

Séquence de classe

L'arbre, source de chaleur

Cycle 4 (Chimie - SVT)

Cette ressource peut être menée seule ou être intégrée au projet « [Arbres, matière et énergie \(cycle 4\)](#) ».

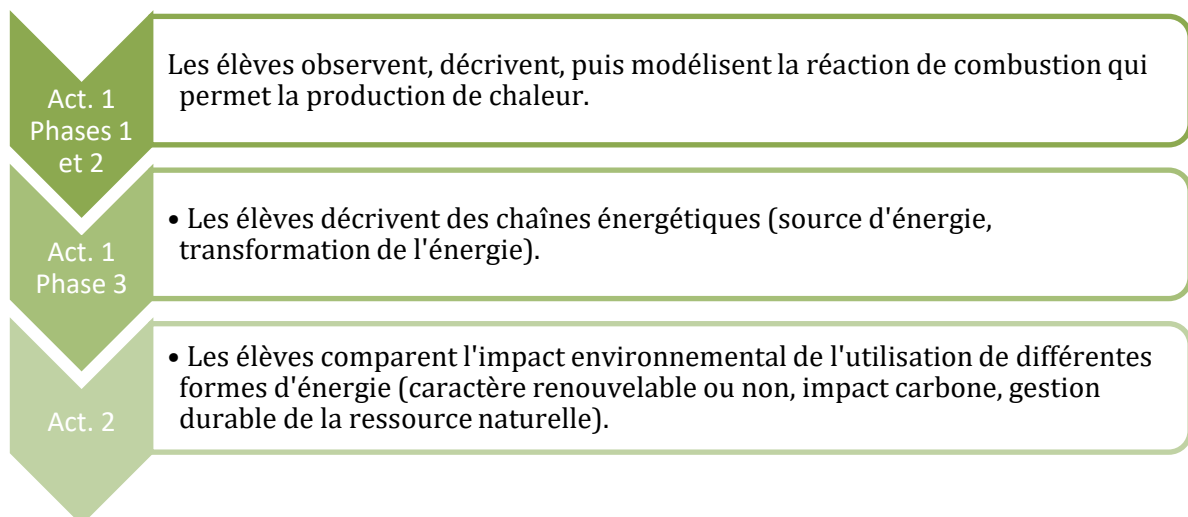
Produire de la nourriture, de l'électricité, de la chaleur, déplacer des humains ou des objets... toutes ces tâches requièrent de l'énergie. Aujourd'hui, l'exploitation de l'énergie pose question car, d'une part, certaines ressources sont finies et leurs stocks s'épuisent, et, d'autre part, l'utilisation des énergies fossiles est à l'origine du changement climatique actuel. Pour que les élèves puissent comprendre des questions environnementales complexes, il faut leur transmettre des bases scientifiques solides. Le projet « [Arbres, matière et énergie \(cycle 4\)](#) » permet aux élèves d'approfondir leur compréhension des liens entre la biodiversité et la gestion des ressources naturelles indispensables à nos sociétés.

Dans cette séquence, les élèves étudient une utilisation majeure de la biomasse : la production de chaleur par combustion. Ce processus est considéré comme une alternative à l'utilisation des énergies fossiles, car il peut s'inscrire dans un processus neutre en carbone. Cela n'est pas sans soulever de nombreux problèmes quant à la gestion durable de cette ressource naturelle.

Les objectifs résumés de la séquence :

- Étudier la combustion et ses propriétés.
- Manipuler les concepts d'énergie et de conversion d'énergie.
- Montrer l'impact en termes d'émissions carbone de l'utilisation de différentes formes d'énergie.
- Évoquer les problématiques de gestion durable des ressources naturelles.

