

Pour découvrir ce thème

JEU
SÉRIEUX

PRÉSENTATION

Vous venez de recevoir un message d'un ami journaliste. « J'ai la preuve que des pseudo-scientifiques font croire intentionnellement à un refroidissement climatique qui remettrait en cause le réchauffement actuel. J'ai été menacé, j'ai dû m'enfuir. Rends-toi où tu sais, tu sauras trouver l'accès aux données. »

VOTRE MISSION

Mécanique de jeu. Votre mission sera de retrouver l'ordinateur du journaliste et de résoudre plusieurs énigmes pour retrouver son mot de passe. Une fois cette étape réalisée, vous raisonnerez à partir d'un ensemble documentaire pour valider ou non l'hypothèse d'un refroidissement climatique.

Éléments scientifiques. Le jeu fait appel à plusieurs notions dont le cycle du carbone, le forçage radiatif, la différence entre météo et climat, le Petit Âge glaciaire, etc. Ce scénario s'appuie sur une infox réelle.



Rendez-vous sur [LLS.fr/ESTscience](https://lls.fr/ESTscience) pour faire ce jeu sérieux !



sécheresse sur la Lagoa de Obidos, Portugal. ▶

La Terre vue depuis l'espace, le halo bleuté permet d'apprécier la finesse de l'atmosphère.

Le climat du futur : un enjeu sociétal éclairé par la science

Les impacts de l'activité humaine sur le climat sont régulièrement au cœur de l'actualité. Il est désormais admis que la transition énergétique doit être au centre des choix politiques et sociétaux.

→ Quel est le rôle de la communauté scientifique dans les décisions politiques relatives à l'impact des activités humaines sur l'environnement ?

Des mobilisations citoyennes historiques

Peu avant la COP 21 et la signature des accords de Paris, d'importantes manifestations nommées « Marches pour le climat » se sont déroulées dans la majorité des pays du monde.

Ces marches, déconnectées de tout parti politique, témoignent de la mobilisation des citoyens en faveur de la transition écologique et solidaire.

Elles sont un moyen de faire pression sur les gouvernements afin d'exiger des actions.



Des COP pour échanger et prendre des décisions

Créée lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992, la COP (ou Conférence des parties en français) est une convention se déroulant chaque année depuis 1995 et regroupant la quasi-totalité des pays du monde qui sont qualifiés de « parties ».

Elle a pour but de permettre aux chefs d'État d'élaborer des feuilles de route en termes de limitation de l'impact des nations sur le climat et de vérifier qu'elles sont respectées.

La COP 21, qui s'est déroulée à Paris fin 2015, s'est appuyée sur les recherches menées dans le domaine de la climatologie et a abouti à la signature des accords de Paris.



Les accords de Paris sur le climat : un plan d'action pour le climat



Les accords de Paris sur le climat, conclus le 12 décembre 2015 à l'issue de la COP 21 par la signature de 195 pays, sont entrés en vigueur le 4 novembre 2016.

Leur objectif est de renforcer la réponse globale à la menace du changement climatique, dans un contexte de développement durable et de lutte contre la pauvreté, notamment en contenant l'élévation de la température moyenne de la planète sous les 2 °C par rapport au niveau préindustriel. Ces décisions s'appuient sur des conclusions scientifiques comme celles du GIEC.

Le GIEC : des experts sur l'évolution du climat



Le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ou IPCC en anglais) est un organisme qui regroupe au sein de 195 états. Créé en 1988, il dépend de l'Organisation météorologique mondiale et du Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Il est constitué de scientifiques spécialisés dans les différents domaines de la climatologie. Son rôle est de recenser et de résumer les résultats des recherches scientifiques pour en permettre une lecture plus claire et pour éclairer les choix de transition écologique. Régulièrement, le GIEC publie ainsi des rapports et des résumés à l'attention des décideurs.

Focus Les océans, un milieu fragile et menacé

Les océans représentent plus de 70 % de la surface de notre planète et constituent un réservoir important de biodiversité. Ils sont aussi une ressource importante pour l'être humain : beaucoup de personnes dépendent des océans pour leur subsistance.

→ Quelles menaces pèsent sur les océans et dans quelle mesure sont-elles liées aux activités humaines ?

Doc. 1 Risques marins liés au réchauffement climatique

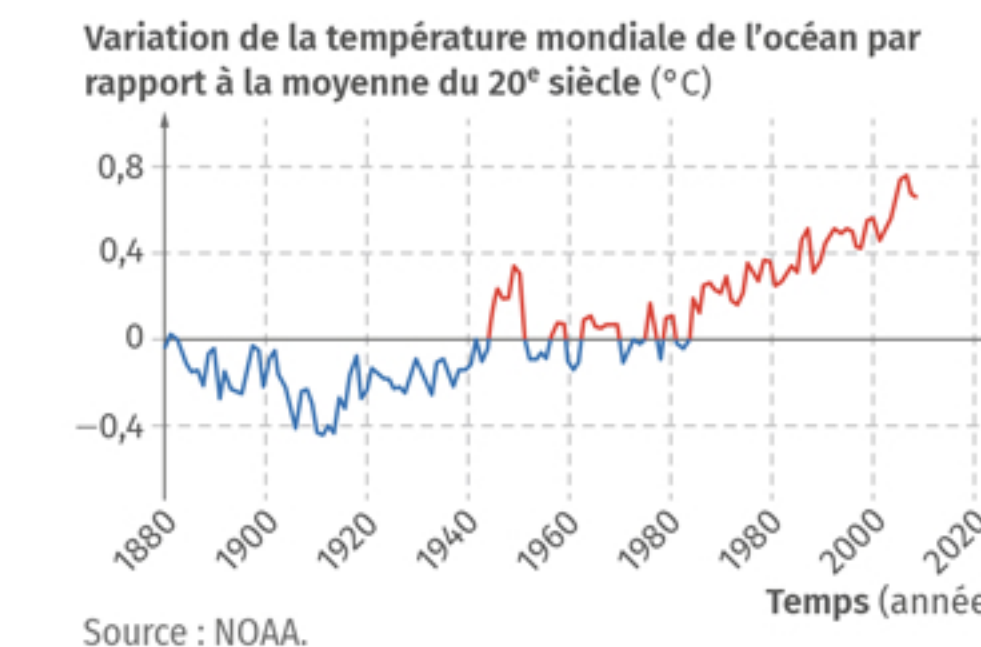
Le 25 septembre 2019, le GIEC a publié un rapport spécial relatif aux océans et à la cryosphère (glaces). Les scientifiques tirent la sonnette d'alarme afin de limiter le réchauffement à 2 °C d'ici 2100.



→ Le décodage du rapport du GIEC est consultable sur [LLS.fr/ESTgic](https://lls.fr/ESTgic)

Doc. 2 L'évolution des paramètres physico-chimiques des océans

Le graphique ci-dessous présente l'évolution de la température des océans depuis 140 ans. L'axe des ordonnées mesure les variations (positives ou négatives) de celle-ci par rapport à la moyenne du XX^e siècle.



→ Des données concernant l'évolution du pH des océans et son origine sont à retrouver sur [LLS.fr/ESTP58](https://lls.fr/ESTP58)

Doc. 3 Les coraux, des exemples d'êtres vivants touchés par le réchauffement des océans

Les coraux sont des organismes vivants dans les eaux tropicales et porteurs d'un squelette calcaire. Ils ont besoin d'une température de vie comprise entre 25 et 29 °C.



Les récifs coralliens sont d'importants réservoirs de biodiversité, mais sont en déclin à cause du réchauffement climatique.

→ Retrouver plus d'informations sur [LLS.fr/ESTP58](https://lls.fr/ESTP58)

Pour poursuivre la réflexion

→ La couche d'ozone... un lien avec le réchauffement climatique ? ▶ [activité 2, chapitre 1](#)

→ Comment se déroule la rédaction d'un rapport du GIEC ? ▶ [activité 3, chapitre 3](#)

→ Toutes les sources d'énergie ont-elles les mêmes impacts climatiques ? ▶ [chapitre 4](#)

À découvrir dans votre manuel de T^{le}

Il y a déjà eu des réchauffements climatiques similaires dans le passé !

IDÉE REÇUE

Les rapports du GIEC relèvent que la planète se réchauffe depuis plusieurs décennies et que ce réchauffement s'accélère. On entend cependant que ce réchauffement n'a rien de nouveau, puisque la Terre s'est déjà réchauffée dans le passé.

→ Réaliser une argumentation montrant que ce réchauffement climatique est inédit, notamment du fait de la vitesse à laquelle il se réalise.

