

RESSOURCES NUMÉRIQUES POUR LES SVT

<u>COMMENT UTILISER VOS RECHERCHES POUR ARRIVER À LA FORMULATION DE VOTRE QUESTION EN SVT</u>	2
--	----------

<u>COMMENT DÉVELOPPER VOTRE QUESTION EN SVT</u>	5
--	----------

<u>COMMENT VOUS PRÉPARER AU DEUXIÈME TEMPS DU GRAND ORAL EN SVT ?</u>	8
--	----------

<u>DES EXEMPLES DE QUESTIONS EN SVT</u>	9
--	----------

Question 1	9
Question 2	11
Question 3	12

<u>TEST DE FIABILITÉ DES SOURCES PROPRE AUX SVT</u>	19
--	-----------

<u>Liste non exhaustive de sources propres à la spécialité SVT</u>	20
---	-----------

<u>Liste des thèmes au programme</u>	23
---	-----------

En Première	23
En Terminale	25

COMMENT UTILISER VOS RECHERCHES POUR ARRIVER À LA FORMULATION DE VOTRE QUESTION EN SVT ?

Pour travailler votre question, vous allez réinvestir les recherches faites afin d'expliquer votre cheminement :

ÉTAPE 1 • POURQUOI AVEZ-VOUS CHOISI VOTRE THÈME DANS LE PROGRAMME ET PLUS PRÉCISÉMENT CE CHAPITRE ?

EXEMPLE

« J'ai eu la volonté de traiter le thème "Enjeux planétaires contemporains" du programme de terminale et plus précisément le chapitre "Les climats de la Terre : comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain" pour mon grand oral car j'avais été interpellé.e par le discours mené par Greta Thunberg à l'ONU en faveur d'une prise de conscience et d'actions face au réchauffement climatique. »

ÉTAPE 2 • QUELLES QUESTIONS VOUS ÊTES-VOUS POSÉES ET COMMENT VOUS ONT-ELLES AIDÉ-E À PRÉCISER VOTRE PENSÉE ?

EXEMPLE

« Quand j'ai fait des recherches, je me suis rendu compte qu'il y avait deux approches possibles pour traiter ce sujet et qu'elles s'articulaient autour des deux sous-chapitres du programme :

- Soit l'objectif est de comparer les variations climatiques actuelles à celles passées et ainsi mettre en évidence les causes du réchauffement climatique mondial.
- Soit l'objectif est de mettre en avant les conséquences du réchauffement climatique à différentes échelles et d'étudier des solutions pour en limiter les effets en partant du principe que le RCM et ses causes sont connues.

La première approche me convenait davantage car j'apprécie la recherche d'indices et d'arguments pour reconstituer des événements passés. »

ÉTAPE 3 • QUELLE INFORMATION, DÉCOUVERTE EN MENANT VOTRE INVESTIGATION, VOUS A INTERPELLÉ-E ET POURQUOI ?

Cette information constituera le constat initial, qui permettra de mettre en évidence un problème, une contradiction, une question qui était ou est encore non résolue. Le constat initial peut consister en :

- Une découverte récente.
- Un autre domaine dans lequel le sujet est utilisé.
- Un parallèle avec votre autre spécialité.
- Des avis divergents sur votre sujet.

EXEMPLE

En vous renseignant sur le réchauffement climatique, vous avez découvert les informations suivantes : Le Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat est créé en 1988. Ce groupe réunissant plus de 2500 scientifiques publie plusieurs rapports sur le RCM, ses causes et ses conséquences. En 2007, les scientifiques du GIEC deviennent colauréats du Prix Nobel de la Paix. Dans le rapport de 2007, on peut lire : « Les émissions mondiales de GES imputables aux activités humaines ont augmenté depuis l'époque préindustrielle ; la hausse a été de 70 % entre 1970 et 2004. » Les données scientifiques et conclusions du GIEC sont reprises et diffusées par des associations de protection de l'environnement telles que WWF :



Affiches de 2004



Affiches de 2019 : « les catastrophes naturelles sont d'origine humaine, ce ne sont pas des effets spéciaux. »



Affiches de décembre 2019 : détournement de tableaux de peintres espagnols par WWF durant la COP25 de Madrid.

Affiches de WWF disponibles sur culturepub.fr.

Malgré la mise en lumière de ces éléments, des climatosceptiques subsistent, qui nient l'existence du RCM, que les activités humaines en soient la cause ou encore le fait que ce réchauffement soit définitif.

Idées clés :

- Le GIEC est un groupe de travail intergouvernemental composé de plus de 2500 scientifiques.
- Ils travaillent depuis 1988 sur le climat.
- Ils ont montré que la majorité des émissions de gaz à effet de serre sont d'origine humaine.
- Leurs travaux servent de base scientifique à des campagnes de sensibilisation.
- Des climatosceptiques remettent en question ces travaux.

Reformulation :

Les rapports du GIEC publiés depuis 1988 mettent en évidence une origine anthropique des émissions de gaz à effet de serre. Ils relatent aussi leurs conséquences *via* des constats actuels mais également grâce à des modèles prédictifs. Les organisations pour la protection de l'environnement participent également à la sensibilisation du public par le biais de campagnes publicitaires. Cependant, ces travaux ont aussi des détracteurs : les climatosceptiques qui remettent en cause la responsabilité humaine dans le réchauffement mondial constaté.

**ÉTAPE 4 • COMMENT CE CONSTAT VOUS A QUESTIONNÉ·E ? QU'EST-CE QUI VOUS A INTERPELLÉ·E OU SURPRIS·E ?
POSEZ-VOUS LES QUESTIONS LES PLUS SIMPLES POSSIBLE SUR CE CONSTAT**

EXEMPLE

Plusieurs questions émergent de ce constat :

- Sur quels arguments se basent les scientifiques du GIEC ?
- Quelles sont leurs prédictions ?
- Comment savoir que le RCM n'est pas l'évolution normale du climat ?

ÉTAPE 5 • SYNTHÉTISEZ CES 2-3 QUESTIONS SIMPLES EN UNE SEULE QUESTION RIGoureuse : VOTRE QUESTION.

EXEMPLE

Nous synthétiserons ces interrogations en la question suivante : « Quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ? »

COMMENT DÉVELOPPER VOTRE QUESTION EN SVT ?

ÉTAPE 1 • COMPLÉTEZ ET RÉINVESTISSEZ VOTRE RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Vous devez choisir vos ressources avec autant de rigueur que lors de votre recherche initiale.

Les éléments que vous devez rechercher sont les suivants :

- Des observations, des expériences, des faits : les mises en évidence.
- Des processus, modèles, mécanismes permettant d'expliquer ce que vous avez mis en évidence ou d'approcher au mieux une explication : les causes.
- Des méthodes d'études.
- Des phénomènes secondaires, une façon d'intégrer ce que vous avez vu dans un système plus large : les conséquences possibles (positives ou négatives).

Vous pouvez les chercher dans vos cours mais aussi dans les sources. → [Où chercher de la documentation pour étayer votre propos, p. 84](#) ; → [Liste non exhaustive des sources propres à la spécialité SVT, p. 20](#)

ÉTAPE 2 • ORGANISEZ VOS GRANDES IDÉES POUR FAIRE RESSORTIR VOTRE PLAN

En SVT, votre question entrera généralement dans une des catégories suivantes :

Types de question	Types de plan	Exemples
Question ouverte de type « Pourquoi ? », « Comment ? »	Votre plan devra permettre d'expliquer des mécanismes, des processus ou un cheminement	Pourquoi « les antibiotiques, c'est pas automatique » ?
		Comment les activités humaines ont-elles impacté la sélection naturelle dans une population de phalènes ?
		Comment dater l'histoire de la Terre ?
Question ouverte de type « Qu'est-ce que ? », « Quelles / Quels sont ? »	Votre plan devra permettre de présenter le phénomène en question, d'en trouver les causes ou les origines et éventuellement les conséquences. Vous devrez être prudent afin que votre réponse ne soit pas un catalogue, mais démontre bien une réflexion.	Quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ?
		Qu'y-a-t-il au centre de la Terre ?
Question fermée de type « Est-ce que ? », « Peut-on considérer que ? »	Votre plan devra permettre de présenter les différents arguments permettant de répondre « oui » ou « non », mais aussi permettant de nuancer votre réponse « pas totalement », « non, sauf dans ce cas », « oui, partiellement ».	La mutation de Mystique des X-Men lui conférant sa couleur de peau bleue est-elle purement de la fiction ?
		Peut-on considérer l'intestin de l'homme comme un écosystème ?
		L'être humain est-il composé de plus de microorganismes que de cellules humaines ?

