqués entre deux stries Z) et fonctionnelle (coulissante et donc contractile).
- **Sélection artificielle** : procédé qui consiste à croiser volontairement les organismes qui disposent de caractères (couleur, goût, productivité…) que l'on désire perpétuer.
- **Sélection naturelle** : action de l'environnement favorisant le succès reproductif des individus d'une population les mieux adaptés et des gènes ou allèles qu'ils possèdent.
- **Sève brute** : substance circulante qui contient de l'eau et des ions minéraux.
- **Sève élaborée** : substance circulante qui contient des composés organiques solubles, principalement du saccharose et des acides aminés.
- **Sommation spatiale** : somme algébrique des effets de plusieurs synapses différentes.
- **Sommation temporelle** : somme algébrique des effets successifs d'une même synapse.
- **Stockage additionnel de carbone** : création ou reconstitution de stocks de carbone par des pratiques agricoles ou industrielles durables.
- **Stomate** : ouverture présente dans l'épiderme de la feuille ou de la tige, qui régule les échanges gazeux (CO_2, H_2O vapeur, O_2) avec l'atmosphère.
- **Stratégies d'atténuation et d'adaptation** : stratégies complémentaires vis-à-vis du changement climatique ou en réponse aux problèmes posés par ce changement. L'une traite à long terme les causes, l'autre traite à plus court terme les conséquences.
- **Stress aigu** : réponse adaptative et immédiate de l'organisme à une agression, mettant en jeu de façon coordonnée les systèmes physiologiques nerveux, hormonaux et immunitaire.
- **Stress chronique** : réponse mal-adaptative de l'organisme à l'exposition prolongée à des agressions de l'environnement et provoquant de nombreux troubles.
- **Symbiose** : association biologique, durable et réciproquement profitable, entre deux organismes vivants.
- **Synapse activatrice** : qui augmente l'activité du neurone postsynaptique par dépolarisation de sa membrane postsynaptique.
- **Synapse inhibitrice** : qui diminue l'activité du neurone postsynaptique par hyperpolarisation de sa membrane postsynaptique.
- **Système complexe** : ensemble composé d'un grand nombre d'entités en interaction locale et simultanée. L'état d'une entité a une influence sur son état futur via l'état d'autres entités (boucle de rétroaction).
- **Système de régulation** : système constitué de capteurs glucosensibles (pancréas endocrine), d'effecteurs corrigeant les écarts (foie, muscles tissu adipeux) et de messagers hormonaux activateurs et inhibiteurs (insuline et glucagon).
- **Système limbique** : ensemble de zones internes du cerveau impliquées dans les émotions

(amygdale) et la mémoire (hippocampe) et qui exercent une influence sur le système endocrinien.

T

- **Tanin** : substance végétale assurant la défense chimique contre les microbes pathogènes et les herbivores.
- **Totipotence** : capacité que possède une cellule de se différencier en tous les types cellulaires. Elle peut reconstituer un individu identique à la plante mère.
- **Transfert horizontal de gènes** : processus dans lequel un organisme intègre du matériel génétique provenant d'un autre organisme sans en être le descendant.
- **Transfert vertical de gènes** : processus dans lequel un organisme reçoit du matériel génétique à partir de son ancêtre.
- **Transgenèse** : incorporation d'un ou plusieurs gènes d'intérêt dans le génome d'un organisme vivant.

X

- **Xylème** : tissu végétal, formé de vaisseaux conduisant la sève brute et constituant le bois.

MIXTE
Papier issu de sources responsables
FSC® C022030
www.fsc.org

Nathan est un éditeur qui s'engage pour la préservation de son environnement et qui utilise du papier composé de fibres naturelles, renouvelables, fabriquées à partir de bois provenant de forêts gérées de manière responsable et contrôlée.