



INSPE Académie de Limoges
Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation
Second degré
Sciences physique et chimiques

2022/2024

Énergie et société : Enjeux énergétiques - Modèles de transition énergétique et éducation

Alixia ALBA

Mémoire encadré par

M. Bruno LUCAS

Maitre de conférences à l'université de Limoges



Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier mon encadrant, Monsieur Bruno LUCAS, ainsi que mon relecteur, Monsieur Fabien REMONDIERE, pour leur disponibilité, leurs explications précises et leurs précieux conseils méthodologiques qui m'ont guidé tout au long de ce travail de recherche.

J'adresse également mes remerciements à ma tutrice de stage, Madame Nathalie LACORRE-CHUETTE, qui a eu la gentillesse de mettre en œuvre mon expérimentation pédagogique auprès de trois de ses classes de terminale « enseignements scientifiques » que je n'avais pas le privilège de côtoyer lors de mes périodes de stage.

Je remercie les enseignants du Master MEEF Physique-Chimie de l'INSPE de Limoges ainsi que Madame Isabelle MADRANGE pour leurs propositions et retours constructifs lors des séminaires de recherche.

Enfin, je tiens à remercier mes parents pour leurs multiples relectures au cours de ce travail de recherche.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Table des matières

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduction | 6 |
| 1. Présentation de la problématique | 7 |
| 2. Les modèles de transition énergétique | 10 |
| 2.1. Effet de serre et réchauffement climatique | 10 |
| 2.2. Le cycle du carbone | 11 |
| 2.3. L'objectif de +2.1 °C d'augmentation en 2100 | 14 |
| 2.3.1. D'où vient cet objectif ? | 14 |
| 2.3.2. Durabilité de l'objectif | 15 |
| 2.4. Les 4 scénarios français | 16 |
| 2.4.1. Génération frugale | 16 |
| 2.4.2. Coopérations territoriales | 19 |
| 2.4.3. Technologies vertes | 21 |
| 2.4.4. Pari réparateur | 24 |
| 3. Méthodologie et protocole de recherche envisagé | 29 |
| 3.1. Idée générale de l'expérimentation | 29 |
| 3.2. Choix du niveau scolaire | 29 |
| 3.2.1. Pourquoi la classe de terminale enseignement scientifique ? | 29 |
| 3.2.2. Étude du programme d'enseignement scientifique de terminale générale et technologique | 30 |
| 4. Mise en place du protocole de recherche et analyse des résultats | 31 |
| 4.1. Questionnaire utilisé pour le protocole de recherche | 31 |
| 4.2. Analyse et exploitation des résultats pour chaque classe interrogée | 32 |
| 4.2.1. Classe numéro une | 32 |
| 4.2.2. Classe numéro deux | 33 |
| 4.2.3. Classe numéro trois | 34 |
| 5. Proposition pédagogique | 34 |
| 5.1. Activité 1 - Étude documentaire : un cas théorique – Alimentation d'une partie de l'éclairage d'un stade de foot communal et d'une salle de spectacle par des énergies renouvelables. | 36 |
| 5.2. Activité 2 - Étude documentaire : un cas concret – l'île d'El Hierro | 36 |
| Conclusion | 37 |
| Références bibliographiques | 38 |
| Annexes | 39 |

Table des illustrations

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Schéma simplifié du phénomène d'effet de serre | 10 |
| Figure 2 : Cycle global du carbone | 12 |
| Figure 3 : Évolution annuelle depuis 1960 des émissions anthropiques de CO ₂ , du taux d'accroissement de CO ₂ atmosphérique, et des puits océaniques et continentaux..... | 13 |
| Figure 4 : Courbes extraites du rapport du GIEC n°5 - page 456..... | 15 |
| Figure 5 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour le 1 ^{er} scénario | 18 |
| Figure 6 : Bilan des émissions de CO ₂ entre 2015 et 2050 pour le 1 ^{er} scénario | 18 |
| Figure 7 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour de 2 nd scénario ... | 20 |
| Figure 8 : Bilan des émissions de CO ₂ entre 2015 et 2050 pour le 2 nd scénario | 21 |
| Figure 9 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour de 3 ^{ème} scénario | 23 |
| Figure 10 : Bilan des émissions de CO ₂ entre 2015 et 2050 pour le 3 ^{ème} scénario..... | 23 |
| Figure 11 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour de 4 ^{ème} scénario | 25 |
| Figure 12 : Bilan des émissions de CO ₂ entre 2015 et 2050 pour le 4 ^{ème} scénario..... | 25 |
| Figure 13 : Comparaison énergétique des 4 scénarios..... | 26 |
| Figure 14 : Comparaison des puits biologiques pour les 4 scénarios..... | 27 |
| Figure 15 : Répartition des élèves dans les groupes pour la classe n°1. | 33 |
| Figure 16 : Répartition des élèves dans les groupes pour la classe n°2. | 33 |
| Figure 17 : Répartition des élèves dans les groupes pour la classe n°3. | 34 |
| Figure 18 : Le réservoir supérieur de la centrale électrique de Gorona sur l'île espagnole d'El Hierro. AFP/DESIREE MARTIN | 56 |

Introduction

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du travail encadré d'initiation à la recherche du Master MEEF Second degré en Physique-Chimie. Il présente la problématique, la réponse théorique et la méthodologie de recherche dans l'éducation associées au sujet : « Modèles de transition énergétique et éducation ».

Le terme « énergie » vient du grec ancien « énergeia » qui signifie « la force en action ». C'est Aristote qui a mis en évidence ce concept qui n'a cessé d'évoluer au cours du temps. En effet, la notion d'énergie est tout à fait paradoxale, elle a envahi notre vie quotidienne ; personne ne peut la définir d'une manière simple. Elle permet par exemple de se chauffer, de cuire des aliments, de se déplacer, de faire fonctionner des machines, de fabriquer des matériaux, d'avoir de l'électricité pour tous ces usages...

Ce sujet de recherche a pour objectif d'identifier les modèles énergétiques de demain permettant de respecter l'objectif de +2,1 °C en 2100 et de fournir un état des lieux du positionnement et des connaissances que possèdent les élèves de terminale enseignement scientifique en amont du cours sur l'énergie.

Pour ce faire, ce rapport de recherche présentera la problématique étudiée, qui restreint le sujet aux modèles énergétiques français permettant de respecter l'augmentation de température de +2,1 °C en 2100. C'est pourquoi on mettra en avant le calcul de ce seuil, les différents modèles identifiés dans la littérature spécialisée ainsi que la méthodologie et le protocole de recherche envisagés pour effectuer une expérimentation dans les classes.

1. Présentation de la problématique

De notre point de vue, on pourrait penser que l'homme a commencé à se préoccuper du changement climatique dans les années 1980. Et en effet, avant ces années-là, il n'y a pas de réels consensus scientifiques sur l'origine du changement climatique et il faut attendre les années 2000 pour que les sphères civiles et politiques se penchent sur la question.

Cependant, si l'on regarde attentivement l'homme s'intéresse au climat depuis bien plus longtemps. Dès la fin du XVe siècle, Christophe COLOMB observe les premiers impacts de l'homme sur le climat. Il remarque qu'une modification de l'environnement change le climat du lieu dans le temps.

Au XVIe et XVIIe siècles, les recherches sur le climat se font de plus en plus importantes, en 1660 sont réalisés, en France, les premiers enregistrements météorologiques réguliers, mais ces enregistrements ne seront étudiés de façon rétrospective que dans les années 1770, ce qui marquera la naissance de la climatologie.

Les premières inquiétudes, quant au changement climatique, surviennent en 1666, Henry STUBBE, un médecin anglais installé en Jamaïque constate que le climat de son île a changé à la suite de la déforestation intensive. Ce constat sera une nouvelle fois établi au Venezuela par le naturaliste Alexander VON HUMBOLDT et il sera le premier à parler de dommage causé par l'homme sur le climat. Les premières « catastrophes climatiques » surviennent au début du XIXe siècle, notamment avec l'éruption du volcan Tambora en Indonésie qui provoquera un hiver volcanique conduisant à de nombreuses famines en Chine et en Inde et à la mort de plus de 90 000 personnes.

Ces événements ramènent au premier plan les inquiétudes sur le changement climatique. Le physicien français Joseph FOURIER découvre l'effet de serre en 1824, mais le phénomène ne sera prouvé qu'en 1856 par la chercheuse américaine Eunice FOOTE. Elle découvre que le dioxyde de carbone (CO₂) a une grande capacité à retenir la chaleur et le chercheur suédois Arrhenius SVANTE mettra en évidence la contribution du CO₂ dans l'effet de serre.

Avec l'industrialisation, la lutte et les recherches sur le climat passent au second plan de la société et ce jusque dans les années 1950 où il y a une prise de conscience de l'ampleur du problème.

C'est la publication d'un article¹ par Roger REVELLE et Hans SUESS sur l'accumulation du CO₂ dans l'atmosphère qui va relancer la recherche, et ce, de façon accélérée :

¹ Revelle R, Suess HE. Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades. *Tellus*. 1957;9(1):18-27. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.2153-3490.1957.tb01849.x>

- 1958 : Premières mesures du taux de CO₂ dans l'atmosphère par Charles KEELING
- 1970 : Les observations de KEELING mettent en évidence une augmentation croissante du taux de CO₂ dans l'atmosphère. La courbe de KEELING se posera comme point d'alerte sur la contribution anthropique à l'effet de serre.
- 1975 : Création de l'expression réchauffement climatique par Wallace BROECKER lors de la publication d'un article dans la revue Science².
- 1979 : L'académie nationale des sciences des États-Unis publie un rapport qui indique qu'un doublement de la concentration de CO₂ entraînerait une augmentation de la température à la surface de la Terre de 1,5 à 4,5 °C.
- 1987 : Découverte de l'existence du trou dans la couche d'ozone.
- 1988 : Création du GIEC (Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat).
- 1990 : Publication du premier rapport du GIEC prouvant l'existence du réchauffement climatique et la contribution des activités humaines dans le phénomène d'effet de serre.
- 1992 : Premier sommet mondial (à Rio) concernant le changement climatique.

À partir de là, le GIEC a publié quatre autres rapports et de nombreuses autres conférences pour le climat ont eu lieu. Mais ce n'est qu'en 2015 lors de la conférence de Paris sur les changements climatiques, en France, qu'un accord est trouvé pour maintenir l'augmentation moyenne de la température en dessous de 2 °C et pour atteindre une neutralité carbone et diviser par deux la consommation d'énergie finale d'ici 2050.

L'ensemble de la population et en particulier les jeunes sont sensibilisés aux changements climatiques, afin qu'ils puissent comprendre l'importance de l'impact de l'homme et qu'ils puissent à leur échelle changer les choses.

Dans ce contexte, il est intéressant de se soucier de la façon dont les élèves, sur le point d'entrer dans la société en tant qu'adultes, se positionnent vis-à-vis de la transition énergétique et du changement climatique. La problématique à laquelle va répondre ce travail de recherche est la suivante :

Quels sont les scénarios français visant à respecter l'augmentation moyenne de +2,1 °C en 2100 et quel positionnement adoptent les élèves de terminale vis-à-vis de la transition énergétique ?

² Broecker WS. Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? Science, New Series. 1975;189(4201):460-3. <http://www.jstor.org/stable/1740491>

Afin d'apporter des réponses à cette problématique, il est judicieux de s'intéresser aux causes du réchauffement climatique en expliquant ce que sont l'effet de serre et le cycle du carbone avant de se questionner sur cette limite de +2,1 °C afin de comprendre d'où elle vient, et quel est son impact sur le changement climatique.

Dans un second temps, nous présenterons, sur la base d'un état de l'art non exhaustif de la bibliographie, les quatre scénarios français concernant le respect de l'augmentation de la température de +2,1 °C.

Enfin, la dernière partie de ce rapport portera sur la méthodologie envisagée et le protocole de recherche qui sera mis en œuvre en Master 2 sur le terrain auprès des élèves. Cette recherche repose avant tout sur un questionnaire permettant de mener une enquête concernant le positionnement des élèves de terminale vis-à-vis de la transition énergétique et du changement climatique. Les résultats de cette enquête feront alors l'objet d'une analyse permettant d'identifier les aspects de la transition énergétique qui nécessitent des éclaircissements.

L'enjeu est de proposer des activités offrant des solutions concrètes à une population souvent démunie face à un constat alarmant et dramatique de l'évolution du climat. Population qui à l'heure actuelle souhaite pouvoir agir dans le bon sens, mais qui manque cruellement de solutions et d'actions concrètes pour rendre possible la lutte contre le dérèglement climatique et la mise en place d'un nouveau modèle de société : pas de transition énergétique sans transition sociétale.

2. Les modèles de transition énergétique

Dans cette partie, on se propose de décrire ce qu'est l'effet de serre et à quoi correspond le cycle du carbone. Dans un deuxième temps, on se propose d'expliquer l'origine de l'objectif de +2,1 °C d'augmentation en 2100. Enfin, nous nous intéresserons aux quatre scénarios français de transition énergétique.

2.1. Effet de serre et réchauffement climatique

Le maintien de la chaleur émise par le soleil, et donc de la température (15 °C en moyenne à l'année), à la surface de la terre est un phénomène naturel qui porte le nom d'**effet de serre**. Ce phénomène présent, naturellement, est cependant amplifié par un effet de serre additionnel responsable de nombreux changements climatiques et qui est provoqué par les activités humaines. Sans la présence de l'effet de serre, la température à la surface de la Terre ne dépasserait pas les -19 °C.

Le phénomène d'effet de serre naturel correspond à la retenue et au renvoi d'une partie des rayons émis par le soleil par les gaz présents dans l'atmosphère. En effet, le soleil émet un rayonnement énergétique qui entre en contact avec l'atmosphère. Une partie de ce rayonnement est réfléchiée par l'atmosphère, les nuages et autres vers l'espace (2), il s'agit de l'effet d'albédo. Tandis que la seconde partie du rayonnement traverse l'atmosphère pour atteindre la surface de la terre (1). Le rayonnement est alors absorbé par le sol et les océans, contribuant ainsi à leurs réchauffements (3). Au cours de la nuit, la surface terrestre émet une énergie rayonnante (rayon infrarouge) en direction de l'atmosphère (4) pour être soit renvoyée dans l'espace (5), soit réfléchiée par l'atmosphère et renvoyée vers la terre (6).

