

**SESSION 2021**

---

**CAPES  
CONCOURS EXTERNE  
ET CAFEP**

**Section : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE**

**EXPLOITATION D'UN DOSSIER DOCUMENTAIRE**

Durée : 4 heures

---

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique (y compris la calculatrice) est rigoureusement interdit.*

*Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.*

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.**

**Tournez la page S.V.P.**

A

## INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPES de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B E	1 6 0 0 F	1 0 2	7 4 2 1

► **Concours externe du CAFEP/CAPES de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E B F	1 6 0 0 F	1 0 2	7 4 2 1

## **L'évolution biologique : concepts, mécanismes et applications**

L'évolution, en tant que théorie scientifique, fournit le cadre explicatif à la diversification et aux modifications du vivant. Ce sujet propose d'étudier les principaux mécanismes de l'évolution, de questionner la construction des concepts tant dans l'histoire que dans les classes et d'interroger les apports des concepts de l'évolution à certains enjeux contemporains.

**Le sujet comporte trois parties auxquelles sont associées 10 annexes contenant des documents.**

### **PARTIE 1**

Etude des mécanismes de l'évolution  
Annexes 1, 2 et 3

*Durée approximative conseillée : 1h30*

### **PARTIE 2**

Approches historique et didactique de la construction des concepts en évolution  
Annexes 4, 5, 6 et 7

*Durée approximative conseillée : 1h30*

### **PARTIE 3**

L'évolution comme grille de lecture du monde  
Annexes 8, 9 et 10

*Durée approximative conseillée : 1h00*





**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**PARTIE 1 : Etude des mécanismes de l'évolution**

**La diversification des êtres vivants**

**Question 1.1 : Les mutations sont à l'origine de la diversité génétique. Définissez ce qu'est une mutation et ses conséquences possibles sur le phénotype.**

Le document 1 (Annexe 1) est une phylogénie moléculaire des gènes des PFT (*Pore-Forming Toxins*) à l'échelle du vivant.

**Question 1.2 : Cette phylogénie établie à partir des gènes des PFT vous semble-t-elle cohérente avec les parentés classiquement établies au sein du vivant ? Justifiez votre réponse en vous appuyant sur deux exemples précis.**

**Question 1.3 : Proposez un mécanisme permettant d'expliquer le constat établi à la question 1.2.**

**Question 1.4 : En utilisant vos connaissances, citez et décrivez brièvement quatre autres mécanismes de diversification du vivant (2 à 3 lignes par mécanisme cité).**



NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

**Mutations et pressions de sélection**

Le document 2 (Annexe 2) présente la technique et le protocole des répliques de cultures de J. & E. LEDERBERG (1952).

**Question 1.5 : Décrivez, interprétez et expliquez les résultats expérimentaux présentés dans le document 2b. Concluez sur la relation entre mutation et pression de sélection.**

**La sélection naturelle et la dérive génétique**

**Question 1.6 : Définissez la sélection naturelle.**

**Question 1.7 : Définissez la dérive génétique.**

Le document 3 (Annexe 3) présente des observations et des résultats obtenus dans le cadre d'une étude portant sur la relation entre l'Angiosperme *Roscoea purpurea* et son insecte pollinisateur exclusif, le Diptère *Philoliche longirostris*.

**Question 1.8 : Décrivez et analysez les résultats du document 3b.**



**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**Question 1.9 : Expliquez la différence entre une relation de corrélation et une relation de causalité.**

**Question 1.10 : Justifiez en quoi la mesure du nombre de grains de pollen déposés sur le stigmate des fleurs, d'une part, et la mesure du pourcentage de nectar consommé par le diptère lors de la visite, d'autre part, permettent d'estimer les valeurs sélectives de la plante et du diptère en interaction.**

**Question 1.11 : Après avoir décrit et analysé les résultats du document 3c, proposez un mécanisme évolutif explicatif.**

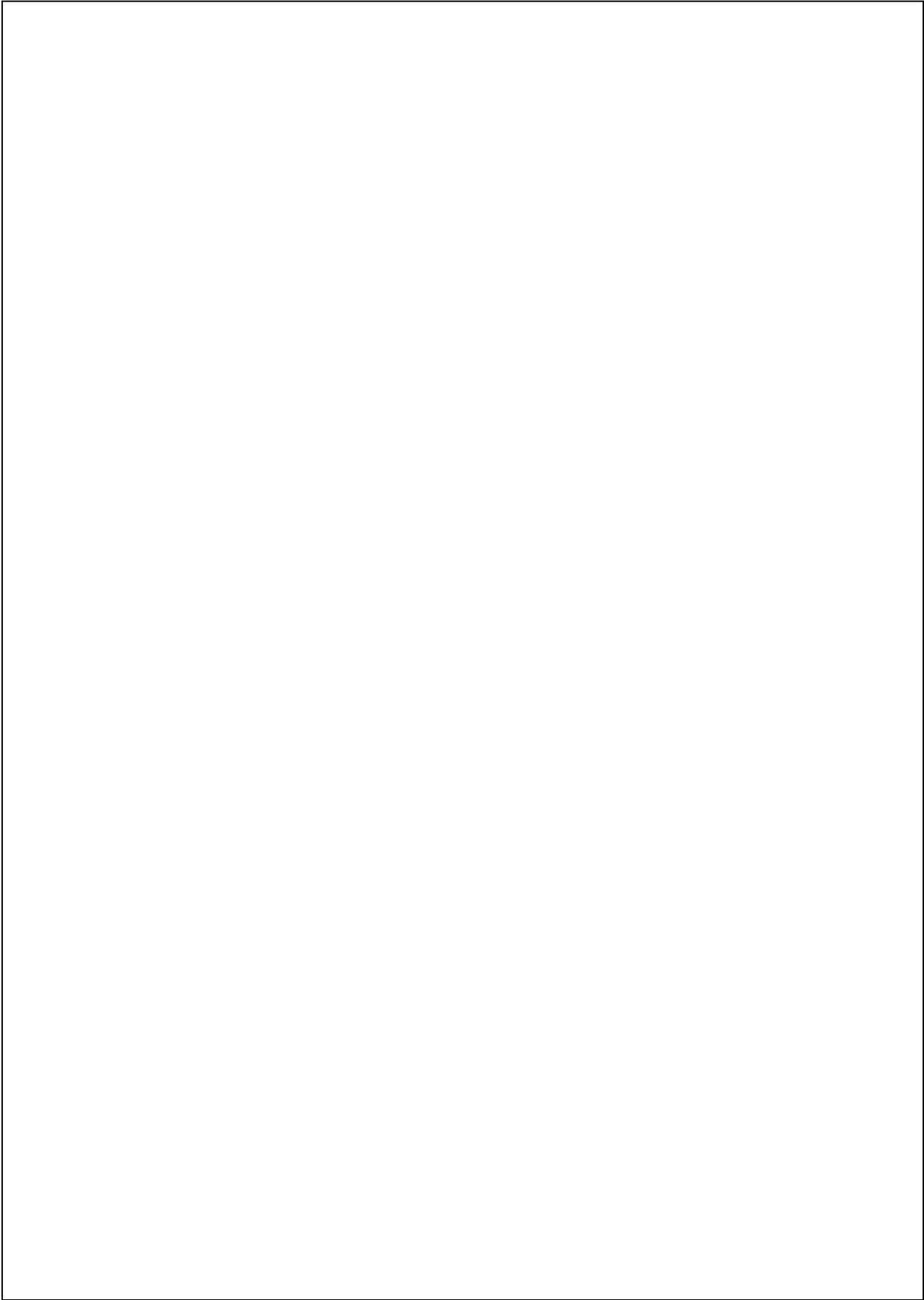




**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**PARTIE 2 : Approches historique et didactique**  
**de la construction des concepts en évolution**

**Question 2.1 : Traduisez sous forme de schémas les propos de Lamarck et Darwin présentés dans le document 4 (Annexe 4) et comparez-les.**





**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**Question 2.2 : On parle de la théorie lamarckienne et de la théorie darwinienne de l'évolution. Expliquez ce qu'est une théorie scientifique.**

Les documents de l'annexe 3 (Document 3) ont été fournis aux élèves d'une classe de Terminale. Lors de la séance, la question 1.11 (Partie 1) leur a été posée.  
Le document 5 (Annexe 5) est une production écrite d'un·e élève de Terminale en réponse à cette question, suite à l'analyse des documents 3b et 3c.