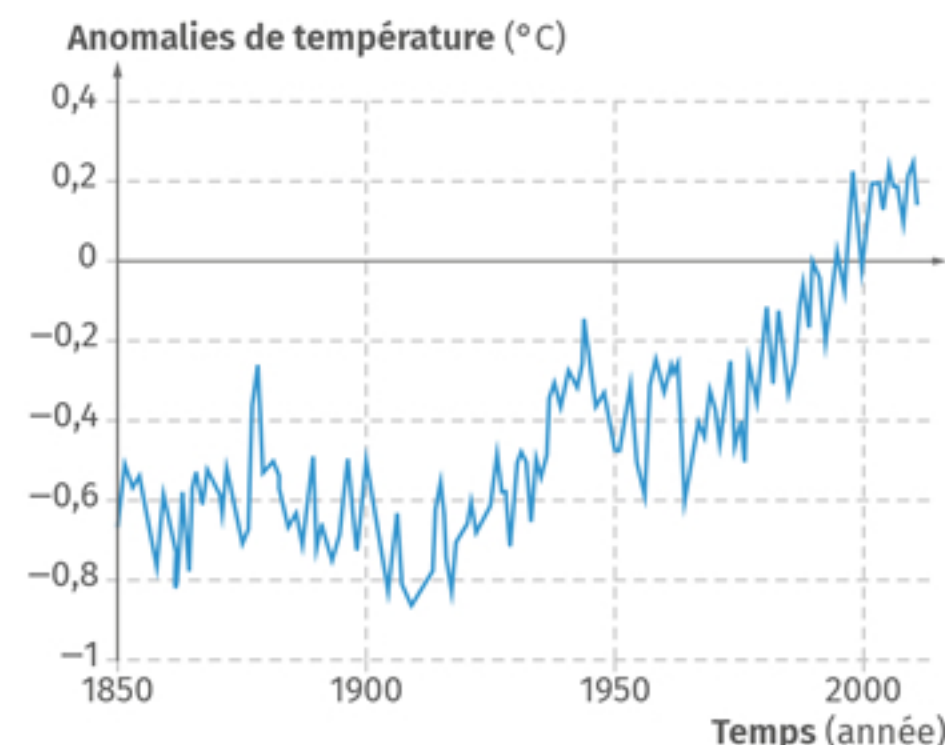
Doc. 2 Le plus grand réchauffement climatique passé de notre ère

Le monde est sans glace, sans calotte, sans neige éternelle. Les paysages blancs de l'Antarctique ont cédé la place à des forêts. Des palmiers ont même pris racine au pôle Nord. On ne vous décrit pas là le futur que nous promet le réchauffement climatique, mais un passé très lointain. Il y a 56 millions d'années, la température a grimpé de 6 °C en seulement 10 000 à 20 000 ans, « un temps très court à l'échelle géologique », précise l'université de Genève. Ce pic fulgurant, le *Paleocene-Eocene Thermal Maximum* (PETM), a chamboulé la faune, la flore et le paysage. Il a été la plus rapide et la plus importante perturbation climatique de notre ère. Jusqu'à aujourd'hui.

Source : France Info.

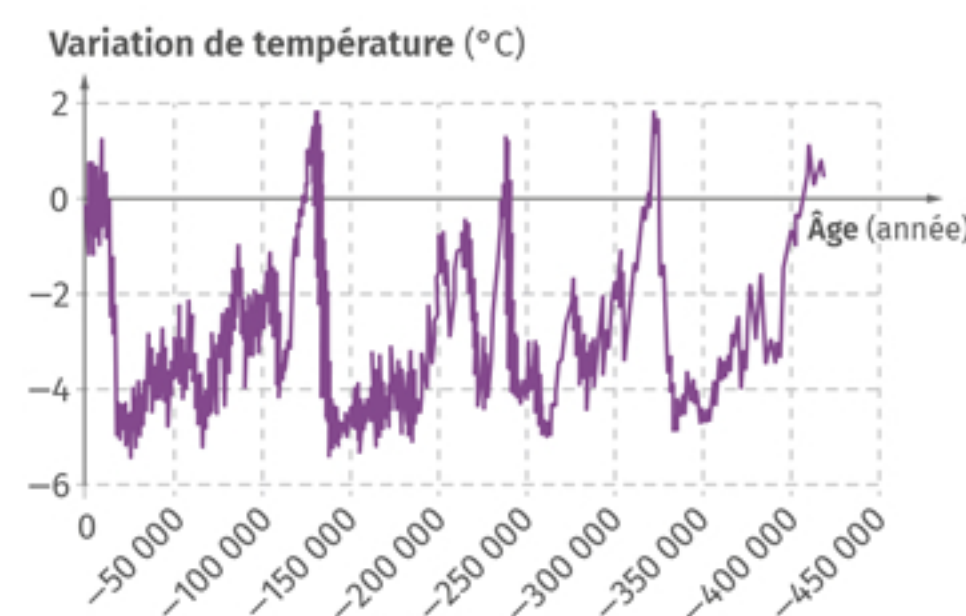
Doc. 1 Variation des températures depuis 1850

La vitesse de réchauffement climatique mesurable ici est 50 à 100 fois plus rapide que ce qui est observé entre une ère glaciaire et une ère interglaciaire.



Doc. 3 Variation de la température durant les 400 000 dernières années

Une alternance est visible entre les périodes glaciaires (environ 100 000 ans) et interglaciaires (environ 10 000 ans). Ces variations sont dues à des paramètres astronomiques.



Numérique

Retrouvez des vidéos de Thomas Pesquet, Greta Thunberg et Donald Trump en lien avec le réchauffement climatique actuel sur [LLS.fr/ESTP12](https://lls.fr/ESTP12)

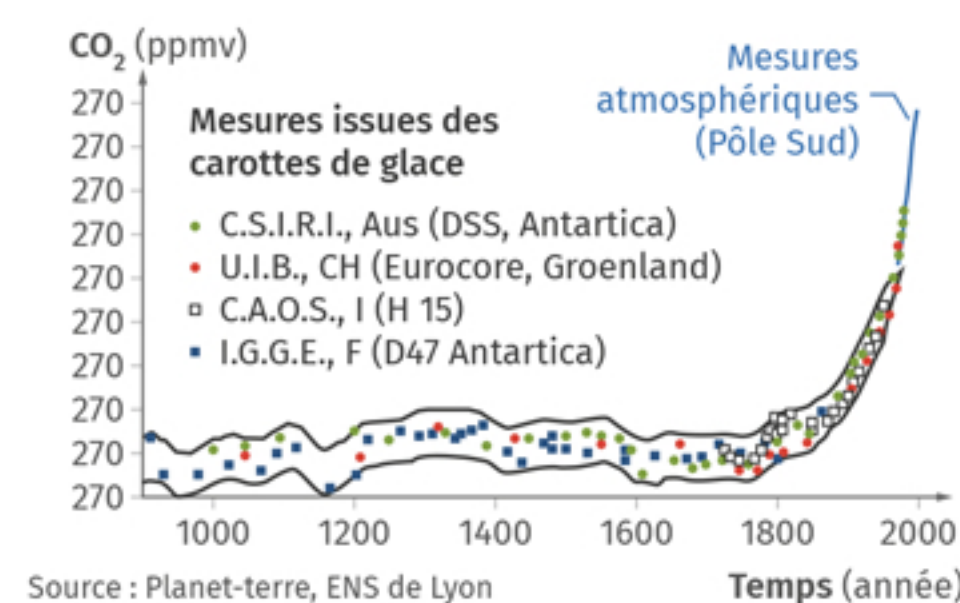
Le réchauffement climatique n'est pas d'origine humaine

IDÉE REÇUE

Si le réchauffement climatique actuel est admis par l'immense majorité des scientifiques et citoyens, certains remettent régulièrement en cause son origine et prétendent qu'il est parfaitement naturel.

→ Réaliser une argumentation montrant que le réchauffement climatique actuel a pour origine les activités humaines.

