

👍 Sujet avec coups de pouce

Exercice A Avoir du nez, une affaire de climat ?

En 2016, des chercheurs ont publié un ensemble de données dans lesquelles ils cherchaient à établir un lien entre la forme du nez chez les humains, et le climat. En effet, comme beaucoup d'autres parties du visage, la forme, la longueur, ou encore la largeur du nez ou des narines varient énormément au sein des populations humaines.

Doc. 1 Anatomie du nez et inspiration de l'air

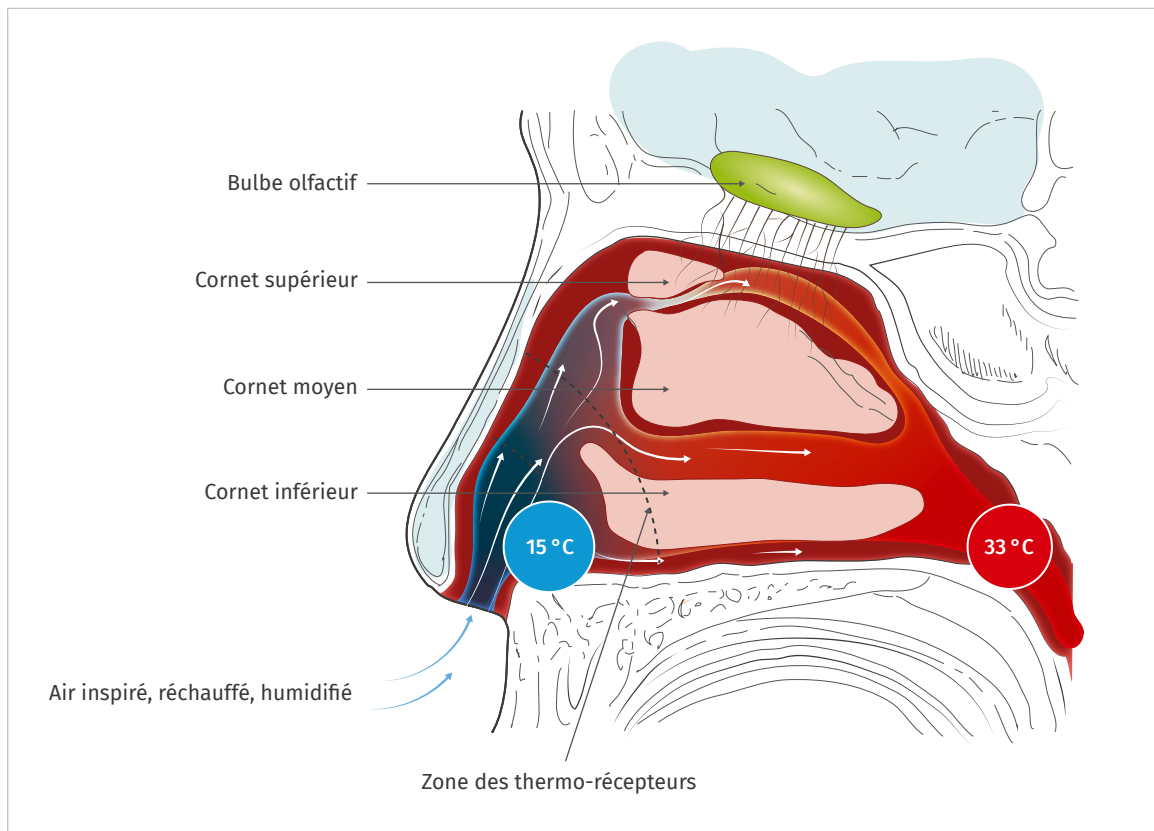
Un des rôles essentiels de la cavité nasale est de réchauffer l'air inspiré, ce qui lui permet d'atteindre la température corporelle et de le saturer en vapeur d'eau, et ce avant même son entrée dans les voies respiratoires.

Filtration et épuration : les mouvements tourbillonnaires du courant aérien favorisent son contact avec la muqueuse des fosses nasales. Les particules en suspension sont alors filtrées en adhérant au mucus qui tapisse la surface épithéliale. [...]

Humidification : le mucus est composé à 95 % d'eau. Deux mécanismes essentiels : la convection et la diffusion, permettent ainsi les transferts d'eau du mucus vers l'air inspiré.

Réchauffement : du sang à 37 °C traverse en permanence les plexus vasculaires et vont réchauffer les fosses nasales à la façon d'un chauffage central

D'après Anatomie et fonctions du nez », Institut français de chirurgie du nez et des sinus.