La séquence en un clin d'œil



Activité 1 : Étudier la combustion

Résumé	
Discipline	Chimie
Déroulé et modalités	Une réflexion sur les modes de chauffage conduit les élèves à étudier le phénomène de combustion à travers de petites expériences. Les conversions d'énergie associées sont rendues explicites.
Durée	Une à deux séances d'une heure
Matériel	<p>Phase 1 Pour toute la classe :</p> <ul style="list-style-type: none">• un morceau de charbon, de fusain ou de graphite ;• des flacons fermés et un support avec pince crocodile ;• des allumettes ou un briquet ;• de l'eau de chaux ;• du dioxygène pur. <p><i>Note : S'il manque de temps, l'enseignant pourra projeter une vidéo de l'expérience.</i></p> <p>Phase 2 Par groupe d'élèves :</p> <ul style="list-style-type: none">• des pots (ou d'autres récipients) et des modèles moléculaires. <p>Phase 3 Par groupe d'élèves :</p> <ul style="list-style-type: none">• une canette (que l'on remplit d'un volume d'eau) ;• un support et des pinces (pour maintenir la canette au-dessus de la bougie) ;• une protection en aluminium (pour limiter les pertes thermiques) ;• une balance ;• un thermomètre ou un capteur de température relié au téléphone, avec l'application FizziQ ;• le schéma de la fiche 1 à remplir.
Message à emporter	
Connaissances :	
<ul style="list-style-type: none">• La combustion est une transformation chimique qui nécessite deux réactifs : un combustible qui contient du carbone (par exemple : le charbon, le fioul, le gaz naturel, le bois...) et un comburant, le dioxygène. Il faut aussi une source de chaleur. Un corps est produit : c'est le dioxyde de carbone. Cette transformation chimique dégage de la chaleur.• Pour leurs besoins, les humains utilisent la combustion du fioul, du gaz naturel ou du bois. Au cours de cette transformation, l'énergie chimique est transformée en énergie thermique, employée pour chauffer les logements, l'eau, cuire les aliments...	

Phase 1 : La combustion, moteur du chauffage de nombreux Français

Chauffer son domicile peut se faire de différentes manières : chauffage électrique, au gaz, au fioul... ou au bois. L'enseignant demande aux élèves quel est le mode de chauffage utilisé chez eux. Ceux-ci se renseignent auprès de leurs parents. Il existe plusieurs modes de chauffage :

- Le chauffage électrique (environ 35 % des ménages français) s'appuie sur l'effet Joule (nous ne développerons pas ici ce phénomène, mais l'enseignant pourrait choisir de le faire).
- Le chauffage au gaz (environ 39 %) ou au fioul (environ 12 %) ou au bois (environ 5 %) repose sur une réaction appelée **combustion**. C'est cette réaction qui va maintenant être étudiée.

L'enseignant réalise devant la classe le protocole suivant : il plonge un morceau de fusain (ou de graphite ou de charbon) incandescent dans un flacon contenant de l'air, puis demande aux élèves de décrire et de noter ce qui se passe. Il verse ensuite de l'eau de chaux au fond du flacon : elle se trouble. L'enseignant rappelle que deux gaz sont naturellement présents en grande quantité dans l'air : le dioxygène et le diazote. S'il le peut, il recommence l'expérience en remplaçant l'air du flacon par du dioxygène pur. Il verse de l'eau de chaux au fond du flacon, comme dans la première expérience. La réaction de combustion est très intense en présence de dioxygène pur (elle serait nulle en présence de diazote pur).



Note : Selon le temps dont il dispose, l'enseignant peut présenter aux élèves une vidéo de l'expérience au lieu de la réaliser lui-même.

À l'issue de l'expérience, les élèves sont placés en groupes. Ils ont pour consigne de réaliser un compte rendu de leurs observations. L'enseignant passe dans les rangs pour les guider. Il les interroge : quels sont les gaz naturellement présents dans l'air ? Quel gaz trouble l'eau de chaux ? Il rappelle au besoin le vocabulaire attendu : produit, réactif, transformation chimique. Après un temps de travail, un premier groupe d'élèves est interrogé. Les groupes suivants corrigent ou complètent si nécessaire. À ce stade, les élèves auront pu noter les points suivants :

- La combustion nécessite la présence d'un gaz : le dioxygène.
- Au bout d'un moment, la combustion s'arrête. Un élément empêche la réaction de se prolonger.
- La réaction produit un gaz qui trouble l'eau de chaux : il s'agit du dioxyde de carbone.
- La réaction produit de la chaleur.