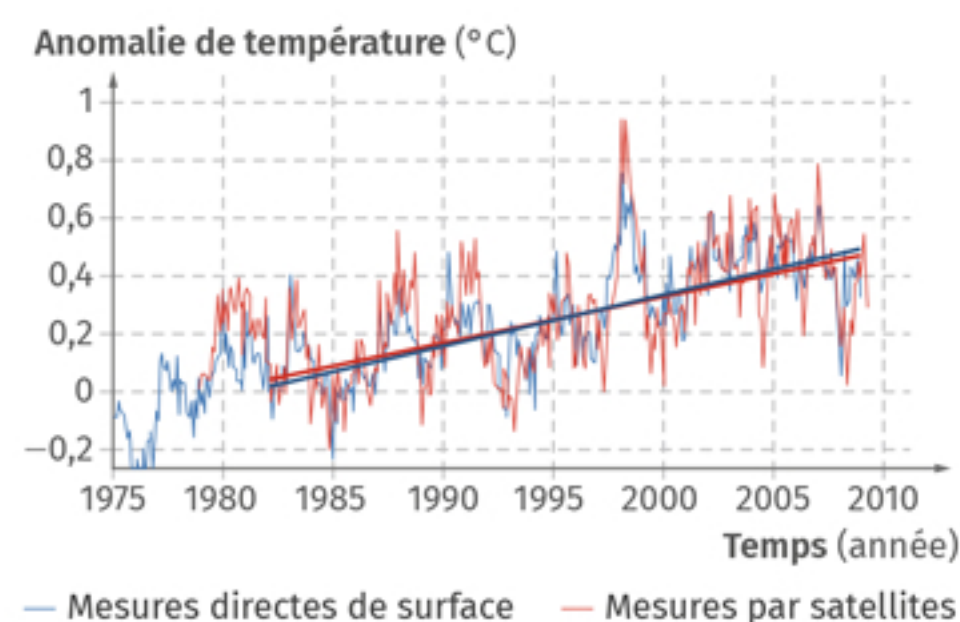
Doc. 2 Les variations du taux de CO₂ au cours des derniers millénaires



Graphique de l'évolution du taux de CO₂ depuis 1000 ans.

→ Graphique des émissions de CH₄ et N₂O à retrouver sur [LLS.fr/ESTP72](https://lls.fr/ESTP72)

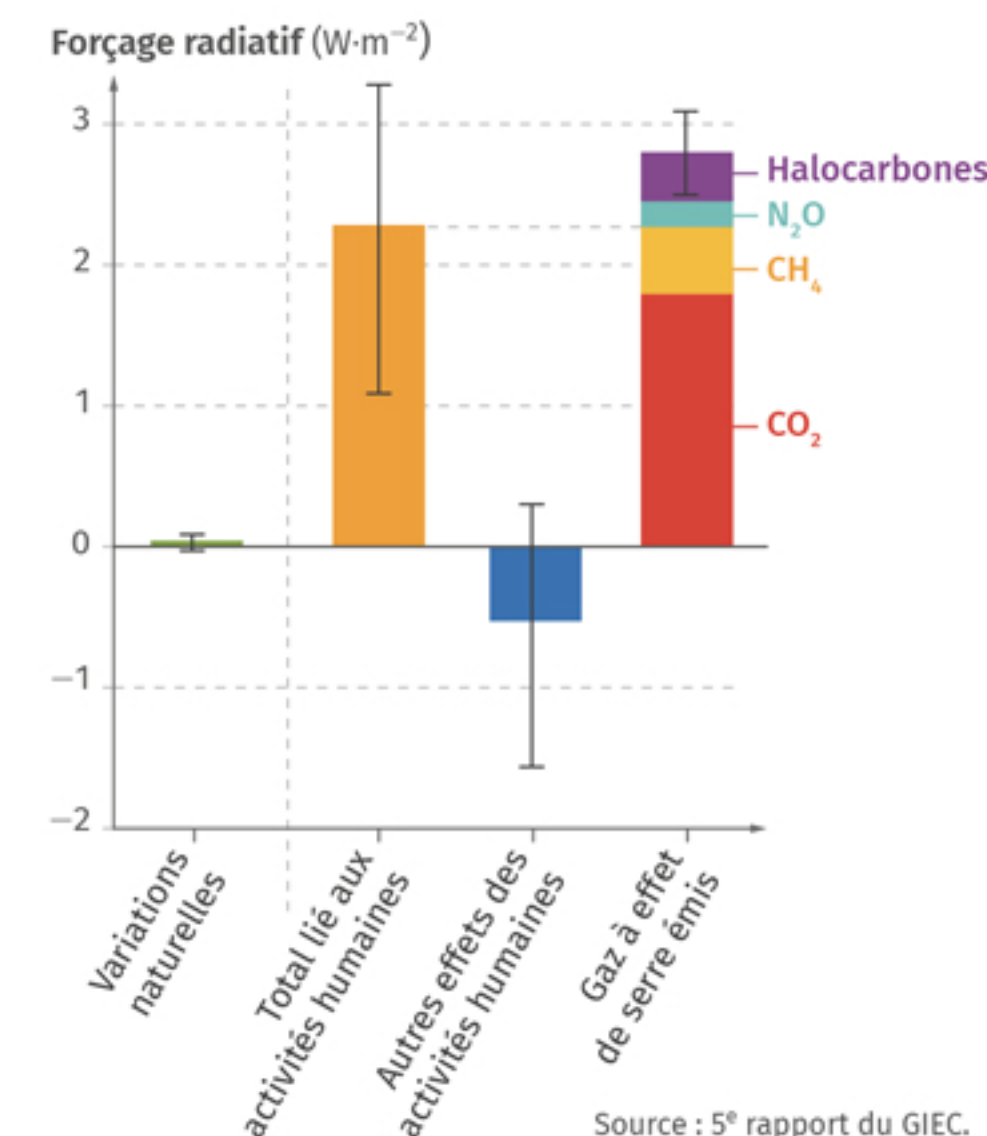
Doc. 3 Évolution de la température depuis 1975



→ Étudiez les variations de températures à la surface de la Terre sur [LLS.fr/ESTP36](https://lls.fr/ESTP36)

Doc. 1 Le rôle de l'être humain dans le forçage radiatif

Exprimé en W·m⁻², un forçage radiatif est un changement du bilan radiatif (différence entre le rayonnement reçu et le rayonnement émis) dans l'atmosphère. Un forçage positif signifie que la quantité d'énergie émise est plus importante que celle reçue du Soleil : il tend donc à réchauffer.



→ Plus d'informations sur le rôle de l'être humain dans les émissions de gaz à effet de serre sur [LLS.fr/ESTP54](https://lls.fr/ESTP54)

En bref

- Les températures du passé peuvent être connues grâce aux archives climatiques.
- Les températures oscillent naturellement depuis des centaines de milliers d'années.
- Le plus grand réchauffement climatique important a eu lieu il y a 56 millions d'années.
- Les réchauffements se sont ainsi déjà produits dans le passé, mais à une vitesse bien inférieure à celle du réchauffement climatique actuel.

En bref

- Il existe une corrélation entre l'évolution de la température moyenne et celle des émissions de gaz à effet de serre depuis la révolution industrielle.
- Ces émissions de gaz à effet de serre sont d'origine humaine et le mécanisme de l'effet de serre, modélisé, montre que ces gaz conduisent à une augmentation de température. On peut donc parler de causalité.
- Ainsi, il est aujourd'hui admis que l'origine humaine du réchauffement climatique est « extrêmement probable » (GIEC).

Pour découvrir ce thème

JEU
SÉRIEUX

PRÉSENTATION

Un reportage étonnant au journal télévisé. La journaliste annonce qu'une nouvelle forme d'énergie a été découverte. Celle-ci va pouvoir remplacer toutes les formes d'énergies actuelles et produire de l'électricité sans contribuer au réchauffement climatique. Un nouvel avenir se dessine pour la planète !


VOTRE MISSION

Mécanique du jeu.

En allant sur le site du journal, vous trouvez de nombreuses ressources qui corroborent les informations données par la journaliste. Pourtant, toutes les pistes n'ont pas été développées... À vous de retrouver les éléments qui montrent que des informations importantes ont été oubliées !

Éléments scientifiques.

Le jeu permet de travailler sur plusieurs notions : production et distribution d'électricité, conversion d'énergie et enjeux climatiques.

 Rendez-vous sur [LLS.fr/ESTfutur](https://lls.fr/ESTfutur) pour faire ce jeu sérieux !

Vue d'artiste du concept d'électricité. ▶

▼ La production d'électricité sans émission de carbone nécessite d'exploiter tout le potentiel des ressources renouvelables : vent, marais, soleil, etc..



Électricité et énergie : au croisement des sciences, de l'industrie et de la société

L'électricité est indissociable de la vie quotidienne, elle est devenue un vecteur essentiel d'énergie. Sa production, son stockage et son transport font partie des enjeux majeurs du XXI^e siècle.

→ Quelles avancées scientifiques ont permis l'avènement de notre ère électrique ? Quelles sont les pistes aujourd'hui pour une électricité verte ?

Des biocarburants pour la planète ?

