

Séquence de classe

L'arbre qui stocke du carbone

Cycle 4 (Maths)

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

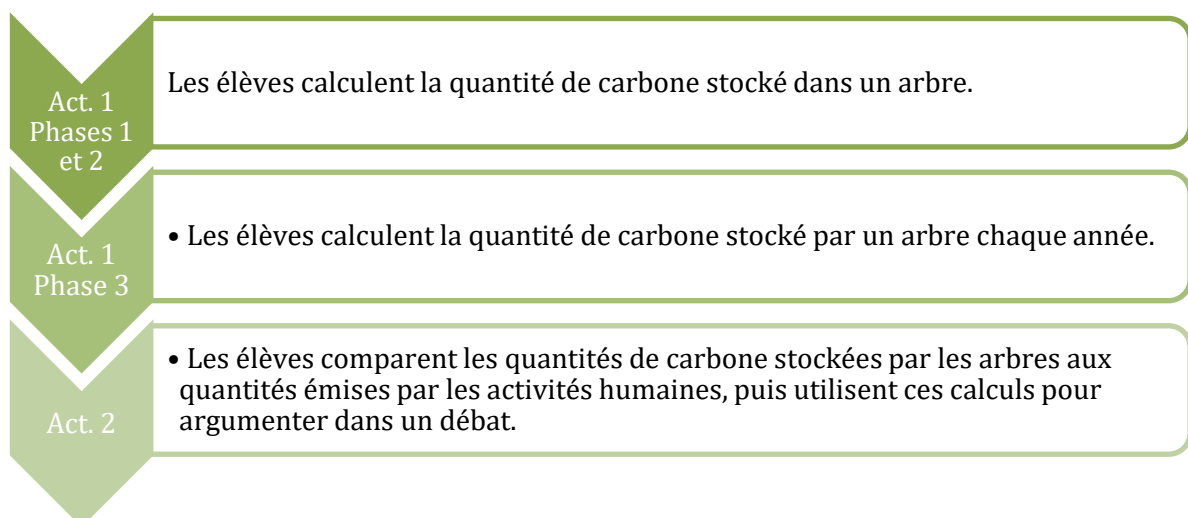
Produire de la nourriture, de l'électricité, de la chaleur, déplacer des humains ou des objets... toutes ces tâches requièrent de l'énergie. Aujourd'hui, l'exploitation de l'énergie pose question car, d'une part, certaines ressources sont finies et leurs stocks s'épuisent, et, d'autre part, l'utilisation 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 stratégie de lutte contre le changement climatique : planter des arbres pour compenser nos émissions de carbone. Pour savoir si cette stratégie est pertinente, il faut passer d'une description qualitative du stockage du carbone par les arbres à une description *quantitative*.

Les objectifs résumés de la séquence :

- Mobiliser des outils mathématiques pour résoudre un problème lié au développement durable.
- Comprendre l'importance de s'appuyer sur des valeurs chiffrées pour se forger une opinion éclairée dans un débat de société.

La séquence en un clin d'œil



Activité 1 : Combien de carbone dans mon arbre ?

Résumé

Disciplines

Mathématiques, Chimie

Déroulé et modalités

Les élèves reçoivent un problème (estimer la quantité de carbone dans un arbre donné) et des documents. Ils doivent extraire les informations pertinentes de ces documents, réaliser des mesures et mettre en relation tous ces éléments pour apporter une réponse au problème.

Durée

Deux séances d'une heure

Matériel

Par groupe d'élèves :

- tout ou partie des documents de la [fiche 1](#) ;
- optionnel : un téléphone ou une tablette avec une application de type FizziQ.

Message à emporter

Compétence : Les valeurs numériques jouent un rôle clé dans les débats relatifs au développement durable. Décrire les phénomènes en employant des paramètres bien identifiés et des ordres de grandeur permet d'étayer une argumentation et d'enrichir les réflexions.