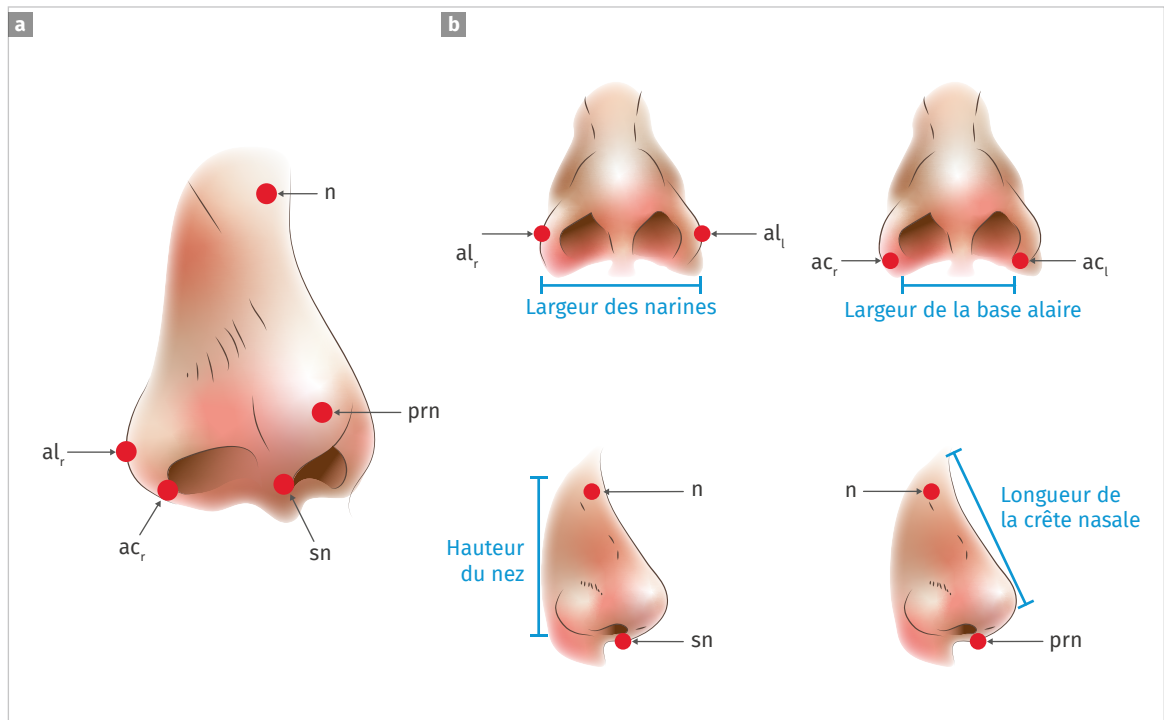
► Fonctionnement normal du nez

Des études récentes ont montré que la forme du nez pouvait avoir une influence sur les fonctions nasales. Ainsi, un nez étroit augmenterait les turbulences de l'air inspiré à l'entrée des narines, ce qui augmenterait ainsi le contact avec la cavité nasale.

>>> Préparation aux évaluations communes

Doc. 2 Analyse tridimensionnelle et mesures réalisées sur le nez

L'équipe de chercheurs a réalisé des images tridimensionnelles du nez de plus de 2 500 candidats de différentes origines sélectionnés à travers le monde. Le doc. ci-dessous montre quelques exemples de mesures réalisées sur les images 3D récoltées.



Localisation des points de repère servant pour les mesures (a). Distances linéaires et surfaces mesurées sur les images 3D (b).

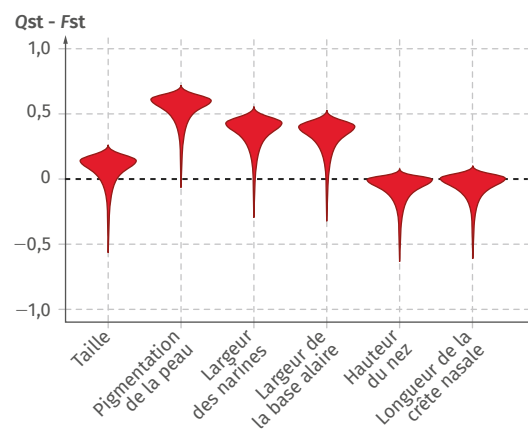
Doc. 3 Mesures nasales et génétique des populations

Les chercheurs ont mesuré, sur les données obtenues, deux indices utilisés en génétique des populations :

- > l'indice F_{ST} , qui renseigne sur l'hétérogénéité des fréquences de marqueurs génétiques dans une population ;
- > l'indice Q_{ST} , qui renseigne sur l'hétérogénéité des fréquences de traits phénotypiques dans une population.