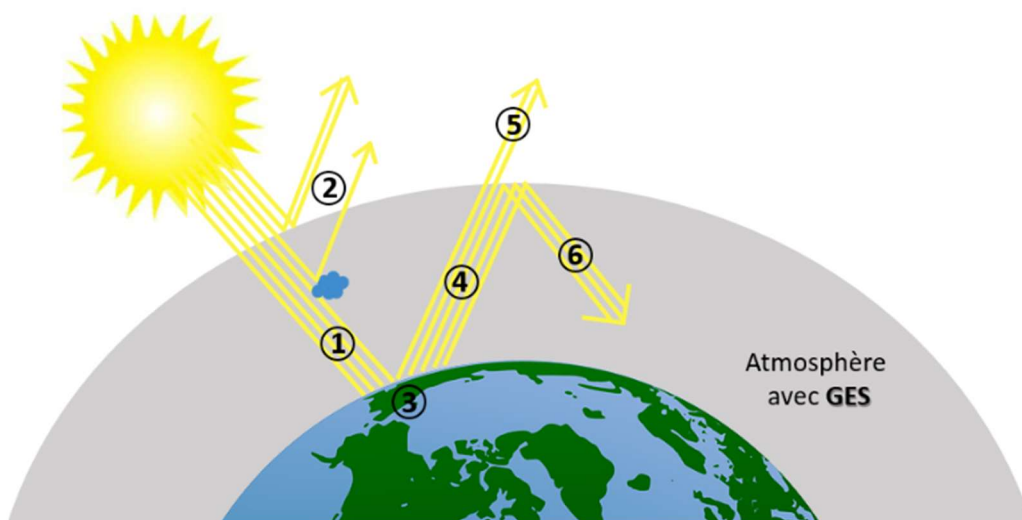


Figure 1 : Schéma simplifié du phénomène d'effet de serre

Sources : <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/l-effet-de-serre-s1353>

Ce sont les gaz à effet de serre (GES) qui permettent la réflexion et l'absorption du rayonnement solaire. Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau (H₂O), le méthane (CH₄), l'oxyde de diazote (N₂O₂), l'ozone (O₃) et le dioxyde de carbone (CO₂). L'effet de serre additionnel causé par les activités humaines repose essentiellement sur ce dernier gaz. L'effet de serre est évalué grâce au bilan radiatif terrestre. Ce bilan quantifie l'énergie reçue et perdue au niveau du sol, des océans et de l'atmosphère. Lorsque le bilan radiatif est nul (énergie absorbée = énergie réémise), la température moyenne à la surface de la terre reste stable. Si le bilan radiatif n'est pas nul, alors c'est qu'il existe une différence entre la quantité d'énergie reçue et la quantité d'énergie émise par la terre. Cet écart est appelé forçage radiatif. Si le forçage radiatif est positif alors la terre tend à se réchauffer, à contrario, si le forçage radiatif est négatif alors la température diminue. Le calcul du forçage radiatif prend en compte la concentration de dioxyde de carbone au sommet de la troposphère³ ainsi qu'une concentration de référence correspondant la plupart du temps au seuil de l'ère préindustrielle de 280 ppm(v)⁴. De fait, l'augmentation du taux de CO₂, dégagé par les activités humaines, augmente la valeur du forçage radiatif, confirmant ainsi son implication dans l'augmentation du phénomène d'effet de serre et donc son implication dans le réchauffement climatique ; aujourd'hui, on a dépassé les 400 ppm.

2.2. Le cycle du carbone

L'ensemble des échanges de carbone sur la planète correspond à un cycle biogéochimique appelé cycle du carbone.

Il existe, dans la nature, deux catégories de carbone. Le carbone organique qui est relatif à tout ce qui est du vivant et qui dans la composition des molécules est lié à d'autres carbones, à l'hydrogène, à l'azote ou au phosphore. La seconde sorte de carbone est le carbone dit « inorganique ». Il est associé aux composés qui ne sont pas du vivant et n'ont pas été du vivant tel que le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) ou le calcaire (CaCO₃).

Le schéma suivant décrit le cycle global du carbone et les flux entre la lithosphère (sédiments et roches), l'hydrosphère (Les océans), la biosphère (matière organique des plantes et animaux) et l'atmosphère. Ces quatre sphères correspondent au plus important réservoir de CO₂ de la terre, on les appelle aussi puits de carbone. Le schéma met également en évidence les capacités des puits pour le captage du CO₂ et du méthane (CH₄). Ces capacités sont

³ Le forçage radiatif est calculé au sommet de la troposphère et il est exprimé en watts par mètre carré (W/m²)

⁴ Les concentrations s'expriment en parties par million en volume. Cela correspond à une fraction volumique : 1 ppm(v) = 1 µL/L

exprimées en Gt_c (gigatonnes en équivalent carbone = milliards de tonnes métriques de carbone).

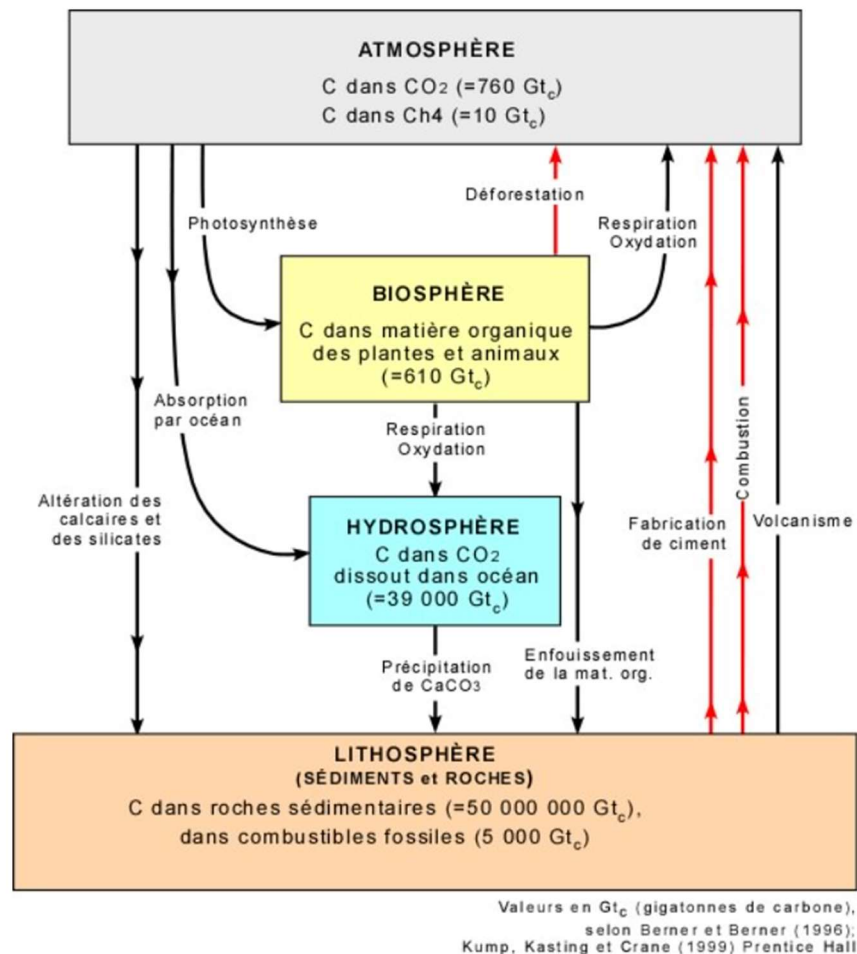


Figure 2 : Cycle global du carbone

Source : <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/cycle.carbone.html>

Pour ce qui est des flux, on estime que le temps de résidence⁵ d'un atome de carbone est de 4 ans dans l'atmosphère, de 11 ans dans la biosphère, 385 ans dans l'hydrosphère superficielle (0 à 100 m de profondeur), de plus de 100 milliers d'années dans l'océan profond et environ 200 milliers d'années dans la lithosphère. Cette évaluation des flux de CO_2 échangés est essentielle pour déterminer le rôle des océans et des continents dans le bilan carbone planétaire. Lorsque l'on étudie les chiffres plus en profondeur, on se rend compte que la quantité de CO_2 qui augmente dans l'atmosphère est inférieure aux quantités émises par les activités humaines. Cette différence correspond à ce qui a été absorbé par les océans, la végétation et les sols.

⁵ Le temps de résidence correspond à la masse du réservoir divisée par le flux entrant (ou sortant, puisqu'il s'agit du même).

Les activités humaines dites « anthropiques » ont mené à un bouleversement du cycle du carbone. Les émissions de CO₂ anthropiques ont été calculées à partir de statistiques énergétiques et on constate une augmentation de 4 et 5 PgC/an⁶ (pétaagramme de carbone par an) dans les années 1980 à 8,7 PgC/an en 2008. La première conséquence de cette augmentation est un accroissement de l'effet de serre accompagné d'un changement climatique. La seconde répercussion concerne la géochimie dans les océans avec une acidification notable de l'eau entraînant la disparition de plusieurs espèces aquatiques. Ces changements globaux de la géochimie impactent également la végétation. Le tout génère donc de nombreux changements écologiques.

Le graphique suivant représente l'évolution annuelle depuis 1960 des émissions anthropiques de CO₂ (combustibles fossiles et déforestation, en rouge), du taux d'accroissement de CO₂ atmosphérique (violet), et des puits océaniques (bleu) et continentaux (vert) :

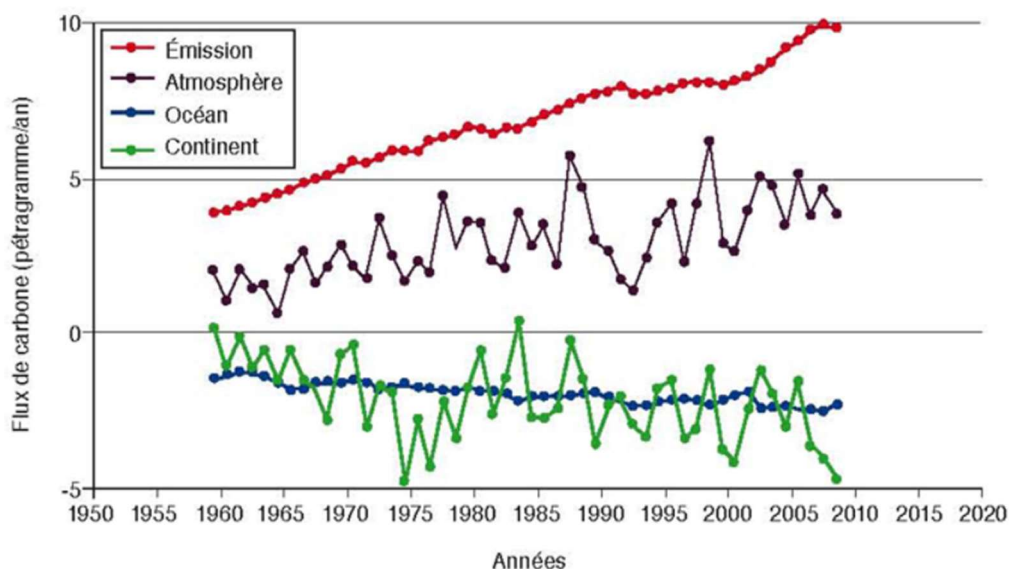


Figure 3 : Évolution annuelle depuis 1960 des émissions anthropiques de CO₂, du taux d'accroissement de CO₂ atmosphérique, et des puits océaniques et continentaux.

Source :

<https://books.openedition.org/editions-cnrs/11472?lang=fr#:~:text=La%20cons%C3%A9quence%20directe%20des%20C3%A9missions,qui%20g%C3%A9n%C3%A8re%20un%20changement%20C3%A9cologique.>

Ce graphique permet de mettre en évidence que les puits de carbone (océans et continents) ne sont pas suffisamment efficaces pour pouvoir endiguer l'augmentation des émissions de CO₂. De fait, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, le phénomène d'effet de serre et inévitablement le réchauffement climatique augmentent.

⁶ 1 PgC = 10¹⁵ gC (gramme de carbone)

Il est important de retenir que le bouleversement du cycle du carbone permet de voir que l'impact de l'effet de serre ne s'arrête pas uniquement au réchauffement climatique de la planète, mais il touche aussi les ressources et l'environnement.

Le phénomène d'effet de serre et le cycle du carbone sont intrinsèquement liés l'un à l'autre et il est extrêmement important de préserver les puits de carbone afin de pouvoir un peu limiter les dégâts engendrés par l'augmentation du taux de CO₂.

2.3. L'objectif de +2.1 °C d'augmentation en 2100

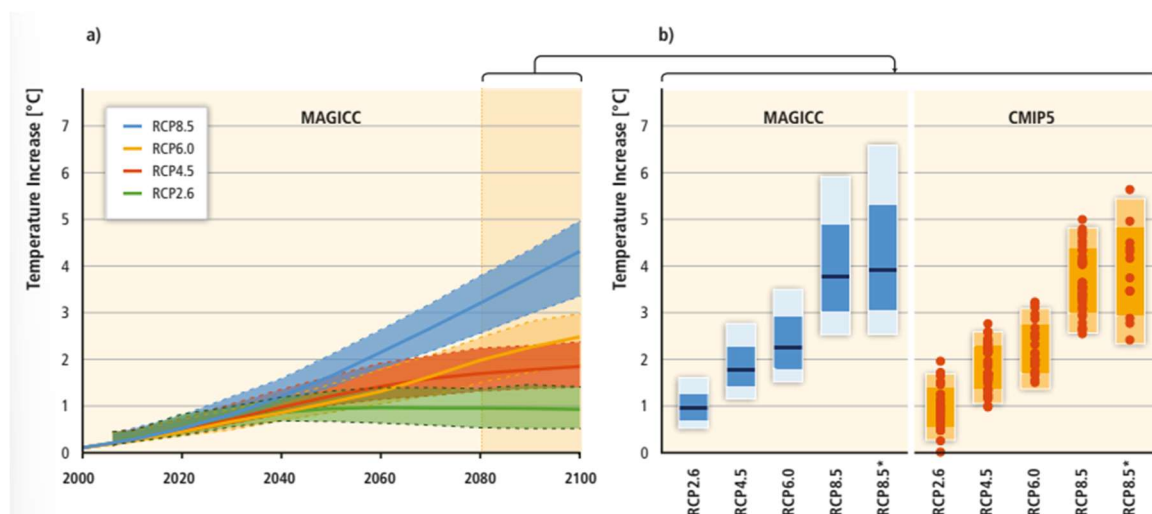
2.3.1. D'où vient cet objectif ?