**Question 2.3 : Relevez deux erreurs de l'élève dans sa manipulation des concepts évolutifs, et pour chacune d'elles proposez une piste de remédiation adaptée.**

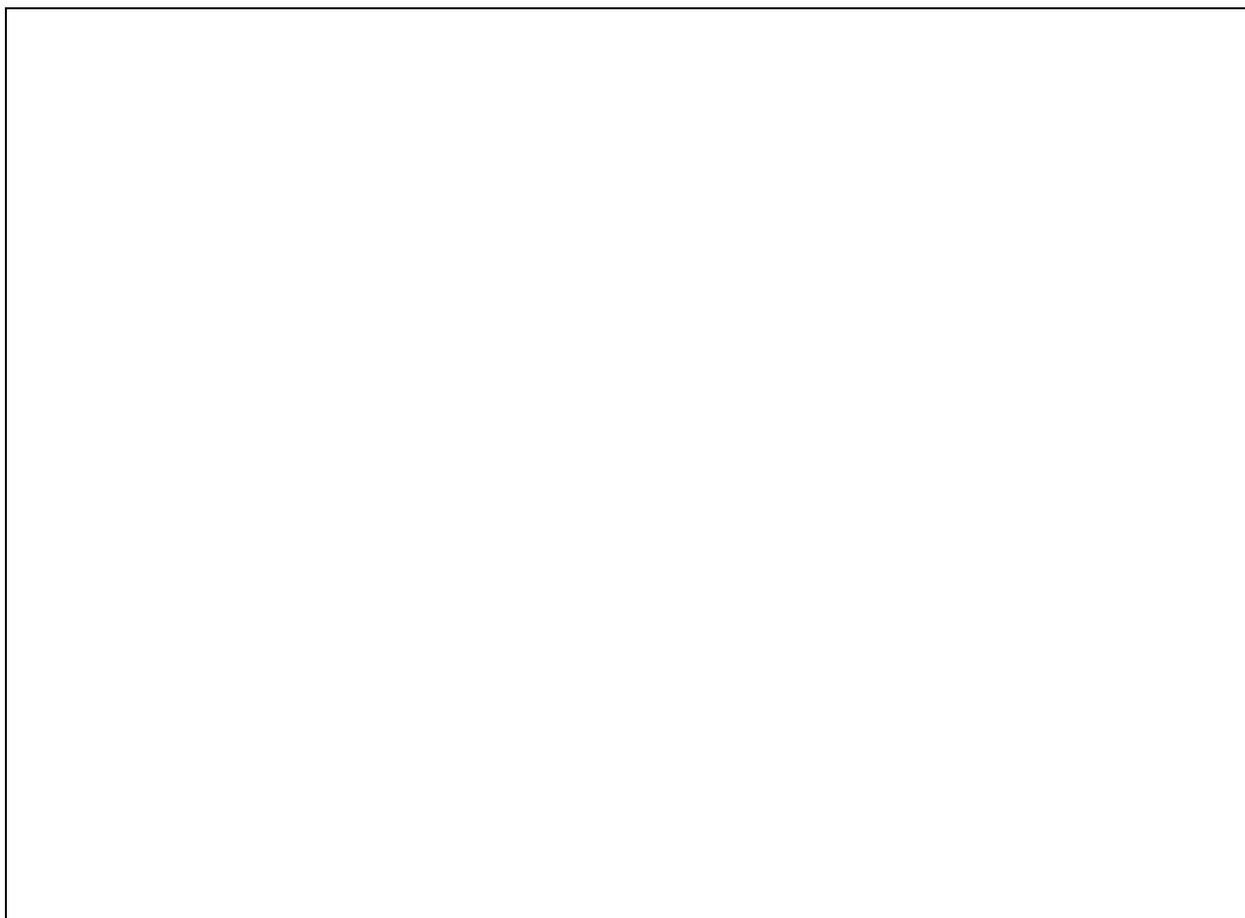


**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**L'intérêt des modélisations**

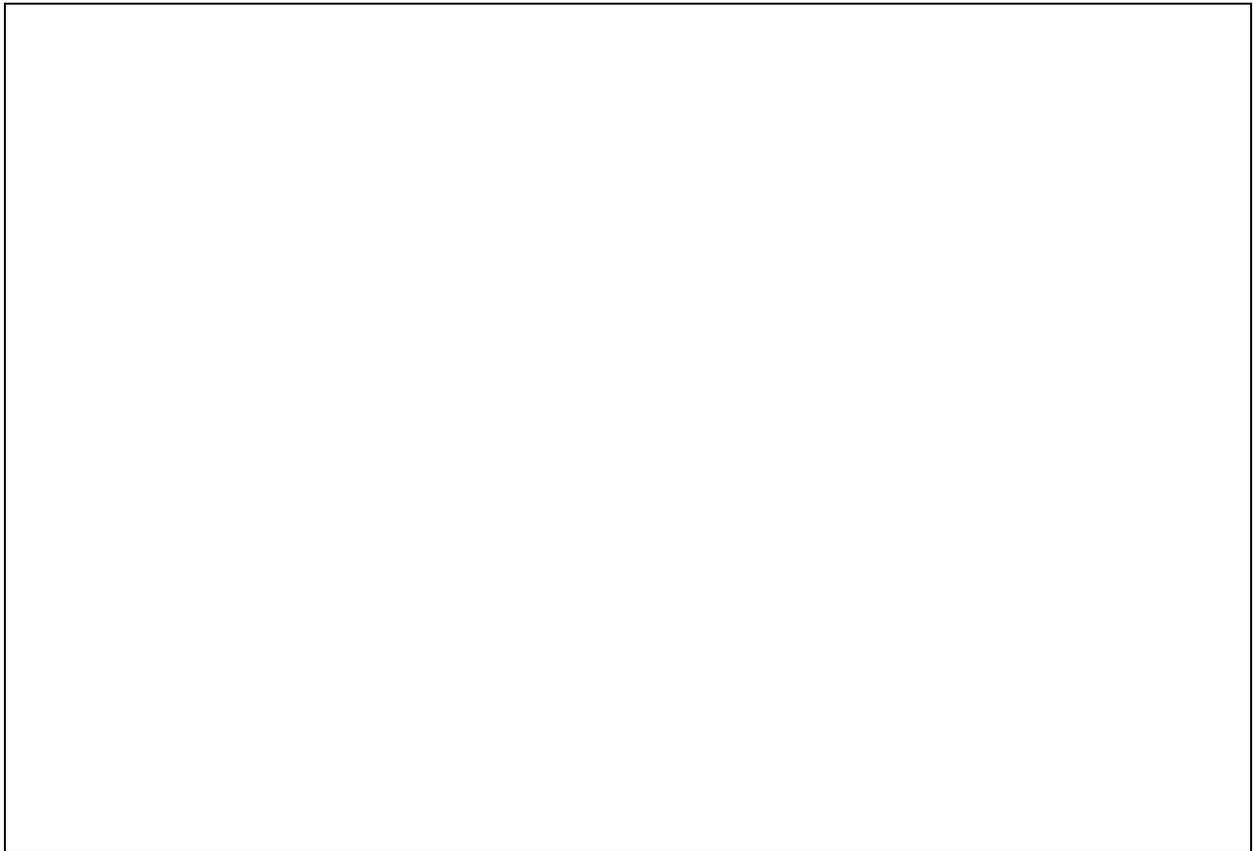
Les modélisations sont souvent utilisées en classe pour aider les élèves à construire les concepts concernant les mécanismes évolutifs. Le document 6 (Annexe 6) présente une modélisation analogique réalisée dans le cadre d'une activité en classe.