Dans le domaine des transports, le pétrole est très largement la ressource énergétique la plus utilisée, si bien qu'un futur proche sans carburant semble impossible.

Les biocarburants synthétisés à partir de plantes peuvent toutefois représenter une alternative. En effet, leur bilan carbone est quasi nul : les émissions de CO₂ lors de leur utilisation sont presque compensées par la quantité prélevée par photosynthèse lors de la pousse des végétaux.

Ce bilan carbone optimiste doit cependant être nuancé : il n'est valable que si l'on ne prend pas en compte le changement d'affectation des sols lors de la création des champs nécessaires à la formation de la biomasse des biocarburants. Lorsque cette formation se fait au détriment de forêts, de prairies ou même d'espaces attribués aux terres agricoles, elle implique une forte émission de GES.



À découvrir dans
votre manuel de T¹e

Des quanta aux panneaux solaires

En 1900, le physicien Max Planck résout la « catastrophe ultraviolette », un des plus importants problèmes de la physique de cette époque, en proposant un modèle qui permet de décrire avec une très grande précision l'émission de rayonnement par un corps noir (modèle utilisé pour décrire le rayonnement émis par un corps). Pour établir ce modèle, il lui faut faire une hypothèse si révolutionnaire que lui-même ne croit pas à sa validité : l'énergie peut être transférée de manière non continue, par « paquets », aujourd'hui appelés quanta.

Cette hypothèse est utilisée et vérifiée quelques années plus tard par Albert Einstein pour expliquer l'effet photoélectrique : c'est la naissance de la physique quantique.

Aujourd'hui, c'est ce même effet qui est utilisé dans les panneaux photovoltaïques pour produire de l'électricité.

Le nucléaire : d'hier à demain

La découverte de la fission nucléaire a entraîné une révolution énergétique : des ressources dont la densité énergétique est près de 2 000 000 de fois plus importante que le pétrole deviennent exploitables. C'est la raison pour laquelle les bombes utilisant cette réaction sont aussi destructrices. Mais cette utilisation de l'énergie nucléaire n'est pas sans poser problèmes, à commencer par celui des déchets.

Une piste sur laquelle les chercheurs travaillent aujourd'hui est celle de la fusion nucléaire, phénomène à l'origine de l'énergie libérée par les étoiles. La fusion nucléaire aurait l'avantage d'être plus « propre » et d'utiliser un combustible très abondant dans la nature, au contraire de l'uranium : l'hydrogène. À ce jour, la fusion nucléaire n'est pas encore opérationnelle : en effet, l'énergie libérée par la fusion est inférieure à l'énergie nécessaire pour la mettre en place.



► Lise Meitner, première scientifique à expliquer théoriquement la fission nucléaire.

Focus L'électromagnétisme, aux origines de l'électricité

En physique, le XIX^e siècle peut être considéré comme le siècle de l'électromagnétisme. Une succession de découvertes et d'expériences, dont les travaux de James Clerk Maxwell sont le point culminant, ont donné lieu à l'une des grandes théories modernes.

→ Quelles sont les grandes découvertes de l'électromagnétisme ? Comment ont-elles permis l'utilisation actuelle de l'électricité ?

Doc. 1 Électricité et magnétisme



Le phénomène d'électricité statique était déjà observé par les Grecs qui remarquèrent que de l'ambre frotté pouvait attirer de petits objets. En 1600, William Gilbert crée le terme latin *electricus* à partir du terme grec *ηλεκτρον*, « électron », qui désigne l'ambre.

Les premières observations de magnétisme consistent en l'observation de l'attraction de morceaux de fer par certaines pierres. Le mot magnétisme provient d'ailleurs de la région Magnésie, en Asie Mineure, où plusieurs de ces pierres ont été trouvées. Jusqu'au XIX^e siècle, les boussoles ont été l'unique utilisation du magnétisme.

Doc. 3 Les utilisations de l'électromagnétisme

Les travaux des physiciens sur l'électromagnétisme ont permis la création de deux générateurs de courant électrique :

- la machine dynamoélectrique ou dynamo qui génère un courant continu ;
- la machine synchrone, utilisée dans les alternateurs, qui génère un courant alternatif.

Ces deux machines ont fait l'objet d'oppositions fortes entre Thomas Edison, partisan de la machine dynamoélectrique, et Nikola Tesla, partisan et créateur de la machine synchrone.

Doc. 2 Modèle de l'électromagnétisme

La création de la première pile par Alessandro Volta, puis des suivantes, a permis de nombreuses expériences dont certaines ont donné lieu à l'observation de phénomènes analogues au magnétisme.

En 1820, Hans Christian Ørsted observe le mouvement de l'aiguille d'une boussole à proximité d'un fil parcouru par un courant électrique. À sa suite, Jean-Baptiste Biot et Félix Savart décrivent mathématiquement le champ magnétique créé par un courant électrique. André-Marie Ampère quant à lui observe les propriétés magnétiques de deux fils parallèles parcourus par un courant. L'électricité permet donc de créer du magnétisme.

En parallèle, Michael Faraday met en évidence la création d'un courant électrique par le mouvement d'un aimant à proximité d'un circuit électrique fermé. Le magnétisme permet donc de créer de l'électricité.

En 1864, James Clerk Maxwell unifie les lois énoncées par ses prédécesseurs : le champ électrique et le champ magnétique sont deux facettes du même phénomène.



► Ørsted présente son expérience à ses pairs.

Pour poursuivre la réflexion

→ Comment l'électricité est-elle produite actuellement ?

► chapitre 5

→ Quels enjeux liés au stockage de l'énergie ?

► chapitre 6

→ Comment concilier production d'électricité et transition énergétique ? ► chapitre 8

L'exploitation des ressources renouvelables ne pollue pas **IDÉE REÇUE**

L'exploitation des ressources renouvelables est essentielle pour diminuer l'utilisation des ressources fossiles – à commencer par le pétrole – et lutter contre le réchauffement climatique. Néanmoins, cet usage ne constitue pas une solution miracle et il n'est pas sans conséquences sur l'environnement.

→ Quels sont les dangers, liés à l'exploitation des ressources renouvelables, pour l'environnement ?

Doc. 2 Pollution liée aux panneaux solaires

L'usage des panneaux solaires est de plus en plus répandu à l'échelle mondiale, notamment en Chine où des fermes solaires géantes sont mises en place.

Aujourd'hui, la durée de vie estimée d'un panneau solaire est de 25 ans. Se pose alors la question du traitement de ces futurs déchets.

Un panneau solaire est composé principalement de verre, de métaux conducteurs, de silicium et, pour certains, d'une faible proportion de terres rares.

Concernant les trois premiers composés, les technologies permettant leur recyclage existent et la réglementation européenne place le taux de recyclage à atteindre à 80 %.

Le problème le plus important est celui des terres rares, dont le recyclage est bien plus complexe et coûteux. Ces éléments sont de plus en plus générateurs d'une forte pollution. Ils représentent un des enjeux principaux du traitement des panneaux solaires pour les années à venir.



Doc. 1 Pollution liée aux éoliennes

Tout comme les autres générateurs d'électricité issue de ressources renouvelables, les éoliennes ne produisent pas de gaz à effet de serre lors de leur utilisation. C'est la question de leur fin de vie et de leur démantèlement qui pose les problèmes les plus importants, particulièrement pour deux éléments : les pales et les socles en béton.

Les pales des éoliennes sont constituées d'un matériau composite, c'est-à-dire d'un assemblage de différentes matières : de la fibre de verre consolidée avec des couches de polymères. Ces pales sont aujourd'hui très difficiles à recycler.

Concernant le socle en béton, le problème vient du volume de déchets qu'il produit. Pour fixer une éolienne au sol, il faut couler plusieurs centaines de tonnes de béton. Lors du démontage de l'éolienne, ce socle doit impérativement être enlevé, sous réserve de polluer les sols et les milieux aquifères environnants.

Doc. 3 Impacts des barrages hydroélectriques

L'implantation de barrages hydroélectriques a longtemps été vue comme une solution « propre » pour permettre de produire de l'électricité. La question du recyclage des matériaux est beaucoup moins présente pour les barrages qu'elle ne l'est pour les éoliennes ou les panneaux solaires.

Néanmoins, la création d'une retenue d'eau dans une vallée modifie drastiquement l'écosystème local. De même, les différentes purges ayant lieu pour éviter l'accumulation de limon en amont du barrage constituent de réels traumatismes pour les écosystèmes en aval du barrage. Aujourd'hui, on connaît mieux le fonctionnement de ces différents systèmes et la gestion des barrages et des cours d'eau associés se fait avec l'objectif de minimiser autant que possible les effets négatifs sur l'environnement.