Comme nous l'avons vu lors de la présentation de la problématique, l'objectif de +2,1 °C a été posé lors de la ratification de l'accord de Paris en 2015. Cependant, il est intéressant de se demander comment cette limite a été fixée.

Cette limite appartient à l'un des quatre scénarios représentatifs appelés RCP (representative concentration pathways) développés par les équipes de recherche du GIEC. Un scénario RCP permet de modéliser le climat futur.

Les scénarios d'évolutions futures tiennent compte des principaux facteurs du développement humain qui agissent sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) ainsi que de notre capacité à réagir au changement climatique. Le GIEC a mis au point quatre scénarios de trajectoire de forçage radiatif jusqu'à l'horizon 2100 ; ces scénarios RCP atteignant chacun des niveaux de forçage radiatif de 2,6 ; 4,5 ; 6,0 et 8,5 watts par mètre carré, ce qui correspond à des concentrations respectives de 450 ; 650 ; 850 et 1370 ppm CO₂ équivalents.

Les courbes suivantes représentent l'évolution de la température en fonction des quatre scénarios et de deux modèles de calculs (MAGICC et CMIP5) :



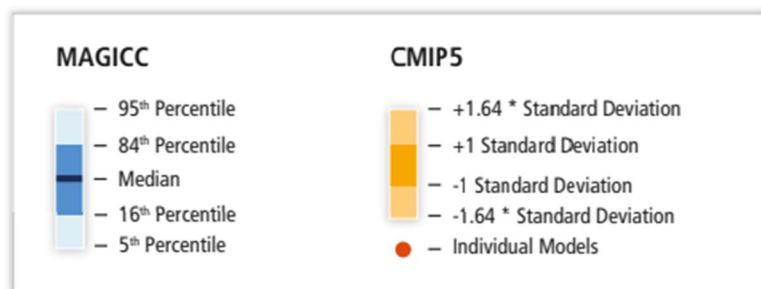


Figure 4 : Courbes extraites du rapport du GIEC n°5 - page 456

Source : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

La courbe figure 4a) représente l'évolution de l'élévation de la température en fonction des années, du scénario RCP et du modèle de calcul MAGICC. On observe alors que notre objectif de 2,1 °C correspond probablement au scénario RCP 4,5 ou RCP 6,0.

La représentation b) nous donne la prévision de l'élévation de la température entre les années 2080 et 2100 en fonction du scénario RCP et du modèle de calcul :

- Pour le modèle MAGICC, la ligne foncée correspond à la médiane de l'élévation de la température, tandis que les zones bleu et bleu pâle correspondent à des intervalles de probabilité de déviation par rapport à la médiane.

- Pour le modèle CMIP5, les points rouges correspondent aux prévisions individuelles des modèles, la zone jaune correspond à un intervalle de [+1 ; -1] par rapport à une élévation de température moyenne tandis que la zone jaune pâle correspond à un intervalle de [+1,64 ; -1,64] par rapport à une élévation moyenne de température. Ces deux intervalles permettent de regrouper la majorité des points décrits par les modèles individuels.

Si on se base sur la médiane, le scénario correspondant à notre limite se trouve être le RCP 6,0. Cependant, l'accord ratifié lors de la COP21 de Paris en 2015 préconisait une augmentation maximale de 2,1 °C. Dans ce cas-là, notre limite correspondrait au scénario RCP 4,5 dont la médiane se situe aux alentours de 1,8 °C et où le premier intervalle de probabilité plafonne à 2,1 °C.

À noter que tous les scénarios et modèles sont calculés par rapport aux températures et aux niveaux de CO₂ préindustriels.

2.3.2. Durabilité de l'objectif

Il est important de prendre en compte que cet objectif de +2,1 °C n'est pas idéal. En effet, d'après le rapport spécial sur le réchauffement de 1,5 °C publié par le GIEC le 8 octobre 2018, une augmentation de 1,5 à 2 °C aurait des impacts très importants sur l'environnement et l'écosystème.

On observerait notamment une diminution des prises de pêche, une diminution de 70 % à 99 % des récifs coralliens et des effets sur les espaces de vie de certaines espèces de la faune et de la flore.

Néanmoins, le GIEC a montré dans son rapport publié durant l'été 2021⁷ que la limitation à +1,5°C était encore possible, bien que très difficile à atteindre... Cette perspective appelle de fortes transitions sociétales au niveau individuel comme collectif.

Finalement, l'objectif de 2,1 °C d'augmentation en 2100 apparaît comme une limite haute ne permettant pas forcément de limiter les impacts de l'élévation de la température sur l'environnement. La limitation des impacts environnementaux et sociaux passe par une profonde transformation de nos modes de consommation et de production d'énergie.

2.4. Les 4 scénarios français

Dans le cadre de l'accord de Paris sur le climat, l'agence de la transition écologique a développé quatre scénarios pour la France métropolitaine permettant d'atteindre la neutralité carbone en 2050 et donc de respecter l'augmentation de 2,1 °C en 2100.

Ces quatre scénarios se basent sur les mêmes données macroéconomiques, démographiques et d'évolution climatique ; cependant, ils suivent différents chemins reposant sur des choix de société distincts.

2.4.1. Génération frugale

Il s'agit là d'un scénario qui se base sur d'importantes transformations quant à la façon de se déplacer, de se chauffer, de s'alimenter (etc.) afin d'atteindre la neutralité carbone sans utiliser de solution de captage ou de stockage de CO₂.

Dans le suivi de ce scénario, on arriverait à une société prônant cinq grands axes :

- **Le respect de la nature et de la sobriété** comprenant une nature sanctuarisée, entretenue et protégée ainsi qu'un développement du Low-tech pour une partie de l'appareil productif. Le low-tech correspond à l'utilisation d'une technologie simple, peu onéreuse, facilement accessible pour tous et réparable, faisant souvent appel à des ressources courantes et localement accessibles telles que le recyclage ou la réutilisation d'objets et/ou de matériaux usuels.

⁷ Sixième rapport du GIEC disponible sur <https://www.ippcc.ch/language-2/francais/>

- **Une profonde transformation des habitudes alimentaires et la mobilisation raisonnée de la ressource forestière** qui comprend le respect de la nature avec une pérennisation des puits biologiques de CO₂, c'est-à-dire un entretien des forêts et une augmentation de leur nombre. Il s'agirait de mettre en place une agriculture plus propre avec une division par trois de la consommation de viande afin de réduire fortement l'élevage intensif.
- **Limitation de la construction, rénovation rapide et modification d'ampleur des modes de vie** correspondant à une forte réduction du nombre de constructions neuves qui auront alors une surface 30 % moins importante que la moyenne des maisons neuves en 2015. Il s'agira également de mutualiser les équipements par lieux d'habitation tels que dans les résidences d'appartements (moins d'appareils électroménagers par personne). Pour finir, la rénovation énergétique des habitations deviendra une priorité.
- **Une baisse de la demande de mobilité importante** engendrant davantage la proximité avec une baisse de la mobilité favorisant les modes actifs de déplacement tels que la marche ou le vélo, on compterait alors une diminution de 26 % des kilomètres total parcourus par rapport à 2015. Ces actions auraient pour but de réduire drastiquement le nombre de voitures et d'avions parcourant la France. Pour les zones rurales, le covoiturage solidaire et l'auto-stop seraient favorisés pour les déplacements.
- **Une production industrielle contractée et un marché réorienté sur le « made in France »**, ce qui implique de privilégier les produits locaux tout en diminuant ainsi de 45 % les trafics de marchandises nationaux par rapport à 2015. L'économie de la fonctionnalité et de la répartition prend une place conséquente, avec notamment le recyclage des matériaux. De fait, 70 % de l'acier, de l'aluminium, du verre, du papier-carton et des plastiques viendraient du recyclage. L'accent serait mis sur la relocalisation de certaines filières couplées à une diminution de la demande de produits et de services.

L'ensemble de ces points permettraient de diviser par deux la demande énergétique globale donnant la répartition suivante :

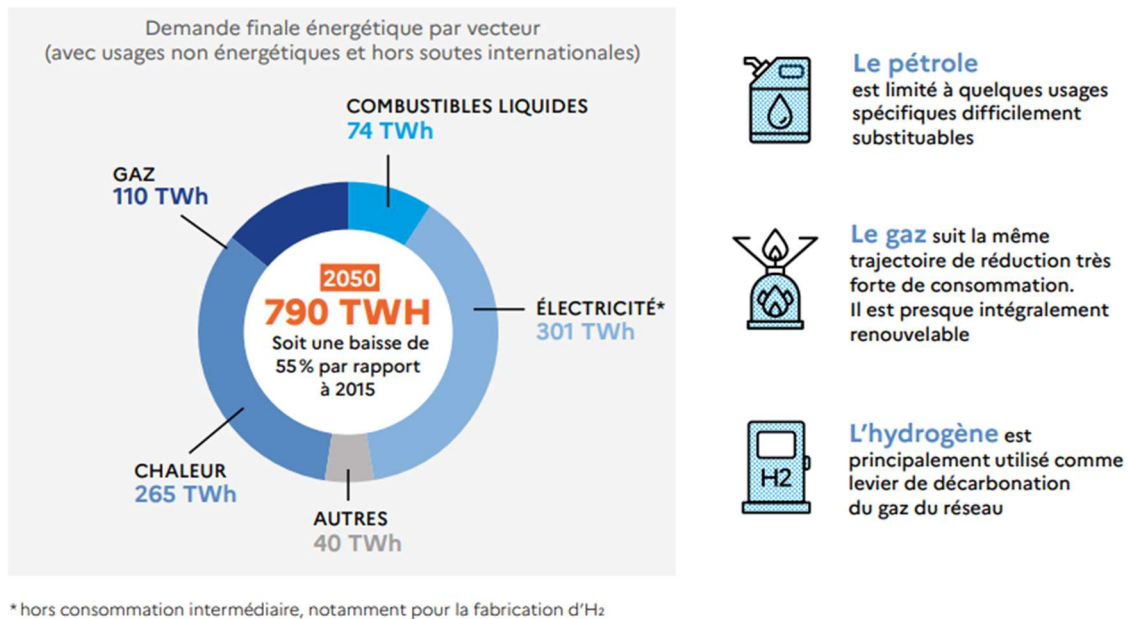


Figure 5 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour le 1^{er} scénario
Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s1.pdf?modal=false>

La neutralité carbone, quant à elle, serait largement atteinte puisque l'on passerait de 401 mégatonnes de CO₂ équivalent en 2015 à -42 mégatonnes de CO₂ équivalent en 2050, comme l'indique le graphique suivant :

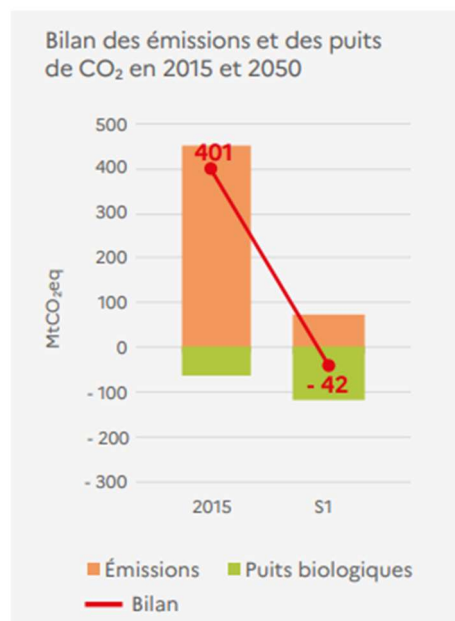


Figure 6 : Bilan des émissions de CO₂ entre 2015 et 2050 pour le 1^{er} scénario
Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s1.pdf?modal=false>

→ Le principal défi de ce scénario se situe dans le fait qu'il impose à la société une réduction volontaire et importante de la demande en énergie, en matières et en ressources en se basant

sur la nécessité de changer la façon de consommer. On peut parler ici de défi d'acceptabilité, car les mesures restrictives et la possibilité d'obtenir une implication de tous reste incertaine et présente un risque de division violente au sein de la société.

2.4.2. Coopérations territoriales

Ce second scénario se base sur une transformation de la société dans le cadre d'une gouvernance partagée et de coopérations territoriales. La cohésion sociale se retrouve alors maintenue par une coopération entre les ONG, les institutions publiques, le secteur privé et la société civile. Ce scénario mise sur l'évolution progressive du système économique vers une société alliant sobriété et efficacité pour atteindre la neutralité carbone. On a une mise en place du captage et du stockage de CO₂ sur quelques procédés aux émissions incompressibles (Cimenterie).

Cette société se base sur quatre grands axes :

- **Diversification, reterritorialisation et mobilisation raisonnée des ressources végétales et forestières**, ce qui implique une accélération de la transition alimentaire vers une alimentation plus sobre et plus végétale avec une diminution de 50 % de la consommation de viande par rapport à 2015. Il s'agirait également de développer les biocarburants avancés et d'augmenter la récolte de bois en forêt afin de l'utiliser comme matière première dans la construction, par exemple.
- **Rénovation massive, évolutions graduelles, mais profondes des modes de vie** engendrant une densification des villes sur la hauteur de façon maîtrisée et encadrée ainsi que le partage des bâtiments avec la mise en commun de pièces de vie ou d'équipement tels que les appareils électroménagers (lave-linge, sèche-linge...). Pour finir, il s'agirait d'accélérer fortement la rénovation énergétique des logements avec pour objectif 79 % des logements existants en 2015 rénovés à un niveau BBC Rénovation⁸ ou plus.
- **La soutenabilité des transports au cœur de la transition écologique** comprenant une mobilité réduite s'orientant plutôt vers la proximité avec le développement des trains du quotidien, des vélos cargos, des mini-voitures et autre entraînant une diminution de 17 % des kilomètres parcourus par personne (aérien international inclus) par rapport à 2015. Pour ce qui est du transport de marchandises, il s'agirait de réduire les volumes et les distances de transport en privilégiant les voies ferrées ou le transport fluvial.

⁸ Le niveau BBC Rénovation signifie que la consommation annuelle d'énergie primaire du logement ne doit pas dépasser 80 kWhEP/m²/an. <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/eco-travaux/label-bbc-renovation>

- **Des chaînes de valeur réindustrialisées et spécialisées par région sous l'impulsion des pouvoirs publics**, ce qui comprend le développement du recyclage et de la valorisation ainsi que d'importantes démarches de réindustrialisation dans certains secteurs. Pour finir, une politique industrielle bas-carbone devrait être financée par la planification publique permettant une diminution de 47 % de la consommation énergétique et de 84 % des émissions de gaz à effet de serre dans l'industrie par rapport à 2015.