**Question 2.4 : Représentez un exemple de graphique que pourrait obtenir un binôme d'élèves à la fin de l'activité présentée dans le document 6.**



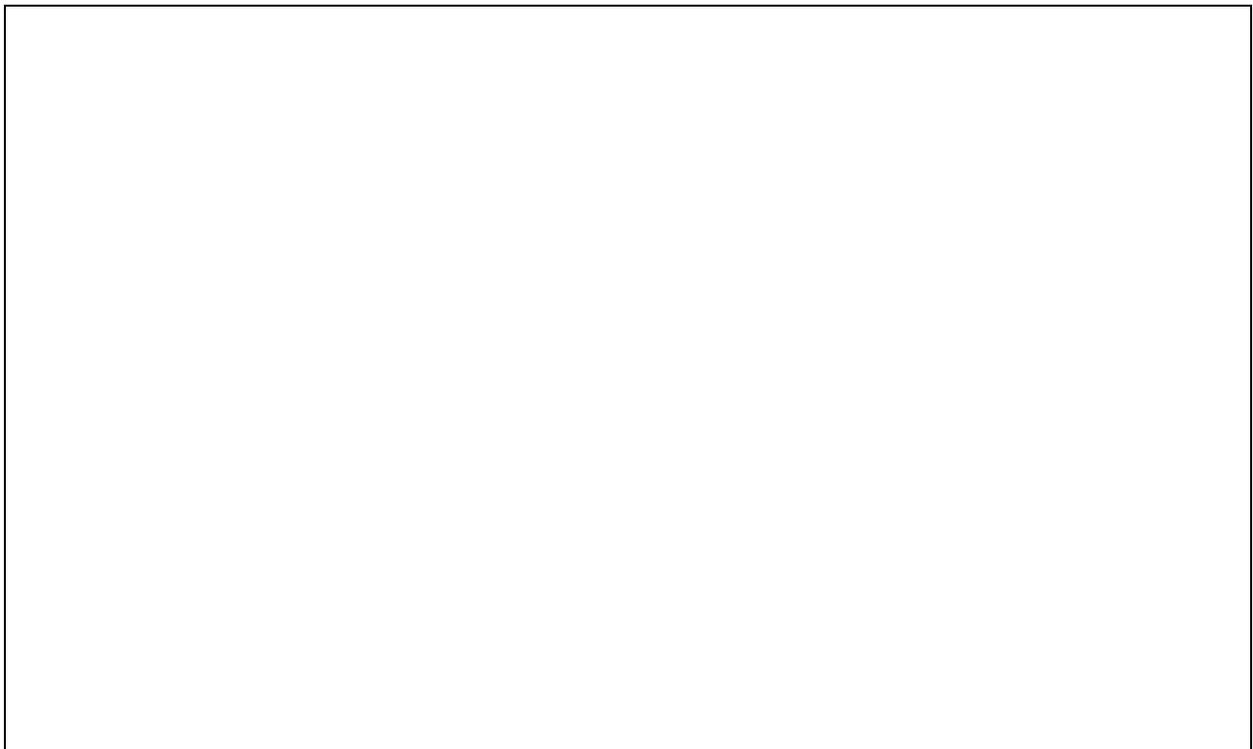
**Question 2.5 : Imaginez et décrivez une modélisation analogique permettant de travailler sur la sélection naturelle.**





La modélisation numérique présentée dans le document 7 (Annexe 7) permet d'étudier les effets de la sélection naturelle et de la dérive génétique, soit séparément, soit conjointement.

**Question 2.6 : Présentez les principaux avantages et les principales limites de l'utilisation en classe de modèles analogiques et de modèles numériques.**



**Question 2.7 : Imaginez que vous utilisez en classe le modèle numérique présenté dans le document 7 (Annexe 7). Indiquez quelles situations vous souhaiteriez faire explorer aux élèves pour qu'ils étudient les effets relatifs de la sélection naturelle et de la dérive génétique sur l'évolution d'une population.**



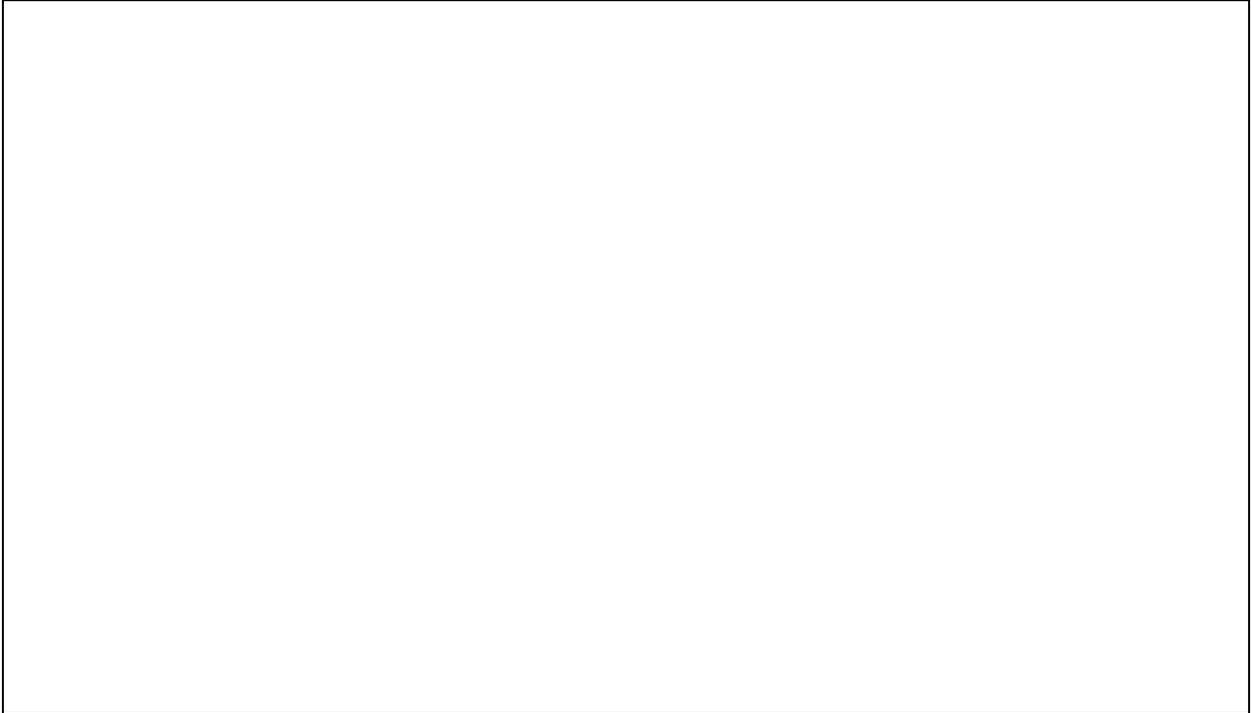
**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**PARTIE 3 : L'évolution comme grille de lecture du monde**

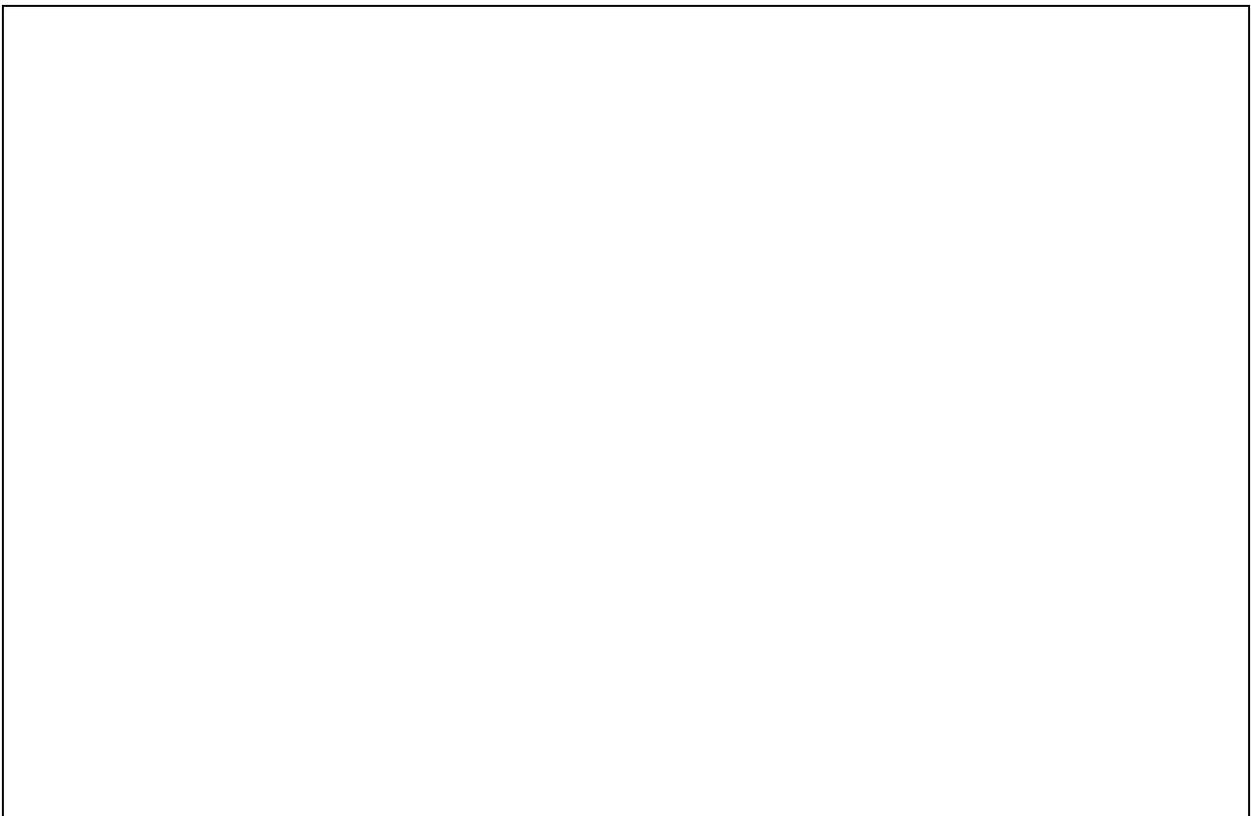
**Un regard évolutif sur l'espèce humaine**