➔ Travaillez la formulation de votre question afin d'influencer la façon dont vous allez la traiter.

EXEMPLE

- « Quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ? »
- « Comment les activités humaines impactent-elles le climat à l'échelle mondiale ? »
- « Comment dater l'histoire de la Terre ? »
- « Quelles méthodes permettent de dater l'histoire de la Terre ? »
- « Peut-on dater l'histoire de la Terre en remontant au-delà des indices préhistoriques et historiques ? »
- « La mutation de Mystique des X-Men lui conférant sa couleur de peau bleue est-elle purement de la fiction ? »
- « Comment une mutation génétique pourrait conduire au phénotype de Mystique dans les X-Men ? ».

ÉTAPE 3 • CERCHEZ DES TRANSITIONS ENTRE VOS IDÉES

En SVT, vous pouvez souvent vous poser les questions suivantes :

- Est-ce que j'ai expliqué tous les mécanismes et processus ou pas encore ? Est-ce que ce que j'ai montré est suffisant pour répondre à la problématique initiale ou est-ce seulement une réponse partielle ?
- Est-ce que ce que j'ai démontré est suffisant pour répondre à la problématique initiale ou est-ce que je me suis heurté·e à des limites ? Une autre approche est-elle nécessaire pour pallier les limites rencontrées ?
- Est-ce que ce que les processus, mécanismes ou faits que j'ai démontrés sont valables :
 - Pour tous les êtres vivants ?
 - À toutes les échelles d'espace ? (atomique, moléculaire, cellulaire, tissulaire, de l'organisme, de la population, de l'écosystème OU atomique, minérale, pétrographique, à l'échelle de l'affleurement, régionale, lithosphérique, planétaire, etc.)
 - À toutes les échelles de temps ? (Existe-t-il une variation horaire, journalière, quotidienne, mensuelle, saisonnière, annuelle, bisannuelle, séculaire, etc.)
 - Au vu des avancées de la science ? (On peut choisir dans le cadre d'une démarche historique de présenter des théories et / ou résultats qui ont aujourd'hui étaient réfutés).

➔ **Si la réponse à une de ces questions est « non » après l'exposition d'une de vos parties, alors vous pouvez vous en servir comme transition. Vous allez alors faire une conclusion partielle de ce qui a été vu dans la première partie par exemple et énoncer ce qu'il vous reste à démontrer.**

Répondre « oui » à une de ces questions permet de construire sa conclusion partielle de partie.

EXEMPLE

« Nous avons déjà démontré ceci [OUI], mais nous ne savons pas encore comment cela fonctionne [NON]. »

EXEMPLE

« Quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ? »

Vous avez présenté votre première partie sur la mise en évidence de l'évolution récente du climat. Cependant, la réponse à l'interrogation « Est-ce que ce que vous avez montré est suffisant pour répondre à la problématique initiale ? » est « non » : vous avez estimé les paramètres du RCM, vous l'avez quantifié mais cette étape, bien que nécessaire, ne permet pas de répondre intégralement à la question.

Vous utilisez ce constat en transition : « Ainsi, nous avons montré que le RCM se caractérise par une évolution rapide de la température (+1°C depuis 1880), par un retrait des glaciers et une réduction de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord ainsi que par une hausse du niveau marin. Forts de ces nouvelles données, nous allons maintenant pouvoir les comparer avec les paramètres des variations climatiques passées afin d'estimer si elles concordent ou pas. »

À la fin de votre deuxième partie, vous avez pu conclure que les paramètres du RCM ne concordent pas en termes de fréquence et d'amplitude du phénomène avec les variations passées. Vous avez progressé dans votre raisonnement car vous avez mis en évidence que ces variations climatiques ne sont pas d'origine naturelle et qu'elles sont récentes.

Vous utilisez ce constat en transition : « Ainsi, en comparant les variations climatiques observées actuellement aux variations climatiques passées, nous avons pu montrer que le RCM se produit avec une rapidité et une amplitude beaucoup plus importante. Cette différence exclut une origine naturelle du RCM et nous invite à nous pencher sur d'autres causes qui auraient commencé à impacter le climat dès 1880 environ, notamment des causes anthropiques.

ÉTAPE 4 • CONCLUEZ VOTRE SUJET

- Faites un bref rappel des éléments que vous avez abordés au long de l'exposé sans vous répéter mot pour mot. L'idée est de rafraîchir ce que vous avez dit en début d'exposé pour vous préparer pour la phase suivante de l'oral.
- Vous pouvez terminer votre sujet comme vous l'avez commencé : par un constat. Vous avez eu le temps durant votre oral de présenter un état des lieux actuel des connaissances. Vous pouvez alors vous orienter vers les pistes futures : présenter quels sont les nouveaux horizons, projets, nouvelles données, etc.

EXEMPLE

Quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ?

Vous avez conclu en mettant en évidence l'origine anthropique du RCM, vous pouvez ouvrir sur les conséquences de ce RCM et en montrant l'impact de la baisse des activités liée au coronavirus sur la pollution atmosphérique :

« Ainsi, le GIEC a démontré que divers arguments témoignent d'une origine anthropique du RCM tels que l'augmentation rapide de la teneur en gaz à effet de serre en raison de l'usage de combustibles fossiles depuis la révolution industrielle. Les gaz à effet de serre, par leur propriété d'absorption et de réémission des rayonnements infrarouges vers la Terre participent activement à la hausse des températures observée et à ses conséquences sur les écosystèmes. Les activités humaines induisent également l'émission d'autres polluants atmosphériques ayant des effets néfastes sur la couche d'ozone, les écosystèmes, la santé et les matériaux de construction. Dans de nombreuses villes, nous avons par ailleurs pu remarquer pendant le confinement une amélioration de la qualité de l'air corrélée à l'arrêt des déplacements et activités. »

COMMENT VOUS PRÉPARER AU DEUXIÈME TEMPS DU GRAND ORAL EN SVT ?

Avec l'aide des exercices faits avec vos camarades et de vos professeurs, identifiez les questions qui pourraient être posées sur votre sujet. Il pourrait s'agir :

De questions sur la maîtrise des contenus scientifiques

EXEMPLE

Quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ?

- Quels gaz sont des gaz à effet de serre ?
- Quelles solutions peut-on proposer pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ?
- Pouvez-vous donner quelques exemples de conséquences du réchauffement climatique sur les écosystèmes ?
- Comment obtient-on une valeur chiffrée de la température, il y a 600 000 ans par exemple ?
- Comment appelle-t-on les personnes qui nient l'existence d'un réchauffement climatique ?
- Connaissez-vous des climatosceptiques célèbres ?
- Comment définit-on une période glaciaire et une période interglaciaire ?
- Comment peut-on savoir quelle était l'activité volcanique dans le passé ?

EXEMPLE

Quelles méthodes permettent de dater l'histoire de la Terre ?

- Sur quelles roches peut-on faire de la radiochronologie ?
- Quel est l'intérêt de la radiochronologie dans la connaissance de l'histoire de la Terre ?
- Dans quel autre domaine de la science utilise-t-on les éléments radioactifs ?
- Qu'est-ce qu'un isotope ?
- Quelles sont les critères de reconnaissance des trilobites et des ammonites ?
- Que peut-on déduire d'autre que l'âge quand on trouve des fossiles dans une formation ?
- Que veut dire le préfixe *litho* dans *lithographie* ?
- Quel est votre avis sur la proposition de renommer l'époque actuelle « anthropocène » ?
- Peut-on appliquer les principes de la lithostratigraphie sur d'autres planètes du système solaire ?
- Et pour la biostratigraphie et la radiochronologie ?

De questions d'introspection et de méthodologie

EXEMPLE

- Avec quelle autre discipline pourrait-on traiter cette question ?
- Pourquoi avoir choisi cette question ?
- Avez-vous hésité avec une ou plusieurs autres questions ?
- Qu'avez-vous appris durant votre travail sur cette question ?
- Avez-vous eu des difficultés pour trouver des informations sur cette question ?
- Quelles sources avez-vous utilisées et pourquoi ?
- Comment avez-vous organisé votre travail ?
- Comment avez-vous su que cette source était fiable ?

DES EXEMPLES DE QUESTIONS EN SVT

Question 1. « Comment une mutation génétique pourrait conduire au phénotype de Mystique dans les X-Men ? »

Quel plan détaillé ?