L'ensemble de ces points devraient permettre une diminution de 53 % de la demande énergétique par rapport à 2015 avec la répartition de la demande énergétique suivante :

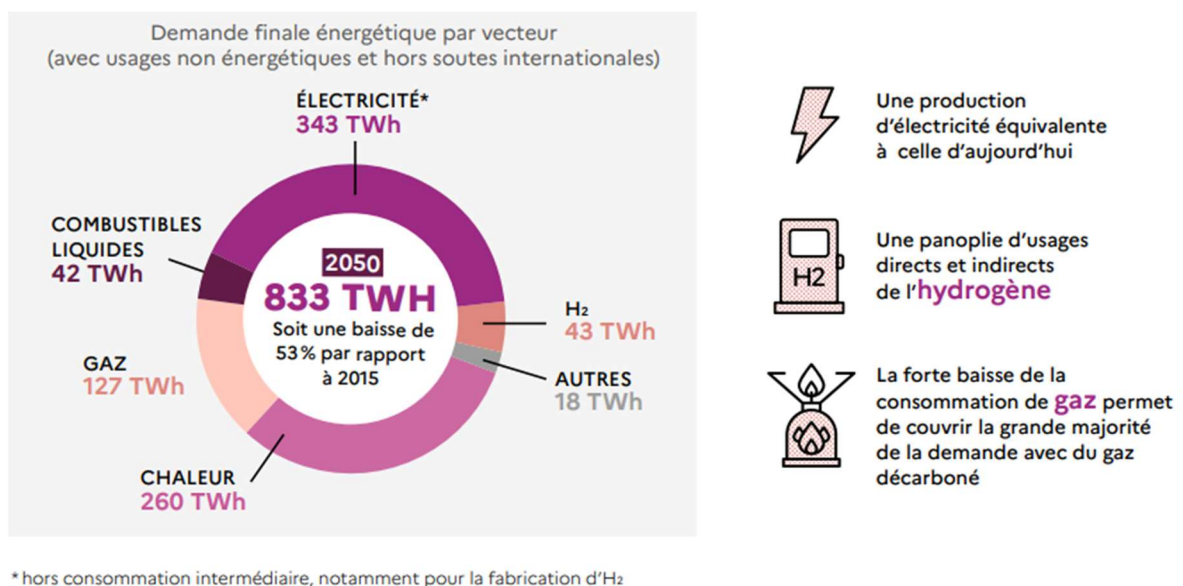


Figure 7 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour de 2nd scénario

Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s2.pdf?modal=false>

La neutralité carbone, quant à elle, serait largement atteinte puisque l'on passerait de 401 mégatonnes de CO₂ équivalent en 2015 à -28 mégatonnes de CO₂ équivalent en 2050, comme l'indique le graphique suivant :

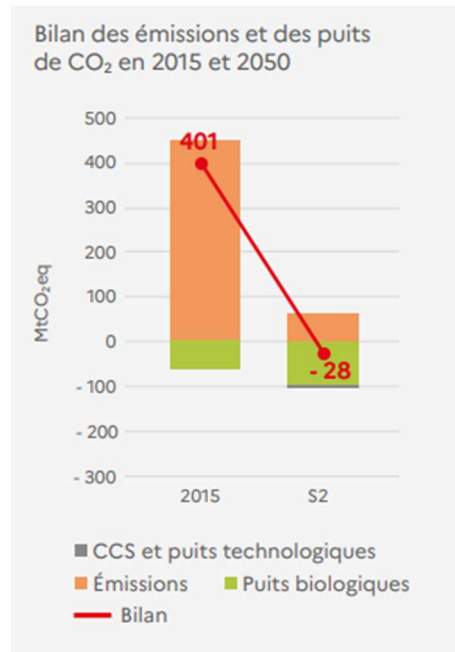


Figure 8 : Bilan des émissions de CO₂ entre 2015 et 2050 pour le 2nd scénario

Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s2.pdf?modal=false>

Par rapport à 2015, on observe l'apparition de quelques puits technologiques, notamment grâce aux quelques infrastructures mises en place pour des procédés aux émissions incompressibles. Le prélèvement réduit de bois en forêt permet de maintenir un grand stockage du CO₂ dans les puits biologiques ainsi que dans les sols via des pratiques agricoles favorables.

→ Le principal défi de ce scénario est d'arriver à changer les valeurs de la société, permettant ainsi un engagement important dans les solutions d'efficacité et d'énergies renouvelables, mais aussi dans le renouvellement, l'adaptation des infrastructures industrielles. Il s'agit là d'un défi, car cette volonté de vouloir s'occuper de l'ensemble de ces sujets en même temps en cherchant un *modus vivendi* entre tous les acteurs peut finalement ralentir la transition énergétique et les modes de vie.

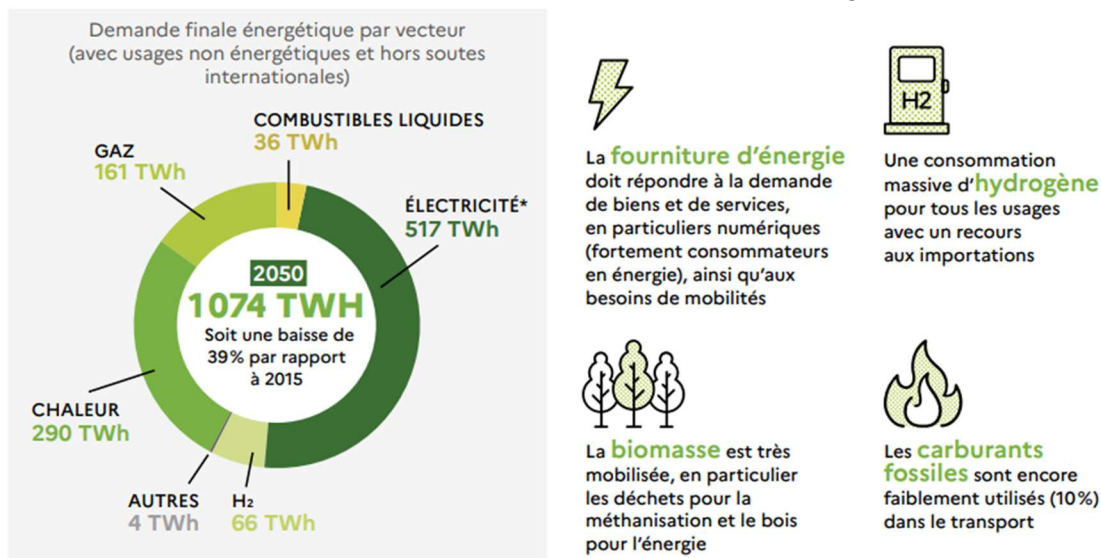
2.4.3. Technologies vertes

Au sein de ce scénario, le développement de la technologie permet de répondre aux problèmes environnementaux sans passer par la sobriété. De fait, on privilégie le développement des métropoles avec l'appui des technologies et du numérique qui assurent l'efficacité énergétique dans tous les secteurs. Ce scénario développe également des systèmes de captage et de stockage du CO₂ sur des unités de tailles moyennes fonctionnant à la biomasse.

La société développée par ce scénario s'appuie sur quatre axes principaux :

- **Une consommation de biomasse maximale pour des usages multiples**, ce qui implique une intensification de l'agriculture avec un usage élevé des intrants de synthèse (engrais, énergie, matériel...) ainsi qu'une augmentation des surfaces de culture énergétique. Afin de répondre aux besoins énergétiques, il s'agirait de renforcer l'exploitation des forêts.
- **Une rénovation massive et une déconstruction-reconstruction** comprenant des logements neufs et performants, générant une consommation massive de ressources naturelles, obtenus suite à un cycle de déconstruction/reconstruction haussmannien. Ce cycle s'accompagne d'une offre de matériaux et de systèmes de constructions moins carbonés.
- **La recherche d'efficacité prime pour la mobilité**, dont le principal objectif est d'accélérer la décarbonisation des flottes et de l'énergie, en particulier avec l'électrification des véhicules. Le scénario propose un faible rapport modal essentiellement centré sur les grandes villes et les grands axes ferroviaires et fluviaux. De fait, on note une augmentation de 13 % du nombre de kilomètres parcourus pour les voyageurs par rapport à 2015.
- **Une poursuite des tendances de consommation permise par la décarbonation du mix énergétique**, ce qui correspond à la concentration des échanges commerciaux dans l'Union Européenne. La décarbonation de l'industrie se fait via l'électrification des procédés et l'utilisation de l'hydrogène, permettant ainsi une diminution de 30 % de la consommation énergétique et de 86 % des émissions de gaz à effets de serre par rapport à 2015.

L'ensemble de ces points permettent une baisse de la demande énergétique de 39 % par rapport à 2015. On obtient donc la répartition de la demande énergétique suivante :



* hors consommation intermédiaire, notamment pour la fabrication d'H₂

Figure 9 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour de 3ème scénario
 Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s3.pdf?modal=false>

La neutralité carbone, quant à elle, serait atteinte puisque l'on passerait de 401 mégatonnes de CO₂ équivalent en 2015 à -9 mégatonnes de CO₂ équivalent en 2050, comme l'indique le graphique suivant :

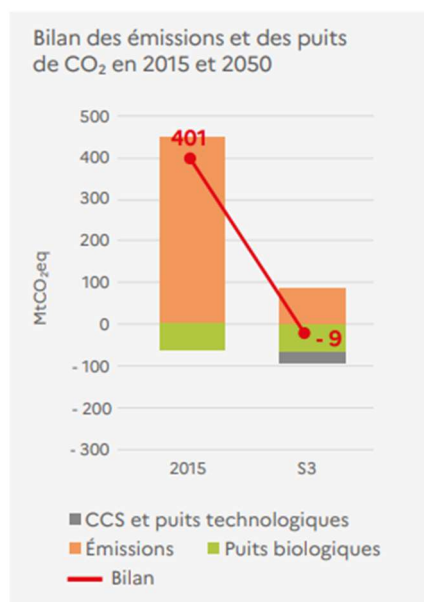


Figure 10 : Bilan des émissions de CO₂ entre 2015 et 2050 pour le 3ème scénario
 Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s3.pdf?modal=false>

Par rapport à 2015, on a un investissement dans les solutions de captage et de stockage de CO₂, notamment grâce au développement de la biomasse.

→ Le principal défi de ce scénario est le développement de la production verte et/ou décarbonée grâce à de nouvelles technologies et au numérique. Il s'agit là d'un défi, car en se concentrant sur cette production verte, il existe un risque de perte de contrôle concernant la consommation d'énergie et de matière première, provoquant l'impossibilité pour les foyers les plus modestes d'accéder aux besoins de base.

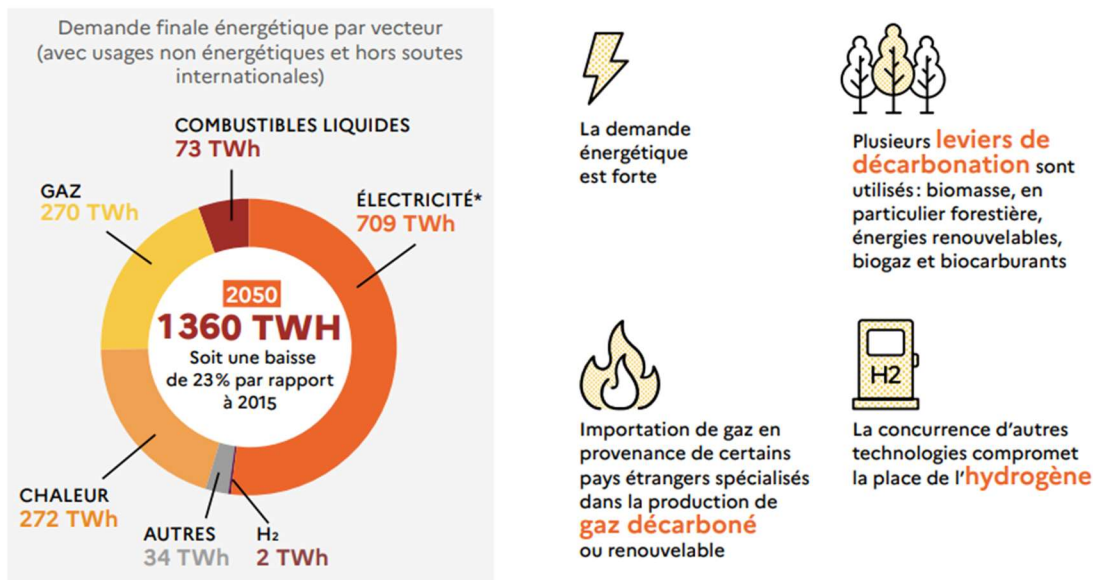
2.4.4. Pari réparateur

Ce dernier scénario prêtant vouloir conserver les modes de vie du XXe siècle en se basant sur une réparation des systèmes sociaux et écologiques par une augmentation des ressources matérielles et financières. De fait, ce scénario s'appuie exclusivement sur les technologies de captage, de stockage de CO₂. Il s'agit là d'un pari, car la plupart de ces technologies ne sont pas mures, elles sont souvent non éprouvées et incertaines à grande échelle.

Cette société s'appuie sur trois piliers majeurs :

- **Des leviers technologiques au service de filières de bioéconomie productives et spécialisées**, ce qui implique un développement de la compétitivité et de la spécialisation dans l'agriculture et dans l'industrie. Il s'agit également de développer l'utilisation de la biomasse fonctionnant avec les déchets de bois et la cellulose en vue d'une valorisation énergétique d'environ 75 % de la biomasse par rapport à 2015.
- **L'efficacité énergétique et l'innovation technique**, ce qui implique le développement des grandes villes et l'artificialisation des sols dans l'optique du « toujours plus ». On notera aussi une forte apparition de nouvelles technologies plus efficaces et l'amélioration du rendement des équipements. Pour finir, on aurait une implication du numérique dans beaucoup de domaines, notamment dans l'automobile et dans la gestion de la mobilité, permettant d'augmenter de 28 % le nombre de kilomètres parcourus sous l'effet d'une hausse des voyages longues distances par rapport à 2015.
- **La décarbonation de l'industrie focalisée sur le captage et le stockage géologique de CO₂** comprenant des importations globalisées dans le monde tout en favorisant les échanges de matières. Ainsi, une exploitation plus importante des ressources naturelles et du recyclage grâce à des technologies de pointe permet une diminution de 19 % de la consommation énergétique dans l'industrie par rapport à 2015.