Phase 1 : Introduction

L'enseignant rappelle aux élèves les points suivants (en partie découverts dans l'[étape 1 du projet](#)) :

- Les molécules qui forment la matière organique (dont celle des arbres) sont très riches en carbone.
- Les végétaux puisent le carbone atmosphérique (sous forme de CO₂) et le stockent.
- Le CO₂ est naturellement présent dans l'atmosphère, mais les activités humaines en ajoutent. Or le CO₂ est un gaz à effet de serre. L'augmentation de l'effet de serre a des conséquences importantes sur le climat de notre planète.

L'enseignant interroge ensuite les élèves : avez-vous entendu parler de mesures visant à lutter contre le changement climatique... avec des arbres ? Certains élèves connaîtront déjà l'idée selon laquelle planter des arbres pourrait être une arme efficace dans le combat contre le réchauffement climatique. L'enseignant peut montrer des articles ou des blogs présentant ces affirmations. Puis il interroge les élèves : de telles affirmations sont-elles crédibles ? Les élèves répondront spontanément « oui » ou « non », mais sans pouvoir étayer leur avis. L'enseignant souligne que pour se positionner dans un débat de société, il faut apporter des faits, des preuves. Sinon, qui croire ?

L'enseignant questionne encore les élèves : de quelles informations faudrait-il disposer pour évaluer la pertinence d'une mesure comme celle de planter des arbres ? Après un échange avec la classe, l'enseignant résume :

- dans un premier temps, il faut parvenir à estimer la quantité de carbone que peut stocker un arbre chaque année (phases 2 et 3) ;
- dans un second temps, il faut estimer la quantité d'arbres à planter pour compenser nos émissions carbone annuelles (activité 2).

HUFFINGTONPOST.FR

Planter des arbres serait la solution la plus efficace pour lutter contre le réchauffement climatique

VRAI OU FAUX ?

Phase 2 : Défi « Combien de carbone dans mon arbre ? »

La classe est répartie en groupes d'élèves. Chaque groupe va choisir un arbre dans l'environnement immédiat de l'établissement (différents groupes peuvent travailler sur le même arbre) et devra répondre au défi suivant : évaluer la quantité de carbone stockée dans cet arbre.

Le défi est donné en classe pour permettre un premier temps de réflexion. Les élèves seront certainement surpris par la difficulté de la question, mais après un temps d'échange, des idées ne manqueront pas d'émerger. Dans la foulée, l'enseignant leur distribue la mallette correspondant à la **fiche 1**. Les documents peuvent être exploités dans n'importe quel ordre. Chacun révèle une partie de la solution, et le travail des élèves consiste à établir les liens entre eux et à trouver les données manquantes (par la mesure ou le calcul).

Note : deux éléments mentionnés dans la rubrique « Outils » ne sont pas donnés sous la forme de documents mais d'objets réels. Il s'agit du mètre ruban et de la croix du bûcheron (seulement si la Méthode 2 est retenue, voir la rubrique correspondante). Pour fabriquer une telle croix, il faut se procurer deux baguettes droites de même dimension, 20 cm de long par exemple.

L'activité peut être menée en trois temps :

- D'abord, les élèves en groupes raisonnent de manière théorique, par écrit. Ils cherchent les liens entre les documents et identifient les données manquantes.
- Ensuite, ils vont sur le terrain pour obtenir, par la mesure, les données manquantes.
- De retour en classe, l'enseignant présente les mesures obtenues par les différents groupes et souligne le fait qu'elles ne sont pas exactement les mêmes. L'enseignant pourra proposer de faire la moyenne des différentes mesures ou un encadrement de la valeur exacte (probablement comprise entre la plus haute et la plus basse des valeurs obtenues). Cette incertitude dans les mesures, due aux difficultés pratiques de mesure sur le terrain, est attendue. C'est un élément de la démarche scientifique indispensable à considérer pour ajuster le degré de confiance à accorder au résultat (une incertitude plus grande exige plus de prudence avant de s'appuyer sur les valeurs obtenues). L'enseignant souligne que, malgré cette incertitude, les élèves sont parvenus à obtenir une estimation relativement fiable d'une valeur non immédiatement disponible, et ce, grâce à des connaissances fiables et à des mesures.