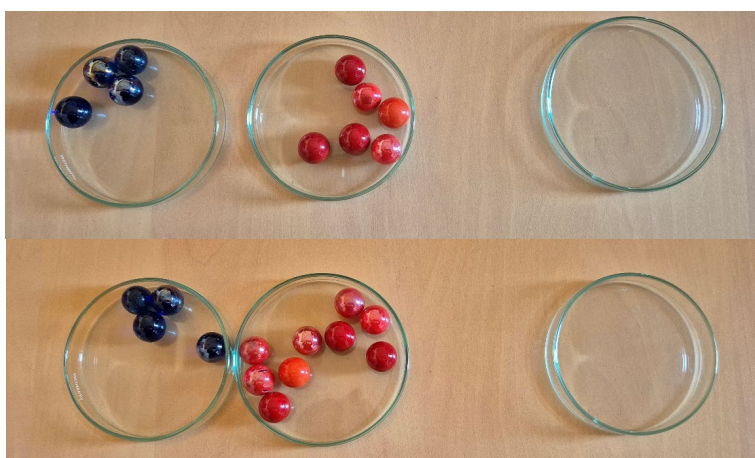
Phase 2 : Modéliser la combustion

L'enseignant distribue aux élèves le matériel suivant : trois pots vides et des billes de deux couleurs différentes (l'une représente les atomes de carbone, l'autre d'oxygène). La consigne est la suivante : modéliser ce qui s'est passé au cours de la réaction (en tenant compte des trois premiers points résumés à la fin de la phase 1). Il faut respecter la règle suivante : le dioxyde de carbone se formant à partir d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène, il faut prendre deux « billes oxygène » chaque fois qu'on prélève une « bille carbone ».

L'enseignant demande aux élèves de prendre une photo (ou de faire un schéma) de leur modélisation de l'état initial et de l'état final (ou de l'appeler pour qu'il valide l'état initial avant de passer à l'état final).

- Pour représenter l'état initial, les élèves doivent placer les atomes de carbone dans un pot, ceux d'oxygène dans un autre (un nombre pair pour représenter les molécules de dioxygène), et rien dans le troisième. Si le réactif limitant est le dioxygène, le nombre de « billes oxygène » doit être inférieur à deux fois celui de « billes carbone ». Les élèves réaliseront ce point à la fin de la modélisation. Pour l'instant, ils peuvent partir sur l'une ou l'autre des deux configurations.

Première configuration :
le dioxygène
est le réactif
limitant



Deuxième configuration :
le carbone est
le réactif
limitant

- Pour représenter l'avancement de la réaction, les élèves doivent progressivement remplir le troisième pot, en associant une bille représentant un atome de carbone avec un couple de billes symbolisant la molécule de dioxygène.
- Pour représenter l'état final, les élèves doivent revenir sur ce qu'ils ont observé dans la phase 1. S'il restait du fusain à la fin de la réaction, c'est que le carbone était en excès ; autrement dit, le dioxygène était le réactif limitant de cette réaction. Pour modéliser cette configuration, le pot contenant les éléments de carbone ne doit pas être vide à la fin, contrairement à celui contenant le dioxygène. Si, au contraire, le carbone était le réactif limitant, il a été entièrement consommé au cours de la réaction. Dans cette configuration, c'est le pot contenant les éléments de carbone qui doit être vide à la fin.

Première configuration :
le dioxygène
est le réactif
limitant



Deuxième configuration :
le carbone est
le réactif
limitant



Après une phase d'échange avec la classe, l'enseignant réalise une synthèse à l'oral. L'équation-bilan de la réaction est explicitée. L'enseignant explique que le carbone ou le dioxygène peuvent être des réactifs limitants pour la réaction : celle-ci cesse dès que ce réactif limitant a été intégralement consommé. Cette transformation de matière est accompagnée d'une libération de chaleur (voir phase 3). Brûler une bougie ou de la matière organique (riche en carbone) aboutit donc à un dégagement de dioxyde de carbone et à une production de chaleur.