En bref

→ L'exploitation des sources d'énergie renouvelables permet de diminuer les émissions de CO₂ mais génère de nouvelles formes de pollution.

L'électricité, de l'énergie à l'état pur **IDÉE REÇUE**

Une erreur commune est de penser l'énergie comme une substance matérielle, dont les éclairs et l'électricité seraient une forme.

→ Comment interpréter les différents phénomènes physiques impliquant l'électricité ?

Doc. 2 La couleur des éclairs

Lors des orages, les mouvements des particules de poussière au sein des nuages créent de nombreux frottements. Ces frottements sont à l'origine de charges électrostatiques dans le nuage. Lorsque celles-ci sont assez importantes, l'air entre le nuage et la Terre s'ionise, il devient conducteur et permet le passage du courant : la foudre tombe.

On appelle plasma l'état physique du gaz lorsqu'il permet ce passage. C'est en fait le même état que les flammes bleues lors d'une combustion à assez haute température. Au sein d'un plasma, les couleurs observées viennent de la recombinaison d'un électron possédant une certaine énergie avec un ion.



Doc. 4 Alors l'énergie, qu'est-ce que c'est ?

Si l'électricité n'est pas une substance à proprement parler, c'est encore moins le cas pour l'énergie. L'énergie est simplement une grandeur, c'est-à-dire quelque chose que l'on peut mesurer ou calculer, propre à un système.

Cette grandeur est utilisée pour décrire différents phénomènes physiques et possède la propriété de toujours se conserver : un système qui perd de l'énergie l'a forcément transférée à un autre système, un système qui gagne de l'énergie l'a prise à un réservoir. En ce sens, l'électricité n'est pas de l'énergie : c'est un moyen de transférer de l'énergie d'un réservoir à un autre.

Doc. 1 L'électricité stockée dans les piles

Si l'électricité était une substance, au même titre que l'eau, on pourrait la stocker au sein de réservoirs. La pile est l'objet qui pourrait le plus ressembler à un réservoir. Mais en ouvrant une pile, au lieu de trouver une soupe d'électricité bouillonnante, on constate un assemblage de pièces métalliques et minérales.

L'électricité n'est pas à proprement parler stockée au sein des piles. À chaque pôle de la pile peuvent se produire des réactions chimiques mettant en jeu des électrons. Une de ces réactions nécessite un apport d'électrons pour avoir lieu, l'autre en libère. Si l'on place un conducteur électrique entre ces deux pôles (comme un fil électrique, ou n'importe quel appareil), la circulation des électrons se produit, les réactions s'effectuent, et c'est ainsi qu'un courant électrique est généré au sein du conducteur.



Doc. 3 L'électricité dans les alternateurs

Le principe physique qui permet de créer de l'électricité, un mouvement global porteur de charges électriques, est le même pour les dynamos et les alternateurs. C'est le principe d'induction : au sein d'un élément conducteur, la présence d'un champ magnétique variable va engendrer un mouvement de charges : un courant électrique.

Ce courant électrique ne peut néanmoins exister que si le mouvement des porteurs de charges, ici les électrons, est possible, c'est-à-dire si le circuit est fermé.



En bref

→ Ni l'électricité, ni l'énergie ne sont des substances.
→ L'électricité permet le transfert d'énergie d'un système à un autre.

Pour découvrir de ce thème

JEU
SÉRIEUX

PRÉSENTATION

Une mystérieuse bibliothèque. Des théories anti-évolutionnistes apparaissent fréquemment dans l'actualité. Vous êtes chargé(e) de rédiger un article de synthèse sur le sujet. Un rendez-vous est pris à la bibliothèque du Muséum national d'Histoire naturelle pour rencontrer des spécialistes mais, en chemin, vous faites une bien étrange découverte...

VOTRE MISSION

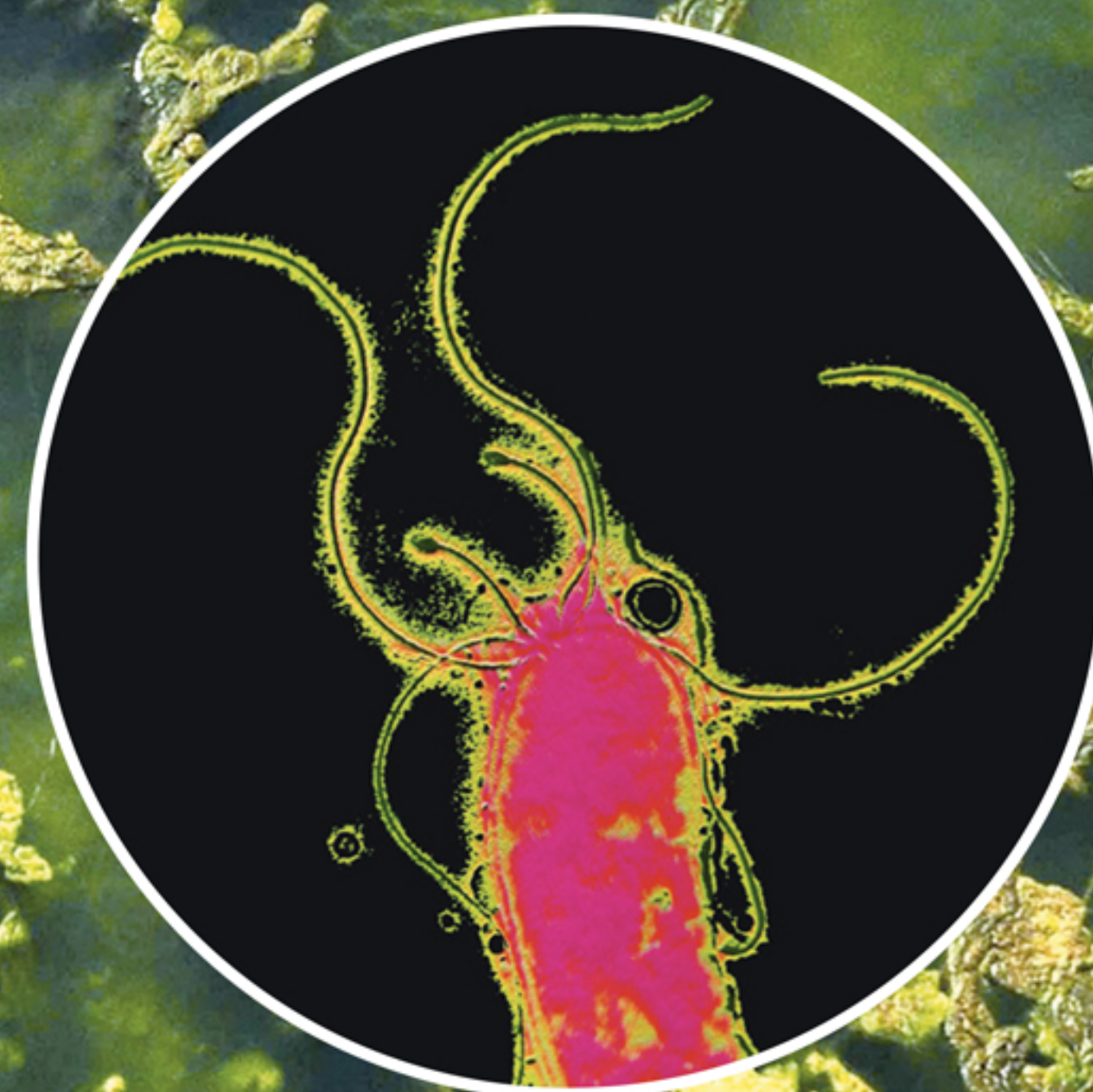
Mécanique de jeu. L'objectif est de trouver la combinaison d'un curieux coffre-fort camouflé dans la bibliothèque. Les indices sont cachés dans la pièce, parmi les objets et les ouvrages scientifiques à consulter.

Éléments scientifiques. Le jeu fait appel à des notions telles que la biodiversité, les mécanismes de l'évolution, mais aussi à l'histoire des sciences.

👉 Rendez-vous sur [LLS.fr/ESTvivant](https://lls.fr/ESTvivant) pour faire ce jeu sérieux !

Humains dans une rivière eutrophisée, à l'ouest du Bengale (Inde).

Micobacter pilori vue au microscope électronique à transmission (fausses couleurs). La résistance bactérienne est un enjeu du 21^e siècle. ▶



Le vivant : une histoire décryptée par la science

Histoire de la Terre et histoire de la vie sont intimement liées. Longtemps guidées par des croyances, les observations, recherches scientifiques et avancées techniques ont permis d'apporter des outils pour comprendre cette histoire vieille de près de 4 milliards d'années.