L'ensemble de ces points permettent une baisse de la demande énergétique de 23 % par rapport à 2015, privilégiant une forte électrification et un recours massif à la compensation. On obtient la répartition de la demande énergétique suivante :



* hors consommation intermédiaire, notamment pour la fabrication d'H₂

Figure 11 : Distribution de la demande énergétique globale en 2050 pour de 4ème scénario
 Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s4.pdf?modal=false>

La neutralité carbone, quant à elle, n'est pas atteinte en 2050, même si l'on n'en est pas loin puisque l'on passerait de 401 mégatonnes de CO₂ équivalent en 2015 à 1 mégatonne de CO₂ équivalent en 2050, comme l'indique le graphique suivant :

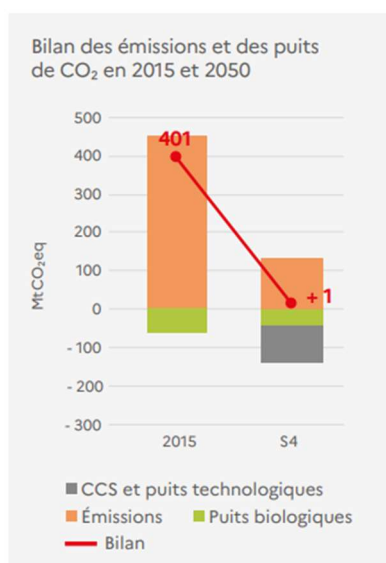


Figure 12 : Bilan des émissions de CO₂ entre 2015 et 2050 pour le 4ème scénario
 Sources : <https://bibliothèque.ademe.fr/cadic/6532/transitions2050-infographie-s4.pdf?modal=false>

Par rapport à 2015, on a un fort investissement dans les solutions de captage et de stockage permettant de capter 27 MtCO₂/an (gris) moyennant une forte consommation énergétique, ce qui représente environ 6 % de la consommation d'électricité. Il y a aussi une large utilisation de la biomasse permettant le captage de 25 MtCO₂/an. Pour finir, l'industrie contribue au captage et au stockage du CO₂ grâce au développement des infrastructures nécessaires à hauteur de 41 MtCO₂/an.

→ Le principal défi de ce scénario est de conserver le mode de vie actuel en misant sur des technologies non-matures pour traiter les enjeux écologiques locaux. Il s'agit là d'un défi, car la majorité des technologies nécessaires au traitement des enjeux écologiques ne sont ni matures ni éprouvées à grande envergure. Notamment les technologies de captage et de stockage de CO₂ dans l'air (à un stade expérimental en 2021) dont les études ne permettent pas de savoir s'il sera possible de les mettre en place à des coûts acceptables dans le temps imparti.

Ces quatre scénarios sont envisageables pour la France métropolitaine. Si on les compare, ils nous permettent tous de diminuer notre demande et notre consommation d'énergie comme le présentent les deux graphiques ci-dessous :

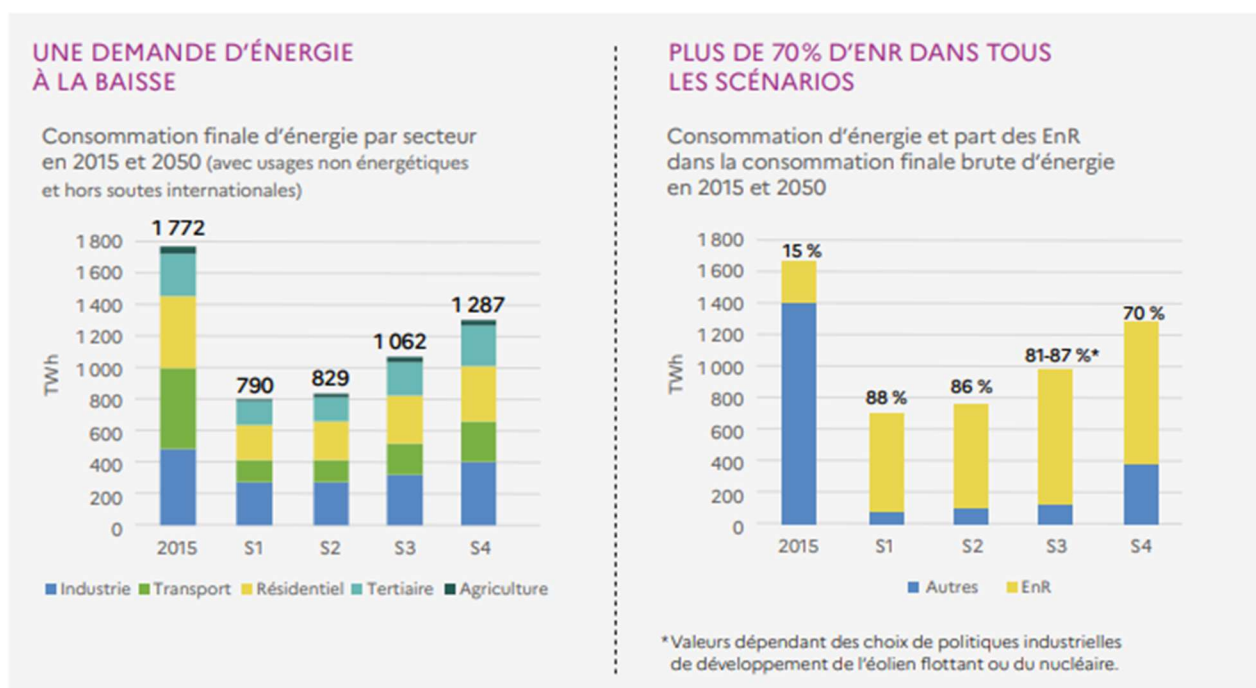


Figure 13 : Comparaison énergétique des 4 scénarios
Source : <https://librairie.ademe.fr/cadic/6529/transitions2050-synthese.pdf>

On remarque également que la proportion d'énergie renouvelable correspond à la majorité de l'énergie consommée dans nos scénarios, contrairement à 2015, où elles ne représentaient que 15 %.

Du point de vue du climat, l'objectif pour l'ensemble des scénarios est de faire grandement baisser la quantité de gaz à effet de serre. L'une des solutions pour réaliser cette tâche est la présence et l'entretien des puits biologiques. Et sur ce point, nos quatre scénarios ne sont pas égaux, comme le montre le graphique suivant :

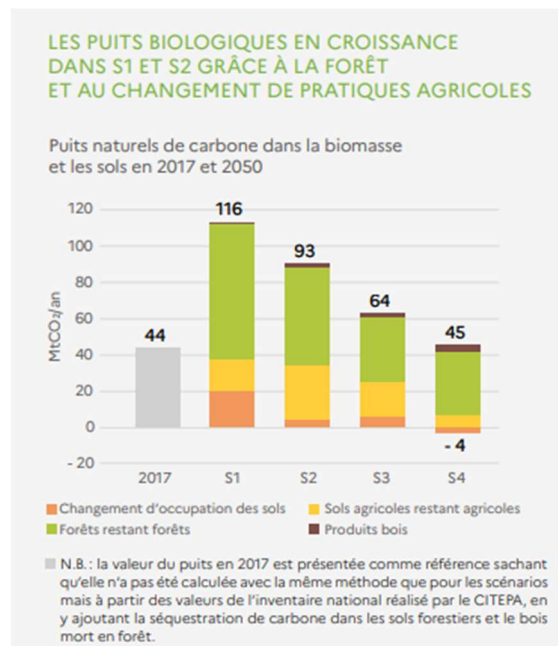


Figure 14 : Comparaison des puits biologiques pour les 4 scénarios
Source : <https://librairie.ademe.fr/cadic/6529/transitions2050-synthese.pdf>

On observe sur ce graphique que la quantité de CO₂ captée par les puits biologiques est en forte croissance dans les scénarios 1 et 2, tandis que dans les scénarios 3 et 4 la progression est plus modérée.

On peut conclure que tous les scénarios présentent leur propre cohérence interne, mais ils sont délicats et nécessitent qu'une orientation collective soit décidée rapidement pour accélérer la transition et il est nécessaire d'agir rapidement pour pouvoir atteindre les objectifs fixés par l'accord de Paris sur le climat. Afin de respecter ces objectifs, plusieurs points clés apparaissent, comme la nécessité absolue de la réduction de la demande énergétique et cela passe par la transformation de notre industrie tout en valorisant les écosystèmes indispensables (forêts, sols agricoles...) à la réduction des gaz à effet de serre. Il est aussi primordial de changer notre façon de produire notre énergie en augmentant la part des

énergies renouvelables afin que la majorité de notre production repose sur les énergies renouvelables en 2050 (~70 %).

De plus, il est important de noter que l'ensemble de ces scénarios n'ont une chance d'aboutir qu'à condition que l'ensemble des pays du monde luttent contre le dérèglement climatique de façon efficace. L'urgence climatique est l'affaire de tous, depuis les plus grandes organisations internationales jusqu'à chacun(e) d'entre nous.

3. Méthodologie et protocole de recherche

Dans cette partie, nous allons aborder l'expérimentation qui sera réalisée au cours de la deuxième année de master et, si l'opportunité se présente, dans le cadre du stage de pratique accompagnée en lycée.

3.1. Idée générale de l'expérimentation

Aujourd'hui, on se trouve dans une société où l'on ne peut ignorer les enjeux énergétiques qui nous entourent. Il faut prendre des mesures d'urgence, comme améliorer l'éducation, la sensibilisation en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques... Le jeune public est particulièrement sensible aux problèmes du réchauffement climatique. C'est un aspect sociétal qui les touche énormément puisqu'il s'agit de leur espace de vie, de leur avenir. Nombre d'entre eux se retrouvent même sujets à un état d'éco-anxiété.

Il paraît alors assez peu pertinent de les interroger sur leurs connaissances disciplinaires du sujet. En revanche, il est particulièrement intéressant de savoir où ils se placent vis-à-vis de la transition énergétique.

Dans cette optique, j'ai mis au point un questionnaire à choix multiples pour permettre d'évaluer quel consommateur d'énergie les élèves sont.

3.2. Choix du niveau scolaire

3.2.1. Pourquoi la classe de terminale enseignement scientifique ?

J'ai choisi de m'intéresser aux élèves de l'enseignement scientifique, car il s'agit là d'un enseignement du tronc commun et donc suivi par la totalité des élèves en lycée général et technologique. Ainsi, une intervention lors de ce cours permet d'obtenir un maximum de profils différents. De plus, ce questionnaire vise à faire un état des lieux sur la façon de penser des jeunes sur un sujet de société important. Il est de ce fait primordial que les élèves interrogés viennent de différents horizons.

J'ai fait le choix de me concentrer sur les terminales, car ce sont des élèves qui vont être amenés rapidement à faire des choix pour l'avenir de leur société. Par ailleurs, le programme de terminale Enseignement Scientifique est axé vers l'énergie et la société puisque ces sujets occupent les deux tiers du programme.

3.2.2. Étude du programme d'enseignement scientifique de terminale générale et technologique.

Le programme se découpe en trois grands thèmes (Annexe 1) dont deux portent sur le climat et l'énergie :

- Thème 1 : Science, climat et société
- Thème 2 : Le futur des énergies
- Thème 3 : Une histoire du vivant

Le premier thème « Science, climat et société » se concentre sur les enjeux climatiques en faisant un état des lieux du système climatique et de sa complexité permettant d'étudier les modèles climatiques actuels et d'avenir. Ce thème comprend également l'étude des acteurs de cette transition énergétique, et notamment les groupes et organisations mondiales tels que le GIEC, les Nations Unies...

Ce thème permet d'aborder de façon structurée les phénomènes de réchauffement climatique et de gaz à effet de serre.

Le second thème du programme, « Le futur des énergies », retrace l'histoire de l'électricité avant d'en détailler les avantages et les différentes technologies, en particulier celles sans combustion et basées sur les énergies renouvelables. Pour finir, une étude des mix énergétiques et de leurs impacts sur l'environnement est proposée.

Ces différents points m'ont conforté dans le choix d'élaborer un questionnaire aux élèves de terminal Enseignement Scientifique.

4. Mise en place du protocole de recherche et analyse des résultats

Dans un premier temps, on détaillera le protocole de recherche mis en place, en expliquant le questionnaire qui sera proposé aux élèves de terminale. Dans un second temps, on analysera les résultats de l'enquête et on constituera les groupes idéaux pour réaliser l'activité, une des propositions pédagogiques présentées ultérieurement dans ce rapport.

4.1. Questionnaire utilisé pour le protocole de recherche.

Le questionnaire, qui sera distribué aux élèves, se compose de 12 questions sur les usages et coutumes des élèves (Annexe 2). Ce questionnaire doit permettre d'identifier les différents profils d'élèves afin de pouvoir former des groupes. Ces groupes se constitueront d'une grande hétérogénéité dans les profils. Cela permettra d'avoir différents points de vue dans chaque groupe, ce qui se montrera particulièrement intéressant lors de la réalisation de l'activité 1 proposée dans la partie proposition pédagogique.

Le dépouillement des réponses permet de dégager quatre profils de pensées retraçant l'appétence plus ou moins développée de chacun face à la transition énergétique.

Les quatre profils sont les suivants :

- Profil 1 : Ce profil correspond aux personnes qui ne se sentent pas impliquées dans la lutte pour le climat et la transition énergétique. Elles ne se sont pas informées sur le sujet et ne se sentent pas concernées par le problème.
- Profil 2 : Ce profil correspond aux personnes qui sont conscientes que le climat se dégrade et qu'il faut faire quelque chose pour changer cela. Cela étant, ces personnes n'ont aucune idée des efforts à fournir, pointant du doigt qu'ils ne sont pas les principaux responsables puisque d'autres polluent plus qu'eux (industrie, pays...).
- Profil 3 : Ce profil correspond aux personnes qui s'inquiètent pour le climat, mais dont les efforts pour changer et diminuer leur consommation sont peu nombreux ou alors peu impactants. Ce sont des personnes qui n'ont pas encore intégré le concept de sobriété énergétique dans leur quotidien.
- Profil 4 : Ce profil correspond aux personnes qui sont plutôt bien informées en ce qui concerne la transition énergétique et qui fournissent déjà des efforts pour aller dans ce sens. Ce sont des personnes que l'on considère comme installées dans le concept de sobriété énergétique.

