

ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

NOUVEAU PROGRAMME

T^{le}



Belin:
ÉDUCATION

ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

NOUVEAU PROGRAMME



Tle

Direction d'ouvrage

Julien Browaeys

professeur agrégé, enseignant-chercheur à l'université de Paris
(formation des maîtres) en PC

Samuel Rebulard

professeur agrégé, préparation à l'agrégation de SVT,
université Paris-Saclay, ENS, ENS Paris-Saclay, MNHN

Auteurs

Tristan Beau, professeur agrégé, enseignant-chercheur à l'université de Paris en physique

Julien Browaeys

Jérémy Camponovo, professeur de PC (académie de Nice)

Stéphane Frayon, professeur de SVT (académie de Nouméa)

Régis Henrion, professeur agrégé à l'université Paris-Est Marne-la-Vallée en PC

Guillaume Lecointre, professeur du Muséum national d'Histoire naturelle

Caroline Leininger-Frézal, enseignante-chercheure en histoire-géographie à l'université de Paris

Samuel Mathieu, professeur de PC (Bethesda, États-Unis, école internationale Rochambeau)

Philippe Odier, enseignant-chercheur en physique à l'École normale supérieure de Lyon

Samuel Rebulard

Romina Seyed, professeure de SVT (académie de Paris)

Isabelle Veltz, professeure de SVT (académie de Reims)

Avec la participation de Gwenaëlle Cuny, professeure de PC (académie de Nancy-Metz)

DÉCOUVREZ VOTRE MANUEL

DES DOCUMENTS POUR AIMER LES SCIENCES

Pour commencer un thème

Un document pour ancrer le thème dans l'histoire des sciences



Pour commencer un chapitre

Les connaissances de collège, 2^e et 1^{re} mobilisées



Au cœur des chapitres: les unités

UNITÉ 2 Les caractéristiques des modèles climatiques

Unité 2 présente une théorie tout en ancrant le thème dans l'histoire des sciences.

UNITÉ 5 Climatoscepticisme: plongée au cœur de l'actualité

Unité 5 explore le débat sur les modèles climatiques et le rôle de l'homme dans le changement climatique.

UNITÉ 5 Climatoscepticisme: plongée au cœur de l'actualité

Unité 5 étudie le débat sur les modèles climatiques et le rôle de l'homme dans le changement climatique.

UNITÉ 4 Entre corrélation et causalité: les théories scientifiques

Unité 4 examine les théories scientifiques et leur application dans la recherche scientifique.

La science en action

- Plus de 25 interviews de chercheuses et chercheurs: climatologue, généticienne, paléoanthropologue, économiste, démographe, linguiste, océanographe, systématicien, spécialiste en sciences du numérique.
- 200 publications scientifiques didactisées pour proposer les documents les plus actuels et les plus pertinents.

L'esprit critique, un fil d'ariane

- Des questionnaires spécifiques dans chaque unité
- 9 unités « esprit critique » à l'interface sciences/société: > Variabilité et limites des modèles en science > Climatoscepticisme : plongée au cœur de l'actualité. > Femmes et sciences > Les dangers du nucléaire en débat > Créativité scientifique, créativité technique et choix énergétiques > Le créationnisme: savoir ou croyance ? > Le Vrai/Faux de l'évolution humaine > Le véhicule autonome vraiment intelligent ? > IA: vers une utilisation éthique des données

DES OUTILS POUR LE BAC

Dans chaque chapitre

L'essentiel en une double page

CHAPITRE 9 LA BIODIVERSITÉ ET SON ÉVOLUTION

1. Examiner la biodiversité et son évolution

2. Comprendre les écosystèmes terrestres et aquatiques

3. Explorer l'évolution de la biodiversité

Exercice résolu

Exercices d'application

Une double page d'**exercices rapides** pour mémoriser son cours et se tester

Méthode

Pour s'entraîner

Pour s'échauffer

Exercices

1 exercice résolu et des exercices d'application pour s'entraîner aux méthodes

Exercice résolu

Exercices d'application

Une double page pour **travailler les compétences**

Exercice résolu

Exercice d'application

Travailler ses compétences

Exercices

2 exercices Bac type E3C

Objectif Bac

Calculer, représenter et graphiquer des données

Et aussi...

- **Bienvenue en science**: 12 questions-réponses pour comprendre fonctionnement de la science
- Des **exercices corrigés**
- 8 **fiches méthodes** sur les savoir-faire de base en maths, physique-chimie et SVT
- Un **lexique** de plus de 150 mots
- De nombreuses **ressources numériques**: exercices interactifs, schémas interactifs, fichiers tableurs, vidéos, documents, complémentaires, etc.

SOMMAIRE

Propositions de programmation	6	Le QCM « Bienvenue en science »	10
L'esprit critique EC dans mon manuel	8	Programme: savoirs et savoir-faire	14

THÈME 1 SCIENCE, CLIMAT ET SOCIÉTÉ

19

CHAPITRE 1		CHAPITRE 3	
L'atmosphère terrestre et la vie	20	Le climat du futur	62
Unité 1 L'atmosphère et les océans de la « toute jeune Terre »	22	Unité 1 Modéliser le climat de la Terre	64
Unité 2 Le dioxygène atmosphérique : un déchet du vivant	24	Unité 2 Les caractéristiques des modèles climatiques	66
Unité 3 Le devenir du dioxygène atmosphérique	26	Unité 3 EC Variabilité et limites des modèles en science	68
Unité 4 Le cycle du carbone à la surface de la Terre	28	Unité 4 Les paramètres liés à l'activité humaine dans les modèles climatiques	70
BILAN	30	Unité 5 EC Climatoscepticisme : plongée au cœur de l'actualité	72
Exercices	32	Unité 6 Les scénarios d'évolution climatique et leurs conséquences	74
Objectif BAC	38	BILAN	76
CHAPITRE 2		Exercices	78
La complexité du système climatique	40	Objectif BAC	84
Unité 1 Climat et météo, une affaire d'échelle	42	CHAPITRE 4	
Unité 2 Les indicateurs des climats passés et actuels	44	Énergie, choix de développement et futur climatique	86
Unité 3 Le changement climatique actuel	46	Unité 1 Une consommation d'énergie à toutes les échelles	88
Unité 4 Climat et rétroactions	48	Unité 2 Les sources d'énergie	90
Unité 5 L'océan, un acteur clé du climat	50	Unité 3 L'utilisation des combustibles fossiles n'est pas sans conséquences	92
BILAN	52	Unité 4 Empreinte carbone et analyse du cycle de vie	94
Exercices	54	Unité 5 Transition écologique et énergétique	96
Objectif BAC	60	BILAN	98
Exercices	109	Exercices	100
Objectif BAC	106	Objectif BAC	106

THÈME 2 LE FUTUR DES ÉNERGIES

109

CHAPITRE 5		CHAPITRE 6	
Deux siècles d'énergie électrique	110	Les atouts de l'électricité	130
Unité 1 L'électromagnétisme	112	Unité 1 La conversion de l'énergie mécanique en électricité	132
Unité 2 Applications de l'induction électromagnétique	114	Unité 2 La conversion de l'énergie thermique en électricité	134
Unité 3 Interactions entre atomes et lumière : un processus quantique	116	Unité 3 La conversion électrochimique	136
Unité 4 Les cellules photovoltaïques	118	Unité 4 Des conséquences environnementales de la production d'électricité	138
BILAN	120	Unité 5 Stockage de l'énergie électrique	140
Exercices	122	Unité 6 EC Femmes et sciences	142
Objectif BAC	128	BILAN	144
Exercices	146	Exercices	146
Objectif BAC	152	Objectif BAC	152