**Question 3.1 : Rappelez l'organisation anatomique d'un cœur humain et schématisez la circulation sanguine en plaçant le cœur, les poumons, un muscle, l'intestin grêle.**

**Question 3.2 : La paroi musculaire du cœur gauche est beaucoup plus épaisse que la paroi musculaire du cœur droit. En vous appuyant sur le schéma construit à la question précédente, formulez une interprétation évolutive de cette observation. Le raisonnement sera placé à l'échelle d'une population.**



**Question 3.3 : En vous appuyant sur deux autres exemples liés à l'espèce humaine, illustrez le fait que les adaptations évolutives ne sont pas seulement anatomiques.**

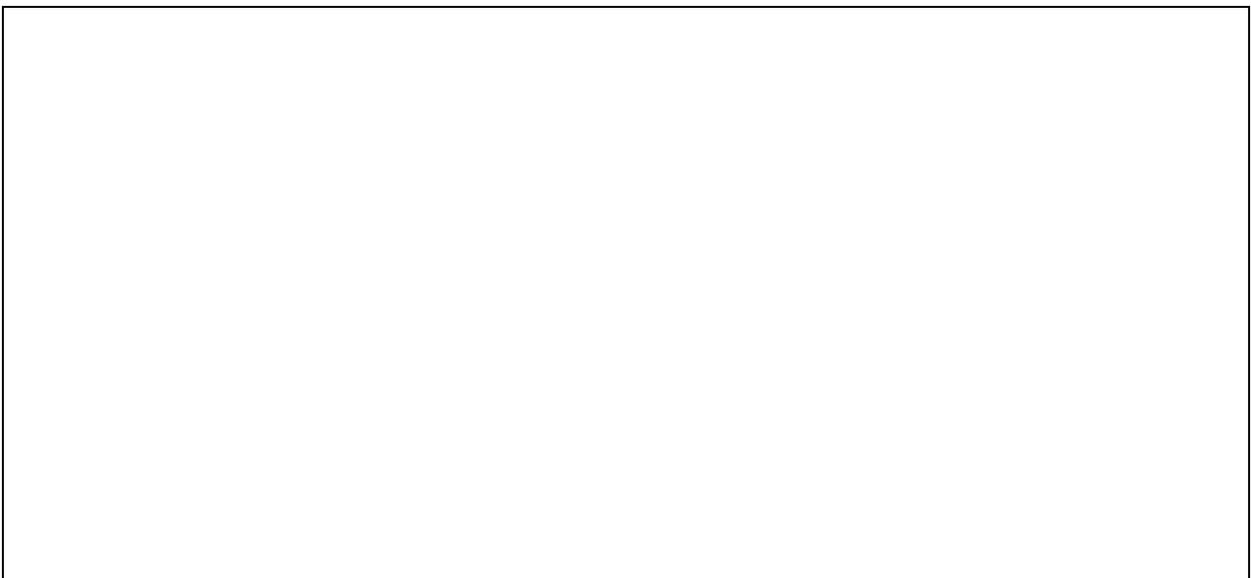


**Des thérapies innovantes contre les cancers**

**Question 3.4 : Analysez les résultats expérimentaux des deux expériences présentées dans le document 8b (Annexe 8).**



**Question 3.5 : Identifiez une limite importante des protocoles et des résultats expérimentaux de l'étude présentée dans le document 8 (Annexe 8)**





**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**

**Question 3.6 : Indiquez ce qu'apporte la seconde expérience de l'étude du document 8 (Annexe 8) par rapport à la première.**

**Question 3.7 : En utilisant les documents 8 (Annexe 8) et 9 (Annexe 9), expliquez le principe des thérapies adaptatives contre les cancers en utilisant le concept de pression de sélection.**

**Question 3.8 : Parmi les éléments du modèle présenté dans le document 9 (Annexe 9), relevez ceux qui sont confirmés, ceux qui manquent de précision et ceux qui ne sont pas abordés par l'étude du document 8 (Annexe 8).**

## Une histoire du vivant abordée en enseignement scientifique

**Question 3.9 : Présentez brièvement un exemple, autre que ceux étudiés dans ce sujet, permettant de remplir les objectifs d'enseignement décrits dans l'extrait de programme présenté dans le document 10 (Annexe 10). Expliquez la pertinence de votre choix.**

**ANNEXE 1**

**Document 1 : Origine évolutive des gènes des PFT (*Pore-Forming Toxins*) à l'échelle du vivant**

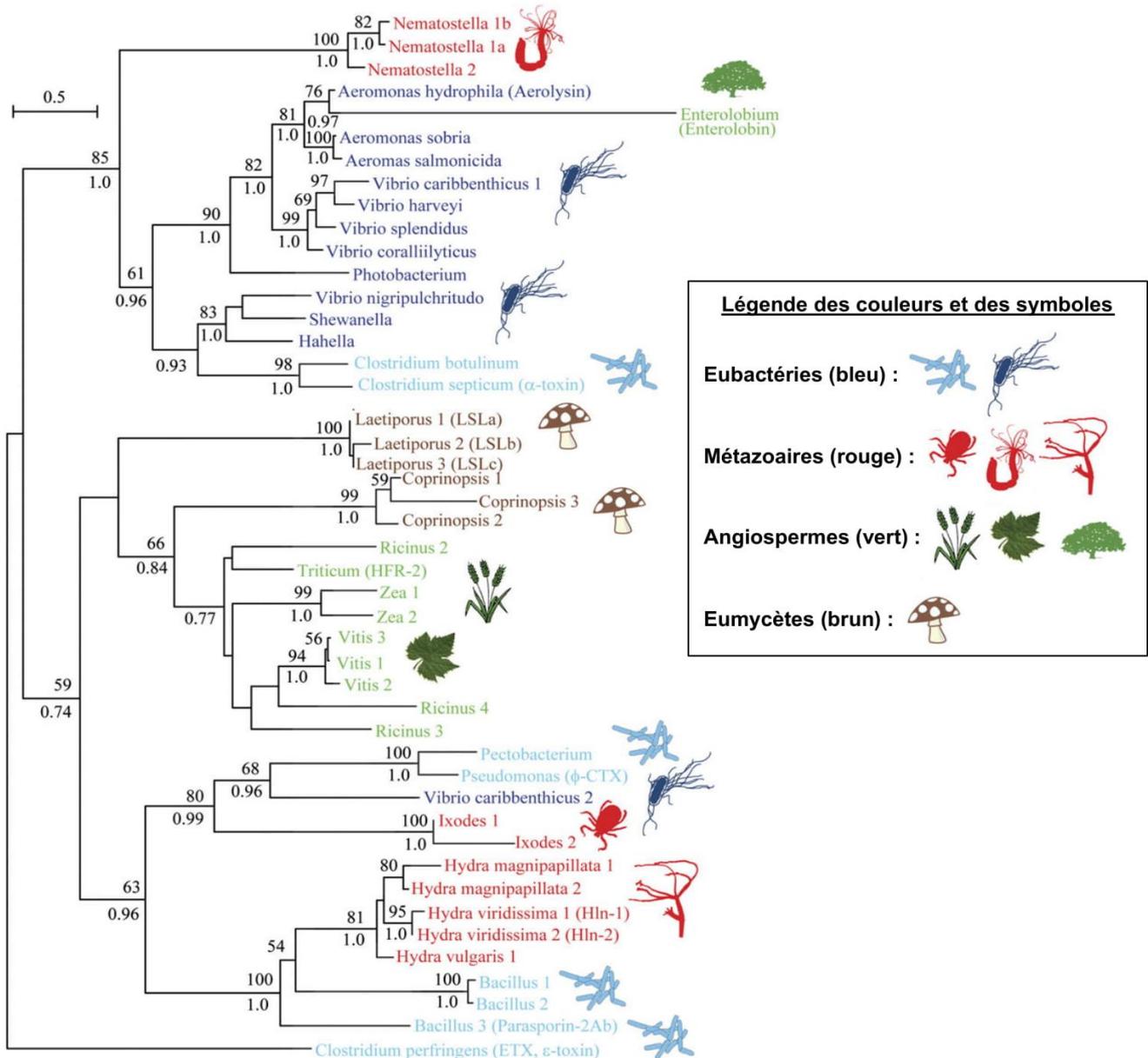
Source : Moran et al. (2012) *Molecular Biology and Evolution* 29(9): 2223–2230.