Chaque question comporte quatre réponses ; ces réponses correspondent-elles à un des profils énoncés précédemment ? Afin de simplifier l'analyse à venir, j'ai fait le choix d'associer chaque profil à une couleur :

- Profil 1 → Jaune
- Profil 2 → Violet
- Profil 3 → Bleu
- Profil 4 → Vert

On peut donc organiser les réponses pour que les couleurs ne soient pas réparties dans le même ordre d'une question à l'autre (Annexe 3).

Ce questionnaire sera distribué à trois classes de terminale enseignement scientifique du lycée Gay-Lussac de Limoges comptant chacune entre 30 et 34 élèves.

4.2. Analyse et exploitation des résultats pour chaque classe interrogée

Dans cette partie, on va analyser le profil de chaque élève pour les trois classes interrogées afin de pouvoir, par la suite, constituer les différents groupes « d'experts » nécessaires à la réalisation de l'activité 1 qui sera proposée ultérieurement dans la partie proposition pédagogique.

4.2.1. Classe numéro 1

Cette classe comptait 30 élèves le jour de la réalisation du questionnaire. Je me sers donc du tableur d'analyse pour étudier chaque copie et y associer un profil (résultats Annexe 5).

Sur l'ensemble des copies, un élève n'a pas répondu à toutes les questions (seulement la moitié), il sera identifié en rouge dans le tableau d'analyse.

Deux élèves ont omis de répondre à une question, ils seront identifiés en orange dans le tableau d'analyse.

Enfin, deux élèves ont donné des réponses pour lesquelles on se retrouve avec plusieurs profils possibles ; ils seront identifiés en rose dans le tableau d'analyse. Dans ces cas-là, j'ai déterminé le profil qui convenait le mieux vis-à-vis de la répartition de l'ensemble de leurs réponses.

L'ensemble des élèves est réparti sur les profils 2, 3 et 4. Dans le cadre de l'activité 1 présentée dans la partie suivante, nous devons former quatre groupes d'environ 7 à 8 élèves. On s'assurera que l'ensemble des profils est représenté et réparti équitablement dans chaque groupe.

La répartition pour la classe numéro 1 donnerait :

| Répartition en 4 groupes pour la classe n°1 : | |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Groupe n°... | n° des élèves répartis dans les groupes |
| Groupe 1 | 2 ; 6 ; 16 ; 24 ; 8 ; 30 ; 15 |
| Groupe 2 | 3 ; 9 ; 18 ; 26 ; 10 ; 17 ; 1 ; 25 |
| Groupe 3 | 4 ; 11 ; 19 ; 29 ; 12 ; 23 ; 27 |
| Groupe 4 | 5 ; 14 ; 21 ; 28 ; 7 ; 20 ; 13 ; 22 |

Figure 15 : Répartition des élèves dans les groupes pour la classe n°1.

On a donc deux groupes de 8 élèves et deux groupes de 7 élèves. On pourra envisager que les groupes 1 et 2 traitent le problème du terrain communal de football, tandis que les groupes 3 et 4 s'occupent du problème concernant la salle de spectacle.

4.2.2. Classe numéro 2

Cette classe comptait 29 élèves le jour de la réalisation du questionnaire. Je me sers donc du tableur d'analyse pour étudier chaque copie et y associer un profil (résultats Annexe 6).

Sur l'ensemble de la classe, deux élèves ont omis de répondre à une question et un élève n'a pas répondu à trois questions ; ils seront identifiés en orange dans le tableau d'analyse.

Il y a également deux élèves pour lesquels on se retrouve avec plusieurs profils possibles ; ils seront identifiés en rose dans le tableau d'analyse. Dans ces cas-là, j'ai déterminé le profil qui convenait le mieux vis-à-vis de la répartition de l'ensemble de leurs réponses.

L'ensemble des élèves se répartit sur les quatre profils avec une majorité de profils 3 et 4 et quelques profils 2 et 1. Dans le cadre de l'activité 1 présentée dans la partie suivante, nous devons former quatre groupes d'environ 7 à 8 élèves. On s'assurera que l'ensemble des profils est représenté et réparti équitablement dans chaque groupe.

La répartition pour la classe numéro 2 donnerait :

| Répartition en 4 groupes pour la classe n°2 : | |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Groupe n°... | n° des élèves répartis dans les groupes |
| Groupe 1 | 1 ; 11 ; 22 ; 4 ; 13 ; 25 ; 3 |
| Groupe 2 | 2 ; 12 ; 23 ; 8 ; 14 ; 26 ; 20 ; 21 |
| Groupe 3 | 6 ; 17 ; 24 ; 9 ; 15 ; 27 ; 19 |
| Groupe 4 | 7 ; 18 ; 29 ; 10 ; 16 ; 28 ; 5 |

Figure 16 : Répartition des élèves dans les groupes pour la classe n°2.

On a donc un groupe de 8 élèves et trois groupes de 7 élèves. On pourra envisager que les groupes 1 et 2 traitent le problème du terrain communal de football, tandis que les groupes 3 et 4 s'occupent du problème concernant la salle de spectacle.

4.2.3. Classe numéro 3

Cette classe comptait 34 élèves le jour de la réalisation du questionnaire. Je me sers donc du tableur d'analyse pour étudier chaque copie et y associer un profil (résultats Annexe 7).

Sur l'ensemble de la classe, un élève n'a pas répondu à une question, il sera identifié en orange dans le tableau d'analyse.

Il y a également sept élèves pour lesquels on se retrouve avec plusieurs profils possibles ; ils seront identifiés en rose dans le tableau d'analyse. Dans ces cas-là, j'ai déterminé le profil qui convenait le mieux vis-à-vis de la répartition de l'ensemble de leurs réponses.

L'ensemble des élèves est réparti sur les profils 2, 3 et 4. Dans le cadre de l'activité 1 présentée dans la partie suivante, nous devons former quatre groupes d'environ 7 à 8 élèves. On s'assurera que l'ensemble des profils est représenté et réparti équitablement dans chaque groupe.

La répartition pour la classe numéro 3 donnerait :

| Répartition en 4 groupes pour la classe n°3 : | |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------|
| Groupe n°... | n° des élèves répartis dans les groupes |
| Groupe 1 | 1 ; 17 ; 23 ; 30 ; 3 ; 10 ; 16 ; 26 ; 33 |
| Groupe 2 | 7 ; 18 ; 27 ; 31 ; 5 ; 11 ; 21 ; 4 |
| Groupe 3 | 8 ; 20 ; 28 ; 32 ; 6 ; 12 ; 24 ; 13 ; 34 |
| Groupe 4 | 15 ; 22 ; 29 ; 2 ; 9 ; 14 ; 25 ; 19 |

Figure 17 : Répartition des élèves dans les groupes pour la classe n°3.

On a donc deux groupes de 8 élèves et deux groupes de 7 élèves. On pourra envisager que les groupes 1 et 2 traitent le problème du terrain communal de football, tandis que les groupes 3 et 4 s'occupent du problème concernant la salle de spectacle.

Le questionnaire réalisé sur les trois différentes classes nous permet de nous rendre compte que l'ensemble des élèves, présents en terminale, possèdent un certain niveau d'information en ce qui concerne la transition écologique et sur la nécessité d'une évolution vers la sobriété énergétique. En effet, sur 93 élèves, seuls deux se sentent peu concernés par le sujet tandis que tous les autres prêtent attention à cette problématique à des niveaux plus ou moins importants.

On pourrait développer le questionnaire, ainsi, en apportant quelques modifications, il serait possible de le présenter au cycle 4 du collège dans le cadre du parcours citoyen, ce qui nous permettrait notamment d'étudier l'évolution du mode de pensée des élèves tout au long de leur scolarité. Il s'agirait de s'adapter au niveau des élèves quant à leur façon de vivre et leurs

centres d'intérêt afin de mettre en évidence les actions qui ont un impact sur la transition énergétique parmi celles qu'ils ont l'habitude de faire. Il serait également nécessaire d'adapter le vocabulaire à leur niveau de compréhension.

Enfin, en modifiant le questionnaire, il serait possible de faire une étude à l'échelle nationale afin de cibler les lacunes de connaissances sur divers sujets liés à la transition énergétique et de les combler en créant les supports d'informations nécessaires et adaptés. Il s'agirait de réaliser des questionnaires avec un fil conducteur plus précis, telle que la consommation énergétique, dans le but de mettre en évidence les questions pour lesquelles les citoyens manquent le plus d'informations. Il serait alors possible de créer des supports pour répondre à ces lacunes et proposer des solutions pour guider les personnes dans leur transition énergétique.

5. Proposition pédagogique

Dans cette partie, je propose des pistes d'activités à réaliser avec les classes de terminale « Enseignement Scientifique » dans le but de toucher du doigt les notions concernant le mix énergétique.

5.1. Activité 1 - Étude documentaire : un cas théorique – Alimentation d'une partie de l'éclairage d'un stade de foot communal et d'une salle de spectacle par des énergies renouvelables.

Il s'agit d'une activité à réaliser en classe sous la forme de groupes. La classe se divise en deux groupes et chacun d'eux se verra attribuer soit l'étude du stade de foot, soit l'étude de la salle de spectacle. Ces deux demi-groupes se divisent à nouveau en deux sous-groupes qui seront chargés de répondre à la problématique soit à l'aide d'une centrale solaire, soit avec l'utilisation d'une centrale éolienne. Durant cette étude documentaire, ils devront d'une part calculer la consommation d'électricité pour l'éclairage, soit du stade au cours d'un match soit de la salle de spectacle au cours d'un concert, et d'autre part déterminer le nombre d'installations nécessaires pour pallier cette consommation et le coût que cela représente pour une commune.

L'idéal serait que les groupes réalisent cette première étude dans les trente premières minutes du cours.

À la suite de cela, chaque groupe présentera à l'autre ses résultats, entraînant un débat sur la solution à mettre en place. Un des objectifs, avec l'aide de l'enseignant, est que les élèves parviennent à comprendre que les deux solutions doivent se combiner, car ces énergies ne sont pas pilotables.

5.2. Activité 2 - Étude documentaire : un cas concret – l'île d'El Hierro

Il s'agit d'une activité documentaire qui peut être réalisée à la maison, par les élèves, en amont de l'activité précédente. Elle est axée sur une vidéo exposant le fonctionnement de la centrale hydro-éolienne qui a permis à l'île de devenir autonome sur le plan énergétique. Cette vidéo s'accompagne de diverses questions auxquelles les élèves doivent répondre (Annexe 8).

C'est une activité qui permet à un jeune public de prendre conscience que des solutions concrètes existent et peuvent être mises en place et qu'il n'est pas trop tard pour agir.

Conclusion

Ce rapport présente la problématique étudiée dans le cadre du travail encadré de recherche du Master MEEF Second degré en Physique-Chimie. Celle-ci porte sur les modèles de transition énergétique français et sur l'état d'esprit des élèves à ce sujet. L'enjeu de ce travail de recherche est de présenter les différents modèles français visant à respecter les accords sur le climat et d'étudier la vision que les élèves en terminale « enseignement scientifique » ont sur cette problématique.

Le choix de ce sujet d'étude vient de la prise de conscience de la nécessité d'une transition énergétique pour endiguer le réchauffement climatique. La première étape de ce rapport vise donc à présenter les différentes solutions envisagées par la France pour respecter les accords de Paris et la neutralité carbone au voisinage de 2050. Cette étape vise à faire un état de l'art de la bibliographie existante afin d'en extraire les informations sur les modèles de transition énergétique français dans le but de les présenter.

La suite de ce rapport porte sur les élèves et leur vision de cette problématique. Il est nécessaire de déterminer quel groupe d'élèves sera ciblé par notre protocole de recherche. Pour cela, on s'intéresse aux programmes scolaires afin d'identifier le niveau permettant de toucher le plus d'élèves possible et pour lequel la problématique s'intègre le mieux dans le programme officiel. Cette deuxième étape nous permet d'identifier la classe de terminale d'enseignement scientifique comme la plus propice à notre étude.

La troisième étape retrace la mise en place du protocole de recherche avec une enquête de terrain sous la forme d'un questionnaire distribué dans trois classes de terminale. Cette étude a nécessité une présentation préalable des objectifs ; les résultats obtenus ont été analysés pour identifier l'appartenance de chaque élève à un des quatre profils prédéfinis.

Ces recherches nous ont amenés à réfléchir, d'une part sur les différentes pistes susceptibles d'améliorer l'éducation, la sensibilisation, les capacités individuelles et institutionnelles en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, et d'autre part sur la formulation de propositions pédagogiques pour assurer un avenir durable aux générations à venir. Ces propositions pédagogiques pourront être mises en place au sein d'une séquence pédagogique centrée sur l'étude de l'énergie et des enjeux pour la société de demain.