CHAPITRE 7	
Optimisation du transport de l'électricité	154
Unité 1 Transporter l'électricité	156
Unité 2 Optimiser le réseau de distribution	158
BILAN	160
Exercices	162
Objectif BAC	164

CHAPITRE 8	
Choix énergétiques et impacts sur les sociétés	166
Unité 1 L'énergie nucléaire, un choix de société	168
Unité 2 EC Les dangers du nucléaire en débat	170
Unité 3 EC Créativité scientifique, créativité technique et choix énergétiques	172
Unité 4 L'énergie éolienne: questions, enjeux, débats	174
Unité 5 Étude de cas: énergie et déplacements longue distance	176
Unité 6 Étude de cas: énergie et déplacements domicile-travail	178
BILAN	180
Exercices	182
Objectif BAC	188

THÈME 3 UNE HISTOIRE DU VIVANT

191

CHAPITRE 9	
La biodiversité et son évolution	192
Unité 1 Estimer la biodiversité d'un milieu	194
Unité 2 Estimer l'abondance par capture-marquage-recapture	196
Unité 3 Estimer une proportion à partir d'un échantillon	198
Unité 4 La composition génétique des populations au cours du temps	200
Unité 5 Les écarts au modèle de Hardy-Weinberg	202
Unité 6 L'impact des humains sur la biodiversité	204
Unité 7 La préservation de la biodiversité	206
BILAN	208
Exercices	210
Objectif BAC	216

CHAPITRE 10	
L'évolution comme grille de lecture du monde	218
Unité 1 L'évolution des yeux: démêler le vrai du faux	220
Unité 2 Tout n'est pas adapté!	222
Unité 3 Évolution et pratiques agricoles	224
Unité 4 Micro-organismes et médecine: l'évolution sous nos yeux !	226
Unité 5 EC Le créationnisme: savoir ou croyance?	228
BILAN	230
Exercices	232
Objectif BAC	238

CHAPITRE 11	
L'évolution humaine	240
Unité 1 Nous sommes des grands singes	242
Unité 2 Aux origines de l'humanité	244
Unité 3 Le genre <i>Homo</i>	246
Unité 4 Notre humanité plurielle	248
Unité 5 EC Le Vrai/Faux de l'évolution humaine	250

BILAN	252
Exercices	254
Objectif BAC	260

CHAPITRE 12	
Les modèles démographiques	262
Unité 1 Le modèle linéaire	264
Unité 2 Le modèle exponentiel	266
Unité 3 Malthus et le «principe de population»	268
Unité 4 L'évolution démographique humaine	270
BILAN	272
Exercices	274
Objectif BAC	280

CHAPITRE 13	
L'intelligence artificielle	282
Unité 1 Une brève histoire de l'informatique	284
Unité 2 Programmes et données	286
Unité 3 Il y a un bug!	288
Unité 4 Que puis-je faire pour vous?	290
Unité 5 EC Le véhicule autonome vraiment intelligent?	292
Unité 6 EC IA: vers une utilisation éthique des données	294
Unité 7 L'inférence bayésienne	296
BILAN	298
Exercices	300
Objectif BAC	306

Fiches-méthodes	308
Corrigés	316
Glossaire	324

PROPOSITIONS DE PROGRAMMATION

Enseignement scientifique et liberté pédagogique

Le choix de l'organisation de l'enseignement scientifique relève de la liberté de chaque équipe pédagogique. De nombreuses solutions sont envisageables, tout particulièrement dans ce programme de terminale: plusieurs chapitres se prêtent à une approche scientifique intégrée et multidisciplinaire, où la physique-chimie, les sciences de la vie et de la Terre, les mathématiques et l'informatique peuvent apporter leur éclairage complémentaire.

Les propositions ci-dessous sont donc seulement des pistes destinées à nourrir la réflexion des équipes pédagogiques. Dans chacune, nous avons veillé à une répartition égale des enseignements entre physique-chimie et SVT, et nous avons pointé les sujets qui se prêtent à une approche mathématique et/ou informatique.

Dans les propositions 1 et 2, certains chapitres sont traités conjointement par la physique-chimie et les sciences de la vie et de la Terre. Dans la proposition 3, les chapitres sont traités soit par la physique-chimie, soit par les sciences de la vie et de la Terre. Les deux disciplines progressent de manière coordonnée et complémentaire. Les mathématiques et/ou l'informatique interviennent dans une quinzaine de problématiques.

	Proposition 1	Proposition 2
THÈME 1. Science, climat et société		
Chapitre 1. L'atmosphère terrestre et la vie		
Unité 1 L'atmosphère et les océans de la «toute jeune Terre»	PC	SVT
Unité 2 Le dioxygène atmosphérique: un déchet du vivant	PC	SVT
Unité 3 Le devenir du dioxygène atmosphérique		SVT
Unité 4 Le cycle du carbone à la surface de la Terre		SVT
Chapitre 2. La complexité du système climatique		
Unité 1 Climat et météo: une affaire d'échelles		SVT
Unité 2 Les indicateurs des climats passés et actuels		SVT
Unité 3 Le réchauffement climatique actuel		SVT
Unité 4 Climat et rétroactions	SVT	PC
Unité 5 L'océan, un acteur clé du climat	SVT	PC
Chapitre 3. Le climat du futur		
Unité 1 Modéliser le climat de la Terre	PC	SVT
Unité 2 Les caractéristiques des modèles climatiques	PC	SVT
Unité 3 Variabilité et limites des modèles	PC	SVT
Unité 4 Les paramètres liés à l'activité humaine dans les modèles climatiques	SVT	PC
Unité 5 Climatoscepticisme : plongée au cœur de l'actualité	SVT	PC
Unité 6 Les scénarios d'évolution climatique et leurs conséquences	SVT	PC
Chapitre 4. Énergie, choix de développement et futur climatique		
Unité 1 Une consommation d'énergie à toutes les échelles		PC
Unité 2 Les sources d'énergie		PC
Unité 3 Quelques conséquences de l'utilisation des combustibles fossiles		PC
Unité 4 Empreinte carbone et analyse du cycle de vie	SVT	PC
Unité 5 Transition écologique et énergétique	SVT	PC
THÈME 2. Le futur des énergies		
Chapitre 5. Deux siècles d'énergie électrique		
4 unités		PC
Chapitre 6. Les atouts de l'électricité		
Unité 1 La conversion de l'énergie mécanique en électricité		PC