Voici quelques éléments pour accompagner la réflexion des élèves :

Concepts

- Pour connaître la *quantité de carbone dans l'arbre* : on considère que 50 % de la masse sèche est constituée de carbone (→ **Infographie**). Il nous faut donc connaître la *biomasse* de l'arbre.
- Pour estimer la *biomasse* d'un arbre vivant, il nous faut connaître son *volume* et sa *masse volumique*, car les trois paramètres sont directement reliés entre eux. La masse volumique du bois de différentes

espèces est donnée aux élèves (→ **Tableau des masses volumiques**), mais le *volume* reste à estimer.

- Pour estimer le *volume* de l'arbre : les élèves doivent assimiler le tronc à un cylindre. Dans ce cas, ils peuvent utiliser la formule : $V = \pi \times r^2 \times h$. Pour obtenir r (le rayon) du tronc, ils mesurent sa *circonférence* ($c = 2 \pi \times r$). h (la *hauteur*) et c (la *circonférence*) s'obtiennent par la mesure (→ **Outils**). Les élèves peuvent en déduire la biomasse du tronc. Ils doivent ensuite en déduire la biomasse totale de l'arbre grâce à un document (→ **Infographie**).

Outils

- Pour mesurer la *hauteur* de l'arbre :
 - Méthode 1 : **la proportionnalité**. Il s'agit de prendre une photo de l'arbre avec un enfant dont on connaît la taille et qui servira d'échelle. On pourra ainsi déduire la taille de l'arbre (→ **Proportionnalité**). Il est possible de s'appuyer sur l'application FizziQ (→ **Logiciel**).
 - Méthode 2 : **la croix du bûcheron**. Il s'agit de deux bâtons de bois de même longueur que l'on place perpendiculairement (→ **Protocole d'utilisation de la croix du bûcheron**).
Optionnel pour les élèves de fin de cycle 4 : montrer que la croix du bûcheron est une application du théorème de Thalès.
- Pour mesurer la *circonférence* de l'arbre : on utilise un **mètre ruban** en se plaçant à une hauteur de 1,20 m.

Exemple de résolution numérique

- L'arbre que nous avons sous les yeux est un hêtre.
- À partir d'une photo, nous avons estimé la hauteur de son tronc : 6 m.
- À l'aide du mètre ruban, nous avons mesuré la circonférence du tronc : 25 cm.
- Nous en déduisons le rayon du tronc : $r = c/2 \pi = 4,0$ cm.
- Puis le volume du tronc : $V = \pi \cdot r^2 \cdot h = 0,03$ m³.
- Puis sa masse : $m = \mu \cdot V = 800 \times 0,03 = 24$ kg (nous utilisons la masse volumique du bois de hêtre donnée dans le tableau).
- Puis la biomasse totale de l'arbre : $m(t) = 38,7$ kg.
- Puis la quantité de C : 9,7 kg.

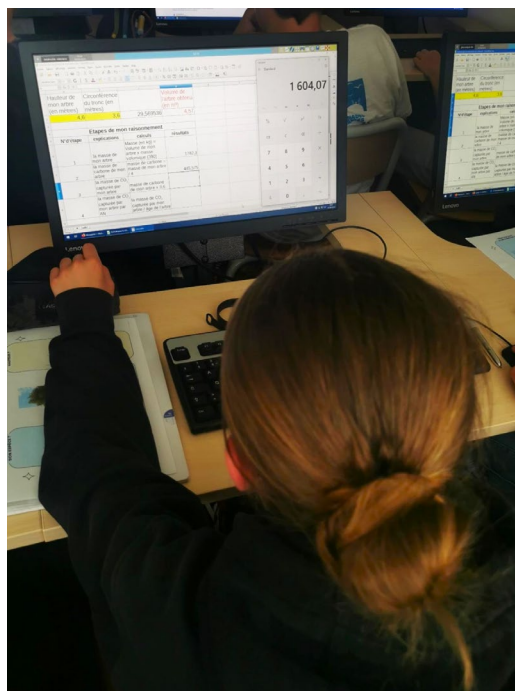
Phase 3 : Défi « Combien de carbone stocké chaque année ? »