Ces deux indices sont compris entre 0 et 1 : plus l'indice est proche de 1, plus la population présente une forte variabilité génétique ou phénotypique. En théorie, s'il n'existe aucune pression de sélection sur le caractère étudié, Q_{ST} et F_{ST} doivent être égaux. Au contraire, si l'indice Q_{ST} est supérieur à l'indice F_{ST} , c'est que les différences observées pour ce caractère ne sont pas seulement dues à la dérive génétique, mais que la sélection naturelle explique aussi en partie cette différenciation. Dans leur étude, les chercheurs ont comparé leurs mesures réalisées avec deux caractères « témoins » : la taille, qui est un caractère soumis essentiellement à la dérive génétique et la pigmentation de la peau, soumise elle à la pression de sélection de la sélection naturelle.

Le graphique ci-dessous donne les résultats obtenus.



Sujet avec coups de pouce

Doc. 4 Influence de l'environnement sur certains paramètres du nez

Dans la suite de leur travaux, les chercheurs ont sélectionnés deux paramètres : la largeur des narines et la largeur de la base alaire. Ils ont cherché à savoir si ces deux caractères étaient corrélés à des variations climatiques.

Des études précédentes avaient déjà montré que la forme des narines et des fosses nasales étaient corrélées à la température et à l'humidité du climat. Pour cette étude, les chercheurs ont réalisé un test de vraisemblance (dit LRT) sur les mesures effectuées pour 140 personnes chez qui ils ont pu identifier l'« origine climatique ». Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-contre.

Dans un test de vraisemblance, on compare les résultats obtenus pour deux hypothèses : l'hypothèse nulle « le facteur étudié n'a aucune influence sur la variabilité du caractère étudié » et l'hypothèse inverse. Plus la valeur du test est grande, plus l'hypothèse « le caractère est sous l'influence du facteur environnemental » est vraisemblable. D'autre part, si la valeur du test est positive, le

caractère et le paramètre évoluent dans le même sens. On évalue en même temps la **valeur p** qui indique le risque de se tromper et donc de considérer, à tort, que le caractère est influencé par le facteur environnemental. On considère classiquement qu'un risque « raisonnable » de se tromper dans un test statistique correspond à une valeur p inférieure à 5 %.

Caractère « largeur des narines »

Paramètre environnemental	LRT	Valeur p
Température	9,2	$2,4 \times 10^{-3}$
Humidité	7,3	$6,97 \times 10^{-3}$

Caractère « largeur de la base alaire »

Paramètre environnemental	LRT	Valeur p
Température	3,82	0,05
Humidité	4,3	0,04

Questions

1. Que suggère normalement le modèle de Hardy-Weinberg pour la structure génétique d'une population de grand effectif comme la population humaine ?
2. Expliquer les écarts entre les résultats du modèle et ceux observés dans la population naturelle.
3. Dans le **doc. 3**, quelle serait la valeur obtenue pour $Q_{ST} - F_{ST}$ dans le cas d'un caractère uniquement soumis à la dérive génétique ?
4. Les chercheurs veulent étudier des caractères dont la diversité est soumise à la sélection naturelle : vers quelle valeur doit tendre le résultat de $Q_{ST} - F_{ST}$?
5. D'après le **doc. 3**, quels caractères du nez pourraient être soumis à la sélection naturelle ?
6. À partir du **doc. 4**, tracer l'histogramme donnant le résultat du test de vraisemblance pour les différents caractères et paramètres environnementaux testés.
7. Sur l'histogramme tracé, entourer les cas où la valeur p permet d'admettre que l'hypothèse testée est juste.
8. En prenant en compte les valeurs p, quels caractères semblent être influencés par le climat ?
9. D'après le **doc. 4**, quelle forme du nez a été sélectionnée en milieu chaud et humide ? et dans un climat froid et sec ?
10. Expliquer la réponse apportée à la question 9.