On s'intéresse à l'origine évolutive des ***Pore-forming toxins* (PFT)**, des protéines cytotoxiques synthétisées chez de nombreux phylums d'organismes procaryotes et eucaryotes : des Eubactéries pathogènes (ex. aérolysine des *Aeromonas*,  $\alpha$ -toxine des *Clostridium*), ainsi que certains Métazoaires, Eumycètes et Angiospermes, chez lesquels elles assurent une fonction de défense contre certains pathogènes ou prédateurs.

La comparaison des séquences des gènes de PFT des différents phylums révèle des homologies de séquences, qui permettent d'établir la phylogénie ci-dessous.

Les valeurs aux nœuds sont deux indices de robustesse (bootstrap /100, PP /1.0).

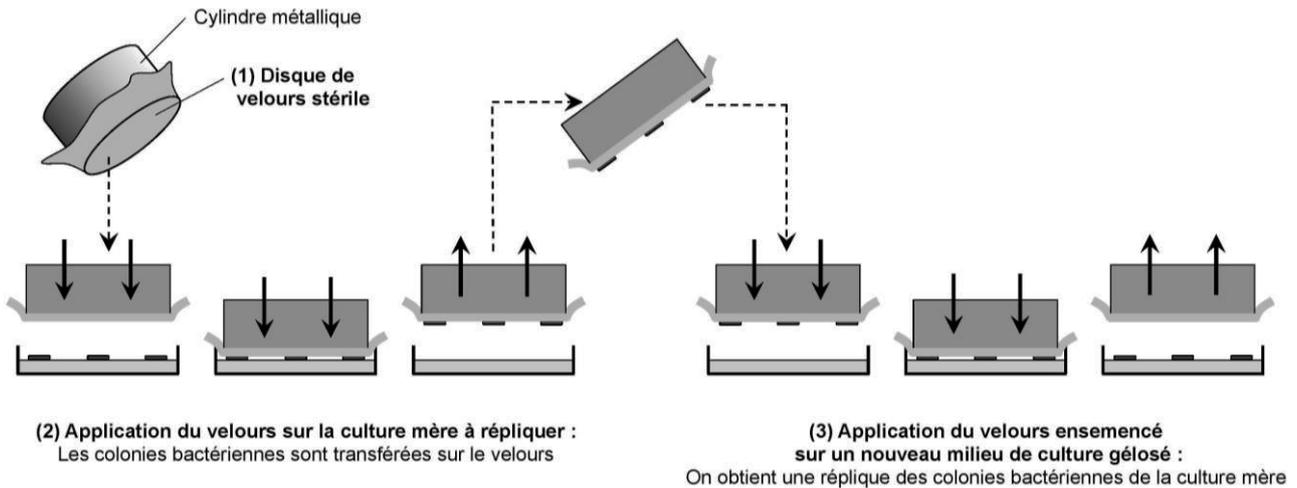
La longueur de branches est proportionnelle au taux de substitution moyen (barre d'échelle = 0.5 substitution par nucléotide).



## ANNEXE 2

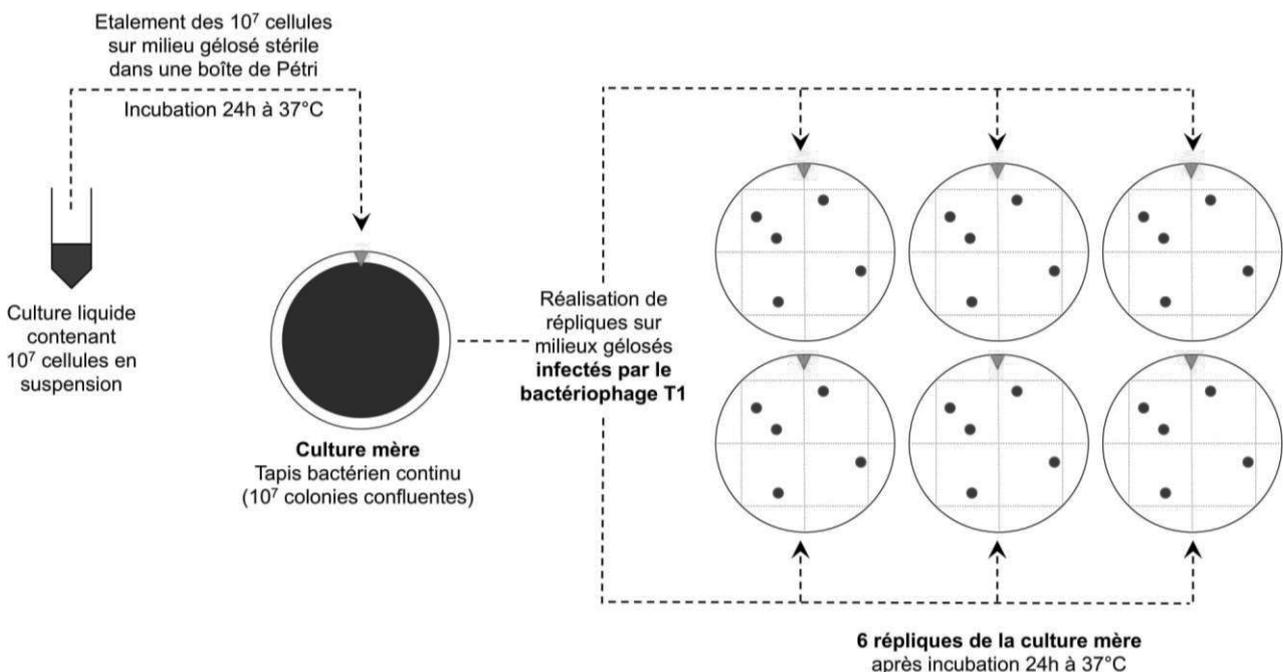
### Document 2 : Expérience de cultures par réplique de J. & E. LEDERBERG (1952)

**Document 2a : Technique des répliques de cultures bactériennes.** Un disque de velours stérile est tendu sur un cylindre métallique dont le diamètre est légèrement plus petit que celui d'une boîte de Pétri (1). En appliquant légèrement ce disque de velours sur une culture bactérienne mère sur milieu gélosé en boîte de Pétri, une fraction de chaque colonie de cette culture mère est transférée sur le velours (2). En appliquant ensuite la surface du velours ainsi ensemencé sur une gélose vierge, on obtient d'un seul coup un repiquage de l'ensemble des colonies présentes sur la culture mère (3). En répétant cette technique, on peut ainsi répliquer l'ensemble des colonies de la culture mère sur de multiples boîtes de Pétri.



**Document 2b : Protocole de l'expérience.** Une suspension contenant  $10^7$  cellules de la bactérie *Escherichia coli* est étalée sur une boîte de Pétri contenant un milieu de culture gélosé stérile. Après 24 heures d'incubation à  $37^\circ\text{C}$ , la « culture mère » obtenue est un tapis bactérien, formé de  $10^7$  colonies confluentes d'*E. coli*.

On réalise ensuite 6 répliques de cette culture mère, sur des milieux de culture gélosés préalablement infectés par le virus bactériophage T1. La position du disque de velours servant à la réalisation des répliques est repérée grâce à une marque rouge sur le côté des boîtes, et la position des colonies répliquées à l'aide d'un fond quadrillé. Après 24h d'incubation à  $37^\circ\text{C}$ , l'aspect des 6 cultures répliquées est schématisé ci-dessous.