L'enseignant rappelle à ses élèves que le carbone contenu dans un arbre est le produit de plusieurs années de photosynthèse. Dans cette phase, nous allons estimer la quantité de carbone que notre arbre a stocké en moyenne chaque année. Il s'agit donc de diviser la quantité de carbone stockée dans l'arbre à l'instant t par le nombre d'années de l'arbre (nous négligeons ici le fait que la croissance de l'arbre et donc la quantité de carbone qu'il stocke annuellement fluctuent au cours de sa vie).

L'enseignant connaîtra peut-être l'âge de l'arbre (on peut mener une enquête pour connaître l'année où l'arbre a été planté et en déduire son âge approximatif). Sinon, on pourra estimer son âge en considérant une croissance approximative de 1 à 2 cm de rayon chaque année (2 cm s'il est seul et 1,5, voire 1 cm s'il est entouré d'autres arbres et/ou s'il pousse dans des conditions difficiles). (Pour être encore plus rigoureux, on peut vouloir retirer l'épaisseur de l'écorce, soit environ 2 cm.)

- Exemple : notre arbre a une circonférence de 25 cm. Son rayon est donc de : $25/2 \pi$, soit environ 4 cm. Il a poussé sur un sol urbain peu facilitant. On peut donc estimer que l'arbre a environ 3 ans.
- Il a donc fallu trois ans à notre arbre pour stocker 9,7 kg de C.
 - Pour convertir un nombre exprimé en kg de C en kg de CO₂, il faut le multiplier par 3,666. Cela s'explique par le fait que $M(\text{CO}_2)/M(\text{C}) = (12 + 2 \times 16)/12 = 3,666$. Notre arbre a donc stocké 35,6 kg de CO₂.
- On peut en déduire que l'arbre a stocké environ 11,9 kg de CO₂ par an.

Note : On considère qu'un arbre nouvellement planté stocke entre 10 et 50 kg de CO₂ par an et, pour la plupart des arbres, la moyenne se situe autour de 20 à 35 kg de CO₂ par an. L'enseignant vérifiera la pertinence des résultats obtenus (le calcul de l'âge est souvent délicat).



Activité 2 : Raisonner avec des ordres de grandeur

Résumé	
Disciplines	Mathématiques ou SVT, EMC
Déroulé et modalités	Les élèves débattent sur l'efficacité d'une méthode de lutte contre le changement climatique (planter des arbres) en s'appuyant sur des faits scientifiques et des ordres de grandeur.
Durée	Deux séances d'une heure
Matériel	Pour toute la classe : <ul style="list-style-type: none">• l'interview d'un scientifique. Par groupe d'élèves : <ul style="list-style-type: none">• tout ou partie des documents de la fiche 2.
Message à emporter	
Connaissances	Lutter <i>efficacement</i> contre le changement climatique implique de s'appuyer sur des connaissances scientifiques fiables (plutôt que sur des opinions personnelles). Le stockage du carbone par les arbres est une stratégie efficace (parmi d'autres) si elle est menée de manière réfléchie.
Compétence	Débattre de manière constructive, c'est échanger des points de vue étayés par des preuves. Il peut s'agir de faits scientifiques et/ou de données chiffrées validées pertinentes.