→ Comment les sciences ont-elles contribué à améliorer notre compréhension du monde vivant ?

L'intelligence artificielle et ses multiples applications

L'intelligence artificielle (ou IA) est un ensemble de techniques et théories utilisées afin de réaliser des machines capables de simuler une forme d'intelligence. Ce procédé repose sur des algorithmes, qui ont des applications dans de nombreux domaines :

- l'écologie : prédiction de la propagation de polluants, optimisation des consommations énergétiques, etc. ;
- la médecine : compilation de milliers de données relatives au patient et à sa maladie afin de rechercher le meilleur diagnostic ou la meilleure réponse possible, assistance lors d'opérations chirurgicales, etc.
- l'agriculture : optimisation des rendements, limitation des impacts de l'utilisation des intrants cartographiés par analyse d'images aériennes et établissement des besoins réels des plantes, programmation des machines agricoles, etc.



À découvrir dans votre manuel de 1^{re}

Des modèles mathématiques et des controverses éthiques

Les mathématiques apportent de nombreux outils pour étudier le vivant et son histoire. Ainsi, des modèles mathématiques d'accroissement des populations, comme ceux de Malthus, de Quetelet ou encore de Verhulst, ont été utilisés. Des controverses ont eu lieu, notamment autour du malthusianisme, qui propose une restriction des naissances afin de maintenir des ressources suffisantes.

Les grandes découvertes médicales



L'histoire de la biologie est marquée par de grandes découvertes médicales, qui ont permis les progrès de la médecine et de l'espérance de vie humaine.

Louis Pasteur, chimiste français, a ainsi contribué à la théorisation de l'asepsie et de la vaccination.

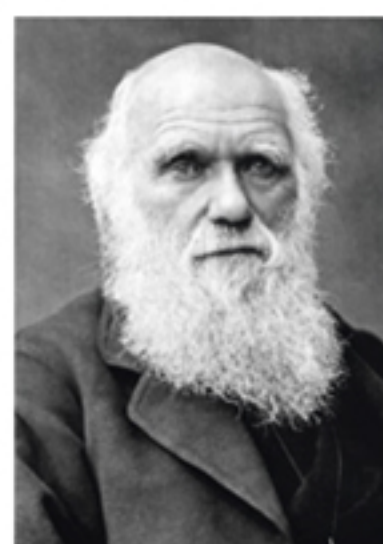
L'évolution humaine, entre primatologie et paléanthropologie

Afin de reconstituer sa propre histoire et celle de ses origines, les humains se sont d'abord intéressés aux fossiles d'anciens humains retrouvés. La paléanthropologie a notamment révélé l'existence d'autres espèces très proches, aujourd'hui disparues, comme l'homme de Neandertal.

Mais, dans la mesure où l'humain est un primate, cette étude passe aussi par une étude et une comparaison avec d'autres espèces comme le chimpanzé. Les travaux de Jane Goodall, qui a observé une utilisation d'outils par les chimpanzés, montrent que cette capacité n'est donc pas exclusivement humaine.

Darwin et la théorie de l'évolution

La théorie de l'évolution des espèces, exposée dans l'ouvrage de Charles Darwin *De l'origine des espèces* en 1859, est une théorie qui s'appuie notamment sur la sélection naturelle. Elle a de nombreux champs d'application en biologie, de la génétique à l'écologie.

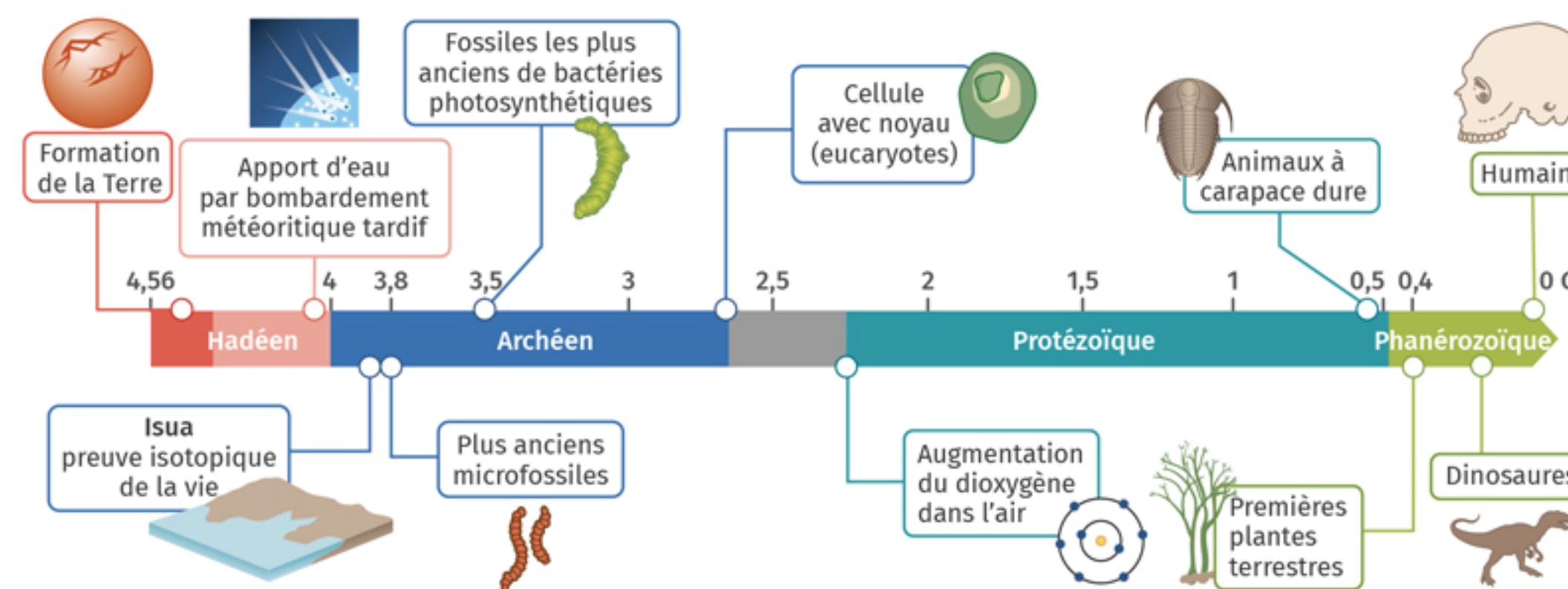


FOCUS Reconstituer l'histoire de la vie sur Terre

Si la vie est apparue il y a environ 3,5 milliards d'années, notre espèce, *Homo sapiens*, ne foule le sol terrestre que depuis 300 000 ans. L'histoire de la vie est au cœur de débats et de théories et anime de nombreuses recherches scientifiques.

→ Comment reconstituer l'histoire de la vie ? Quelles théories y sont associées et sur quoi reposent-elles ?

Doc. 1 Frise chronologique qui représente quelques grandes étapes de l'histoire de la vie sur Terre



Doc. 2 L'histoire de la vie expliquée par l'évolution biologique



La notion d'évolution biologique est un fait qui s'appuie sur des savoirs scientifiques, des observations et des preuves expérimentales et historiques. Elle stipule que

la diversité du vivant est le fruit d'une longue histoire évolutive due à des mécanismes naturels impliquant le hasard (dérive génétique, mutation) mais aussi la pression de l'environnement (sélection naturelle).

Le créationnisme affirme que la Terre et la diversité du monde vivant résultent d'une création divine, dont l'histoire est écrite dans les livres religieux. Il repose intégralement sur des croyances.

L'intelligent design, souvent présenté comme scientifique, prolonge en réalité le créationnisme en précisant que la complexité de la Terre et de la vie qu'elle contient ne peut pas s'expliquer uniquement par des mécanismes naturels non dirigés et serait aussi le résultat d'une force intelligente supérieure qui dirige l'évolution.

En sciences, seules les théories fondées sur des savoirs et des preuves sont retenues, ce qui n'est pas le cas du créationnisme ni de l'intelligent design.