EXEMPLE DE PLAN DÉTAILLÉ

Partie 1. Les phénotypes macroscopique et cellulaire associés à la méthémoglobinémie

Idée 1. Observation du phénotype des membres de la famille Fugates

Le phénotype des membres de la famille Fugates diffère de celui d'individus témoins. Cette variabilité phénotypique pourrait avoir plusieurs origines telles que :

- Une différence au niveau des mélanocytes (comme dans le cas de l'albinisme)
- Une différence au niveau du sang (comme dans le cas de la jaunisse)

Afin d'éprouver les hypothèses formulées, il conviendra de réaliser une observation de leurs cellules de peau et une comparaison à des individus témoins. Ces observations ne révèlent pas de différences entre les individus à la peau bleue et les témoins. On observe alors des prélèvements sanguins et on note une coloration plus violacée / brune du sang chez les individus bleus que chez les individus sains. Néanmoins, l'observation de frottis sanguins ne permet pas de distinguer de différences entre les individus.

Idée 2. Les cas de cyanose non génétiques

Certains individus acquièrent la coloration bleue de la peau suite à l'ingestion de substances oxydantes ou lors d'une diminution de la teneur en dioxygène dans le sang. Chez ces individus, les prélèvements sanguins présentent les mêmes caractéristiques que ceux des Fugates. Ils peuvent s'accompagner d'autres symptômes comme une hypoxie et des perturbations du rythme cardiaque de repos.

Transition : La coloration différentielle du sang des individus atteints de cyanose et les symptômes caractéristiques d'un apport déficitaire d' O_2 par le sang chez les individus atteints de cyanose ponctuelle suggèrent que l'origine de ce phénotype réside dans la composition des érythrocytes.

Partie 2. Le phénotype moléculaire associé à la méthémoglobinémie

Idée 1. Comparaison de la composition des globules rouges en pigments chez le patient et le témoin

Teneur anormalement élevée en méthémoglobine (jusqu'à 20 % de l'hémoglobine totale du sang, la couleur bleue de peau apparaît dès 3 % et gagne en intensité ensuite).

Idée 2. L'étude de l'absorbance de l'hémoglobine et de la méthémoglobine

Comparaison de l'hémoglobine et de la méthémoglobine : mesure de l'absorbance des deux pigments (pics d'absorbance à 500 et 632 nm pour la MethHb et à 540 et 577 pour l'Hb).

Idée 3. Mise en relation avec les symptômes observés :

La différence d'absorbance entre les deux pigments est due à une oxydation de l'ion de Fer contenu dans l'hémoglobine :

- Fer ferreux Fe^{2+} dans le cas de l'hémoglobine.
- Fer ferrique Fe^{3+} dans le cas de la méthémoglobine.

Or, le fer ferrique ne fixe pas de dioxygène ce qui explique que la méthémoglobine n'en transporte pas. Ainsi, lorsque que le taux de méthémoglobine augmente dans le sang, c'est le nombre de globules rouges ne transportant pas d' O_2 qui augmente causant alors une hypoxie.

Transition : Ainsi, la cyanose observée dans le cas de la méthémoglobinémie est due à l'accumulation de méthémoglobine dans le sang. Dans les X-Men, une mutation génétique confère à Mystique un phénotype similaire à celui des individus Fugates bleus. Qu'en est-il dans la réalité ? Les individus atteints de méthémoglobinémie présentent-ils une mutation génétique ?

Partie 3. La recherche d'une mutation génétique induisant l'accumulation de méthémoglobine dans le sang

Idée 1. Étude arbre généalogique des Fugates

Expression de la maladie chez les individus homozygotes uniquement : maladie génétique récessive. Dans le cas de cette famille, la maladie s'est exprimée à plusieurs générations et avec une prévalence anormale en raison de croisements au sein de la famille augmentant le taux de consanguinité et les probabilités d'apparition de la pathologie.

Idée 2. La recherche des mutations génétiques pouvant causer une cyanose

La recherche du gène associé à la pathologie dans la famille a permis de mettre en évidence une mutation dans le gène codant pour une enzyme, la cytochrome b5 méthémoglobine réductase. Le gène muté induit la formation d'une enzyme modifiée et donc moins efficace, voire inactive, selon le type de méthémoglobinémie. Plus de 40 mutations du gène codant pour la cytochrome b5 méthémoglobine réductase ont été identifiées à ce jour.

Idée 3. Lien entre la mutation génétique et le phénotype observé

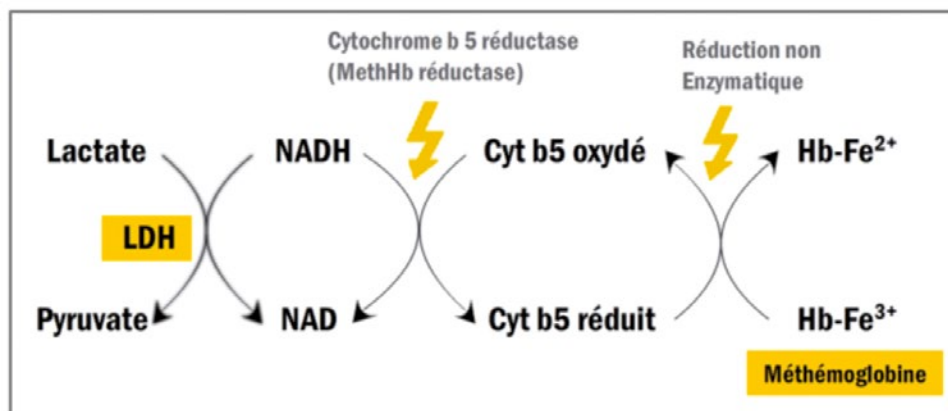
Les mutations génétiques associées à la méthémoglobinémie sont des mutations faux-sens et non-sens. Les nucléotides de l'ADN servent de matrice à la formation d'un ARNm lors de la transcription lequel sert à son tour de matrice à la formation d'une chaîne d'acides aminés lors de la traduction. Dans le cas des mutations faux-sens, les acides aminés du peptide issu de l'expression du gène muté sont différents de ceux formés par expression du gène non muté. Dans le cas de la mutation non-sens, l'ARNm issu de la transcription de l'ADN muté code pour un codon STOP au lieu de coder pour un acide aminé : le peptide produit est donc raccourci.

Cette protéine intervient en fait dans la réduction de la méthémoglobine (à fer ferrique) en hémoglobine à fer ferreux. La version mutée est donc inefficace et la méthémoglobine n'est pas réduite : elle s'accumule dans le sang.

Quel support écrit ?

EXEMPLE DE SUPPORT ÉCRIT

Schéma de la chaîne de réduction de la méthémoglobine par la cytochrome b5 réductase



Source : www.analyticaltoxicology.com

Question 2. « Quelles méthodes permettent de dater l'histoire de la Terre ? »

Quel plan détaillé ?

EXEMPLE DE PLAN DÉTAILLÉ

Partie 1. La lithostratigraphie : proposition d'une chronologie relative des événements géologiques

Idée 1. Définition de lithostratigraphie

La lithostratigraphie est l'étude de la succession et de la constitution des strates sédimentaires afin de reconstituer les étapes du dépôt. Elle permet de proposer une chronologie relative des événements géologiques.

Idée 2. Principe et utilisation de la lithostratigraphie

La lithostratigraphie repose sur des relations géométriques des structures (principes de superposition, recoupement, et inclusion). Ces principes permettent de reconstituer localement l'histoire des dépôts et d'extrapoler celle-ci aux affleurements voisins (principe de continuité).

Idée 3 / Transition : Limites de la lithostratigraphie

Ces principes sont mis à défaut lorsque que les dépôts ont été soumis à des événements tectoniques ou dans les cas de variations latérales de faciès. C'est pourquoi les géologues ont utilisé historiquement la biostratigraphie comme seconde méthode complémentaire bien que la lithostratigraphie ait permis dans un premier temps un découpage de l'histoire de la Terre en trois temps : le Montes Tertiarii, le Montes Secundarii et le Montes Primitivi.

Partie 2. La biostratigraphie : découpage du temps grâce aux fossiles

Idée 1. Définition de biostratigraphie

La biostratigraphie repose sur le fait que les êtres vivants évoluent ainsi que les fossiles associés. Donc les couches anciennes possèdent des fossiles différents des couches récentes. On observe des évolutions de la faune qui ne sont pas graduelles mais sont marquées par des extinctions massives d'organismes suite auxquelles la libération de niches écologiques est corrélée avec des radiations. Ainsi, puisque les organismes fossiles se succèdent dans le temps dans un ordre défini et reconnaissable, nous pouvons dater relativement toutes les strates contenant des fossiles.