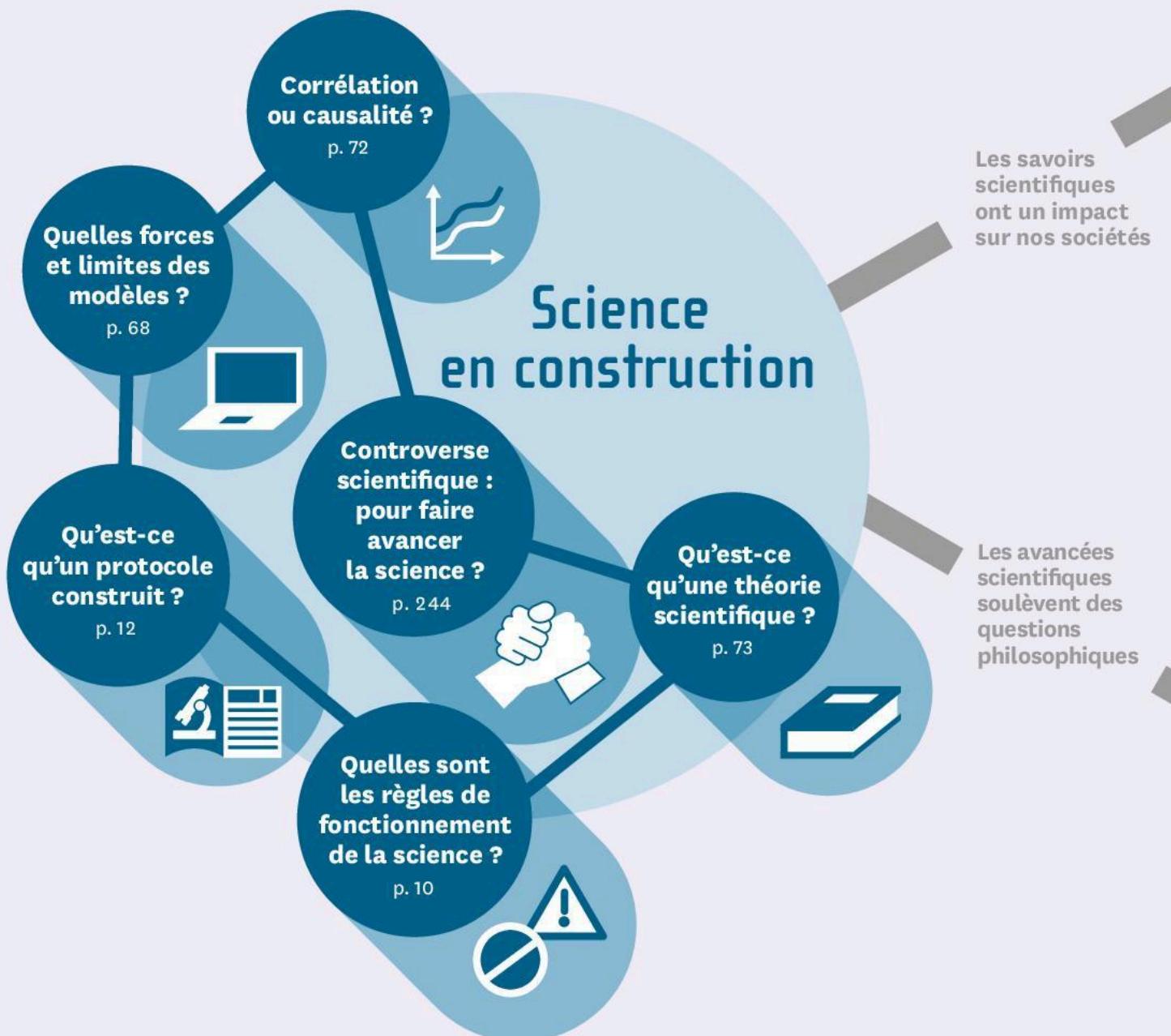
Unité 2 La conversion de l'énergie thermique en électricité	PC			
Unité 3 La conversion électrochimique	PC			
Unité 4 Conséquences environnementales de la production d'électricité	SVT	SVT		
Unité 5 Stockage de l'énergie électrique	PC	PC		
Unité 6 Femmes et sciences	PC	SVT		
Chapitre 7. Optimisation du transport de l'électricité				
2 unités	PC / Maths-informatique			
Chapitre 8. Choix énergétiques et impacts sur les sociétés				
Unité 1 L'énergie nucléaire, un choix de société	PC	SVT		
Unité 2 Les dangers du nucléaire en débat	PC	SVT		
Unité 3 Créativité scientifique, technique et choix énergétiques	PC	SVT		
Unité 4 L'énergie éolienne : questions, enjeux, débats	PC	SVT		
Unité 5 Étude de cas : énergie et déplacements longue distance	SVT			
Unité 6 Étude de cas : énergie et déplacements domicile-travail	SVT			
THÈME 3. Une histoire du vivant				
Chapitre 9. La biodiversité et son évolution				
Unité 1 Estimer la biodiversité d'un milieu	SVT			
Unité 2 Estimer l'abondance par capture-marquage-recapture	SVT			
Unité 3 Estimer une proportion à partir d'un échantillon	SVT / Maths-informatique			
Unité 4 La composition génétique des populations au cours du temps	SVT / Maths-informatique			
Unité 5 Les écarts au modèle de Hardy-Weinberg	SVT / Maths-informatique			
Unité 6 L'impact des humains sur la biodiversité	SVT			
Unité 7 La préservation de la biodiversité	SVT			
Chapitre 10. L'évolution comme grille de lecture du monde				
5 unités	SVT			
Chapitre 11. L'évolution humaine				
5 unités	SVT			
Chapitre 12. Les modèles démographiques				
4 unités	PC / Maths-informatique			
Chapitre 13. L'intelligence artificielle				
7 unités	PC / Maths-informatique			