Carbone + Dioxygène → Dioxyde de carbone



Réactifs

Produit

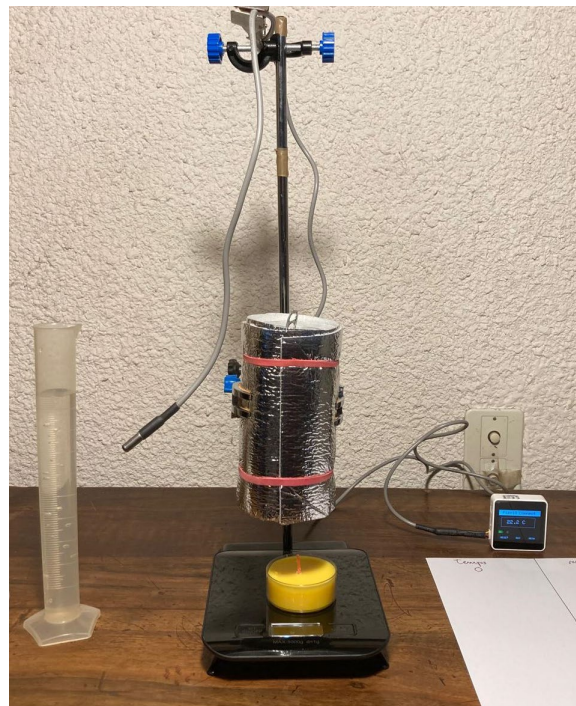
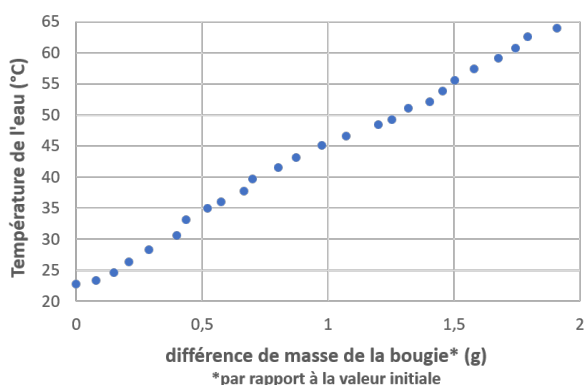
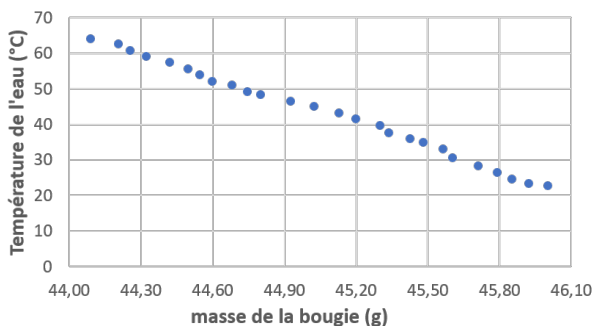
Note : L'enseignant peut expliquer que la combustion du carbone peut aussi conduire à la formation d'un autre produit, le monoxyde de carbone, qui est un gaz toxique ($\text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$). D'où la nécessité de faire vérifier les chaudières et les chauffages avant chaque hiver, et d'aérer régulièrement.

Phase 3 : Tout se transforme

L'enseignant propose aux élèves d'étudier plus précisément le fonctionnement d'une bougie. Il les répartit par groupes de quatre et leur distribue le protocole suivant :

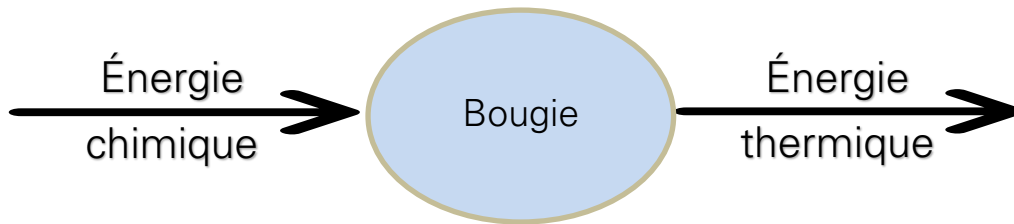
- Placer 100 g d'eau dans une canette vide et mesurer la température initiale de l'eau.
- Placer la canette au-dessus d'une bougie et entourer la canette d'une protection pour limiter les pertes thermiques.
- Mesurer la masse initiale de la bougie.
- Ensuite, toutes les 5 minutes (au mieux toutes les minutes), mesurer la température de l'eau et la masse de la bougie.
- Au bout de 20 minutes, prendre une dernière fois les mesures, puis interrompre l'expérience.
- Tracer le graphique présentant l'évolution de la température en fonction de la perte de masse de la bougie.

Note : L'enseignant peut choisir de faire représenter l'évolution de la température en fonction de la masse (on aura alors une fonction décroissante, plus difficile à interpréter) ou en fonction de la perte de masse (le graphique final sera plus facile à interpréter, mais il demande d'explicitier l'idée qu'on représente une perte de masse plutôt qu'une masse).

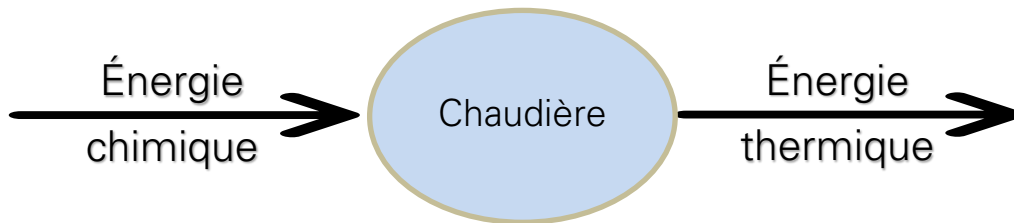


L'enseignant met en commun les graphiques obtenus par les différents groupes. Les mesures de masse et de température montrent qu'il existe une relation positive entre la quantité de paraffine ayant subi la combustion et la quantité de chaleur dégagée (cette relation est même proportionnelle et dépend du pouvoir calorifique du corps brûlé). Nous pouvons dire que l'énergie initialement contenue dans la matière de la bougie (énergie chimique de liaison) a été convertie en une nouvelle forme d'énergie : une énergie thermique.