Coup de pouce

1. **Question 2** Se souvenir des différentes **forces évolutives** pouvant s'exercer sur les populations.
2. **Question 4** Si la sélection naturelle s'est exercée sur le caractère alors $Q_{ST} > F_{ST}$.
3. **Question 7 et 8** La valeur p donne le risque de se tromper malgré une valeur élevée obtenue au test de vraisemblance. Par exemple pour la première ligne, le test LRT correspond à l'hypothèse « la température influence la largeur des narines ». Comme le résultat est positif, on peut même dire « plus la température est élevée, plus la largeur des narines va être importante ». Le risque de se tromper en émettant cette hypothèse et de $2,4 \times 10^{-3} = 0,0024 = 0,24\%$ ce qui est très inférieur au seuil maximum de 5 %. L'hypothèse est donc validée.
4. **Question 9** Avec un résultat positif au test LRT, le caractère et le paramètre évoluent dans le même sens donc, avec l'exemple ci-dessus, on peut dire « plus la température est élevée, plus la largeur des narines va être importante » mais aussi « plus la température est basse, moins la largeur des narines sera grande donc plus le nez sera étroit ».

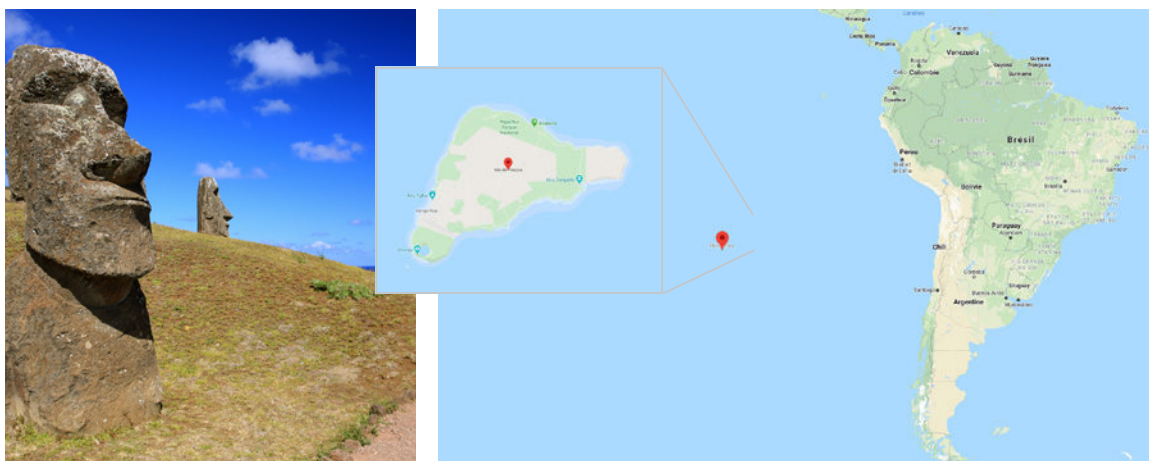
✚ Sujet pour s'entraîner

Exercice B Le mystère des Moaï de l'île de Pâques

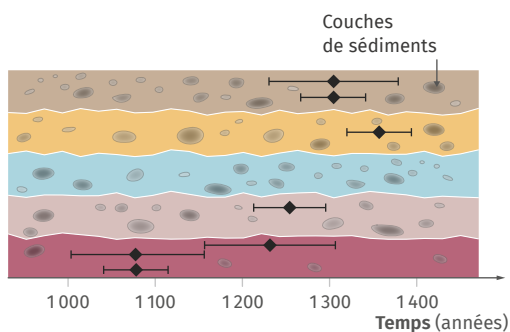


La mise en place des Moaï, ces statues géantes, sur l'île chilienne de Pâques, a longtemps intrigué les savants du XIX^e siècle : comment ont-elles été dressées sans recourir à des matériaux fabriqués à partir d'arbres (rondins, cordages, etc.) ? Qui les a érigées ? En effet, au XIX^e siècle et l'île est peu peuplée, aucun arbre n'y pousse. Les chercheurs avancent alors la thèse de « l'écocide » : les habitants de l'île, les *Matamua*, auraient surexploité et fait disparaître les arbres, surtout des palmiers, et par là leurs ressources. Cette disparition serait la cause de leur déclin. Cette hypothèse est aujourd'hui remise en question.