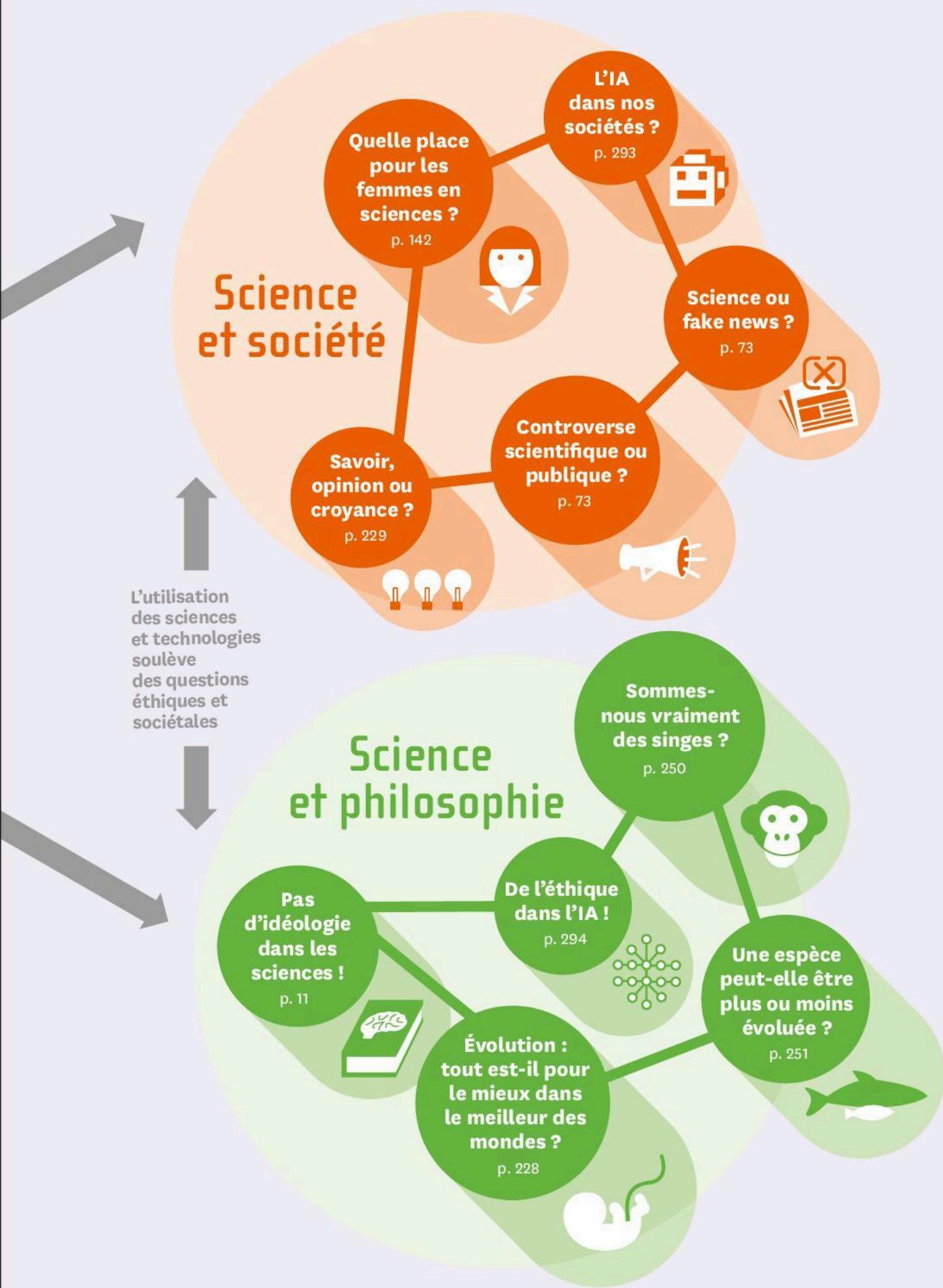
Proposition 3

PC/Maths-informatique		SVT/Maths-informatique	
Chapitre 1.	L'atmosphère terrestre et la vie	Chapitre 9.	La biodiversité et son évolution
Chapitre 2.	La complexité du système climatique	Chapitre 10.	L'évolution comme grille de lecture du monde
Chapitre 5.	Deux siècles d'énergie électrique	Chapitre 3.	Le climat du futur
Chapitre 6.	Les atouts de l'électricité	Chapitre 4.	Énergie, choix de développement et futur climatique
Chapitre 7.	Optimisation du transport de l'électricité		
Chapitre 12.	Les modèles démographiques	Chapitre 8.	Choix énergétiques et impacts sur les sociétés
Chapitre 13.	L'intelligence artificielle	Chapitre 11.	L'évolution humaine

L'esprit critique dans mon manuel

Des unités et questionnements tout au long du manuel pour aiguiser l'esprit critique sur la construction des savoirs scientifiques, ainsi que sur les questions sociétales et éthiques que les sciences soulèvent.





BIENVENUE EN SCIENCE !

12 QUESTIONS pour commencer

1

La science, c'est...

- A. Une communauté de professionnels
- B. Un ensemble de faits prouvés
- C. Un ensemble d'applications (téléphones portables, fusées, vaccins, prothèses d'organes...)
- D. Une façon particulière de raisonner

3

À quoi sert la science aujourd'hui ?

- A. À produire des applications (moteurs moins polluants, armes...)
- B. À poursuivre une quête collective de sens
- C. À connaître rationnellement et collectivement le monde réel
- D. À fourir un fondement scientifique à des textes religieux.
- E. À faire de l'argent

5

Je suis chercheuse ou chercheur, j'arrive au laboratoire ...

- A. Pour démontrer mes convictions
- B. Pour prouver scientifiquement ma religion
- C. Pour tester des hypothèses
- D. Pour faire de l'argent

7

La science se construit sur les données...

- A. que le chercheur/ la chercheuse recueille
- B. dont il/elle a besoin pour prouver son idée
- C. qui sont pertinentes au regard de la question posée

2

Votre image des chercheurs scientifiques, c'est...

- A. Le génie d'Einstein
- B. Une équipe dans un laboratoire
- C. Un métier international

4

Que produit la science ?

- A. des savoirs
- B. des profits
- C. des opinions
- D. des dogmes
- E. des procédés et des applications

6

Je suis chercheuse ou chercheur, pour expliquer mes expériences ...

- A. Je peux évoquer une intelligence supérieure qui a tout fait
- B. Je peux faire intervenir des anges ou des fantômes
- C. Je peux réfléchir à des causes naturelles

8

Au laboratoire, pour réfléchir, le chercheur ou la chercheuse ...

- A. Ne fait pas de fautes de logique
- B. Peut faire autant d'hypothèses qu'il/elle veut
- C. Doit faire le minimum d'hypothèses
- D. Se met en groupe

9

Ce qui est beau dans le travail des chercheurs en sciences, c'est...

- A.** Quand les choses sont mystérieuses, cachées
- B.** Quand les choses sont incompréhensibles
- C.** Quand les choses sont expliquées
- D.** Quand il y a de l'astuce

11

Pour être un bon chercheur ou une bonne chercheuse scientifique, vous avez besoin ...

- A.** D'un porte-bonheur
- B.** D'imagination
- C.** De demander aux autres : prouvez-moi que ce que j'affirme est faux !
- D.** D'un bon réseau de relations

10

Une théorie, c'est...

- A.** Juste une idée, ce n'est pas prouvé
- B.** Des spéculations
- C.** Un cadre de travail qui connecte les faits entre eux

12

Pour me faire une opinion sur une question scientifique, j'ai confiance en ...

- A.** Mes proches (amis, voisins, parents...)
- B.** Des livres chez des éditeurs choisis
- C.** Les sites Web des institutions publiques
- D.** Les documentaires internet

Les réponses en 12 IDÉES CLÉS sur la science

1 La science, c'est ...

Réponse: **A, B, C & D**

La science est à la fois une communauté de professionnels **A**, un ensemble de faits prouvés et d'applications **B ET C**, mais aussi une façon particulière de raisonner **D**. Dans un débat, l'important est de savoir de quelle « science » on parle. Ainsi, ce n'est pas parce que certaines applications sont moralement discutables (par exemple le développement d'armes chimiques) que le raisonnement scientifique serait en lui-même à rejeter.

IDÉE CLÉ

Il faut distinguer le raisonnement scientifique des questions éthiques que les applications de la science soulèvent.

2 Votre image

des scientifiques, c'est ...

Réponse: **A, B & C**

Certes, il existe des génies en science **A**, mais ils ne seraient rien sans un collectif international de chercheurs **C**, lesquels sont le plus souvent organisés en équipes **B** dans des laboratoires.

IDÉE CLÉ

La science est avant tout un travail collectif, avec des collaborations internationales.

3 À quoi sert

la science aujourd'hui ?

Réponse: **A & C**

La science sert d'abord, à l'échelle collective, à connaître et comprendre rationnellement le monde réel **C**. Éventuellement, cette connaissance peut fonder à son tour le développement d'applications qui changent notre vie quotidienne **A**, lesquelles permettent souvent à des entreprises de faire des profits. Cependant, la science ne s'est pas construite dans ce but. En outre, aujourd'hui les résultats de la science ne sont pas obtenus pour satisfaire une quête collective de sens, ni pour asseoir une idéologie ou une religion.

IDÉE CLÉ

La science est une vaste entreprise collective de connaissance rationnelle du monde réel.

4 Que produit la science ?

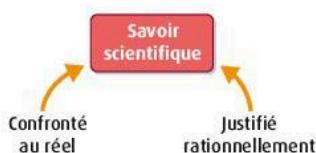
Réponse: **A, B & E**

La science en tant que démarche intellectuelle produit des savoirs **A**. Les savoirs scientifiques peuvent s'améliorer parce qu'ils se confrontent au réel et se justifient rationnellement en permanence. Ce qui les distingue des dogmes, qui sont immuables et qui n'ont pas besoin de justification rationnelle pour asseoir leur légitimité. La science en tant que

Bienvenue en science !

démarche appliquée produit des procédés et des applications [E] qui peuvent éventuellement déboucher sur des profits [B].