Phase 1 : L'importance de s'appuyer sur des preuves

L'enseignant introduit l'activité ainsi : prendre part à un débat social et exprimer son opinion implique de s'appuyer sur des faits et des données scientifiques. Sans cela, les débats restent stériles et nous ne pouvons pas prendre de décisions de société fiables. Évaluer la pertinence d'une mesure comme planter des arbres implique de disposer de données : quelles sont les émissions liées à nos activités ? Combien d'arbres conviendrait-il de planter (et sur quelle durée) pour compenser ces émissions ? Le nombre d'arbres à planter nous laisse-t-il penser que cette mesure est envisageable ou irréaliste ?

Les élèves sont placés en groupes et l'enseignant leur distribue les cartes de la **fiche 2**. Il leur donne également accès à des calculateurs d'impact carbone de trajet (par exemple celui de l'ADEME).

Chaque groupe essaie de répondre à une question qu'il a lui-même définie (ou imposée par l'enseignant). Par exemple : combien d'arbres planter pour compenser un voyage en avion en particulier ? Ou : combien d'arbres planter pour compenser l'ensemble de mes trajets annuels pour aller au collège ?

Phase 2 : Calculs

L'enseignant guide les élèves dans leur réflexion. Ceux-ci doivent mener le raisonnement suivant : combien d'arbres faut-il planter et pendant combien de temps faut-il assurer leur croissance si l'on souhaite compenser les émissions de CO₂ liées à une activité donnée ?

Prenons un exemple : un arbre stocke 25 kg de CO₂ par an. Pour compenser un aller-retour Paris-New York (1 t de CO₂ émise), il faut donc planter un arbre et le laisser pousser pendant 40 ans ou planter deux arbres et les laisser pousser pendant 20 ans.

À l'issue d'un temps de réflexion en groupe, les élèves mettent en commun leurs idées. Il est impossible d'évaluer de manière formelle la pertinence de planter des arbres avec le peu d'éléments à disposition.

Malgré tout, on peut affirmer les éléments suivants :

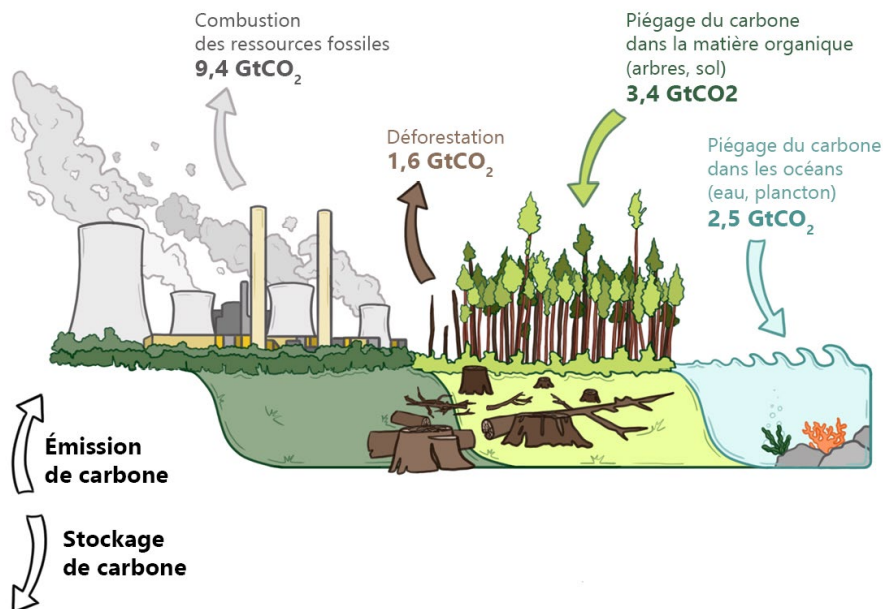
- Les forêts (les arbres, mais aussi le sol) représentent un puits de carbone fondamental, le principal en milieu continental. Augmenter l'efficacité de ce stockage est donc pertinent.
- Cependant, aucune méthode de lutte contre le réchauffement climatique n'est actuellement suffisante à elle seule et planter des arbres n'échappe pas à cette règle. Attention aux discours qui proposent des solutions simplistes pour résoudre des problèmes complexes.
- Notamment, planter des arbres pour stocker du carbone n'est efficace que si ces arbres peuvent pousser longtemps (ensuite, le carbone doit rester dans le bois le plus longtemps possible). Si l'arbre dépérit rapidement, tout le bénéfice sera perdu.