Doc. 1 Statue de Moaï sur l'île de Pâques

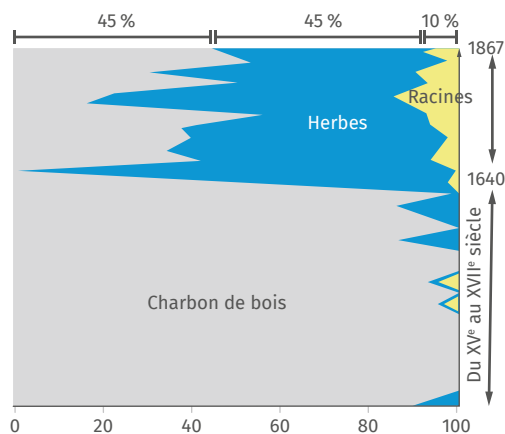


Doc. 2 Des indices apportés par l'étude des combustibles



Position et âge (en abscisse) du morceau de charbon

Incertitude sur l'âge due aux erreurs possibles de mesure



► Datation de 7 morceaux de charbon de bois. Ces charbons attestant de présence humaine, trouvés dans des couches de sédiments de l'île de Pâques (chaque tranche représente la couche où le morceau a été trouvé).

► Nature des combustibles retrouvés dans les fours d'un village de l'île, occupé sans discontinuité dès le XV^e siècle. Un exemple de pourcentage est donné pour l'année 1867.

>>> Préparation aux évaluations communes

Doc. 3 Hypothèses expliquant la disparition des forêts de l'île de Pâques (ou Rapa Nui)

Les premiers colons de *Rapa Nui* sont arrivés vers [date à déterminer]. Puis, leur nombre augmenta vite, peut-être d'environ 3 % par an. [Cela] signifierait qu'une population initiale de 50 personnes dépasserait le millier au bout d'un siècle. Les observations archéologiques montrent que la population a atteint un maximum d'environ 3 000 personnes ou un peu plus vers 1350, puis est sans doute restée stable jusqu'à l'arrivée des Européens. Les premiers navigateurs, au XVII^e siècle, décrivent de loin une île boisée et fertile. Mais au XIX^e, la végétation a disparu. Vers 1860, soit 138 ans après leurs premiers contacts avec les Européens, il restait 110 habitants sur *Rapa Nui*.

HYPOTHÈSE 1 – par M. et C. Orliac, du CNRS de Nanterre : Comment expliquer cette brusque disparition ? Par l'abattage des arbres ? Si ce fut le cas, quelle folie se serait donc emparée de ce petit peuple de marins ? Selon nous, il faut plutôt penser à une grave période de sécheresse. [La flore de l'île de Pâques] vit entre 25 et 40 °C mais avec beaucoup moins d'eau que la forêt tropicale humide. [...] Cette végétation était manifes-

tement proche de sa limite de survie, puisque la température (moyenne annuelle 20,4 °C) peut descendre au-dessous de 14 °C. Par ailleurs, [...] les pluies sont bien plus rares et sporadiques que sur les autres îles polynésiennes. Il aura donc suffi d'une sécheresse de plusieurs années pour accomplir ce que les hommes auraient eu du mal à réaliser à mains nues : éradiquer massivement la végétation.

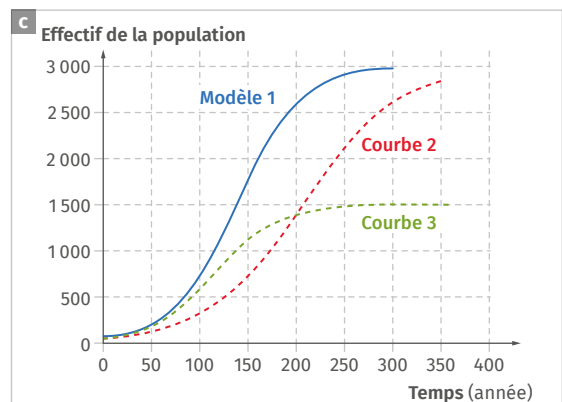
HYPOTHÈSE 2 – par T. Hunt, de l'Université de Hawaï : Les rats arrivés [de Polynésie] avec les premiers colons n'ont pu que proliférer, car ils se retrouvaient dans un environnement plein de ressources et dépourvu de prédateurs. Or une population de rats placée dans pareilles conditions de vie double toutes les six semaines ! Un seul couple fondateur peut ainsi produire jusqu'à 17 millions d'individus en seulement trois ans. Étant donné les ressources de nourriture de *Rapa Nui*, l'île a pu porter jusqu'à 3,1 millions de rats. Plus que l'abattage des cocotiers par les hommes, la consommation de leurs noix par le rat polynésien

aurait contribué au déboisement. Très dures, ces noix germaient si lentement que les rats les consommaient pratiquement toutes avant qu'elles ne poussent. Quand le capitaine Roggeveen arriva en 1722, la plupart des forêts avaient disparu, sans que cela n'entraîne pour autant un effondrement culturel. Comme ce fut souvent le cas quand un peuple de l'âge de pierre entra en contact avec une civilisation avancée, la décadence *rapanui* est seulement due à l'arrivée des Européens. La première [conséquence] fut l'arrivée de maladies européennes contre lesquelles les *Rapanui* n'étaient pas immunisés [ex : la variole].