IDÉE CLÉ



5 Je suis chercheur ou chercheuse, j'arrive au laboratoire ...

Réponse: C

On attend des scientifiques qu'ils soient motivés par une **sincère curiosité**. Un scientifique qui teste une hypothèse [C] doit accepter l'inattendu. Si on arrivait au laboratoire avec ses certitudes de quelque nature qu'elles soient quant au résultat qui va se produire, ce ne serait plus la peine de créer une expérience. En outre, le collectif des scientifiques est autonome dans la validation des résultats et ne dépend d'aucune force politique, d'aucune idéologie ou d'aucune religion. Enfin, si le métier de chercheur est choisi, ce n'est pas le plus souvent pour «faire de l'argent» mais bien parce qu'on se sent curieux du monde.

IDÉE CLÉ

S'ils viennent au laboratoire pour tester leurs hypothèses, c'est que les chercheuses et les chercheurs ne savent pas à l'avance ce qu'ils vont découvrir. Cette **ouverture d'esprit** est indispensable pour la recherche scientifique.



6 Pour expliquer les expériences ...

Réponse: C

Les scientifiques ne font intervenir que des **causes naturelles** [C] pour interpréter et expliquer des phénomènes naturels. Il s'agit là d'un contrat qui est à l'œuvre depuis 250 ans environ. Si une intelligence supérieure capable de tout faire pouvait être évoquée dans les explications scientifiques, alors ce ne serait plus la peine de tenter une expérience. Les anges et les fantômes sont immatériels par définition. Les scientifiques ne savent ni ne peuvent travailler avec ces entités. L'accès à la connaissance objective, c'est-à-dire testable, dépend d'un **matérialisme** de la méthode de travail.

IDÉE CLÉ

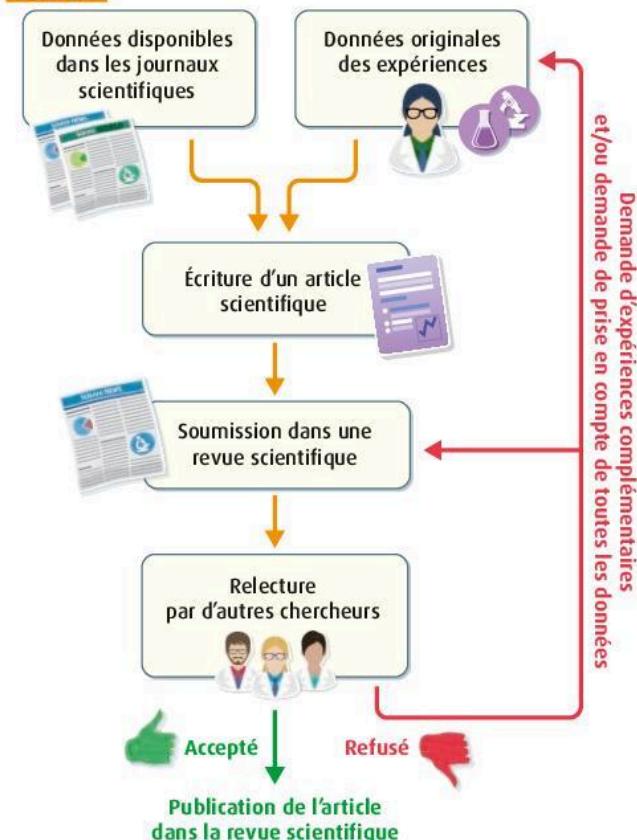
La science observe un **matérialisme méthodologique**: tout ce qui est expérimentalement accessible dans le monde réel (et qui est donc dans le champ de la science) est matériel ou d'origine matérielle.

7 La science se construit sur les données ...

Réponse: A & C

En science, il existe un principe d'**impartialité**. On ne choisit pas les données « qui nous font plaisir ». Le chercheur ou la chercheuse recueille des données originales de son expérience ainsi que toutes les données disponibles et pertinentes pour la question posée [A ET C]. S'il en oublie, les collègues le lui rappellent en empêchant la publication de ses travaux jusqu'à ce que ceux-ci tiennent compte des données oubliées. C'est l'**évaluation par les pairs** des publications scientifiques qui régule cela. En revanche, sur Internet, bien des affirmations sont permises du simple fait que leurs auteurs non scientifiques n'ont tenu compte que des données qui les arrangeaient.

IDÉE CLÉ



8 Au laboratoire, pour réfléchir ...

Réponse: A, C & D

Bien entendu, en science la **logique** est requise [A]. De plus, lorsqu'un chercheur ou une chercheuse doit choisir entre plusieurs théories, il choisit celle qui fait appel au plus petit nombre d'hypothèses non documentées [C], sinon on peut dire n'importe quoi. Cette économie en hypothèses est appelée le **principe de parcimonie**. En science, et surtout aujourd'hui, les scientifiques réfléchissent en équipe [D], et c'est là le meilleur moment du métier.

IDÉE CLÉ

Le principe de **parcimonie** est fondamental en sciences : il consiste à utiliser le minimum d'hypothèses pour expliquer une observation.

9 Ce qui est beau dans le travail des chercheurs et chercheuses en sciences, c'est...

Réponse: C & D

Les scientifiques s'émerveillent de l'astuce et de la simplicité d'une explication (C ET D). Une explication est préférée lorsqu'elle est simple et lorsque sa portée est puissante. Les publications scientifiques doivent être bien expliquées, surtout concernant la démarche de démonstration suivie, de manière à ce que d'autres scientifiques puissent vérifier ce qui est affirmé. Il s'agit d'une exigence de **transparence** dans les procédures suivies.

IDÉE CLÉ

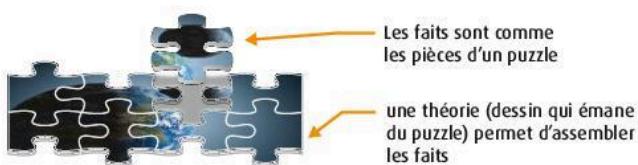
La **transparence** est indispensable en science. Elle consiste à ne rien cacher dans les méthodes de travail et les résultats des expériences réalisées.

10 Une théorie, c'est...

Réponse: C

Attention, le mot théorie n'a pas toujours le même sens dans le langage de tous les jours et le langage scientifique. Dans le langage courant, lorsque quelqu'un affirme « c'est un fait! », cela signifie que c'est indiscutables, alors que s'il dit « ce n'est qu'une théorie! », c'est pour signifier que c'est très incertain. Or ce n'est pas du tout la façon dont les scientifiques comprennent ces deux mots. Faits et théories marchent ensemble (C):

- une théorie sans faits n'est qu'une spéculation;
 - un fait a besoin d'une théorie pour être expliqué.
- Ainsi, la chute d'une pomme sur le sol s'explique par la théorie de la gravitation.



IDÉE CLÉ

Une **théorie en sciences** permet d'expliquer un ensemble de faits. Sans fait, la théorie n'est qu'une spéculation. Sans théorie, les faits ne sont pas expliqués.



11 Pour être un bon chercheur ou une bonne scientifique, vous avez besoin...

Réponse: B

Pour être un bon scientifique, il est besoin d'**imagination** (B) pour produire des idées qui seront testées, ou pour inventer des dispositifs expérimentaux. Il faut aussi être persévérant, avoir de bonnes capacités de communication et savoir travailler en équipe. En revanche, la superstition n'est pas autorisée dans ce travail collectif. Et quand la conclusion d'un chercheur est contestée par ses pairs, c'est au chercheur de prouver que sa conclusion est bel et bien exacte. En d'autres termes, la preuve est à la charge de celui qui affirme. Enfin, il peut être utile de disposer d'un bon réseau de relations, mais cela vaut en science comme dans n'importe quel autre métier.