### ANNEXE 3

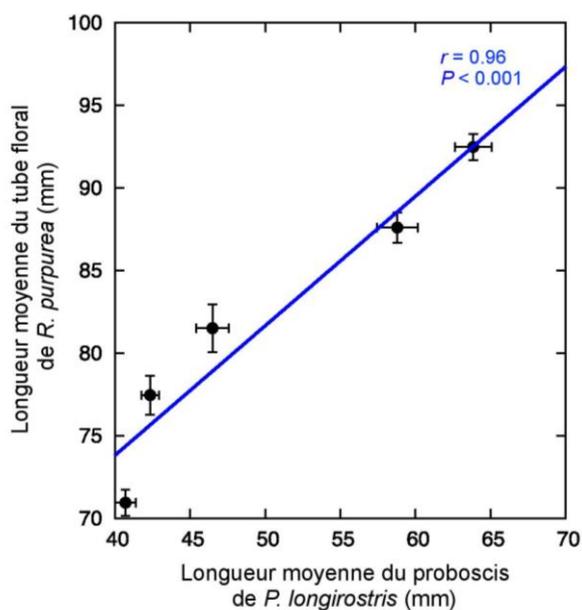
#### Document 3 : Etude de la relation entre une Angiosperme et son pollinisateur exclusif

Source : Paudel et al. (2016) *New Phytologist* 211: 1402–1411

**Document 3a :** *Roscoea purpurea* (Zingiberaceae) est une Angiosperme endémique de l'Himalaya népalais, entre 1500 et 3000 m d'altitude. Les fleurs roses présentent un tube floral très allongé, au fond duquel du nectar est sécrété (A). Le Diptère *Philoliche longirostris* (Tabanidae), également endémique de l'Himalaya népalais, est le pollinisateur exclusif des fleurs de *R. purpurea*, dont il prélève le nectar au fond du tube floral grâce à son proboscis (ou trompe) remarquablement allongé (B–D).



**Document 3b :** Dans 5 localités distinctes, les chercheurs ont dans un premier temps mesuré la longueur moyenne du tube floral dans la population de *R. purpurea*, et la longueur moyenne du proboscis dans la population associée de *P. longirostris*.



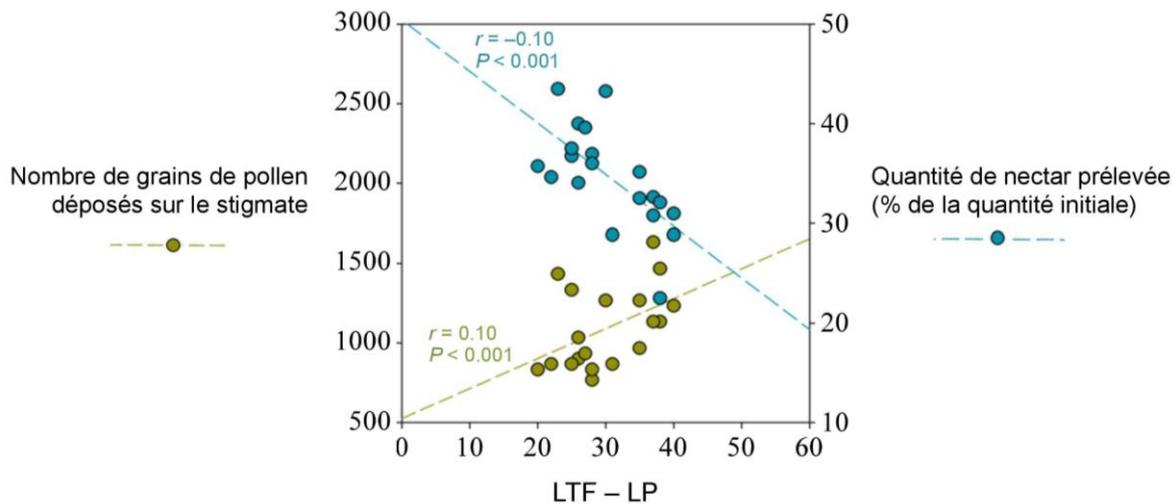
Dans ce graphe, chaque point représente la valeur moyenne du trait considéré dans chaque population. La ligne bleue est une droite de régression linéaire. La corrélation a été testée et on en donne la  $P$ -value et le coefficient de corrélation  $r$ .

**Document 3c :** La suite de l'étude a porté sur 20 fleurs choisies au hasard dans une population de *R. purpurea*. La longueur du tube floral est mesurée avec précision.

Pour chaque fleur étudiée, le premier individu de *P. longirostris* ayant visité cette fleur est capturé juste après la visite, et la longueur de son proboscis est mesurée. On mesure ensuite la quantité de nectar prélevée dans le tube floral par le pollinisateur, ainsi que le nombre de grains de pollen déposés sur le stigmate de la fleur, lors de la visite du pollinisateur.

On calcule la valeur « LTF – LP », c'est-à-dire la différence de longueur entre le tube de la fleur visitée (LTF = Longueur du Tube Floral) et le proboscis du diptère visiteur (LP = Longueur du Proboscis).

Les résultats de ces mesures sont présentés dans le graphique ci-dessous.



Dans ce graphique, les lignes pointillées sont des droites de régression linéaire. Pour les deux paramètres mesurés, la corrélation a été testée et est significative. On en donne la  $P$ -value et le coefficient de corrélation  $r$ .

## **ANNEXE 4**

### **Document 4 : Deux extraits de textes historiques**

#### **Extrait 1**

*« Dans tout animal, l'emploi le plus fréquent et soutenu d'un organe quelconque, fortifie peu à peu cet organe, le développe, l'agrandit, et lui donne une puissance proportionnée à la durée de cet emploi ; tandis que le défaut constant d'usage de tel organe, l'affaiblit insensiblement, le détériore, diminue progressivement ses facultés, et finit par le faire disparaître. Tout ce que la Nature a fait acquérir ou perdre aux individus [...] par l'influence de l'emploi prédominant de tel organe, ou par celle d'un défaut constant d'usage de telle partie [...] ; elle le conserve par la génération aux nouveaux individus qui en proviennent. »*

**J.-B. P. A. Monet, Ch. de LAMARCK (1744–1829)**  
***La philosophie zoologique (1809)***

#### **Extrait 2**

*« Comme il naît beaucoup plus d'individus de chaque espèce qu'il n'en peut survivre ; comme, en conséquence, la lutte pour l'existence se renouvelle à chaque instant, il s'ensuit que tout être qui varie quelque peu que ce soit de façon qui lui est profitable a une plus grande chance de survivre ; cet être est ainsi l'objet d'une sélection naturelle. En vertu du principe si puissant de l'hérédité, toute variété objet de la sélection tendra à propager sa nouvelle forme modifiée. »*

**Charles DARWIN (1809–1882)**  
***De l'origine des espèces (1859), Introduction***

## ANNEXE 5

Document 5 : Production d'un·e élève de Terminale en réponse à la question 1.11 portant sur l'analyse des documents 3b et 3c de l'Annexe 3 :

On voit que la trompe de la mouche a la même longueur que le tube des fleurs. Pour pouvoir être plus pollinisée, la fleur a mis en place une technique d'allongement de son tube pour obliger la mouche à enfoncer sa trompe plus profond dans le tube pour aller récupérer plus de nectar. Ça oblige la mouche à récupérer plus de pollen, et ça provoque chez la mouche un allongement de sa trompe pour pouvoir récupérer plus de nectar.

## ANNEXE 6

### **Document 6 : Un modèle analogique**

Voici un protocole de modélisation analogique distribué à des élèves lors d'une séance en classe.

#### Modélisation de l'effet du hasard sur une population de 10 individus

Matériel : 10 billes de couleur  $C_1$  numérotées de 1 à 10 + 10 billes de couleur  $C_2$  numérotées de 1 à 10 + un sac

#### Procédure :

- \* Constituer la première génération  $G_1$  de 5 individus de couleur  $C_1$  et 5 individus de couleur  $C_2$ . Placer tous les individus d'une génération dans le sac.
- \* Pour générer la génération  $G_{n+1}$  à partir de la génération  $G_n$  :
  - a- Tirer de manière aléatoire 1 individu de la génération  $G_n$  ; noter dans un tableau sa couleur et son numéro ;
  - b- Remettre l'individu dans le sac (car chaque individu peut se reproduire de 0 à 10 fois) ;
  - c- Réaliser les étapes (a+b), 10 fois pour que la génération  $G_{n+1}$  soit constituée de 10 individus ;
  - d- Vider le sac de la génération  $G_n$  et composer la génération  $G_{n+1}$  selon les proportions définies par les tirages aléatoires avec remise.
- \* Générer 20 générations successives selon cette procédure (a – d).

#### Présentation des résultats :

- \* Remplir le tableau des résultats des tirages aléatoires avec remise.
- \* Représenter graphiquement l'évolution de la fréquence des individus de couleur  $C_1$  et  $C_2$  au cours des générations.
- \* Construire l'arbre généalogique des individus de cette population au cours des 20 générations à l'aide du tableau.