Doc. 4 Simulation de l'évolution d'une population selon le modèle logistique

```
1 N=50 # Nombre initial d'individus
2 K=3000 # Taille limite de la population
3 r=0.03 # Taux annuel de croissance de la population
4 a=1 # Nombre d'années écoulées
5 while a <= 100 :
6     N=N+N*r*(1-N/K) # Effectif de la population l'année n+1
7     a=a+1 # Décompte des années
8 print(N)
```

```
1 N=50 # Nombre initial d'individus
2 K=3000 # Taille limite de la population
3 r=0.03 # Taux annuel de croissance de la population
4 a=1 # Nombre d'années écoulées
5 while N <= 2990 :
6     N=N+N*r*(1-N/K) # Effectif de la population l'année n+1
7     a=a+1 # Décompte des années
8 print(a)
9
```



Des programmes informatiques avec le logiciel Python **a**, **b**. Résultat des simulations du programme **a**) et de deux autres modèles **c**.

⊕ Sujet pour s'entraîner

Données

Suite logistique de croissance d'une population : $N_{n+1} = N_n + N_n \cdot r \cdot \left(1 - \frac{N_n}{K}\right)$

- $N(n)$: effectif de la population
- r : taux de croissance de la population à chaque génération
- n : nombre de générations
- K : effectif maximal du milieu (capacité limite)

► Questions

Partie 1 : Simulation de la croissance d'un population.

- En utilisant les graphiques du **doc. 2**, répondez au QCM suivant :
 - Les colons sont arrivés sur l'île vers l'an :
 900. 1050. 1250. 1640.
 - Le bois a commencé à manquer vers l'an :
 1050. 1250. 1640. 1867.
- D'après le **doc. 3** et votre réponse à la question 1, combien de temps a-t-il fallu pour atteindre 3 000 personnes ?
- On modélise la croissance de la population à partir de l'arrivée des premiers colons en utilisant la « suite logistique de croissance d'une population » avec les valeurs : $N(1) = 50$, $r = 0,03$ et $K = 3\ 000$ (modèle 1). Justifier le choix de ces valeurs à partir du **doc. 3**.
- Avec ces valeurs, calculer l'effectif N de la population au bout de 2 puis 3 ans (arrondir à la 2^e décimale).
- À quoi correspond le nombre affiché par le premier programme Python ? Le programme renvoie la valeur « 741 ». Interpréter cette valeur et discuter de l'affirmation en italique dans le **doc. 3**.
- À quoi correspond le nombre affiché par le second programme Python ? Le programme renvoie la valeur « 327 ». Interpréter cette valeur et discuter de l'affirmation surlignée dans le **doc. 3**.
- La courbe en traits pleins du **doc. 5c** représente les valeurs prises par la variable « N » dans ce programme pour « a » allant jusqu'à 300 (modèle 1). Puis le programme a été modifié. Répondre au QCM. Justifier en précisant ce que signifie la modification.
 - Modèle 2 : $r = 0,02$, les autres variables sont les mêmes. Ce modèle correspond :
 à la courbe 2. à la courbe 3.
 - Modèle 3 : $K = 1\ 500$, les autres variables sont les mêmes. Ce modèle correspond :
 à la courbe 2. à la courbe 3.
- Par lecture graphique du **doc. 2**, montrer que seule la modélisation du modèle 1 est en accord avec les valeurs issues de l'observation archéologique proposées dans les doc. 1 et 2.

Partie 2 : Les hypothèses explicatives de la catastrophe

- La valeur K représente la « capacité limite de l'écosystème ». Après avoir expliqué ce que représente cette valeur, préciser comment évolue l'effectif si la capacité limite du milieu diminue.
- Dans le cas des rats de l'île de Pâques, quelle était la ressource principale ? Pourquoi K a-t-il diminué ?
- Relever dans le **doc. 3** deux explications à la diminution de ces ressources.
- D'après les **doc. 3 et 4**, quelle est la cause principale de la diminution de l'effectif de la population humaine ? Expliquer ce phénomène.