Idée 2. Principe et utilisation de la biostratigraphie

On postule que les fossiles sont contemporains (c'est-à-dire de même âge) de la strate dans laquelle on les trouve et en conséquence deux couches qui ont le même contenu paléontologique sont de même âge (principe d'identité paléontologique).

Idée 3 / Transition : Limites de la biostratigraphie

Au très grand ordre, la biostratigraphie a permis une première séparation : précambrien (absence de fossiles) et phanérozoïque (présence de fossiles). Elle permet un découpage de plus en plus précis de l'échelle chronostratigraphique (basée sur la lithostratigraphie et sur la biostratigraphie). Toutefois, la biostratigraphie ne permet pas de reconstituer l'histoire de la Terre avant l'émergence de la vie, et donc la présence de fossiles, ni d'ancrer l'échelle stratigraphique dans un temps absolu.

Partie 3. La radiochronologie : ancrage des événements géologique dans un temps absolu

Idée 1. Définition de la radiochronologie

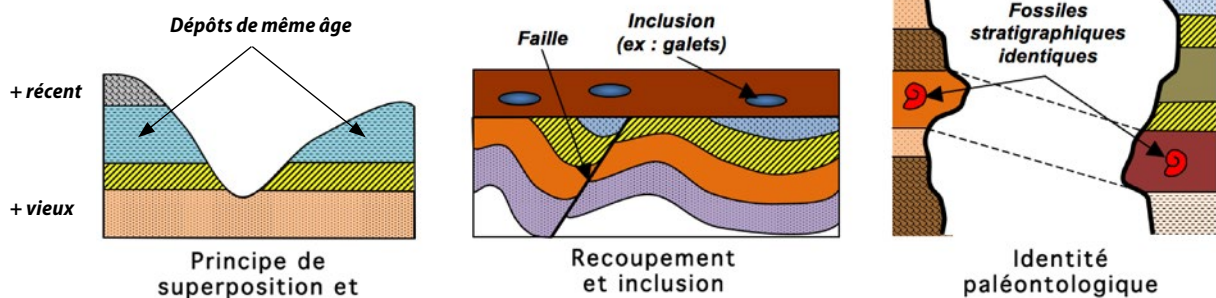
La radiochronologie repose sur la désintégration radioactive d'éléments chimiques instables (les éléments pères) qui émettent alors une particule. À la suite de cette émission, l'élément père devient un élément fils (ou élément radiogénique).

Idée 2. Principe et utilisation de la radiochronologie

La désintégration de l'élément père en élément fils est proportionnelle au temps selon une constante de désintégration. Ainsi, le dosage des éléments pères et fils dans un minéral (et dans une roche) permet de revenir au temps écoulé depuis la fermeture du système (c'est-à-dire le moment où il n'échange plus avec l'environnement : passage sous une certaine température pour les minéraux, cristallisation pour la roche totale).

Idée 3. Limites de la radiochronologie

La radiochronologie est difficile à appliquer aux roches sédimentaires car elles ne contiennent pas beaucoup d'éléments radioactifs. En outre, pour les roches sédimentaires, il apparaît que la méthode n'a pas grand intérêt car elle ne donnera l'âge que des grains et non de la roche qui les contient. Or, d'après le principe d'inclusion vu précédemment, ceux-ci sont plus anciens que la roche qui les contient.

EXEMPLE DE SUPPORT

Principe d'inclusion : les galets sont plus vieux que les dépôts qui les contiennent.
Principe de recouvrement :
1. Dépôts colorés
2. Faille
3. Dépôts marrons

Source : <http://svt.ac-dijon.fr>

Question 3. « Quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ? »

Quel plan détaillé ?

EXEMPLE DE PLAN DÉTAILLÉ**Partie 1. Mise en évidence de l'évolution récente du climat****Idée 1. Rappel de la définition de climat**

Climat : état de la température, des précipitations, de la pression, et des autres paramètres de l'atmosphère en un lieu donné sur au moins 30 ans

Pour mettre en évidence une variation climatique, il faudra donc des mesures de ces paramètres sur des périodes de temps supérieures à 30 ans.

Idée 2. Des mesures directes du RCM depuis 1860

D'après les rapports du GIEC, on enregistre une hausse des températures moyennes à la surface du globe : +1°C en 150 ans. Nous observons également une réduction du volume de glace sur le globe et une augmentation du niveau moyen de la mer.

Transition : Forts de ces nouvelles données, nous allons maintenant pouvoir les comparer avec les paramètres des variations climatiques passées afin d'estimer si elles concordent ou pas.

Partie 2. Une première piste dans la recherche des causes du RCM : comparaison avec les variations climatiques passées**Idée 1. Enregistrements des conditions climatiques passées à différentes échelles de temps**

Avant 1860, les mesures directes de la température sont trop imprécises voire inexistantes, les thermomètres n'ayant pas encore été mis au point. Les données permettant de définir le climat devront donc être indirectes : données géomorphologiques, sédimentaires, paléontologiques et géochimiques.

La combinaison de ces données et leur calibrage dans le temps permet de déterminer des périodes chaudes

et des périodes froides et donc de mettre en évidence des variations climatiques à différentes échelles de temps.

Idée 2. Identification des causes des variations climatiques passées

On identifie ainsi au quaternaire des alternances de stades glaciaires et interglaciaires. Les travaux de Milankovitch tendent à démontrer que ces variations sont dues aux paramètres astronomiques tels que l'excentricité, l'obliquité et la précession des équinoxes. Ces paramètres influencent la position de la Terre par rapport au Soleil renforçant ou atténuant les contrastes saisonniers. Ces derniers impactent la croissance des calottes polaires. Or, la surface couverte par les glaces détermine l'albédo et donc induit ou non une entrée en glaciation.

Néanmoins, ces glaciations quaternaires s'intriquent dans une variation climatique de fréquence plus élevée : une alternance d'ères glaciaires aussi nommées « icehouse » et de phases de réchauffement aussi nommées « greenhouse ». Ces alternances ont lieu sur des périodes de centaines de millions d'années et sont dues à des paramètres comme la tectonique des plaques.

Idée 3 / Transition

Ainsi, en comparant les variations climatiques observées actuellement aux variations climatiques passées, nous pouvons mettre en évidence que le RCM se produit avec une rapidité et une amplitude beaucoup plus importantes que celles enregistrées pour les variations passées. Cette différence exclut une origine naturelle du RCM et nous invite à nous pencher sur d'autres causes, notamment anthropiques, qui auraient commencé à impacter le climat dès 1880 environ.

Partie 3. Les arguments en faveur de l'origine anthropique du RCM

Idée 1. L'origine humaine du RCM : une cause extrêmement probable pour le GIEC

Enrichies en nouvelles études et données, les conclusions des rapports du GIEC sur le lien entre activités humaines et accroissement des températures depuis 1950 le définissent comme extrêmement probable lors du rapport de 2014.

Idée 2. Les mesures permettant de lier RCM et activités humaines

Les scientifiques du GIEC ont mis en évidence que la hausse des températures mesurée depuis 1880 était due à une hausse de la concentration atmosphérique en GES. En étudiant le fractionnement des isotopes du carbone contenu dans le CO₂, les scientifiques ont pu montrer que celui-ci est issu d'une combustion et plus précisément de la combustion de matière organique : combustibles fossiles ou biomasse.

Quel support écrit ?