IDÉE CLÉ

La **créativité**, la **persévérance** et le **travail en équipe** sont des clefs du métier de scientifique !

12 Pour me faire une opinion sur une question scientifique, j'ai confiance en ...

Réponse: B & C

À qui dois-je accorder ma **confiance**? Les institutions publiques de recherche (C) ont pour charge de garantir la fiabilité des contenus scientifiques. C'est un bien public, en lequel, en tant que citoyen, je peux en principe accorder ma confiance. Les livres sont publiés chez des éditeurs qui ont une ligne éditoriale : dans ce cas il faut estimer le sérieux avec lequel cette ligne traite les sciences. On peut trouver de très bons sites ou documentaires scientifiques sur Internet, mais il faut toujours vérifier les sources. Un chercheur en biologie a plus de légitimité à parler de biologie que quelqu'un qui travaille dans un tout autre domaine. La légitimité ne doit pas être confondue avec la liberté d'expression.

IDÉE CLÉ

J'accorde ma confiance à des sources que j'estime **fiables**, qui sont **légitimes** pour parler de science.

Programme ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE Terminale générale



Lien vers le BO

Objectifs généraux de formation

L'enseignement scientifique cherche à développer des compétences générales par la pratique de la réflexion scientifique. Les objectifs ci-dessous énoncés constituent une dimension essentielle de l'enseignement scientifique et ne doivent pas être négligés au profit du seul descriptif thématique. Ils sont regroupés autour de trois idées, d'ailleurs liées entre elles.

- Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration
- Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques
- Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement

ESPRIT CRITIQUE

Voir page 8

THÈME 1 – Science, climat et société

Histoire, enjeux et débats

- Les enjeux du réchauffement climatique global.
- Les acteurs des analyses climatiques: recherche et programmes mondiaux (Organisation Météorologique Mondiale, modèles climatiques); coordination (Nations-Unies); évaluation (Groupe Intergouvernemental pour l'Étude du Climat).
- Un enjeu mondial : l'océan.
- Les ressources et les utilisations de l'énergie dans le monde.
- Le trou dans la couche d'ozone : de sa découverte à des prises de décisions mondiales.

● Chapitre 1. L'atmosphère terrestre et la vie

Savoirs	Savoir-faire
Il y a environ 4,6 milliards d'années, l'atmosphère primitive était composée de N ₂ , CO ₂ et H ₂ O. Sa composition actuelle est d'environ 78 % de N ₂ et 21 % de O ₂ , avec des traces d'autres gaz (dont H ₂ O, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O). > Unité 1 Le refroidissement de la surface de la Terre primitive a conduit à la liquéfaction de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère initiale. L'hydrosphère s'est formée, dans laquelle s'est développée la vie. > Unité 1 Les premières traces de vie sont datées d'il y a au moins 3,5 milliards d'années. Par leur métabolisme photosynthétique, des cyanobactéries ont produit le dioxygène qui a oxydé, dans l'océan, des espèces chimiques réduites. Le dioxygène s'est accumulé à partir de 2,4 milliards d'années dans l'atmosphère. Unité 2 Sa concentration atmosphérique actuelle a été atteinte il y a 500 millions d'années environ. > Unité 3 Les sources et puits de dioxygène atmosphérique sont aujourd'hui essentiellement liés aux êtres vivants (photosynthèse et respiration) et aux combustions. > Unité 3 Sous l'effet du rayonnement ultraviolet solaire, le dioxygène stratosphérique peut se dissocier, initiant une transformation chimique qui aboutit à la formation d'ozone. Celui-ci constitue une couche permanente de concentration maximale située à une altitude d'environ 30 km. La couche d'ozone absorbe une partie du rayonnement ultraviolet solaire et protège les êtres vivants de ses effets mutagènes. > Unité 3 Le carbone est stocké dans plusieurs réservoirs superficiels: l'atmosphère, les sols, les océans, la biosphère et les roches. Les échanges de carbone entre ces réservoirs sont quantifiés par des flux (tonne/an). Les quantités de carbone dans les différents réservoirs sont constantes lorsque les flux sont équilibrés. L'ensemble de ces échanges constitue le cycle du carbone sur Terre. Les combustibles fossiles se sont formés à partir du carbone des êtres vivants, il y a plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'années. Ils ne se renouvellent pas suffisamment vite pour que les stocks se reconstituent: ces ressources en énergie sont dites non renouvelables. > Unité 4	Analyser des données, en lien avec l'évolution de la composition de l'atmosphère au cours des temps géologiques. > Unité 1 Déterminer l'état physique de l'eau pour une température et une pression donnée à partir de son diagramme d'état. > Unité 1 Mettre en relation la production de O ₂ dans l'atmosphère avec des indices géologiques (oxydes de fer rubanés, stromatolithes ...). > Unité 2 Ajuster les équations des réactions chimiques d'oxydation du fer par le dioxygène. > Unité 2 Interpréter des spectres d'absorption de l'ozone et de l'ADN dans le domaine ultraviolet. > Unité 3 Analyser un schéma représentant le cycle biogéochimique du carbone pour comparer les stocks des différents réservoirs et identifier les flux principaux de carbone d'origine anthropique ou non. > Unité 4
Prérequis et limites L'enjeu est de comprendre les relations étroites entre l'histoire de la Terre et celle de la vie. Sans chercher à dater précisément chaque événement, il s'agit de connaître les différentes échelles de temps concernées. Aucun développement général sur les réactions d'oxydoréduction n'est attendu.	