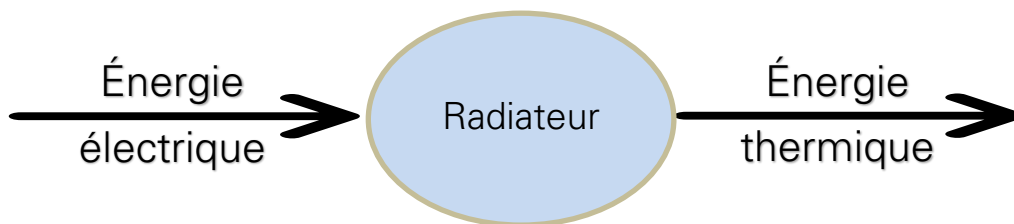
L'enseignant distribue aux élèves la **fiche 1** et reproduit au tableau le schéma suivant sans les termes « chimique » et « thermique ». Les élèves essaient de le compléter. Voici la correction donnée ensuite :



L'enseignant établit ensuite un parallèle avec le chauffage au domicile. Les élèves doivent compléter le schéma suivant, qui porte sur le fonctionnement d'une chaudière. Il s'agit, là encore, d'une conversion d'énergie d'une forme chimique vers une forme thermique. Seul l'objet qui assure la conversion change.



Les élèves essaient maintenant de remplir tout seuls le schéma entier, qui traduit le chauffage électrique. Ils doivent arriver à la chaîne énergétique suivante :



L'enseignant conclut l'activité en résumant les points suivants :

- Les humains ont besoin de chaleur pour de nombreuses activités : chauffer l'habitat, chauffer l'eau, faire cuire leurs aliments...
- Différents modes de chauffage reposent sur une transformation chimique : la combustion. Ici, c'est de l'énergie chimique qui est convertie en énergie thermique. D'autres modes de chauffage impliquent d'autres sources d'énergie : électrique, géothermique...
- Peut-on considérer que les chauffages au gaz naturel, au fioul et au bois, qui reposent tous sur une combustion, sont équivalents ? C'est ce que nous allons voir dans l'activité suivante.

Activité 2 : Les différentes sources d'énergie

Résumé	
Discipline	Chimie ou SVT
Déroulé et modalités	Les élèves réalisent une étude documentaire pour comprendre l'origine de deux sources d'énergie (fossile et bois) et les distinguer selon leur caractère renouvelable ou non.
Durée	Une séance d'une heure
Matériel	Par groupe d'élèves : <ul style="list-style-type: none">• des documents (fiche 2) ;• l'interview d'un scientifique.
Message à emporter	
Connaissances :	<ul style="list-style-type: none">• L'impact environnemental du processus de production de chaleur dépend de la source d'énergie employée. Certaines énergies sont dites <i>renouvelables</i>, car elles se renouvellent à un rythme supérieur à celui de leur consommation. La biomasse (comme l'énergie solaire ou éolienne) est une énergie renouvelable (ce qui n'est pas le cas des énergies fossiles comme le pétrole).• Le bois est une ressource naturelle qui peut être considérée comme <i>durable</i>, uniquement si elle est correctement gérée (prélèvement modéré, respect du cycle de vie des arbres).

Phase 1 : Introduction

Les élèves reçoivent la problématique suivante : contrairement au chauffage au fioul ou au gaz naturel, le chauffage au bois peut être qualifié de *neutre du point de vue du carbone*, et le bois peut être qualifié de ressource renouvelable et durable. Lis les documents, puis rédige un court texte pour justifier l'affirmation donnée.

Après une courte explicitation des objectifs, l'enseignant répartit les élèves en groupes et leur distribue les documents de la [fiche 2](#). Les élèves répondent aux différentes questions posées dans la fiche, ce qui les aide à progresser dans leur raisonnement.