EXEMPLES DE SUPPORT ÉCRIT

• **Un schéma**

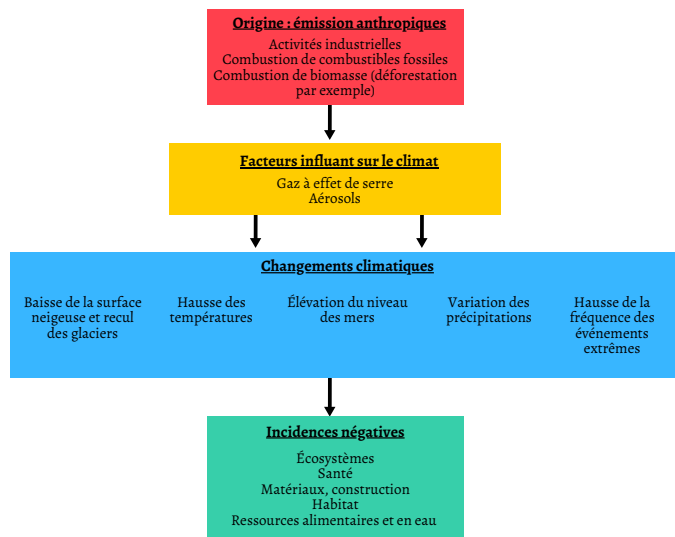


Schéma représentant les causes, les caractéristiques et les conséquences du réchauffement climatique, adapté du rapport du GIEC 2007

• **Un graphique avec des valeurs simples (que vous êtes en mesure de retenir aisément)**

Parmi ces graphiques issus du rapport du GIEC, le premier semble intéressant ainsi que le second qui ne sera pas trop compliqué à retenir. On peut les simplifier afin de les refaire plus aisément.

Variations de la température et du niveau de la mer à l'échelle du globe et de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord

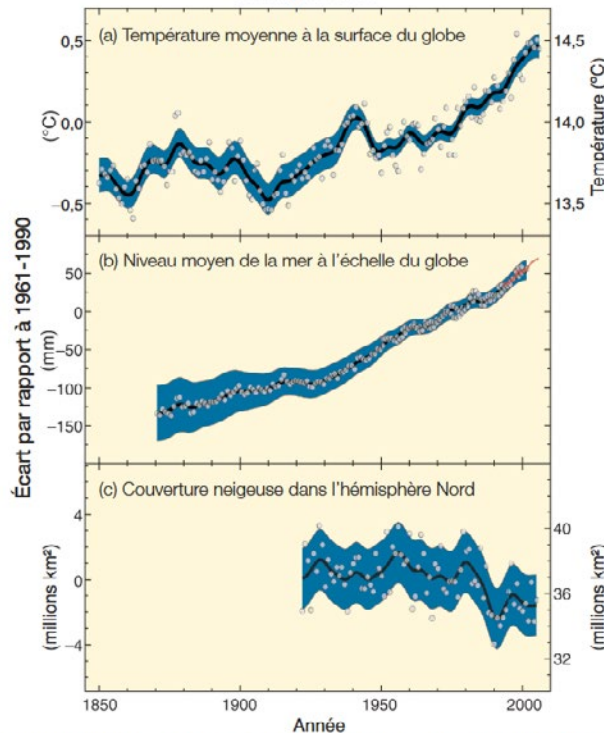
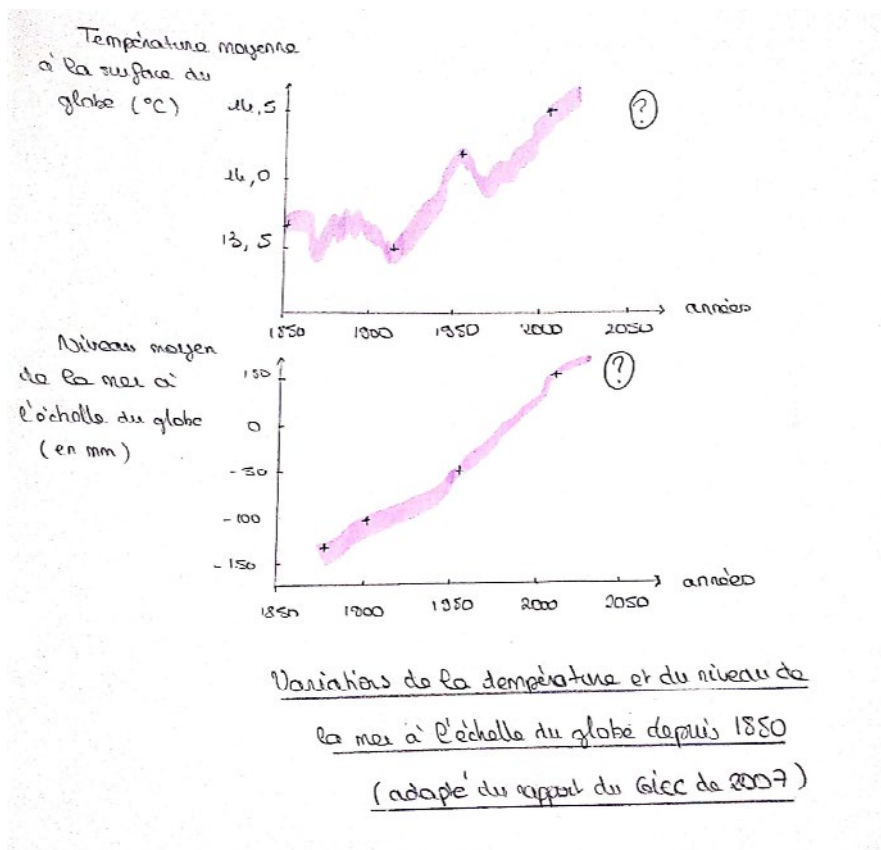


Figure RiD.1. Variations observées a) de la température moyenne à la surface du globe, b) du niveau moyen de la mer à l'échelle du globe, selon les données recueillies par les marégraphes (en bleu) et les satellites (en rouge), et c) de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord en mars-avril. Tous les écarts sont calculés par rapport aux moyennes pour la période 1961-1990. Les courbes lissées représentent les moyennes décennales, et les cercles correspondent aux valeurs annuelles. Les zones ombragées représentent les intervalles d'incertitude qui ont été estimés à partir d'une analyse poussée des incertitudes connues (a et b) et à partir des séries chronologiques (c). (Figure 1.1)



• **Un tableau avec des comparaisons de 2 ou plusieurs objets d'étude ou permettant de récapituler des informations**

Tableau présentant les caractéristiques des variations climatiques passées et actuelles					
Paramètres	Variations climatiques passées				Variation climatique actuelle
Nom	Alternance <i>Greenhouse</i> – <i>Icehouse</i>			Alternance de périodes glaciaires et interglaciaires	RCM
	<i>Icehouse</i>	Réchauffement = <i>Greenhouse</i>	<i>Icehouse</i>		
Période	Paléozoïque	Mésozoïque	Cénozoïque – Actuel	Quaternaire 8 cycles sur les derniers 800 000 ans	Actuel
Méthode de mesures	Indirectes : données géochimiques + sédimentologiques et paléontologiques			Indirectes : données préhistoriques, géologiques, paléoécologiques, géochimiques	Directes : température, concentration en gaz à effet de serre et épaisseur et surface des glaces
Amplitude	Difficile à estimer : une dizaine à une vingtaine de °C			1°C à 5°C en 100 000 ans	+1°C en 150 ans
Fréquence	Supérieure à 100 Ma			Environ égale à 100 000 ans	Depuis 150 ans
Origine	Naturelle : Diminution de la teneur en gaz à effet de serre en raison d'une altération de la chaîne hercynienne, fossilisation importante de matière organique stockant le carbone atmosphérique, regroupement des continents vers les pôles favorisant la formation d'une calotte et augmentant l'albédo	Naturelle : Augmentation de la teneur en gaz à effet de serre en raison d'augmentation de l'activité volcanique des dorsales	Naturelle : Diminution de la teneur en gaz à effet de serre en raison de l'altération des matériaux continentaux, et de la modification de la circulation océanique	Naturelle : Variation des paramètres astronomiques influençant la quantité d'énergie solaire reçue	Anthropique : Augmentation de la teneur en gaz à effet de serre en raison de la combustion de biomasse et de combustibles fossiles ainsi que des activités industrielles

Quel développement ?

EXEMPLE DE DÉVELOPPEMENT

INTRODUCTION

En 2019, lors du sommet des Nations Unies sur l'action climatique, la militante écologiste Greta Thunberg interpelle les dirigeants politiques avec la question : « *How dare you?* » (« Comment osez-vous ? »). Lors de ce sommet, elle invite les dirigeants à « écouter la science » et notamment le GIEC dont les rapports publiés depuis 1988 mettent en évidence une origine anthropique des émissions de gaz à effet de serre. Ils relatent aussi leurs conséquences *via* des constats actuels mais également grâce à des modèles prédictifs.

Les organisations pour la protection de l'environnement participent également à la sensibilisation du public par le biais de campagnes publicitaires. Cependant, ces travaux ont aussi des détracteurs : les climatosceptiques qui remettent en cause la responsabilité humaine dans le réchauffement mondial constaté.