Phase 3 : Bilan

L'enseignant projette une [vidéo](#) dans laquelle un scientifique, expert de la forêt, explique le rôle des arbres et des forêts dans le stockage du carbone. Il résume l'intérêt, mais aussi les limites de la stratégie qui consiste à planter des arbres.



Pour conclure cette activité, il est important de lui donner une portée générale. Derrière la question des arbres que l'on plante se trouve celle plus globale de la diminution des quantités de gaz à effet de serre atmosphériques. L'enseignant montre ou distribue aux élèves le schéma-bilan suivant et les interroge : comment lutter contre les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la planète ?



Deux stratégies apparaissent complémentaires :

- 1 : augmenter l'efficacité des puits de carbone. C'est ce que nous faisons quand nous plantons durablement des arbres, quand nous protégeons les forêts existantes (les arbres et les sols).
- 2 : diminuer les émissions de carbone. C'est ce que nous faisons en luttant contre la déforestation et surtout en limitant l'utilisation des ressources fossiles (voir [étape 4 du projet](#)).

L'enseignant fait noter aux élèves le bilan (voir « Message à emporter »).

Note importante : Les arbres ne doivent pas être considérés comme de simples usines à stockage de carbone. Ils remplissent bien d'autres fonctions (voir [étape 3 du projet](#)).

Fiche 1 : Mallette d'investigation

Infographie : Répartition de la biomasse dans un arbre

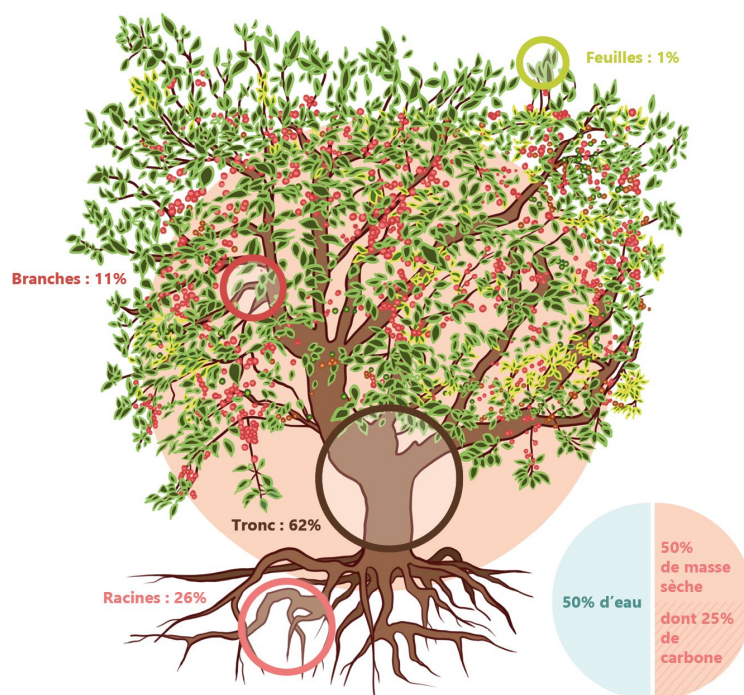


Tableau des masses volumiques

La masse volumique relie la masse au volume selon la formule : $\mu = m/V$. **Grâce à la masse volumique, on peut déduire la masse totale de l'arbre si l'on connaît son volume.** La masse volumique du bois dépend de l'espèce. Le tableau suivant donne quelques valeurs. Pour simplifier, on pourra considérer une valeur moyenne de masse volumique de 560 kg/m³ pour les résineux et de 810 kg/m³ pour les feuillus.