Références bibliographiques

1. ADEME. ADEME - Transition(s) 2050 [Internet]. 2021 [cité 27 déc 2022]. Disponible sur: <https://transitions2050.ademe.fr/>
2. Bourque. Cycle du carbone [Internet]. 2010 [cité 12 mai 2023]. Disponible sur: <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/cycle.carbone.html>
3. Beignon L, Bertrand Sereé-De-Roch D, Heilmer S, Laymajoux M, Liapi A, Rafamatanantsoa O, et al. Effet de serre et réchauffement climatique [Internet]. Institut National des Sciences Appliquées de Rouen; 2018 [cité 11 mai 2023] p. 6-8. Disponible sur: https://moodle.insa-rouen.fr/pluginfile.php/86345/mod_folder/content/0/Rapport_P6_2018_37.pdf?forcedownload=1
4. Broecker WS. Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? *Science, New Series*. 1975;189(4201):460-3.
5. Cordiez M. Énergies. Paris: Tana; 2022. (Fake or not?).
6. Intergovernmental Panel on Climate Change, Edenhofer O, éditeurs. Climate change 2014: mitigation of climate change: Working Group III contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY: Cambridge University Press; 2014. 1435 p.
7. Metz N, Ciais P. 6. La perturbation anthropique du cycle du carbone. In: Jeandel C, Mosseri R, éditeurs. Le climat à découvert [Internet]. Paris: CNRS Éditions; 2017 [cité 12 mai 2023]. p. 204-7. (À découvert). Disponible sur: <http://books.openedition.org/editions-cnrs/11472>
8. Revelle R, Suess HE. Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades. *Tellus*. 1957;9(1):18-27.
9. L'effet de serre [Internet]. Alloprof. [cité 11 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/l-effet-de-serre-s1353>
10. L'île d'El Hierro, bientôt 100 % autonome en énergies renouvelables. *Le Monde.fr* [Internet]. 27 juin 2014 [cité 12 mai 2023]; Disponible sur: https://www.lemonde.fr/planete/article/2014/06/27/l-ile-d-el-hierro-bientot-100-autonome-en-energies-renouvelables_4446956_3244.html
11. Histoire des sciences du climat : comment en est-on arrivés là ? [Internet]. Youmatter. 2021 [cité 1 mai 2023]. Disponible sur: <https://youmatter.world/fr/histoire-changement-climatique-comment-sciences-arrivee-la/>
12. Forçage radiatif. In: Wikipédia [Internet]. 2023 [cité 11 mai 2023]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=For%C3%A7age_radiatif&oldid=202875929
13. Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C. In: Wikipédia [Internet]. 2023 [cité 30 avr 2023]. Disponible sur: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Rapport_sp%C3%A9cial_du_GIEC_sur_les_cons%C3%A9quences_d%27un_r%C3%A9chauffement_plan%C3%A9taire_de_1,5_%C2%B0C&oldid=202965437

Annexes

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Annexe 1. Programme d'enseignement scientifique de terminale générale | 40 |
| Annexe 2. Questionnaire utilisé pour le protocole de recherche..... | 45 |
| Annexe 3. Répartitions des réponses en fonction des profils. | 47 |
| Annexe 4. Tableur Excel pour l'analyse des questionnaires..... | 49 |
| Annexe 5. Tableur d'analyse pour la classe n°1..... | 50 |
| Annexe 6. Tableur d'analyse pour la classe n°2..... | 52 |
| Annexe 7. Tableur d'analyse pour la classe n°3..... | 54 |
| Annexe 8. Activité documentaire : un cas concret – l'île d'EL Hierro | 56 |

Annexe 1. Programme d'enseignement scientifique de terminale générale

Thème 1 : Science, climat et société

L'atmosphère primitive de la Terre était différente de celle d'aujourd'hui. Sa transformation au cours des milliards d'années est liée aux processus géologiques et biologiques.

Depuis la révolution industrielle, l'activité humaine modifie de manière significative la composition atmosphérique. Ces modifications affectent l'équilibre dynamique des enveloppes fluides de la Terre.

Les conséquences de l'activité humaine sur la composition atmosphérique, celles qui sont déjà observées et celles qui sont prévisibles, sont multiples et importantes, tant pour l'humanité que pour les écosystèmes. Les choix raisonnés des individus et des sociétés dans ce domaine s'appuient sur les apports des sciences et des technologies.

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.

Page : 5/19

1.2 La complexité du système climatique

Le système climatique et son évolution dans le temps résultent de plusieurs facteurs naturels et d'interactions entre océans, atmosphère, biosphère, lithosphère et cryosphère. Il est nécessaire de prendre en compte ces interactions à différentes échelles spatiales et temporelles (de l'année au million d'années voire davantage). Le système climatique présente une variabilité spontanée et réagit aux perturbations de son bilan d'énergie par des mécanismes appelés rétroactions. Les facteurs anthropiques ont des conséquences irréversibles à court terme.

| 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.</p> <p>La climatologie étudie les variations du climat local ou global à moyen ou long terme (années, siècles, millénaires...).</p> <p>La météorologie étudie les phénomènes atmosphériques qu'elle prévoit à court terme (jours, semaines).</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...</p> <p>Le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur</p> | <p>Distinguer sur un document des données relevant du climat d'une part, de la météorologie d'autre part.</p> <p>Identifier des tendances d'évolution de la température sur plusieurs échelles de temps à partir de graphiques.</p> <p>Identifier des traces géologiques</p> |

Page : 6/19

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| différentes échelles de temps. Toutefois, depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du CO ₂ atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement. | de variations climatiques passées (pollens, glaciers). |
| <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.</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. 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.</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.</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, ...).</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.</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>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. Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.</p> <p>À court terme, un accroissement de la végétalisation constitue un puits de CO₂ et a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice).</p> | <p>Identifier les relations de causalité (actions et rétroactions) qui sous-tendent la dynamique d'un système.</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.</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.</p> |

| 1.3 Le climat du futur | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>L'analyse du système climatique, réalisée à l'aide de modèles numériques, repose sur des mesures et des calculs faisant appel à des lois physiques, chimiques, biologiques connues. Assorties d'hypothèses portant sur l'évolution de la production des gaz à effet de serre, les projections issues de ces modèles dessinent des fourchettes d'évolution du système climatique au XXI siècle.</p> | |
| 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. <p>Les résultats des modèles sont évalués par comparaison aux observations <i>in situ</i> et spatiales ainsi qu'à la connaissance des paléoclimats.</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.</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.</p> |
| <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.</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 XXIe siècle ; - une élévation du niveau moyen des océans entre le début du XXIe 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. | <p>Exploiter les résultats d'un modèle climatique pour expliquer des corrélations par des liens de cause à effet.</p> |
| Prérequis et limites | |
| <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> | |

| 1.4 Énergie, choix de développement et futur climatique | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>La consommation mondiale d'énergie fait majoritairement appel aux combustibles fossiles, principale cause du réchauffement climatique. Il est donc essentiel d'identifier, pour toute activité, individuelle ou collective, ou tout produit, l'impact sur la production de gaz à effet de serre. L'identification d'autres effets collatéraux, notamment sur la santé, est importante. Les différents scénarios de l'évolution globale du climat dépendent des stratégies que l'humanité mettra en œuvre.</p> | |
| Savoirs | Savoir-faire |
| <p>L'énergie utilisée dans le monde provient d'une diversité de ressources parmi lesquelles les combustibles fossiles dominent.</p> <p>La consommation en est très inégalement répartie selon la richesse des pays et des individus.</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.</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.</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).</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.</p> <p>Exploiter des données de production et d'utilisation d'énergie à différentes échelles (mondiale, nationale, individuelle...).</p> <p>Comparer quelques ordres de grandeur d'énergie et de puissance : corps humain, objets du quotidien, centrale électrique, flux radiatif solaire...</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.</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).</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.</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.</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).</p> <p>À partir de documents, analyser l'empreinte carbone de différentes activités humaines et proposer des comportements pour la minimiser ou la compenser.</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</p> | <p>Analyser l'impact de l'augmentation du CO₂ sur le développement de la végétation.</p> |

Thème 2 : Le futur des énergies

2.4 Choix énergétiques et impacts sur les sociétés

Pour les sociétés, l'enjeu climatique et environnemental est celui d'une transition entre la situation actuelle et un développement fondé sur un régime durable de conversion et d'utilisation de l'énergie. La complexité de cette transition impose de connaître, comprendre et hiérarchiser les paramètres sur lesquels il est possible d'agir, individuellement et collectivement.

| Savoirs | Savoir-faire |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">- 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.- 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).- Les durées longues, liées à l'inertie de certains systèmes (infrastructures énergétiques, transports, production industrielle), sont à confronter à l'urgence de l'action.- La transition écologique des sociétés repose sur la créativité scientifique et technologique, comme sur l'invention de nouveaux comportements individuels et collectifs (consommations, déplacements, relations Nord-Sud). | <p>Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire.</p> <p>Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.</p> |

Annexe 2. Questionnaire utilisé pour le protocole de recherche

Enquête : Quel énergivore es-tu ?

1. L'énergie, pour toi, c'est :
 - Avant tout, l'enjeu du débat entre les pro- et anti- nucléaires.
 - Une question d'experts qui te dépasse totalement.
 - Le sujet central qui détermine notre avenir climatique.
 - Une mode, tout le monde en parle et personne ne fait rien.

2. Pour toi, qu'est-ce que la sobriété énergétique ?
 - Ne pas boire d'alcool quand tu es dans un bar.
 - Ne pas consommer d'énergie du tout.
 - Consommer moins d'énergie en modifiant tes habitudes de vie et tes comportements.
 - Consommer uniquement des énergies renouvelables.

3. Qu'en est-il de ta propre consommation énergétique ?
 - Tu n'as aucune idée de ce qu'elle représente. En fait, tu ne sais pas ce qui est inclus dans ce terme.
 - Tu essayes de faire de ton mieux surtout en ce qui concerne le chauffage et la climatisation. Tu fais tout pour les utiliser le moins possible chez toi.
 - Tu as regardé tous tes usages en cherchant à réduire ou au moins optimiser ta consommation.
 - Ma consommation ? Elle est très bien comme elle est, et après tout, ce n'est pas moi qui consomme le plus !

4. Tu es plutôt douche ou bain ?
 - Un bain quotidien, pas moins.
 - Une douche tous les deux jours, c'est bien suffisant.
 - Peu importe, du moment que tu peux te laver, mais au moins un bain par semaine.
 - Une douche par jour, entre 10 et 15 minutes, c'est largement assez.

5. Ton moyen de transport, c'est :
 - Un vélo. Et quand tu as vraiment besoin d'un véhicule, tu loues une petite voiture électrique.
 - Un SUV, c'est sûr, pratique et confortable. Et tu aimes bien dominer la route.
 - Tu envisages une voiture électrique, mais tu hésites à cause des contraintes de la recharge.
 - Les transports en commun, au moins quand il pleut, on n'est pas mouillé(e).

6. Pour toi, la transition énergétique, c'est :
 - Pas ton problème. Si les technologies actuelles posent un problème, il suffit de les faire évoluer.
 - Une question de société et de sobriété : il est urgent de revoir notre rapport global à l'énergie.
 - Un impératif qu'on commence enfin à prendre en compte, et tu es prêt(e) à faire quelques petits efforts.
 - Important, mais tu ne comprends pas pourquoi c'est à toi de fournir des efforts alors que l'usine à côté de chez toi crache des panaches de fumée toute la journée.

7. Dans quelle mesure participes-tu au réchauffement climatique ? (rejet de gaz à effet de serre)

- Encore et toujours trop, mais tu cherches à diminuer tes rejets de CO2 au maximum.
 - Tu ne sais pas, tu ne te sens pas vraiment concerné(e).
 - Tu sais que tu pourrais moins polluer mais tu ne sais pas comment faire...
 - Tu t'es documenté(e) sur le sujet mais tu n'as pas encore mis en pratique.
8. À quoi ressemble ta garde-robe ?
- Plutôt à l'entrepôt d'une multinationale de commerce en ligne, tellement tu as de vêtements.
 - Il y a pas mal de vêtements et accessoires de seconde main trouvés en friperie ou sur des vide-greniers.
 - Tu as beaucoup de vêtements, mais tu vas bientôt les trier et donner ce qui ne te va plus.
 - Il y a des vêtements, des chaussures et des accessoires, mais tu fais attention de ne pas acheter en excès et dès que ça ne te va plus, tu jettes.
9. En ce qui concerne ton équipement numérique :
- Tu fais des efforts. Tu as d'ailleurs renoncé à changer ta tablette puisque celle que tu as, fonctionne encore très bien, même si elle commence à être obsolète.
 - Tu pourrais ouvrir ta propre boutique, tu as un ordinateur récent, une tablette neuve et le dernier smartphone à la mode.
 - Tu n'as pas résisté au dernier modèle de smartphone, mais tu as fait reprendre ton vieux téléphone qui bugait tout le temps.
 - Tu as acheté un téléphone reconditionné et ton ordinateur a 7 ans, il rame...
10. Si on devait diminuer notre consommation d'énergie...
- Tu es prêt(e) à faire des efforts, mais tu ne sais pas par où commencer.
 - Pour quoi faire ? Si tu peux te le payer c'est que tu y as droit !
 - Pas « Si », il faut que l'on diminue notre consommation !
 - Pourquoi pas, mais pas question de te priver de tes parties de jeu vidéo !
11. Tu adores les fraises...
- Ta mère t'en achète minimum toutes les 2 ou 3 semaines, quelle que soit la saison.
 - Tu en manges autant que tu peux pendant la saison. Le reste de l'année, tu en manges un peu moins et tu te restreins comme tu peux, mais la tentation est forte.
 - Tu te contentes d'attendre la saison pour en manger.
 - Tu ne comprends pas le rapport entre les fraises et l'énergie.
12. Côté tri des déchets, où en es-tu ?
- Tout dans la même poubelle ! C'est plus simple...
 - Tu recycles le verre et le plastique, ce n'est déjà pas si mal...
 - Tu es au top pour le zéro déchet, tu tries TOUT !
 - Tu tries... d'un côté le plastique ainsi que le carton et le reste de l'autre...

Annexe 3. Répartitions des réponses en fonction des profils.

Profil 1 ; Profil 2 ; Profil 3 ; Profil 4

1. L'énergie, pour toi, c'est :

- Avant tout, l'enjeu du débat entre les pro- et anti- nucléaires.
- Une question d'experts qui te dépasse totalement.
- Le sujet central qui détermine notre avenir climatique.
- Une mode, tout le monde en parle et personne ne fait rien.

2. Pour toi, qu'est-ce que la sobriété énergétique ?

- Ne pas boire d'alcool quand tu es dans un bar.
- Ne pas consommer d'énergie du tout.
- Consommer moins d'énergie en modifiant tes habitudes de vie et tes comportements.
- Consommer uniquement des énergies renouvelables.

3. Qu'en est-il de ta propre consommation énergétique ?

- Tu n'as aucune idée de ce qu'elle représente. En fait, tu ne sais pas ce qui est inclus dans ce terme.
- Tu essayes de faire de ton mieux surtout en ce qui concerne le chauffage et la climatisation. Tu fais tout pour les utiliser le moins possible chez toi.
- Tu as regardé tous tes usages en cherchant à réduire ou au moins optimiser ta consommation.
- Ma consommation ? Elle est très bien comme elle est, et après tout, ce n'est pas moi qui consomme le plus !

4. Tu es plutôt douche ou bain ?

- Un bain quotidien, pas moins.
- Une douche tous les deux jours, c'est bien suffisant.
- Peu importe, du moment que tu peux te laver, mais au moins un bain par semaine.
- Une douche par jour, entre 10 et 15 minutes, c'est largement assez.