Plusieurs questions émergent de ce constat : sur quels arguments se basent les scientifiques du GIEC ? Quelles sont leurs prédictions ? Comment savoir que le RCM n'est pas l'évolution normale du climat ?

Nous synthétiserons ces interrogations en la problématique suivante : quels sont les arguments scientifiques démontrant l'origine anthropique du RCM ?

Nous répondrons à cette question en étudiant dans un premier temps l'évolution récente du climat que nous comparerons ensuite aux variations climatiques passées et enfin, nous expliquerons les arguments montrant le lien avec les activités humaines.

DÉVELOPPEMENT

Partie 1. Mise en évidence de l'évolution récente du climat

Idée 1. Rappel de la définition de climat

Climat : état de la température, des précipitations, de la pression, et des autres paramètres de l'atmosphère en un lieu donné sur au moins 30 ans.

Pour mettre en évidence une variation climatique, il faudra donc des mesures de ces paramètres sur des périodes de temps supérieures à 30 ans.

Idée 2. Des mesures directes du RCM depuis 1860

D'après les rapports du GIEC, on enregistre une hausse des températures moyennes à la surface du globe : +1°C en 150 ans. Nous observons également une réduction du volume de glace sur le globe notamment un retrait des glaciers (dans les Alpes par exemple), une diminution de la surface des banquises et des inlandsis (l'extension de la banquise en Arctique fin septembre a diminué d'environ 11 % par décennie entre 1979 et 2012) et une réduction de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord (perte de 4 millions de km² entre 1961 et 1990). Par ailleurs, sur la période 1901-2010, le niveau moyen de la mer a augmenté de 19 centimètres.

Ces phénomènes documentés par le GIEC sont interdépendants : l'élévation de la température à l'échelle globale est à l'origine de la fonte des surfaces gelées. La fonte des glaces sur les continents constitue un apport d'eau dans les océans et participe donc à l'élévation du niveau de celui-ci. En outre, l'eau de mer se dilate sous l'effet de la hausse des températures (dilatation thermique) occupant donc un volume plus conséquent. Ce second phénomène participe à son tour à la hausse du niveau marin.

Transition : Ainsi, nous avons montré que le RCM se caractérise par une évolution rapide de la température, par un retrait des glaciers et une réduction de la couverture neigeuse dans l'hémisphère Nord ainsi que par une hausse du niveau marin. Forts de ces nouvelles données, nous allons maintenant pouvoir les comparer avec les paramètres des variations climatiques passées afin d'estimer si elles concordent ou pas.

Partie 2. Une première piste dans la recherche des causes du RCM : comparaison avec les variations climatiques passées

Idée 1. Enregistrements des conditions climatiques passées à différentes échelles de temps

Avant 1860, les mesures directes de la température sont trop imprécises voire inexistantes, les thermomètres n'ayant pas encore été mis au point. Les données permettant de définir le climat devront donc être indirectes.

Il s'agit notamment de données historiques à préhistoriques : peintures dont peintures rupestres représentant des animaux (certains ont des exigences écologiques particulières permettant de définir les conditions qui régnaient antérieurement), écrits retraçant les dates des vendanges... Cependant, ces données ne permettant pas de remonter au-delà de 20 000 ans avant l'actuel. Les scientifiques doivent donc avoir recours à des proxys qui ne pourront être interprétés qu'à la lumière de phénomènes actuels : c'est le principe de l'actualisme.

Ainsi, les scientifiques ont recours à des données géomorphologiques (modèles des paysages), sédimentaires (dépôts caractéristiques d'environnements chauds ou froids), paléontologiques (taxons ayant des exigences écologiques strictes et indicatrices de milieux chauds ou froids) et géochimiques (fractionnement de certains isotopes variable selon les conditions de température).

La combinaison de ces données et leur calibrage dans le temps (par datation relative des strates fossiles ou datation absolue faite sur des couches volcaniques par exemple) permet de déterminer des périodes chaudes et des périodes froides. Ainsi, ayant placé dans le temps ces alternances de périodes chaudes et froides, on met en évidence des variations climatiques à différentes échelles de temps.

Idée 2. Identification des causes des variations climatiques passées

On identifie ainsi au quaternaire des alternances de stades glaciaires (durant environ 100 000 ans) et interglaciaires (durant environ 10 000 ans). Les travaux de Milankovitch tendent à démontrer que ces variations sont dues aux paramètres astronomiques tels que l'excentricité qui varie avec une période de 400 000 et 100 000 ans, l'obliquité avec une période de 40 000 ans et la précession des équinoxes avec une période de 20 000 ans. Ces paramètres influencent la position de la Terre par rapport au Soleil, renforçant ou atténuant les contrastes saisonniers. Ces derniers impactent la croissance des calottes polaires. Or, la surface couverte par les glaces détermine l'albédo et donc induit ou non une entrée en glaciation :

→ Contraste saisonnier faible > croissance des calottes en hiver / pas de fonte en été > augmentation de la surface englacée > augmentation de l'albédo > baisse des T°C > refroidissement global et croissance des calottes > entrée en glaciation.

→ Contraste saisonnier fort > croissance des calottes en hiver / fonte importante en été > diminution de la surface englacée > baisse de l'albédo > hausse des T°C > réchauffement global et fonte des calottes > sortie de glaciation.

Néanmoins, ces glaciations quaternaires s'intriquent dans une variation climatique de fréquence plus élevée : une alternance d'ères glaciaires aussi nommées « *icehouse* » et de phases de réchauffement aussi nommées « *greenhouse* ». Ces alternances ont lieu sur des périodes de centaines de millions d'années et sont dues à des paramètres comme la tectonique des plaques : celle-ci contrôle en effet l'émission de gaz à effet de serre par les zones volcaniques lors de l'expansion et de la subduction mais aussi la position des continents aux pôles facilitant ainsi la croissance des calottes de glaces ou leur placement vers l'équateur ne favorisant pas l'expansion des calottes. Enfin, suite aux mouvements tectoniques, l'altération des orogènes induit un piégeage important des GES, donc une baisse de l'effet de serre et une entrée en période froide.

Idée 3 / Transition

Ainsi, en comparant les variations climatiques observées actuellement aux variations climatiques passées, nous pouvons mettre en évidence que le RCM se produit avec une rapidité et une amplitude beaucoup plus importantes que celles enregistrées pour les variations passées. Cette différence exclut une origine naturelle du RCM et nous invite à nous pencher sur d'autres causes, notamment anthropiques, qui auraient commencé à impacter le climat dès 1880 environ.

Partie 3. Les arguments en faveur de l'origine anthropique du RCM

Idée 1. L'origine humaine du RCM : une cause extrêmement probable pour le GIEC

Enrichies en nouvelles études et données, les conclusions des rapports successifs du GIEC sur le lien entre activités humaines et accroissement des températures depuis 1950 sont de plus en plus tranchées. Défini comme seulement « probable » dans le 3^e rapport en 2001, ce lien est jugé finalement comme « très probable » lors du rapport de 2007 et « extrêmement probable » lors du rapport de 2014.

Idée 2. Les mesures permettant de lier RCM et activités humaines

Les scientifiques du GIEC ont mis en évidence que la hausse des températures mesurée depuis 1880 était due à une hausse de la concentration atmosphérique en GES tels que le CO₂ (+100 ppm depuis 1880),

le méthane et le N_2O . La concentration de ces derniers augmente à une vitesse bien supérieure à celle enregistrée lors des variations climatiques passées. Les climatologues ont alors essayé de déterminer quelle en était la source. En étudiant le fractionnement des isotopes du carbone contenu dans le CO_2 , les scientifiques ont pu montrer que celui-ci est issu d'une combustion et plus précisément de la combustion de matière organique : combustibles fossiles ou biomasse.

CONCLUSION

Ainsi, le GIEC a démontré que divers arguments témoignent d'une origine anthropique du RCM tels que l'augmentation rapide de la teneur en gaz à effet de serre en raison de l'usage de combustibles fossiles depuis la révolution industrielle. Les gaz à effet de serre, par leur propriété d'absorption et de réémission des rayonnements infrarouges vers la Terre participent activement à la hausse des températures observée et à ses conséquences sur les écosystèmes. Les activités humaines induisent également l'émission d'autres polluants atmosphériques ayant des effets néfastes sur la couche d'ozone, les écosystèmes, la santé et les matériaux de construction. Dans de nombreuses villes, nous avons par ailleurs pu remarquer pendant le confinement une amélioration de la qualité de l'air corrélée à l'arrêt des déplacements et activités.