Pour poursuivre la réflexion

→ La sélection naturelle et la dérive génétique à l'origine de la biodiversité actuelle.
➤ chapitre 10

→ Comment a évolué la lignée humaine au cours des temps géologiques ? ➤ chapitre 11

→ Comment le traitement de l'information et l'intelligence artificielle ont-ils évolué ? ➤ chapitre 13

Il existe plusieurs races humaines

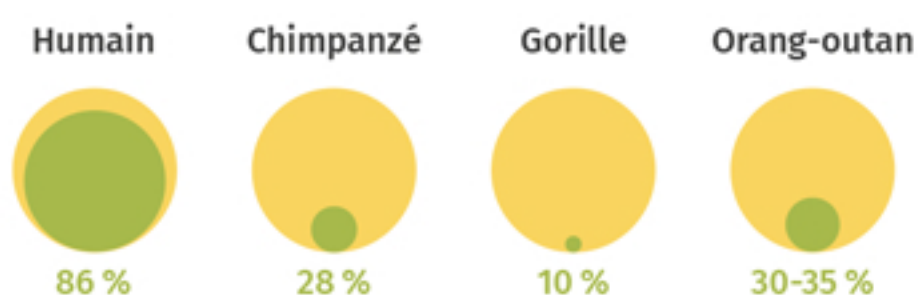
IDÉE REÇUE

Pendant des siècles, la notion de race a été utilisée par les nations occidentales pour justifier la colonisation par une prétendue supériorité sur les autres populations. Pourtant, d'un point de vue scientifique, cette notion n'est pas applicable à l'espèce humaine.

→ Montrer que la notion de race ne peut pas être appliquée aux humains.

Doc. 2 Étude génétique des populations humaines

Grâce aux progrès techniques en génie génétique, il a été possible en 2004 de réaliser un séquençage complet de l'ADN humain. Depuis, des équipes du monde entier étudient l'ADN d'individus venant de l'ensemble des continents. Ces études ont montré que la variabilité génétique est parfois plus importante entre individus d'une même région (variabilité intrapopulation) qu'entre les groupes d'individus des différents continents (variabilité totale).



▶ Part de la variabilité intrapopulation (vert) par rapport à la variabilité totale (jaune) chez l'humain et les grands singes.

Source : Ruvolo, 1997, Annual Review of Anthropology.

Doc. 4 La définition scientifique du mot race

Une race (ou variété pour les végétaux) ne peut être définie que pour des individus issus d'une sélection artificielle opérée par l'humain (domestication puis élevages, culture). Il s'agit alors d'un ensemble d'individus, au sein d'une espèce, présentant des allèles communs et exclusifs par rapport aux autres individus de l'espèce.



À découvrir dans votre manuel de T^e

La notion de race au cœur du système de pensée d'un contexte historique colonialiste

Doc. 1

Il faut dire ouvertement qu'en effet les races supérieures ont un droit vis-à-vis des races inférieures. [...] Si la Déclaration des droits de l'homme a été écrite pour les Noirs de l'Afrique équatoriale, alors de quel droit allez-vous leur imposer les échanges, les trafics ? Ils ne vous appellent pas ! [...] Je répète qu'il y a pour les races supérieures un droit, parce qu'il y a un devoir pour elles. Elles ont le devoir de civiliser les races inférieures. [...] Ces devoirs, messieurs, ont été souvent méconnus dans l'histoire des siècles précédents, et certainement, quand les soldats et les explorateurs espagnols introduisaient l'esclavage dans l'Amérique centrale, ils n'accomplissaient pas leur devoir d'hommes de race supérieure. Mais, de nos jours, je soutiens que les nations européennes s'acquittent avec largeur, avec grandeur et honnêteté, de ce devoir supérieur de civilisation.

D'après le discours de Jules Ferry devant l'Assemblée nationale, le 28 juillet 1885, pour justifier le colonialisme.

Des différences génétiques aux différences phénotypiques

Doc. 3

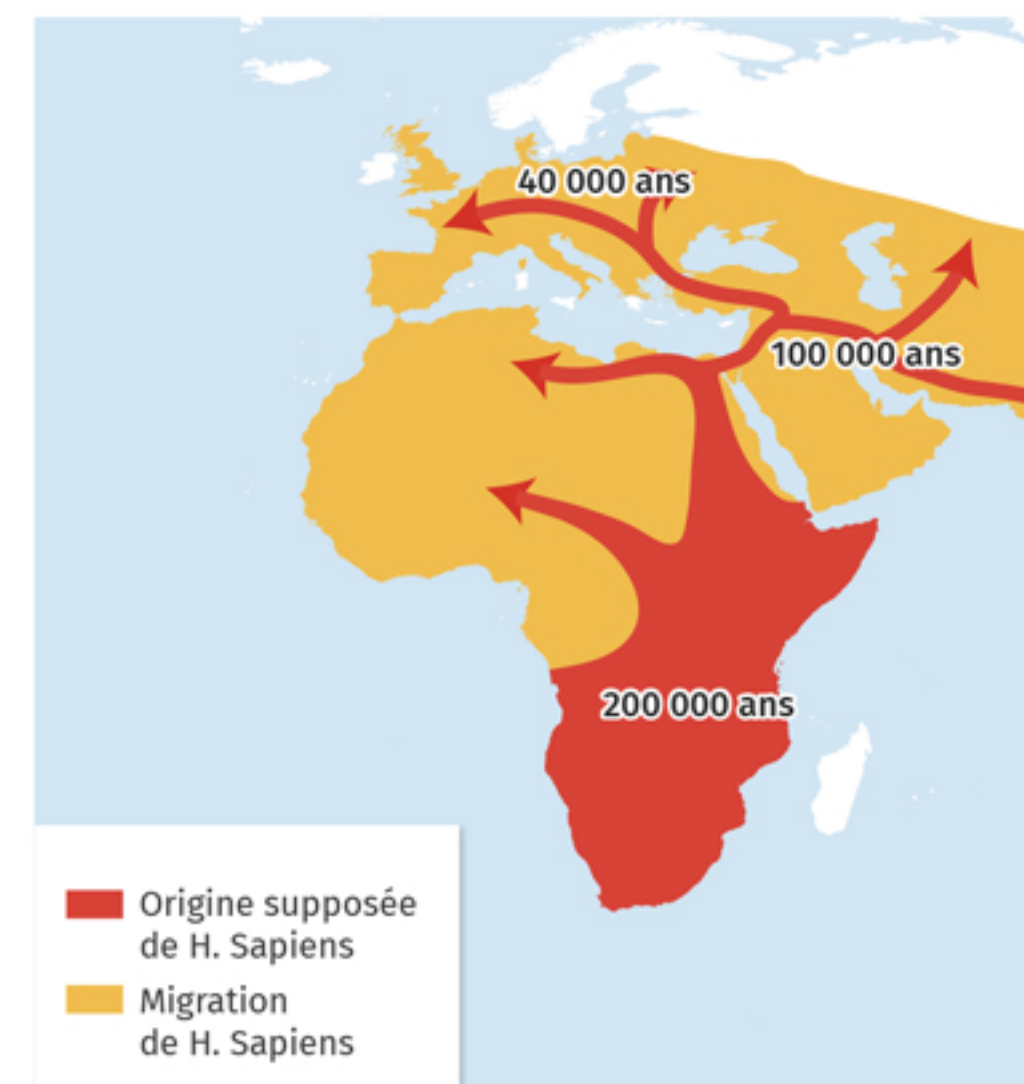
Au sein de l'espèce humaine, des différences sont effectivement observables entre individus : la taille, la silhouette, la couleur de la peau ou des yeux varient. C'est également le cas de caractéristiques moins visibles, comme le groupe sanguin ou la présence de certaines molécules. On parle de différences du phénotype.

PHÉNOTYPE = GÉNOTYPE + ENVIRONNEMENT

Ce phénotype est déterminé en partie par les gènes et les allèles portés par les individus. Par exemple, le fait d'avoir les yeux bleus ou marron dépend notamment de la version (allèle) du gène *EYCL3* porté par le chromosome 15. Mais le phénotype est également déterminé par l'environnement. Ainsi, la couleur de la peau peut évoluer selon l'exposition au soleil (bronzage).

→ Plus d'informations sur l'espèce humaine et ses ancêtres sur LLS.fr/ESTP205

Doc. 5 L'origine des différences : une histoire évolutive différente et une sélection naturelle



L'être humain (*Homo sapiens*) est originaire d'Afrique et tous nos ancêtres humains avaient la peau noire. Il y a environ 100 000 ans, les *Homo sapiens* ont commencé à migrer dans le monde entier et ont ainsi rencontré des conditions environnementales très variées (moins de soleil, hauts sommets, etc.). De nombreuses générations d'humains se sont succédées lors de ces voyages, une évolution par sélection naturelle s'est donc mise en place : des mutations de l'ADN ont eu lieu (au hasard) chez certains humains et leur ont conféré un avantage sélectif par rapport aux conditions du milieu.