Phase 2 : Cycle du carbone et échelles de temps

Voici quelques éléments pour guider les élèves dans leur raisonnement :

- Dans le cas des énergies fossiles comme dans celui du bois, le carbone atmosphérique est piégé dans la biomasse. Au moment de la combustion (fossile ou non), le carbone de la biomasse retourne dans l'atmosphère.
- Les deux phénomènes pourraient apparaître comme *neutres* du point de vue du carbone (autant de carbone absorbé que de carbone émis). En réalité, il a fallu des millions d'années pour créer un gisement de pétrole et quelques années ou dizaines d'années pour l'épuiser. Même si le bilan est neutre sur des millions d'années, l'exploitation du pétrole conduit à d'importantes émissions carbone sur le court terme (celui qui nous intéresse).
- De plus, le pétrole est une source d'énergie que l'on considère comme *non renouvelable*, car elle se reconstitue bien plus lentement qu'elle n'est utilisée par nos sociétés.
- Les forêts se reconstituent bien plus vite que les gisements de pétrole. Si elles sont gérées de manière raisonnable, elles peuvent fournir une énergie *neutre* du point de vue du carbone : la quantité de carbone émise lors de la combustion est équivalente à celle piégée par l'arbre au cours de sa croissance. Cela est vrai si les arbres prélevés sont remplacés par d'autres arbres qui vont vivre aussi longtemps (il faut par exemple éviter les coupes rases). Une gestion durable de la forêt implique également de laisser du bois mort sur le sol, car c'est une source indispensable de matière minérale (nécessaire à la production future de matière organique).
- Dans de telles conditions, la ressource bois peut également être considérée comme *renouvelable*.

L'enseignant met en commun les propositions de chaque groupe. Puis il corrige l'activité, en insistant sur les trois concepts clés évoqués ci-dessus :

- le caractère renouvelable ou non renouvelable des différentes sources d'énergie ;
- le bilan carbone de l'utilisation d'une forme d'énergie ou d'une ressource ;
- la gestion durable ou non durable d'une ressource naturelle.

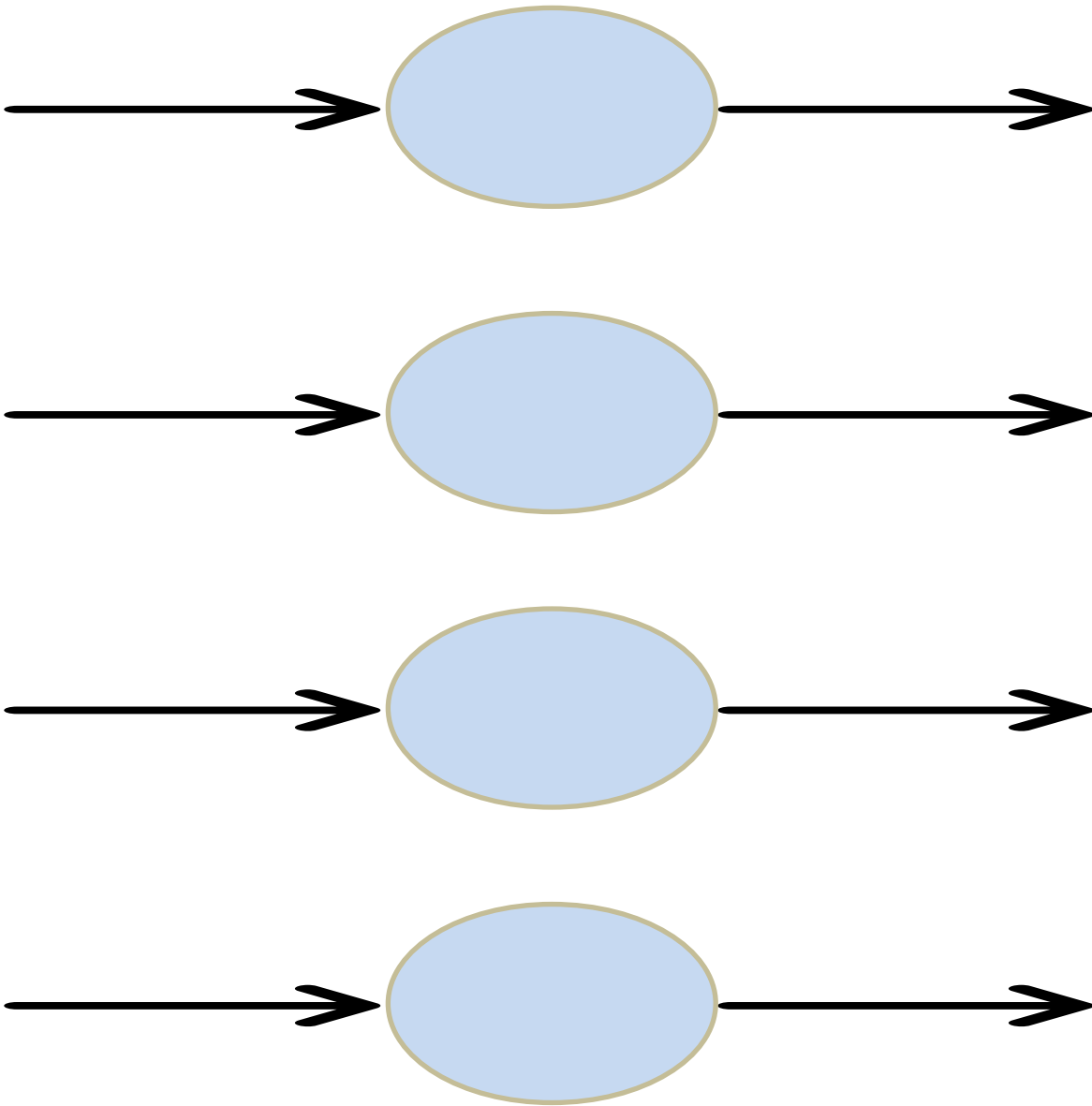
L'enseignant projette une [vidéo](#) dans laquelle un scientifique, expert de la forêt, aborde ces questions. Notons bien que, si ces trois points sont à considérer, il ne faut pas confondre les enjeux liés à chacun. L'enseignant utilise d'autres exemples pour clarifier son discours. Il interroge les élèves sur le caractère renouvelable ou non renouvelable de l'énergie nucléaire, solaire, du charbon... Il évoque d'autres ressources naturelles finies et précieuses comme l'eau.