TEST DE FIABILITÉ DES SOURCES PROPRE AUX SVT

Ma source respecte-t-elle les points suivants ?		Oui	Non
Précision de la source	Est-ce que les informations qui me sont présentées sont précises ?		
Référencement de la source	Est-ce que les données utilisées sont avérées et vérifiables ?		
	Les sources sont-elles référencées et accessibles ?		
Traitement des données	La source s'appuie-t-elle sur des données et résultats d'études scientifiques ?		
	Toutes les données ont-elles été prises en compte, aucune donnée n'a été volontairement écartée ?		
Fiabilité des expériences présentées	Les résultats sont-ils reproductibles ?		
	Les résultats ont-ils été reproduits ?		
	La quantité d'échantillons ou de mesures est-elle assez élevée ?		
	La conclusion est-elle statistiquement fiable ? Exemple : « 100% des valeurs mesurées montrent que... n'a pas le même poids s'il y a 3 valeurs et s'il y en a 5000 ».		
	L'expérience comprend-elle des témoins ?		
	L'expérience a-t-elle été réalisée par un organisme indépendant ?		
Légitimité de la source	Est-ce que l'auteur ou l'auteurice de l'article est qualifié-e ou sinon fait-il ou fait-elle appel à des intervenant-es qualifié-es ?		
Actualisation de la source	Est-ce que la ressource est récente ? En effet, un article ou une ressource qui respecte toutes les conditions précédentes peut être erroné quand même si des découvertes plus récentes l'ont remises en cause : en science, une théorie n'est valable que jusqu'à ce qu'elle soit réfutée.		

EXEMPLE

Est-ce que les informations qui me sont présentées sont précises ?

OUI : « Il y a entre 3 et 3,5 milliards d'années, la surface de Mars a basculé. Emportés par la masse colossale du complexe volcanique du dôme de Tharsis, la croûte et le manteau martiens auraient basculé de 20 à 25 degrés autour du noyau, à raison de un degré par million d'années. Sylvain Bouley, du laboratoire GEOPS de l'université Paris-Saclay, et ses collègues confirment que cet événement géologique a changé le visage de la planète et qu'il explique de nombreuses anomalies observées. »

NON : « Une nouvelle étude à laquelle ont contribué plusieurs chercheurs français, publiée le 2 mars dans la revue *Nature*, démontre l'influence considérable qu'a exercée le gigantesque complexe volcanique nommé « dôme de Tharsis » au cours des premières périodes de l'histoire de notre voisine. Un acteur de poids qui, comme nous allons le voir, a été en mesure de faire tourner la tête de notre voisine. »

(1^{er} article : Sean BAILLY, « La surface de Mars a basculé, il y a 3 milliards d'années », *Pour la Science*, 10 mars 2016.
et 2nd article : Xavier DEMEERSMAN, « Douze jours avant Exemars, on apprend que la planète a basculé », *Futura sciences*, 3 mars 2016.

LISTE NON EXHAUSTIVE DE SOURCES PROPRES À LA SPÉCIALITÉ SVT

Livres à retrouver au CDI ou en bibliothèque

Pour la biologie	Pour la géologie
Jane B. Reece et Neil Campbell, <i>Biologie</i> , 1987.	Damien Jaujard, <i>Géologie, géodynamique, pétrologie, étude de terrains</i> , 2015.
Corinne Fortin et Guillaume Lecointre, <i>Guide critique de l'évolution</i> , 2009.	Robert Delmas, <i>Atmosphère, océan, climat</i> , 2007.
Guillaume Lecointre, <i>Classification phylogénétique du vivant</i> , 2001.	Georges Masclé, <i>Les Roches mémoires du temps</i> , 2014.
Rémi Cadet, <i>L'invention de la physiologie, 100 expériences historiques</i> , 2008.	Muriel Gargaud, <i>Le Soleil, la Terre... la vie</i> , 2009.
Marc-André Selosse, <i>La symbiose : structures et fonctions, rôle écologique et évolutif</i> , 2000.	Alain Foucault, Jean-François Raoult, <i>Dictionnaire de géologie</i> , 1980.
Marc-André Selosse, <i>Jamais seul : ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations</i> , 2017.	Charles Pomerol, <i>Éléments de géologie</i> , 1982.
Lauralee Sherwood, <i>Physiologie animale</i> , 2016.	Jean-Yves Daniel, <i>Sciences de la Terre et de l'Univers</i> , 2015.
Peter Hamilton Raven, <i>Biologie végétale</i> , 1970.	François Michel, <i>Le Tour de France d'un géologue : nos paysages ont une histoire</i> , 2012.
Jean-François Morot-Gaudry, <i>Biologie végétale</i> , 2017.	

Magazines à retrouver au CDI, en bibliothèque ou en ligne

- *Pour la science*
- Hors-série *Pour la Science*
- *La Recherche*
- *Salamandre*

Sites Internet

Pour la biologie	Pour la géologie
https://planet-vie.ens.fr/ Ressources très variées et complètes sur les différents domaines de la biologie	https://planet-terre.ens-lyon.fr/ Ressources très variées et complètes sur les différents domaines de la géologie
https://www.tela-botanica.org/ Articles de biologie végétale et la botanique	http://macromicrophoto.fr/petrography/index.html Observations microscopiques de lames de roches
https://lecerveau.mcgill.ca/avance.php Articles sur le fonctionnement et la structure du cerveau	https://leclimatchange.fr/les-elements-scientifiques/ Retranscription et analyse de rapports du GIEC
https://www.mnhn.fr/ Site du Muséum National d'Histoire Naturelle : ressources documentaires, podcasts, vidéos...	

Podcasts et vidéos

- TED
- Museum national d'histoire naturelle
- Dirty Biologie
- *C'est pas sorcier*
- Arte découverte
- Arte
- *Minute Earth* (en anglais)
- *1 jour 1 question*

Logiciels utilisables en ligne

Pour la biologie	Pour la géologie
Anagène : https://anagene.reseau-canope.fr/ Comparaison de séquences d'ADN, ARN et acides aminés	MinUSC : http://www.librairiedemolecules.education.fr/outils/minusc/app/minusc.htm Modélisation de minéraux en 3D
Libmol : https://libmol.org/ Modélisation de molécules en 3D	PBDB Navigator : https://paleobiodb.org/navigator/ Carte des fossiles retrouvés dans le monde
Remonter le temps : https://remonterletemps.ign.fr/ Comparaison de photographies aériennes récentes et anciennes	Visualiseur simplifié Infoterre : http://infoterre.brgm.fr/viewerlite/MainTileForward.do Visualisation de cartes en ligne notamment la carte géologique de la France

<p>https://www.zoology.ubc.ca/~irwin/GreenishWarblers.html Article + carte avec sonogrammes et fichiers mp3 des sons des différents pouillots verdâtres</p>	<p>Openclimate : http://openclimatedata.net/climate-spirals/ Représentation animée de l'évolution de la température, concentration en CO2 atmosphérique... en fonction des années</p>
<p>Globalforestwatch : https://www.globalforestwatch.org/map Carte pour étudier le couvert forestier, l'évolution de la biodiversité, des terres occupées</p>	<p>Carbonmap : http://www.carbonmap.org/?lang=fr Carte interactive du monde représentant la place des différents pays dans les émissions, productions, consommations de carbone et leurs risques</p>
Logiciels de Philippe Cosentino :	
<p>Modèle de dérive génétique avec organismes diploïdes : https://www.pedagogie.ac-nice.fr/svt/productions/derive-diplo/index.htm Simulation de l'évolution de la fréquence des allèles dans une population d'individus diploïdes</p>	<p>Tectoglob 3D : http://philippe.cosentino.free.fr/productions/tectoglob3d/ Carte 3D du globe avec possibilité d'y visualiser les foyers sismiques, volcans, âge des planchers océaniques, vecteurs GPS, profondeur du MOHO, anomalies gravimétriques, magnétiques + réalisation de coupes tomographiques...</p>
<p>Phalènes : http://philippe.cosentino.free.fr/productions/phalenes/ Simulation de l'évolution d'une population de phalènes du bouleau</p>	