● Chapitre 2. La complexité du système climatique	
Savoirs	Savoir-faire
<p>Un climat est défini par un ensemble de moyennes de grandeurs atmosphériques observées dans une région donnée pendant une période donnée. Ces grandeurs sont principalement la température, la pression, le degré d'hygrométrie, la pluviométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction des vents. > Unité 1</p> <p>La climatologie étudie les variations du climat local ou global à moyen ou long terme (années, siècles, millénaires...). > Unité 1</p> <p>La météorologie étudie les phénomènes atmosphériques qu'elle prévoit à court terme (jours, semaines). > Unité 1</p> <p>La température moyenne de la Terre, calculée à partir de mesures <i>in situ</i> et depuis l'espace par des satellites, est l'un des indicateurs du climat global. Il en existe d'autres: volume des océans, étendue des glaces et des glaciers... > Unité 2</p> <p>Le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur différentes échelles de temps. Toutefois, depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du CO₂ atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement. > Unité 3</p> <p>Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1 °C). Celui-ci est la réponse du système climatique à l'augmentation du forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise) due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère: CO₂, CH₄, N₂O et vapeur d'eau principalement. > Unité 3</p> <p>Lorsque la concentration des GES augmente, l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la Terre. En retour, il en résulte une augmentation de la puissance radiative reçue par le sol de la part de l'atmosphère. Cette puissance additionnelle entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère préindustrielle. > Unité 3</p> <p>L'énergie supplémentaire associée est essentiellement stockée par les océans, mais également par l'air et les sols, ce qui se traduit par une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre et la montée du niveau des océans. > Unités 3 et 5</p> <p>L'évolution de la température terrestre moyenne résulte de plusieurs effets amplificateurs (rétroaction positive), dont:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'augmentation de la concentration en vapeur d'eau (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère; - la décroissance de la surface couverte par les glaces et diminution de l'albédo terrestre; - le dégel partiel du permafrost provoquant une libération de GES dans l'atmosphère. <p>> Unité 4</p> <p>L'océan a un rôle amortisseur en absorbant à sa surface une fraction importante de l'apport additionnel d'énergie. Cela conduit à une élévation du niveau de la mer causée par la dilatation thermique de l'eau. À celle-ci s'ajoute la fusion des glaces continentales. > Unité 5</p> <p>Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles. > Unité 5</p> <p>À court terme, un accroissement de la végétalisation constitue un puits de CO₂ et a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice). > Unité 4</p> <p>Prérequis et limites Les notions d'équilibre radiatif de la Terre et d'effet de serre atmosphérique, étudiées en classe de première, sont mobilisées. L'étude des paramètres orbitaux de la Terre et de leur influence sur le climat n'est pas au programme.</p>	<p>Distinguer sur un document des données relevant du climat d'une part, de la météorologie d'autre part. > Unité 1</p> <p>Identifier des tendances d'évolution de la température sur plusieurs échelles de temps à partir de graphiques. > Unité 1</p> <p>Identifier des traces géologiques de variations climatiques passées (pollens, glaciers). > Unité 2</p> <p>Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre atmosphérique à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques. > Unité 3</p> <p>Interpréter des documents donnant la variation d'un indicateur climatique en fonction du temps (date de vendanges, niveau de la mer, extension d'un glacier, ...). > Unité 3</p> <p>Analyser la variation au cours du temps de certaines grandeurs telles que l'augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂, la variation de température moyenne, des indicateurs de l'activité économique mondiale. > Unité 3</p> <p>Identifier les relations de causalité (actions et rétroactions) qui sous-tendent la dynamique d'un système. > Unité 4</p> <p>Réaliser et interpréter une expérience simple, mettant en évidence la différence d'impact entre la fusion des glaces continentales et des glaces de mer. > Unité 5</p> <p>Estimer la variation du volume de l'océan associée à une variation de température donnée, en supposant cette variation limitée à une couche superficielle d'épaisseur donnée. > Unité 5</p>
● Chapitre 3. Le climat du futur	
Savoirs	Savoir-faire
<p>Les modèles climatiques s'appuient sur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la mise en équations des mécanismes essentiels qui agissent sur le système Terre; - des méthodes numériques de résolution. > Unité 1 <p>Les résultats des modèles sont évalués par comparaison aux observations <i>in situ</i> et spatiales ainsi qu'à la connaissance des paléoclimats. > Unité 2</p> <p>Ces modèles, nombreux et indépendants, réalisent des projections climatiques. Après avoir anticipé les évolutions des dernières décennies, ils estiment les variations climatiques globales et locales à venir sur des décennies ou des siècles. > Unités 1 à 3</p>	<p>Mettre en évidence le rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci, ou par la lecture de graphiques. > Unités 1 et 2</p>

Savoirs	Savoir-faire
<p>L'analyse scientifique combinant observations, éléments théoriques et modélisations numériques permet aujourd'hui de conclure que l'augmentation de température moyenne depuis le début de l'ère industrielle est liée à l'activité humaine: CO₂ produit par la combustion d'hydrocarbures, la déforestation, la production de ciment; CH₄ produit par les fuites de gaz naturel, la fermentation dans les décharges, certaines activités agricoles. > Unités 4 et 5</p> <p>Les modèles s'accordent à prévoir, avec une forte probabilité d'occurrence, dans des fourchettes dépendant de la quantité émise de GES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - une augmentation de 1,5 à 5 °C de la température moyenne entre 2017 et la fin du xxI^e siècle ; - une élévation du niveau moyen des océans entre le début du xxI^e siècle et 2100 pouvant atteindre le mètre; - des modifications des régimes de pluie et des événements climatiques extrêmes; - une acidification des océans; - un impact majeur sur les écosystèmes terrestres et marins. > Unité 6 	Exploiter les résultats d'un modèle climatique pour expliquer des corrélations par des liens de cause à effet. > Unités 4 et 5
<p>Prérequis et limites</p> <p>Les notions déjà connues sur la photosynthèse et les écosystèmes sont mobilisées. Les équations mathématiques utilisées dans les modèles climatiques ne sont pas évoquées.</p>	
<p>● Chapitre 4. Énergie, choix de développement et futur climatique</p> <p>L'énergie utilisée dans le monde provient d'une diversité de ressources parmi lesquelles les combustibles fossiles dominent. > Unité 2</p> <p>La consommation en est très inégalement répartie selon la richesse des pays et des individus. > Unité 1</p> <p>La croissance de la consommation globale (doublement dans les 40 dernières années) est directement liée au modèle industriel de production et de consommation des sociétés. > Unité 1</p> <p>En moyenne mondiale, cette énergie est utilisée à parts comparables par le secteur industriel, les transports, le secteur de l'habitat et dans une moindre mesure par le secteur agricole. > Unité 1</p> <p>Les énergies primaires sont disponibles sous forme de stocks (combustibles fossiles, uranium) et de flux (flux radiatif solaire, flux géothermique, puissance gravitationnelle à l'origine des marées). > Unité 1</p>	<p>Utiliser les différentes unités d'énergie employées (Tonne Équivalent Pétrole (TEP), kWh...) et les convertir en joules – les facteurs de conversion étant fournis. > Unité 1</p> <p>Exploiter des données de production et d'utilisation d'énergie à différentes échelles (mondiale, nationale, individuelle...). > Unités 1 et 2</p> <p>Comparer quelques ordres de grandeur d'énergie et de puissance : corps humain, objets du quotidien, centrale électrique, flux radiatif solaire... > Unité 1</p>
<p>La combustion de carburants fossiles et de biomasse libère du dioxyde de carbone et également des aérosols et d'autres substances (N₂O, O₃, suies, produits soufrés), qui affectent la qualité de l'air respiré et la santé. > Unité 3</p>	<p>Calculer la masse de dioxyde de carbone produite par unité d'énergie dégagée pour différents combustibles (l'équation de réaction et l'énergie massique dégagée étant fournies). > Unité 1</p> <p>À partir de documents épidémiologiques, identifier et expliquer les conséquences sur la santé de certains polluants atmosphériques, telles les particules fines résultant de combustions. > Unité 3</p>
<p>L'empreinte carbone d'une activité ou d'une personne est la masse de CO₂ produite directement ou indirectement par sa consommation d'énergie et/ou de matière première. > Unité 4</p>	<p>Comparer sur l'ensemble de leur cycle de vie les impacts d'objets industriels (par exemple, voiture à moteur électrique ou à essence). > Unité 4</p> <p>À partir de documents, analyser l'empreinte carbone de différentes activités humaines et proposer des comportements pour la minimiser ou la compenser. > Unité 4</p>
<p>Les scénarios de transition écologique font différentes hypothèses sur la quantité de GES émise dans le futur. Ils évaluent les changements prévisibles, affectant les écosystèmes et les conditions de vie des êtres humains, principalement les plus fragiles. > Unité 5</p> <p>Les projections fournies par les modèles permettent de définir les aléas et peuvent orienter les prises de décision. Les mesures d'adaptation découlent d'une analyse des risques et des options pour y faire face. > Unité 5</p>	<p>Analyser l'impact de l'augmentation du CO₂ sur le développement de la végétation. > Unité 5</p> <p>Analyser des extraits de documents du GIEC ou d'accords internationaux proposant différents scénarios. > Unité 5</p>

Prérequis et limites

Les notions de formes et de transfert d'énergie, ainsi que celle de puissance, déjà connues, sont mobilisées. La notion de risques naturels étudiée au collège et en classe de seconde (SVT) est convoquée.