## ANNEXE 7

### Document 7 : Un modèle numérique

- Il existe des outils de modélisation numérique disponibles en ligne permettant des études simples de génétique des populations. Un exemple est disponible à l'adresse suivante : <https://www.biologysimulations.com/population-genetics>  
Ce modèle permet de suivre au sein d'une population les fréquences de deux allèles d'un même gène au fil des générations dans différentes conditions. Les deux allèles sont ici co-dominants.
- L'utilisateur choisit une situation à étudier, sélectionne des valeurs rendant compte de cette situation pour les paramètres indiqués sur la gauche puis clique sur « *Run Simulation* » (ce qui signifie « Exécuter la simulation »). Il peut réaliser autant de simulations qu'il le souhaite.
- Pour chaque simulation, les résultats sont présentés par un graphique (fréquence des deux allèles et des trois phénotypes au cours des générations) et un dessin de la population avec les trois phénotypes présents selon leur fréquence.
- Le fait de pouvoir à la fois jouer sur la taille de la population et la force de la pression de sélection permet d'étudier les effets relatifs de la dérive génétique et de la sélection naturelle.
- Différentes situations peuvent ainsi être explorées.

### Présentation de l'interface :

The screenshot shows a web interface for a population genetics simulation. On the left, there are several sliders and buttons. At the top, there are two buttons: 'Introduction' and 'Run Simulation'. Below them, the 'Simulation Starting Information' section includes sliders for 'Population size' (set to 10), 'Number of Generations' (set to 5), and 'Red Allele Starting Frequency' (set to 0.5). The 'Natural Selection' section has sliders for 'Red Survival Chance', 'Purple Survival Chance', and 'Blue Survival Chance', all set to 1. The 'Mutation' section has sliders for 'Chance of Red to Blue Mutation' and 'Chance of Blue to Red Mutation', both set to 0. A large empty box on the right is intended for the simulation results.

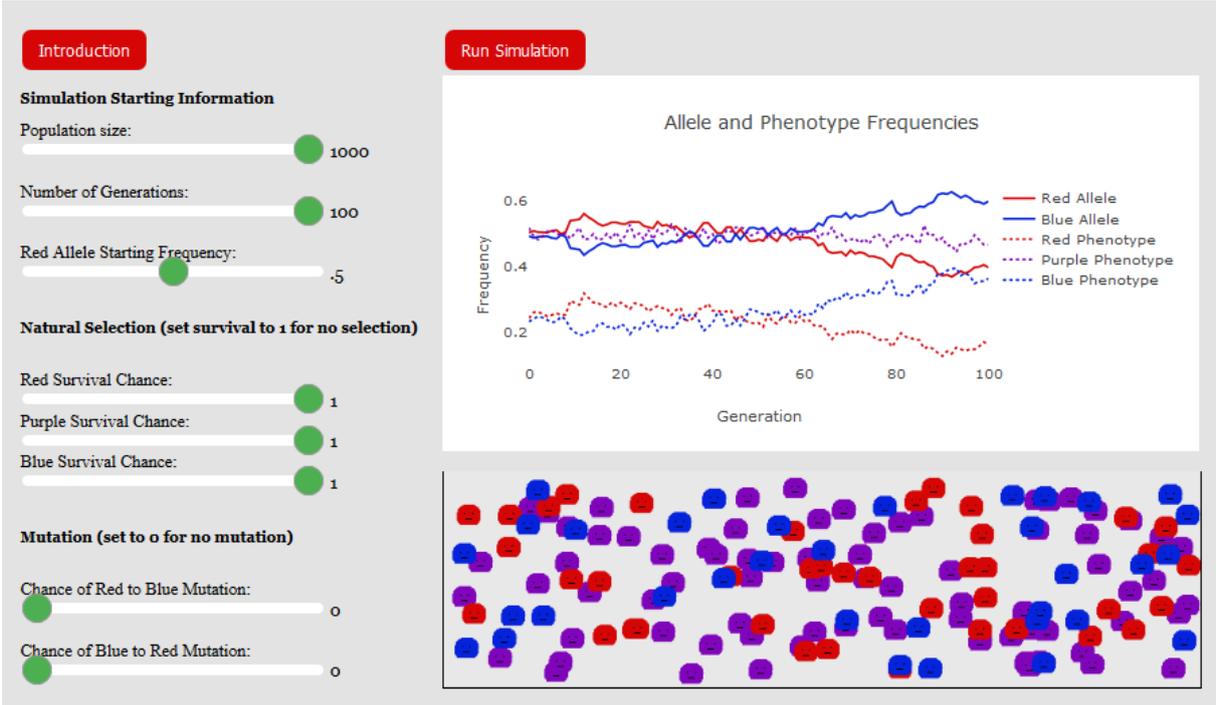
Traduction des éléments présents à gauche de l'écran :

**Information pour la simulation**  
Taille de la population  
Nombre de générations  
Fréquence initiale de l'allèle Rouge

**Sélection naturelle (placer les curseurs à 1 pour une absence de sélection)**  
Probabilité de survie des individus Rouges  
Probabilité de survie des individus Violets  
Probabilité de survie des individus Bleus

**Mutation (placer les curseurs à 0 pour une absence de mutation)**  
Taux de mutation de l'allèle Rouge en allèle Bleu  
Taux de mutation de l'allèle Bleu en allèle Rouge

Exemple du résultat d'une simulation :



## **ANNEXE 8**

### **Document 8 : Une étude expérimentale de thérapies contre un cancer**

#### **Document 8a : Présentation de l'étude**

Une étude expérimentale a été effectuée sur une lignée de cellules tumorales du cancer de l'ovaire se développant chez des souris. Les tumeurs ont été établies en injectant une suspension de  $10^6$  cellules tumorales dans les tissus du flanc de souris femelles. Lorsque les tumeurs ont atteint un volume de  $\sim 300 \text{ mm}^3$ , les souris ont été divisées en trois groupes : un groupe témoin, un groupe « thérapie classique » et un groupe « thérapie adaptative ». La thérapie dite classique consiste à délivrer une dose constante de molécule anticancéreuse. La thérapie dite « adaptative » consiste à ajuster la dose de molécule anticancéreuse administrée en fonction de l'évolution de la tumeur.

Chaque groupe était constitué de quatre souris. La molécule anticancéreuse utilisée est le carboplatine.

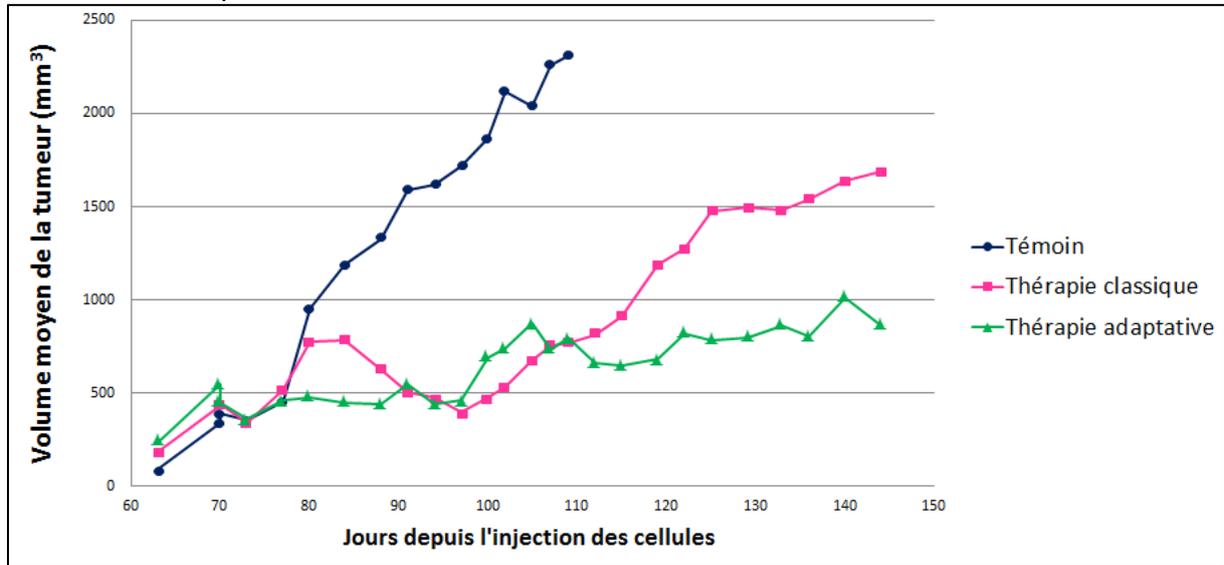
- Les souris du groupe « thérapie classique » ont reçu une dose de 60 mg/kg tous les 4 jours.
- Les souris du groupe « thérapie adaptative » ont reçu une dose initiale de 50 mg/kg. Par la suite, les tumeurs ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse tous les 3 jours, et la dose a été ajustée pour maintenir un volume tumoral stable. Aucune expérience préalable n'étant disponible pour paramétrer l'ajustement, celui-ci a d'abord été grossier puis de plus en plus fin. Une décision de traitement a été prise au moment de chaque mesure. Si le volume de la tumeur restait stable (c'est-à-dire si la variation du volume de la tumeur reste inférieure à 10 % par rapport à la mesure précédente), aucun médicament n'était administré. Si la tumeur diminuait de taille ou restait stable pendant deux mesures ou plus, la dose suivante était diminuée. Si la taille de la tumeur augmentait de plus de 10 %, la même dose de médicament était administrée. Si la taille de la tumeur augmentait à nouveau à la deuxième mesure, la dose était augmentée.