Espèce	Masse volumique (kg/m ³)	Espèce	Masse volumique (kg/m ³)
cèdre	490	hêtre	800
châtaignier	560-700	peuplier	390
charme	700-850	pin	500
chêne	610-980	platane	650
frêne	840	sapin	450

Outil : La proportionnalité

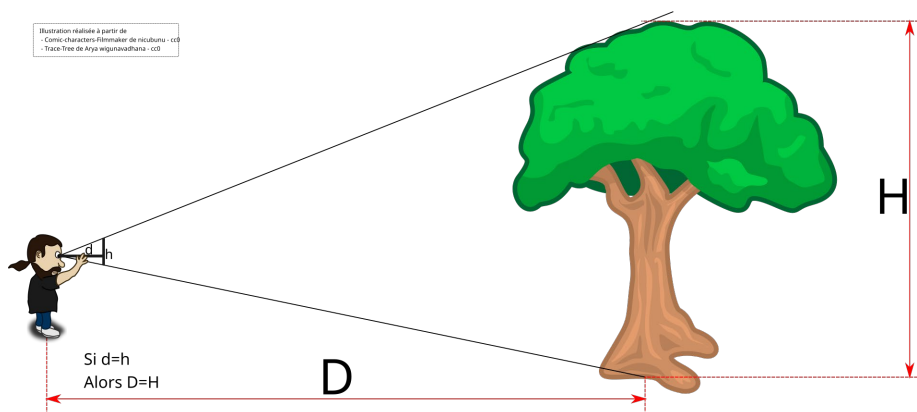
Un objet ou un élève est placé devant l'arbre que l'on prend en photo. À partir de la photo, on estimera que l'arbre est x fois plus grand que l'objet ou l'élève. Comme on connaît la taille de l'objet ou de l'élève (t), on pourra en déduire la taille de l'arbre.

Outil : Logiciel FizziQ, l'outil de pointage






Outil : Protocole d'utilisation de la croix du bûcheron

La croix est placée devant soi. L'observateur se déplace et fait coulisser les deux baguettes de manière à ce que le pied de l'arbre, le bas de la baguette verticale et son œil sur une même ligne et que la cime de l'arbre, le haut de la baguette verticale et son œil soient sur une autre même ligne. Alors la distance de l'observateur à l'arbre (D) est égale à la hauteur de l'arbre (H).



Fiche 2 : Des données pour réfléchir

Cartes « Faits »

<p>Émissions pour un aller-retour Paris-New York en avion</p>  <p>1 t équivalent CO₂</p>	<p>Émissions moyennes pour un Français sur un an</p>  <p>12 t équivalent CO₂</p>	<p>Stockage moyen pour un arbre sur un an</p>  <p>25 kg équivalent CO₂</p>
---	---	---

Pour calculer les émissions carbone liées à un trajet :

<https://agirpourlatransition.ademe.fr/particuliers/bureau/calculer-emissions-carbone-trajets>

Distance	Itinéraire
Départ	Arrivée
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Découvrez la quantité de CO ₂ e que vous émettez pour ce trajet	

Coordination

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

Conception et rédaction

Mathieu FARINA

Remerciements

Consultation scientifique : Vincent BADEAU, Jean-François DHÔTE, Thierry GAUQUELIN et Marie FAUQUEMBERGUE qui m'a parlé des ressources du site : <https://kebbe.iefc.net/>

Relecture scientifique : Francis MARTIN

Validation pédagogique : Julien BOQUET, Aline CHAILLOU, Benjamin CROCHEMORE, Anne-Lise LEROY, Mathieu RICHAUD

Relecture générale : Anne BERNARD-DELHORME, Mauricette MESGUICH

Crédits

Illustrations (p.9, 10) : Ambre RENAULT-FAIVRE D'ARCIER [ces illustrations sont reproductibles mais non modifiables]

Illustration de la la croix du bûcheron : Als33120, CC BY-SA 4.0

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

Photos de classe : Fondation *La main à la pâte* ; Autres illustrations : libres de droits

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