Il conclut en expliquant qu'il est indispensable de réduire rapidement et drastiquement notre utilisation des énergies fossiles, car elles sont fortement émettrices de carbone et épuisables. Nous devons nous tourner vers des énergies bas carbone et renouvelables. Cependant, cette transition doit se faire de manière réfléchie pour assurer une gestion durable des ressources naturelles.

À l'issue d'un temps d'échange pour clarifier ces concepts majeurs, mais difficiles, l'enseignant fait rédiger la trace écrite (voir « Message à emporter »).

Fiche 1 : Étude de la combustion



Fiche 2 : Une question de temps

Consigne générale : contrairement au chauffage au fioul ou au gaz naturel, le chauffage au bois peut être qualifié de *neutre du point de vue du carbone*, et le bois peut être qualifié de ressource renouvelable et durable. Lis les documents, puis rédige un court texte pour justifier l'affirmation donnée.

Après avoir étudié les documents, visionne cette [interview du scientifique](#) Francis Martin, expert des forêts.



1. Étudie les documents et remplis les cases en choisissant le texte adapté parmi les éléments suivants.

Matière organique
(C, O, H, N)

Matière minérale
(roches riches en C)

Carbone
atmosphérique
(CO₂)

MA

DA

A

Légende

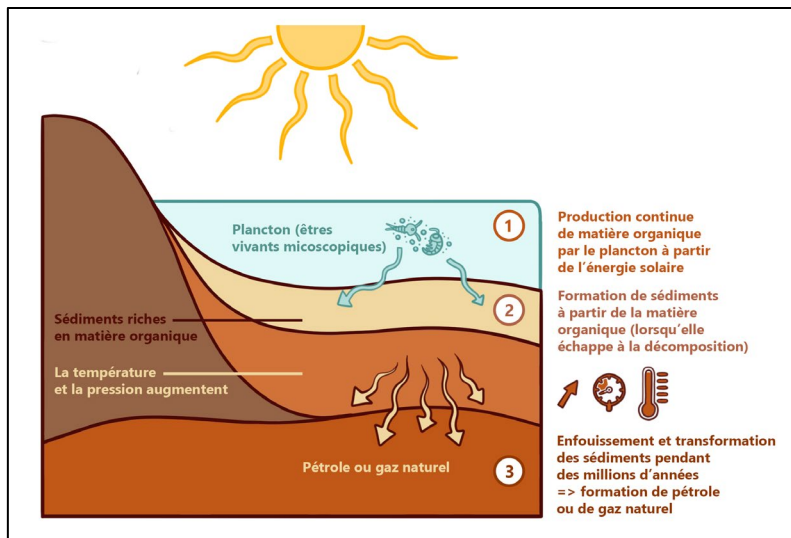
MA = millions d'années

DA = dizaines d'années

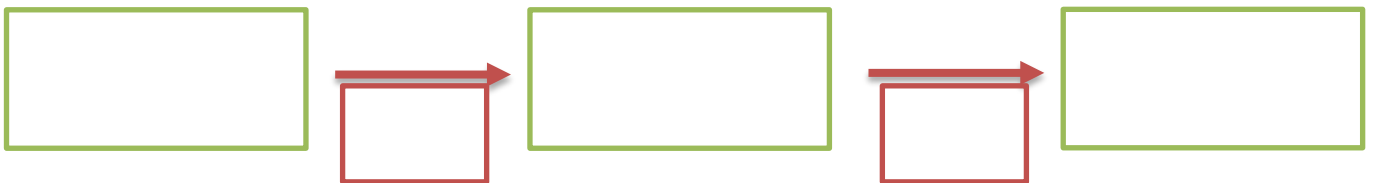
A = années

2. Sur ton cahier, explique pourquoi les ressources fossiles ne sont pas « renouvelables ».
3. Sur ton cahier, explique pourquoi l'utilisation des ressources fossiles n'est pas neutre sur le plan du carbone.