LISTES DES THÈMES AU PROGRAMME

En Première

Thèmes et sous-thèmes		Chapitres	Contenu
La Terre, la vie et l'organisation du vivant	Transmission, variation et expression du patrimoine génétique	Les divisions cellulaires des eucaryotes	Transmission du matériel génétique lors de la division / Mitose et méiose / Cycle cellulaire
		La réplication de l'ADN	Maintien de la quantité d'ADN / Modèles de réplication / Reproduction conforme et clones
		Mutations de l'ADN et variabilité génétique	Origine des mutations / Conséquences : effet sur le phénotype et transmission
		L'histoire humaine lue dans son génome	Etude des génomes humains / Évolution de l'homme et sélection naturelle / Reconstitution des relations de parenté
		L'expression du patrimoine génétique	Transcription de l'ADN en ARN et traduction de l'ARN en protéines / Produits de l'ADN et phénotype / Régulation de l'expression
		Les enzymes, des biomolécules aux propriétés catalytiques	Catalyse des réactions chimiques / Rôle des enzymes dans le fonctionnement cellulaire
	La dynamique interne de la Terre	La structure du globe terrestre : Des contrastes entre les continents et les océans L'apport des études sismologiques et thermiques à la connaissance du globe terrestre	Composition des croûtes et contraste géologique / Utilisation des méthodes géophysiques au service de la compréhension de la structure interne du globe / Construction et robustesse des modèles de terre interne
		La dynamique de la lithosphère : La caractérisation de la mobilité horizontale La dynamique des zones de divergence La dynamique des zones de convergence : Les zones de subduction et Les zones de collision	Méthodes de mesure de la mobilité horizontale de la lithosphère / Mécanismes magmatiques et métamorphiques en jeu au niveau des zones de dorsales et de subduction / Indices tectoniques de la collision à différentes échelles

Enjeux contemporains de la planète	Écosystèmes et services environnementaux	Les écosystèmes : des interactions dynamiques entre les êtres vivants et entre eux et leur milieu	Structuration des écosystèmes par les paramètres biotiques et abiotiques / Flux de matière et d'énergie au sein des réseaux trophiques / Dynamique spatio-temporelle des écosystèmes : perturbation et résilience
		L'humanité et les écosystèmes : les services écosystémiques et leur gestion	Place de l'homme dans les écosystèmes et son impact / Exploitation et gestion des écosystèmes
Corps humain et santé	Variation génétique et santé	Mutations et santé	Pathologies d'origine génétique : causes, symptômes, transmission et traitements
		Patrimoine génétique et santé	Pathologies d'origine multigénique : recherche statistique des causes, influence du milieu
		Altérations du génome et cancérisation	Lien entre mutations et cancers / Identification des facteurs de risques / Mesures de prévention et possibilités de traitement
		Variation génétique bactérienne et résistance aux antibiotiques	Mutation et émergence des bactéries antibiorésistantes / Pratiques individuelles et collectives à l'origine de la sélection naturelle des souches résistantes
	Le fonctionnement du système immunitaire humain	L'immunité innée	Reconnaissance et défense contre les pathogènes / Réaction inflammatoire et sa régulation endogène ou exogène (<i>via</i> des médicaments anti-inflammatoires)
		L'immunité adaptative	Collaboration avec l'immunité innée : activation, reconnaissance et défense face aux pathogènes / Constitution des répertoires de lymphocytes par recombinaison / Mémoire immunitaire
		L'utilisation de l'immunité adaptative en santé humaine	Évolutions des connaissances sur le système immunitaire humain et leurs applications à la vaccination et l'immunothérapie

En Terminale

Thèmes et sous-thèmes		Chapitres	Contenu
La Terre, la vie et l'organisation du vivant	Génétique et évolution	L'origine du génotype des individus : La conservation des génomes : stabilité génétique et évolution clonale Le brassage des génomes à chaque génération : la reproduction sexuée des eucaryotes Comprendre les résultats de la reproduction sexuée : principes de base de la génétique Les accidents génétiques de la méiose	Diversification des génomes d'une population : mutations, reproduction sexuée, anomalies chromosomiques lors de la méiose
		La complexification des génomes : transferts horizontaux et endosymbioses	Diversification des génomes hors de la reproduction sexuée : transferts horizontaux de gènes entre espèces, endosymbioses et évolution des eucaryotes
		L'inéluctable évolution des génomes au sein des populations	La diversité génétique : un prérequis à l'évolution des génomes / Mécanismes à l'origine de l'évolution des populations : sélection naturelle, sélection sexuelle et dérive génétique / Spéciation
		D'autres mécanismes contribuent à la diversité du vivant	Diversité des individus en dehors des caractères génétiques : interactions entre êtres vivants et phénotype étendu
	À la recherche du passé géologique de notre planète	Le temps et les roches : La chronologie relative La chronologie absolue	Reconstitution d'une histoire géologique locale et mondiale grâce aux outils géologiques : pétrographie, tectonique, sédimentologie, paléontologie, géochimie / Limites et complémentarité des méthodes
		Les traces du passé mouvementé de la Terre : Des domaines continentaux révélant des âges variés La recherche d'océans disparus Les marques de la fragmentation continentale et de l'ouverture océanique	Identification d'indices pétrologiques, géomorphologiques et tectoniques témoignant de contextes géodynamiques passés / Reconstitution paléogéographique de la terre / Histoire géologique

Enjeux planétaires contemporains	De la plante sauvage à la plante domestiquée	L'organisation fonctionnelle des plantes à fleurs	Fonctionnement des appareils de la plante / Flux de matière et d'énergie avec le milieu / Adaptations à la vie fixée / Étapes et régulation de la mise en place des appareils végétatif et reproducteur
		La plante, productrice de matière organique	Mécanismes et conditions de la photosynthèse / produits de la photosynthèse : formation, distribution et fonctions
		Reproduction de la plante entre vie fixée et mobilité	Totipotence des cellules et reproduction asexuée / Reproduction sexuée : autofécondation, allofécondation via un pollinisateur, transformation de la fleur en fruit, dissémination des graines / Coévolution plante - pollinisateur
		La domestication des plantes	Sélection des individus par l'homme et évolution des espèces de plantes cultivées / Réduction de la diversité génétique : faible adaptabilité aux variations du milieu et réduction de la fertilité / Pratiques agricoles face aux problèmes causés par la perte de diversité génétique
	Les climats de la Terre : comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain	Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées	Utilisation des méthodes paléontologiques, palynologiques, sédimentaires, géomorphologiques, et géochimiques pour mettre en évidence les variations climatiques passées / Identification des causes de ces variations : paléogéographie, activité interne du globe, paramètres astronomiques / Mise en évidence et causes du réchauffement climatique mondial (RCM)
		Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions	Modélisations de l'évolution future du climat / Conséquences du RCM à différentes échelles et stratégies pour les limiter

Corps humain et santé	Comportements, mouvement et système nerveux	Les réflexes	Identification de l'arc-réflexe : du stimulus au mouvement réflexe / Fonctionnement et activité neuronale
		Cerveau et mouvement volontaire	Identification de la voie mise en jeu dans la commande volontaire du mouvement / Perturbations et dysfonctionnement de cette commande / Plasticité cérébrale assurant une récupération totale ou partielle des fonctions perdues
		Le cerveau, un organe fragile à préserver	Fonctionnement des substances exogènes à l'origine des perturbations et dysfonctionnements du système nerveux
	Produire le mouvement : contraction musculaire et apport d'énergie	La cellule musculaire : une structure spécialisée permettant son propre raccourcissement	Spécialisation de la cellule musculaire en termes de structure et de fonctionnement / Rôle de la cellule musculaire / Dysfonctionnements et mise en évidence de l'interaction de la cellule avec son milieu
		Origine de l'ATP nécessaire à la contraction de la cellule musculaire	Réactifs intervenant dans le métabolisme de la cellule musculaire / Voies métaboliques et formation des produits / Effets de substances exogènes sur ces voies métaboliques
		Le contrôle des flux de glucose, source essentielle d'énergie des cellules musculaires	Origine des réactifs nécessaires au métabolisme des cellules musculaires / Régulation de la concentration sanguine de ces réactifs (glucose) / Dysfonctionnements de cette régulation et pathologies associées
	Comportements et stress : vers une vision intégrée de l'organisme	L'adaptabilité de l'organisme	Réponses biologiques face aux perturbations de l'environnement : déclenchement, caractéristiques et régulation neuro-hormonale
		L'organisme débordé dans ses capacités d'adaptation	Dysfonctionnements de la régulation du stress aigu entraînant une plasticité mal-adaptative / Pathologies dues à cette plasticité mal-adaptative et traitements favorisant la résilience / Risques des traitements et solutions alternatives non médicamenteuses