L'ensemble de cette étude a été réalisé deux fois, sur des lots de souris différents. Les résultats des deux expériences réalisées l'une après l'autre sont présentés dans deux graphiques distincts dans le document 9b. Suite aux connaissances accumulées lors de l'expérience 1, la gestion de l'ajustement de la dose de médicament utilisée dans l'expérience 2 a été plus pertinente et efficace.

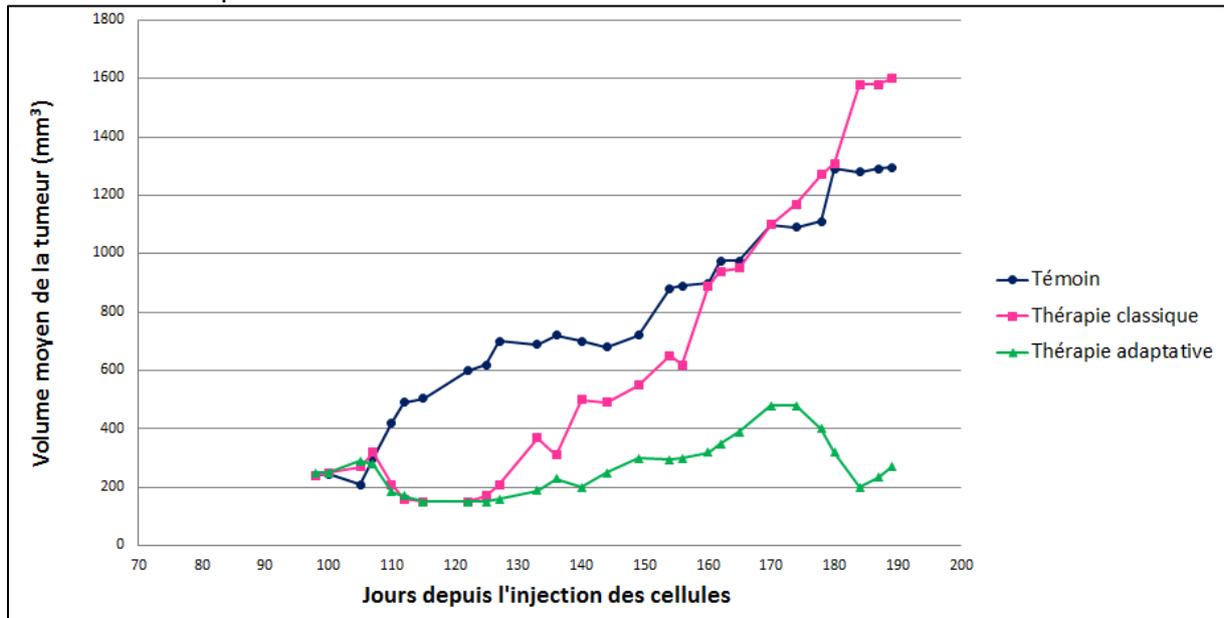
## Document 8b : Résultats des deux expériences

Source : Gatenby *et al.* (2009) *Cancer Research* 69: 4894–4903 (adapté)

### Résultats de l'expérience 1 :



### Résultats de l'expérience 2 :



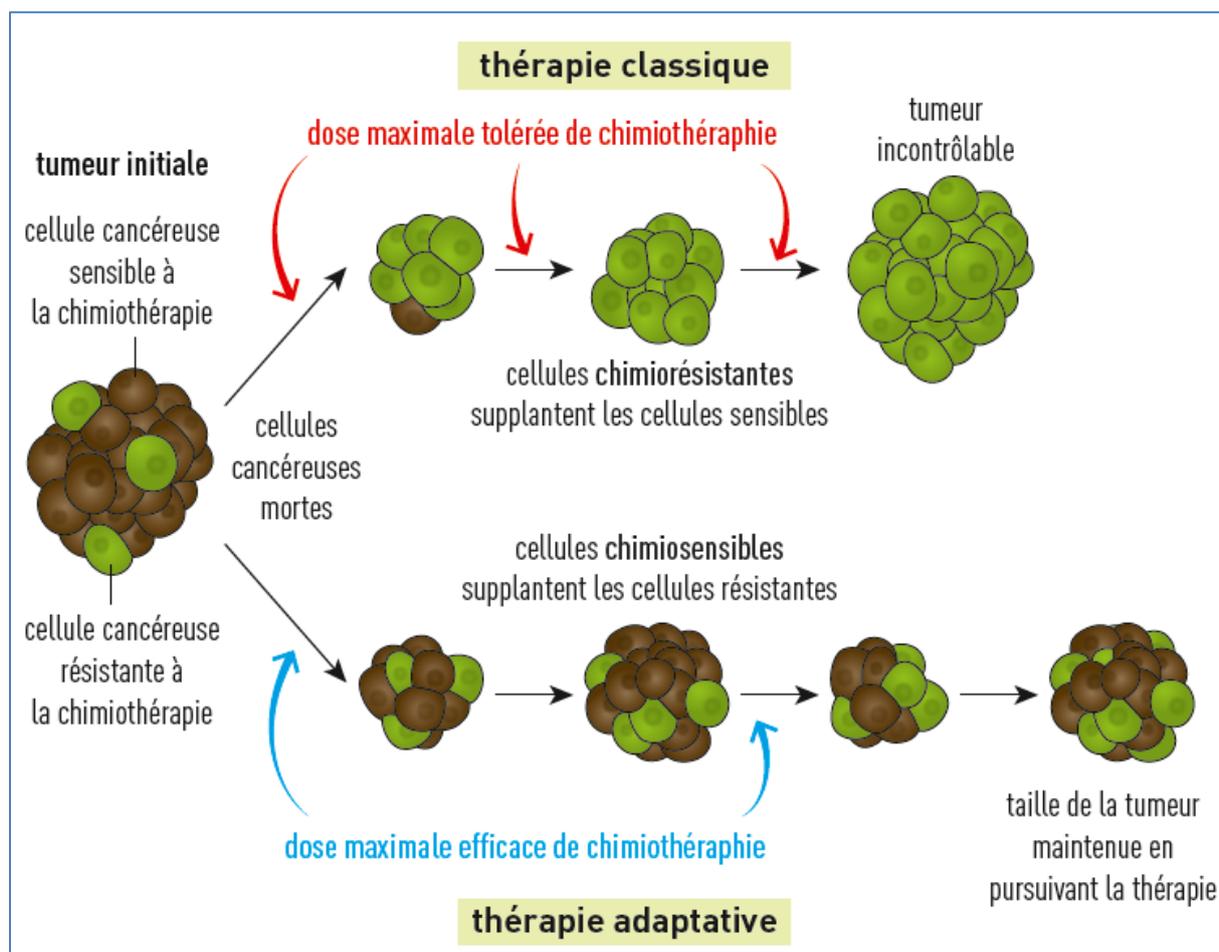
## ANNEXE 9

### Document 9 : Modélisation des principes et résultats attendus pour une thérapie classique et une thérapie adaptative de traitement des cancers

Source : Gregori J. & Gatenby R. (2019) *Scientific American* 321(2) (modifié)

Cette représentation modélise les grands principes d'une thérapie classique et d'une thérapie adaptative ainsi que les résultats attendus pour chaque cas.

La dose maximale tolérée de chimiothérapie est la plus grande quantité de médicament qu'un patient peut supporter.



## ANNEXE 10

**Document 10 : Extrait du programme de l'enseignement scientifique de la classe de terminale**

### Enseignement scientifique

Classe terminale, enseignement commun,  
voie générale

## ■ Thème 3 : Une histoire du vivant

### 3.2 L'évolution comme grille de lecture du monde

*Les concepts de biologie évolutive ont une large portée explicative, présentée ici à travers plusieurs exemples. Ils permettent de comprendre l'anatomie comme le résultat d'une longue histoire évolutive, faite d'adaptations, de hasard, de contingences et de compromis. Les concepts de variation et de sélection naturelle éclairent des pratiques humaines (médicales et agricoles) et certaines de leurs conséquences.*