4. Sur ton cahier, explique pourquoi la ressource bois peut être qualifiée de « renouvelable ».
5. Sur ton cahier, explique à quelle condition la ressource bois peut être qualifiée de « durable ».

Formation de la ressource combustible



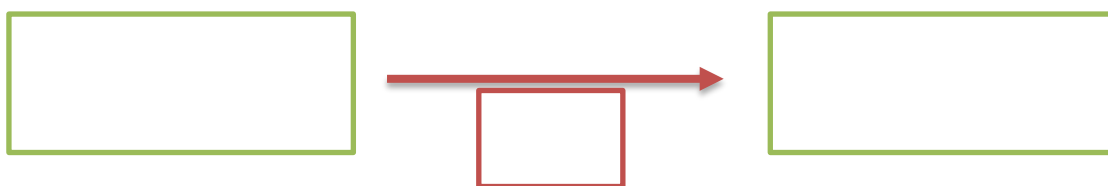
Transformation chimique globale :



Extraction et utilisation de la ressource combustible



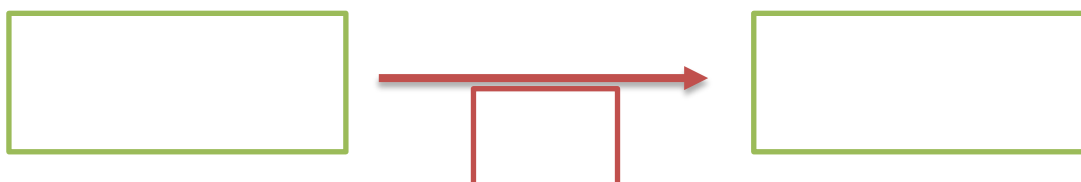
Transformation chimique globale :



Formation de la ressource combustible



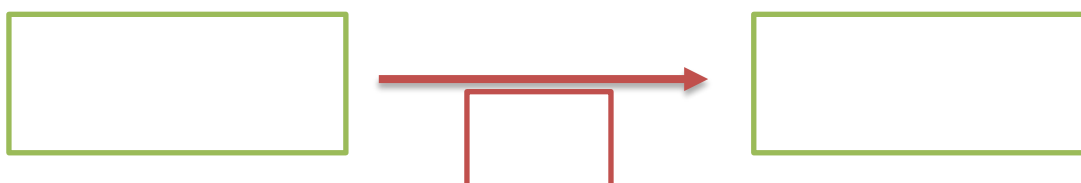
Transformation chimique globale :



Prélèvement de la ressource combustible



Transformation chimique globale :



Coordination

Mathieu FARINA pour la Fondation *La main à la pâte*

Conception et rédaction

Mathieu FARINA ; Activité 1 : Pauline BÂCLE, Aline CHAILLOU, Fatima RAHMOUN, Murielle TREIL

Remerciements

Relecture scientifique : Francis MARTIN, Stéphane SARRADE

Validation pédagogique : Pauline BÂCLE, Julien BOQUET, Priscillia DUBOIS, Anne-Lise LEROY, Fatima RAHMOUN

Relecture générale : Anne BERNARD-DELHORME

Crédits

Illustration p.11 : Ambre RENAULT-FAIVRE D'ARCIER [cette illustration est reproductible mais non modifiable]

Photos : pixabay.com, sauf p. 12 (coupe rase) : Larrousiney, CC BY-SA 4.0

<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>>, via Wikimedia Commons

Cette ressource a été produite avec le soutien de la Fondation TotalEnergies



Date de publication

Septembre 2024

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'utilisation commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org