THÈME 2 – Le futur des énergies

Histoire, enjeux et débats

- L'essor de l'électromagnétisme au xix^e siècle.
- Einstein et les quanta.
- Aspects historiques de la distribution d'énergie électrique.
- Les combustibles alternatifs à empreinte carbone réduite.
- Les enjeux de l'utilisation de l'énergie nucléaire : de la fission à la fusion contrôlée.
- Les accumulateurs électrochimiques dans la société.

● Chapitre 5. Deux siècles d'énergie électrique

Savoirs

Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction électromagnétique découvert par Faraday puis théorisé par Maxwell au xix^e siècle. > Unité 1
Ils réalisent une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique avec un rendement potentiellement très proche de 1. > Unité 2

Au début du xx^e siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle à travers la vision quantique qui introduit un comportement probabiliste de la nature. Le caractère discret des spectres de raies d'émission des atomes s'explique de cette façon. > Unité 3

L'exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs, en particulier du silicium, en est également une conséquence. > Unité 4

Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques. Ceux-ci absorbent l'énergie radiative et la convertissent en énergie électrique.
> Unité 4

Savoir-faire

Reconnaître les éléments principaux d'un alternateur (source de champ magnétique et fil conducteur mobile) dans un schéma fourni.
> Unité 1

Analyser les propriétés d'un alternateur modèle étudié expérimentalement en classe.
> Unité 2

Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer.
> Unité 2

Interpréter et exploiter un spectre d'émission atomique. > Unité 3

Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre solaire pour décider si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque. > Unité 4

Tracer la caractéristique $i(u)$ d'une cellule photovoltaïque et exploiter cette représentation pour déterminer la résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée.
> Unité 4

Prérequis et limites

Les spectres de raies d'émission atomiques ainsi que les notions de caractéristique $i(u)$ et de point de fonctionnement d'un dipôle électrique, déjà connues, sont utilisés. La loi de Faraday est hors programme.

● Chapitre 6. Les atouts de l'électricité

Savoirs

Trois méthodes permettent d'obtenir de l'énergie électrique sans nécessiter de combustion :

- la conversion d'énergie mécanique, soit directe (dynamos, éoliennes, hydroliennes, barrages hydroélectriques), soit indirecte à partir d'énergie thermique (centrales nucléaires, centrales solaires thermiques, géothermie); > Unités 1 et 2
- la conversion de l'énergie radiative reçue du Soleil (panneaux photovoltaïques); > Unité 2
- la conversion électrochimique (piles ou accumulateurs conventionnels, piles à hydrogène). > Unité 3

Ces méthodes sans combustion ont néanmoins un impact sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollution chimique, déchets radioactifs, accidents industriels...). > Unité 4

Pour faire face à l'intermittence liée à certains modes de production ou à la consommation, l'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable :

- énergie chimique (accumulateurs);
- énergie potentielle (barrages);
- énergie électromagnétique (supercapacités). > Unité 5

Savoir-faire

Décrire des exemples de chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir de différentes ressources primaires d'énergie. > Unités 1 à 3

Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie. > Unité 2

Analyser des documents présentant les conséquences de l'utilisation de ressources géologiques (métaux rares, etc.). > Unité 4

Comparer différents dispositifs de stockage d'énergie selon différents critères (masses mises en jeu, capacité et durée de stockage, impact écologique). > Unité 5

Prérequis et limites

Les lois de l'électricité, les notions d'énergie et de puissance électriques ainsi que celles d'énergie cinétique et potentielle, déjà rencontrées, sont mobilisées. Aucune expression d'énergie stockée par un système donné n'est exigible.

● Chapitre 7. Optimisation du transport de l'électricité

Savoirs

Au cours du transport, une partie de l'énergie électrique, dissipée dans l'environnement par effet Joule, ne parvient pas à l'utilisateur. L'utilisation de la haute tension dans les lignes électriques limite les pertes par effet Joule, à puissance transportée fixée.
► Unité 1

Un réseau de transport électrique peut être modélisé mathématiquement par un graphe orienté dont les arcs représentent les lignes électriques et dont les sommets représentent les sources distributrices, les nœuds intermédiaires et les cibles destinatrices.
► Unité 2

Dans ce modèle, l'objectif est de minimiser les pertes par effet Joule sur l'ensemble du réseau sous les contraintes suivantes :

- l'intensité totale sortant d'une source est limitée par la puissance maximale distribuée;
- l'intensité totale entrant dans chaque nœud intermédiaire est égale à l'intensité totale qui en sort;
- l'intensité totale arrivant à chaque cible est imposée par la puissance qui y est utilisée.
► Unité 2

Prérequis et limites

Les relations quantitatives associées à l'effet Joule sont connues pour le courant continu. Elles sont admises ou fournies pour le courant alternatif. La notion de facteur de puissance est hors programme.

La notion de graphe, abordée dans l'enseignement de sciences numériques et technologie de seconde, est ici mobilisée. Il convient d'insister sur la différence entre les deux types de modèles introduits dans ce sous-thème, le modèle de circuit électrique et le modèle mathématique de graphe.

Les connaissances sur les fonctions sont mobilisées.

● Chapitre 8. Choix énergétiques et impacts sur les sociétés

Savoirs

- Pour que soit mise en œuvre une adaptation efficace aux changements inéluctables et qu'en soit atténué l'impact négatif, les choix énergétiques supposent une compréhension globale du système Terre. ► Unités 1 et 4
- Ces choix doivent tenir compte de nombreux critères et paramètres : disponibilité des ressources et adéquation aux besoins, impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), vulnérabilités et gestion des risques, faisabilité, conséquences économiques et sociales. L'analyse de ces éléments de décision conduit le plus souvent à une recherche de diversification ou d'évolution des ressources (mix énergétique). ► Unités 1, 4, 5 et 6
- Les durées longues, liées à l'inertie de certains systèmes (infrastructures énergétiques, transports, production industrielle), sont à confronter à l'urgence de l'action. ► Unités 2, 5 et 6
- La transition écologique des sociétés repose sur la créativité scientifique et technologique, ► Unité 3 comme sur l'invention de nouveaux comportements individuels et collectifs (consommations, déplacements, relations Nord-Sud). ► Unités 5 et 6

Prérequis et limites

Ce sous-thème est l'occasion de mettre en perspective l'ensemble des thématiques abordées dans les thèmes 1 et 2. La notion de risques naturels étudiée au collège et en classe de seconde (SVT) est mobilisée. À travers la diversité des exemples, les élèves comprennent l'unité du concept d'énergie.

Savoir-faire

Faire un schéma d'un circuit électrique modélisant une ligne à haute tension. Utiliser les formules littérales reliant la puissance à la résistance, l'intensité et la tension pour identifier l'influence de ces grandeurs sur l'effet Joule. ► Unité 1

Modéliser un réseau de distribution électrique simple par un graphe orienté. Exprimer mathématiquement les contraintes et la fonction à minimiser. ► Unité 2

Sur l'exemple d'un réseau comprenant uniquement deux sources, un nœud intermédiaire et deux cibles, formuler le problème de minimisation des pertes par effet Joule et le résoudre pour différentes valeurs numériques correspondant aux productions des sources et aux besoins des cibles. ► Unité 2

Savoir-faire

Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire. ► Unités 1 et 2

Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés. ► Unités 5 et 6

**Objectifs thématiques
du thème 3, voir p. 330**