Ces humains plus adaptés à leur milieu ont mieux survécu et se sont davantage reproduits. Leur descendance, plus nombreuse, a ainsi augmenté la fréquence allélique de cet avantage dans la population. C'est ce qui explique, par exemple, que les populations tibétaines ont une physiologie plus adaptée à la vie en altitude, ou que les populations nord-européennes ont une peau claire, adaptée à la fabrication de l'essentielle vitamine D dans un contexte où il y a peu de soleil.

Doc. 6 L'impossible découpage

L'application de la notion de race à l'humanité nécessite la délimitation de groupes d'individus.

Ce découpage se heurte à deux obstacles :

▶ **il est arbitraire** : les découpages réalisés afin de classer les humains en différentes races sont basés sur des caractéristiques phénotypiques choisies par les individus qui classent. Ainsi, selon que l'on classe les humains en fonction de la couleur de la peau, la taille ou le groupe sanguin, les groupes formés ne sont pas les mêmes ;

▶ **il est imprécis** : dans la majorité des découpages possibles, des individus n'entrent dans aucune case. C'est par exemple le cas des personnes métissées lorsque l'on essaie de classer en fonction de la couleur de la peau.

Par ailleurs, ce découpage est le plus souvent relié à une idéologie afin d'appuyer des thèses racistes visant à « classer » et « hiérarchiser ».

→ D'autres termes peuvent être utilisés pour décrire ou distinguer des groupes d'humains sur LLS.fr/ESTP167



En bref

→ Historiquement, la notion de race humaine a été utilisée pour asseoir des positions de domination colonialistes et racistes.

→ La notion de race (ou variété) ne concerne que des individus issus de sélection artificielle.

→ Il existe en effet des différences phénotypiques entre les humains, qui ont pour origine des différences génotypiques, mais aussi environnementales. Ces différences sont liées à l'histoire évolutive des humains.

→ Pourtant, définir des groupes d'humains sur des critères génétiques ou phénotypiques relève de l'impossible, car les groupes définis seraient forcément arbitraires et imprécis.

→ Il n'existe donc pas de races humaines, mais une espèce humaine : *Homo sapiens*.

→ D'autres termes peuvent être utilisés pour distinguer des groupes d'humains.

6 Informatique et éthique

Les progrès constants de l'informatique et son omniprésence dans nos sociétés contemporaines nous amènent à nous interroger sur ses dangers et ses limites.

→ Quelles implications éthiques accompagnent l'utilisation de l'informatique ?

Ce que j'ai déjà vu

- Un algorithme d'apprentissage

Groupe 1 Puisqu'il faut choisir

Doc. 1 Un extrait du film *Matrix*

En 1999, *Matrix* présente un monde dans lequel les intelligences artificielles ont asservi l'être humain. Cette réalité est bien loin, mais les auteurs de science-fiction permettent de questionner les avancées technologiques.



Doc. 3 Les lois de la robotique d'Asimov

Dans sa série de romans et de nouvelles *Le Cycle des robots*, Isaac Asimov propose trois lois pour régir le comportement des robots :

- 1 un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, en restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger ;
- 2 un robot doit obéir aux ordres qui lui sont donnés par un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi ;
- 3 un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi.

Dans ses romans, Asimov présente pourtant de nombreuses situations dans lesquelles ces lois s'avèrent étonnantes. Ainsi, dans *Face aux feux du Soleil*, un robot donne à un robot de donner son bras à un être humain que son mari à l'aide du bras.

Doc. 2 Qu'est-ce que le moindre mal ?

Les voitures autonomes font peu à peu leur apparition dans la circulation réelle. Uber a d'ailleurs débuté ses tests [en 2016] avec de vrais clients. Mais face à un risque d'accident, qui les machines sauveront-elles ? [...] [Des chercheurs de] l'université de l'Oregon et au MIT [...] ont développé un test qui permet d'évaluer [...] ses propres choix moraux en cas d'accident impliquant une voiture autonome. Renverseriez-vous une personne âgée plutôt que deux enfants ? Une série de treize questions [...] permet d'établir une sorte de tableau moral de vos choix. [...] La plupart des gens tendent à privilégier le plus grand nombre de vies sauvées, et pour 80 % d'entre eux à favoriser les humains. [...] Une majorité de répondants tend à sauver le plus souvent les enfants, et à prendre en compte la « valeur sociale » de la personne en face (épargner un médecin plutôt qu'un cambrioleur, par exemple). Pas de panique, « en réalité il y a peu de situations où de tels dilemmes se rencontrent. Le véhicule cherche à limiter les accidents et à anticiper. Il limitera la casse de toute façon », confiait récemment au *Monde* Jean-Gabriel Ganascia, spécialiste d'intelligence artificielle au laboratoire d'informatique de l'université Paris-VI.

D'après « Voiture autonome : le test éthique du MIT pour décider qui sauver », *Les Échos*, 2016.

Numérique

Retrouvez plus d'informations sur l'intelligence artificielle et les voitures autonomes. LLS.fr/ESTP240

Indicateurs de réussite

1. Avoir décrit des situations dans lesquelles une machine doit faire un choix d'ordre moral.
2. Avoir interrogé la possibilité d'une échelle de valeur morale.
3. Avoir explicité pourquoi un corpus de règles précises ne suffit pas à répondre à toutes les situations.

Groupe 2 Le big data, quels dangers, quelles complications ?

Doc. 4 Extrait des conditions d'utilisation de Facebook



Lorsque vous partagez, publiez ou importez du contenu protégé par des droits de propriété intellectuelle sur ou en rapport avec nos Produits, vous nous accordez une licence non exclusive, transférable, sous-licenciable, gratuite et mondiale pour héberger, utiliser, distribuer, modifier, exécuter, copier, représenter publiquement ou afficher publiquement, traduire et créer des œuvres dérivées de votre contenu [...] Cela signifie, par exemple, que si vous partagez une photo sur Facebook, vous nous autorisez à la stocker, la copier et la partager avec d'autres personnes [...], telles que des fournisseurs de services qui prennent en charge notre service ou les autres Produits Facebook que vous utilisez. Cette licence prend fin lorsque votre contenu est supprimé de nos systèmes. Lorsque vous supprimez du contenu, il n'est plus visible aux autres utilisateurs. Cependant, **il peut perdurer ailleurs, dans nos systèmes [...]**.

D'après les conditions d'utilisation de Facebook, juillet 2019.

Doc. 5 Le scandale Cambridge Analytica

Le scandale Facebook-Cambridge Analytica renvoie aux données personnelles de 87 millions d'utilisateurs Facebook que la société Cambridge Analytica (CA) a commencé à recueillir dès 2014. Ces informations ont été analysées par une intelligence artificielle et ont servi à influencer les intentions de votes en faveur d'hommes politiques qui ont acheté les services de CA. À la suite de la révélation de la fuite, les publics américain et britannique ont exprimé leur indignation. CA aurait participé en 2016 à la campagne électorale de Donald Trump, en influençant les votes dans des zones où le scrutin était incertain [...]. Début mai 2018, la société Cambridge Analytica annonce fermer ses portes et déclarer faillite. Cependant, presque tous les membres fondateurs se regroupent dans une autre société, Emerdata, qui a récupéré les algorithmes d'intelligence artificielle et les bases de données de Cambridge Analytica, sans préciser ce qu'elle comptait en faire.

D'après « Scandale Facebook-Cambridge Analytica », Wikipédia.

Doc. 6 Le RGPD pour les entreprises



Découvrez le texte officiel du RGPD et une explication de ce texte sur LLS.fr/ESTP241

Vocabulaire

RGPD : règlement général sur la protection des données. Il s'agit de la réglementation européenne qui impose un cadre juridique à la collecte et à l'utilisation des données personnelles.

Doc. 7 Cas concret

M. Détune possède deux appartements. M^{me} John se présente et souhaite louer l'un des appartements. M^{me} John ayant des revenus et des garanties suffisantes, M. Détune accepte de louer l'appartement à M^{me} John.

M. Lee se présente pour louer l'autre appartement, et, ayant lui aussi des revenus et des garanties suffisantes, sa candidature ne devrait poser aucun problème. Mais un ami pharmacien de M. Détune lui a dit que M. Lee était un de ses clients réguliers et qu'il achetait régulièrement des médicaments contre une maladie invalidante. M. Détune décide alors de refuser la demande de M. Lee.

Indicateurs de réussite

1. Doc. 5 et 7 Avoir comparé les « fuites » de données décrites.
2. Avoir expliqué en quoi le RGPD est un outil permettant de réguler l'utilisation, la collecte et le commerce des données personnelles.
3. Avoir présenté les risques d'un commerce de données non réglementé.