5. Ton moyen de transport, c'est :

- Un vélo. Et quand tu as vraiment besoin d'un véhicule, tu loues une petite voiture électrique.
- Un SUV, c'est sûr, pratique et confortable. Et tu aimes bien dominer la route.
- Tu envisages une voiture électrique, mais tu hésites à cause des contraintes de la recharge.
- Les transports en commun, au moins quand il pleut, on n'est pas mouillé(e).

6. Pour toi, la transition énergétique, c'est :

- Pas ton problème. Si les technologies actuelles posent un problème, il suffit de les faire évoluer.
- Une question de société et de sobriété : il est urgent de revoir notre rapport global à l'énergie.
- Un impératif qu'on commence enfin à prendre en compte, et tu es prêt(e) à faire quelques petits efforts.
- Important, mais tu ne comprends pas pourquoi c'est à toi de fournir des efforts alors que l'usine à côté de chez toi crache des panaches de fumée toute la journée.

7. Dans quelle mesure participes-tu au réchauffement climatique ? (rejet de gaz à effet de serre)

- Encore et toujours trop, mais tu cherches à diminuer tes rejets de CO2 au maximum.
- Tu ne sais pas, tu ne te sens pas vraiment concerné(e).
- Tu sais que tu pourrais moins polluer mais tu ne sais pas comment faire...
- Tu t'es documenté(e) sur le sujet mais tu n'as pas encore mis en pratique.

8. À quoi ressemble ta garde-robe ?

- Plutôt à l'entrepôt d'une multinationale de commerce en ligne, tellement tu as de vêtements.
- Il y a pas mal de vêtements et accessoires de seconde main trouvés en friperie ou sur des vide-greniers.
- Tu as beaucoup de vêtements, mais tu vas bientôt les trier et donner ce qui ne te va plus.
- Il y a des vêtements, des chaussures et des accessoires, mais tu fais attention de ne pas acheter en excès et dès que ça ne te va plus, tu jettes.

9. En ce qui concerne ton équipement numérique :

- Tu fais des efforts. Tu as d'ailleurs renoncé à changer ta tablette puisque celle que tu as, fonctionne encore très bien, même si elle commence à être obsolète.
- Tu pourrais ouvrir ta propre boutique, tu as un ordinateur récent, une tablette neuve et le dernier smartphone à la mode.
- Tu n'as pas résisté au dernier modèle de smartphone, mais tu as fait reprendre ton vieux téléphone qui bugait tout le temps.
- Tu as acheté un téléphone reconditionné et ton ordinateur a 7 ans, il rame...

10. Si on devait diminuer notre consommation d'énergie...

- Tu es prêt(e) à faire des efforts, mais tu ne sais pas par où commencer.
- Pour quoi faire ? Si tu peux te le payer c'est que tu y as droit !
- Pas « Si », il faut que l'on diminue notre consommation !
- Pourquoi pas, mais pas question de te priver de tes parties de jeu vidéo !

11. Tu adores les fraises...

- Ta mère t'en achète minimum toutes les 2 ou 3 semaines, quelle que soit la saison.
- Tu en manges autant que tu peux pendant la saison. Le reste de l'année, tu en manges un peu moins et tu te restreins comme tu peux, mais la tentation est forte.
- Tu te contentes d'attendre la saison pour en manger.
- Tu ne comprends pas le rapport entre les fraises et l'énergie.

12. Côté tri des déchets, où en es-tu ?

- Tout dans la même poubelle ! C'est plus simple...
- Tu recycles le verre et le plastique, ce n'est déjà pas si mal...
- Tu es au top pour le zéro déchet, tu tries TOUT !
- Tu tries... d'un côté le plastique ainsi que le carton et le reste de l'autre...

Annexe 4. Tableur Excel pour l'analyse des questionnaires

| | A | B | C | D | E | F |
|----|---------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | Classe n°.... | | |
| 5 | Élève n°..... | Réponses correspondant au profil... | Nb de réponses | Profil de l'élève | Nb de réponses associées au profil | Nb de questions répondues par l'élève |
| 6 | 1 | Vert | | Vert | 0 | 0 |
| 7 | | Bleu | | | | |
| 8 | | Violet | | | | |
| 9 | | Jaune | | | | |
| 10 | 2 | Vert | | Vert | 0 | 0 |
| 11 | | Bleu | | | | |
| 12 | | Violet | | | | |
| 13 | | Jaune | | | | |
| 14 | ... | Vert | | Vert | 0 | 0 |
| 15 | | Bleu | | | | |
| 16 | | Violet | | | | |
| 17 | | Jaune | | | | |
| 18 | | | | | | |

La colonne A : Indique l'élève concerné.

La colonne B : Indique les différents profils.

La colonne C : Répertorie le nombre de réponses qui correspondent à chacun des profils.

La colonne D : Indique le profil qui correspond à l'élève. La cellule le détermine automatiquement en recherchant le profil pour lequel il y a le plus de réponses.

La colonne E : Indique le nombre de réponses données pour le profil déterminé dans la colonne C.

La colonne F : Calcule le nombre de questions auxquelles l'élève a répondu sur les 12 existantes.

Annexe 5. Tableur d'analyse pour la classe n°1

| Classe n°1 | | | | | |
|---------------|--------------------------------------|----------------|---------|----------------------------------------|---------------------------|
| Élève n°..... | Réponses correspondant au profil ... | Nb de réponses | Profils | nombre de réponses associées au profil | Nb de questions répondues |
| 1 | Vert | 4 | Violet | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 6 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 2 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 0 | | | |
| | Violet | 5 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 3 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 4 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 5 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 6 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 7 | Vert | 3 | Bleu | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 8 | Vert | 4 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 9 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 10 | Vert | 2 | Bleu | 7 | 12 |
| | Bleu | 7 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 11 | Vert | 5 | Vert | 5 | 11 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 12 | Vert | 3 | Bleu | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 2 | | | |
| 13 | Vert | 2 | Violet | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 5 | | | |
| | Jaune | 2 | | | |
| 14 | Vert | 4 | Vert | 4 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |
| 15 | Vert | 4 | Violet | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 6 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 16 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 17 | Vert | 4 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 2 | | | |
| 18 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 19 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |

| | | | | | |
|----|--------|---|--------|---|----|
| 20 | Vert | 4 | Bleu | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 21 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 22 | Vert | 2 | Violet | 6 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 6 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 23 | Vert | 2 | Bleu | 7 | 12 |
| | Bleu | 7 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 24 | Vert | 4 | Vert | 4 | 11 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |
| 25 | Vert | 3 | Violet | 4 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 2 | | | |
| 26 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 27 | Vert | 3 | Violet | 6 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 6 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 28 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 29 | Vert | 4 | Vert | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 30 | Vert | 2 | Bleu | 3 | 6 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |

Annexe 6. Tableur d'analyse pour la classe n°2

| Classe n°2 | | | | | |
|----------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Élève n° | Réponses correspondant au profil... | Nb de réponses | Profil de l'élève | Nb de réponses associées au profil | Nb de questions répondues par l'élève |
| 1 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 2 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 1 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |
| 3 | Vert | 3 | Violet | 4 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 2 | | | |
| 4 | Vert | 3 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 5 | Vert | 3 | Violet | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 6 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 6 | Vert | 4 | Vert | 4 | 9 |
| | Bleu | 1 | | | |
| | Violet | 0 | | | |
| | Jaune | 4 | | | |
| 7 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 8 | Vert | 4 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 9 | Vert | 3 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 10 | Vert | 4 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 11 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 12 | Vert | 4 | Vert | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 13 | Vert | 2 | Bleu | 4 | 11 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |
| 14 | Vert | 5 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 15 | Vert | 2 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 16 | Vert | 3 | Bleu | 7 | 12 |
| | Bleu | 7 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 17 | Vert | 4 | Vert | 4 | 11 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |
| 18 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |

| | | | | | |
|----|--------|---|--------|---|----|
| 19 | Vert | 1 | Violet | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |
| 20 | Vert | 4 | Jaune | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 0 | | | |
| | Jaune | 6 | | | |
| 21 | Vert | 1 | Jaune | 6 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 6 | | | |
| 22 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 23 | Vert | 8 | Vert | 8 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 24 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 25 | Vert | 4 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 2 | | | |
| 26 | Vert | 3 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 27 | Vert | 3 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 28 | Vert | 4 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 29 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |

Annexe 7. Tableur d'analyse pour la classe n°3

| Classe n°3 | | | | | |
|---------------|-------------------------------------|----------------|-------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Élève n°..... | Réponses correspondant au profil... | Nb de réponses | Profil de l'élève | Nb de réponses associées au profil | Nb de questions répondues par l'élève |
| 1 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 1 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 2 | Vert | 3 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 3 | Vert | 3 | Bleu | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 4 | Vert | 2 | Violet | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 5 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 5 | Vert | 3 | Bleu | 7 | 12 |
| | Bleu | 7 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 6 | Vert | 4 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 7 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 8 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 9 | Vert | 4 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 10 | Vert | 2 | Bleu | 8 | 12 |
| | Bleu | 8 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 11 | Vert | 4 | Bleu | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 12 | Vert | 2 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 13 | Vert | 4 | Violet | 4 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 14 | Vert | 4 | Bleu | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 15 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 16 | Vert | 3 | Bleu | 6 | 11 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 17 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 1 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 3 | | | |
| 18 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |

| | | | | | |
|----|--------|---|--------|---|----|
| 19 | Vert | 4 | Violet | 4 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 20 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 21 | Vert | 3 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 22 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 2 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 23 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 24 | Vert | 2 | Bleu | 6 | 12 |
| | Bleu | 6 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 25 | Vert | 3 | Bleu | 5 | 12 |
| | Bleu | 5 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |
| 26 | Vert | 4 | Bleu | 4 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 27 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 4 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 28 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 29 | Vert | 5 | Vert | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 3 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 30 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 31 | Vert | 7 | Vert | 7 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 1 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 32 | Vert | 6 | Vert | 6 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 2 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 33 | Vert | 3 | Violet | 5 | 12 |
| | Bleu | 4 | | | |
| | Violet | 5 | | | |
| | Jaune | 0 | | | |
| 34 | Vert | 3 | Violet | 5 | 12 |
| | Bleu | 3 | | | |
| | Violet | 5 | | | |
| | Jaune | 1 | | | |

Annexe 8. Activité documentaire : un cas concret – l'île d'EL Hierro



Figure 18 : Le réservoir supérieur de la centrale électrique de Gorona sur l'île espagnole d'El Hierro.
AFP/DESIREE MARTIN

Source : https://www.lemonde.fr/planete/article/2014/06/27/l-ile-d-el-hierro-bientot-100-autonome-en-energies-renouvelables_4446956_3244.htm

El Hierro (archipel des Canaries) est une île de 11 000 habitants et de 280 km². La conception et la mise en œuvre d'une centrale hydro-éolienne (parc éolien combiné à une station hydroélectrique) fait de ce petit morceau de terre le premier territoire totalement autonome sur le plan énergétique.

Regarde la vidéo et réponds aux questions :

Reportage de Radio Télévision Suisse qui explique la réponse au défi énergétique de l'île : https://www.youtube.com/watch?v=cl_6xC4GDzg

Questions :

→ La photo ci-dessus montre deux « composants » de la centrale hydro-éolienne de l'île : explique le fonctionnement de cette dernière.

→ L'île ne possédant ni sources d'eau douce, ni lac, le projet de centrale hydro-éolienne visait à apporter de l'énergie à l'île pour compenser les dépenses énergétiques d'installations très énergivores. Quelles sont les installations en question ?

→ Quels sont les trois facteurs qui ont rendu la mise en œuvre de la centrale possible ?

→ Sur quoi mise El Hierro pour s'approcher un peu plus de l'autonomie énergétique ?

Énergie et société : Enjeux énergétiques - Modèles de transition énergétique et éducation

Au fil des siècles, les préoccupations concernant les changements climatiques ont évolué, devenant plus pressantes au cours des 40 dernières années avec une augmentation significative de la recherche scientifique. Aujourd'hui, le climat est un enjeu majeur pour nos sociétés et les générations futures. Il est donc crucial d'examiner les modèles français visant à réguler l'augmentation des températures et le positionnement des élèves de terminale envers la transition énergétique. Quatre modèles français proposent différentes approches pour respecter les accords de Paris, visant à limiter à 2,1°C l'augmentation des températures et à atteindre la neutralité carbone. Ces scénarios présentent leur propre cohérence interne, mais ils sont délicats et nécessitent une action collective rapide pour accélérer la transition énergétique et atteindre les objectifs fixés. Cette étude documentaire est complétée par un questionnaire réalisé par les élèves de trois classes de terminale. L'objectif consiste à mettre en évidence le positionnement de chacun vis-à-vis de la transition énergétique. L'analyse du questionnaire révèle trois profils principaux parmi les élèves : 48% sont bien informés sur la transition énergétique et s'engagent activement dans des actions en ce sens. En revanche, 36% expriment une inquiétude pour le climat, mais ne prennent que peu de mesures concrètes pour réduire leur consommation. Enfin, 16% reconnaissent la détérioration du climat, mais n'agissent pas activement pour y remédier. La mise en place d'une activité portant sur l'alimentation d'une infrastructure via l'utilisation d'énergie renouvelable est une proposition à développer afin de guider les élèves vers des solutions et de les aider à réfléchir sur leurs modes de consommation.

Mots-clés : climat, éducation, modèles de transition, sobriété énergétique, transition énergétique

Energy and society: Energy issues - Energy transition models and education

Over the centuries, concerns about climate change have evolved, becoming more pressing over the last 40 years with a significant increase in scientific research. Today, climate is a major issue for our societies and future generations. It is therefore crucial to examine French models for regulating rising temperatures and the position of senior school pupils towards the energy transition. Four French models propose different approaches for complying with the Paris agreements, aiming at limiting the rise in temperature to 2.1°C and achieving carbon neutrality. These scenarios have their own internal coherence, but they are delicate and require rapid collective action to accelerate the energy transition and achieve the targets set. This documentary study is supplemented by a questionnaire carried out by students in three final year classes. The aim was to find out how each student felt about the energy transition. The analysis of the questionnaire reveals three main profiles among the students: 48% are well informed about the energy transition and are actively involved in actions to this end. On the other hand, 36% express concern about the climate, but take few concrete steps to reduce their consumption. Finally, 16% recognise that the climate is deteriorating, but are not actively doing anything about it. The introduction of an activity focusing on powering an infrastructure using renewable energy is a proposal that could be developed to guide students towards solutions and help them reflect on their consumption patterns.

Keywords : climate, education, transition models, energy sobriety, energy transition

