

Séquence de classe

Plastiques et développement durable (3/4)

Projet Chimie -
Matériaux

Cycle 4

Impact environnemental et choix de consommation

Pourquoi cette étape ?

De nombreux citoyens cherchent à adopter des comportements respectueux de l'environnement, mais ils se heurtent alors à la difficulté d'obtenir des informations claires pour guider leurs choix de consommation. L'objectif de cette étape est double :

- Montrer que l'évaluation des impacts environnementaux est en effet une tâche « délicate ». Il est indispensable de recueillir des données sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit et de ne pas se limiter à considérer la partie visible des conséquences environnementales.
- Montrer que l'évaluation des impacts environnementaux est malgré tout « possible » et qu'elle peut nous permettre d'orienter nos choix individuels et de société.

Pour limiter l'impact environnemental d'un produit, l'utilisation de matériaux recyclés et recyclables est une option très importante à considérer, car elle permet de ralentir notre consommation de ressources premières. Pourtant, là encore, le recyclage masque une réalité : pour l'heure, il n'est possible de recycler qu'une fraction des matériaux. Le recyclage des matériaux peut nous faire oublier que seule une modification de nos modes de consommation et de production est indispensable si nous voulons limiter l'impact que nos activités ont sur l'environnement.

De manière corollaire, s'il est tentant de focaliser notre attention sur certains matériaux en particulier (comme les plastiques), la réalité est que tous les produits que nous créons ont des impacts sur notre environnement. Il devient alors important de nuancer notre discours et de chercher à révéler les points forts et les points faibles de chaque matériau, tout en adoptant une réflexion plus large sur nos modes de consommation.

Activité 1 : Guider ses choix de consommation

Résumé	
Disciplines	Technologie et/ou physique-chimie
Déroulé et modalités	Les élèves réfléchissent à l'image véhiculée par deux objets et deux matériaux (la bouteille en plastique et la gourde en aluminium). Ils établissent le cycle de vie des deux objets, puis réalisent des calculs pour comparer leur bilan carbone. Cela permet de mieux comprendre l'importance du recyclage sur les impacts écologiques.
Durée	Deux séances de 1 h
Matériel	<p>Pour la classe :</p> <ul style="list-style-type: none">• deux photographies à projeter (fiche 1). <p>Par groupe de deux à quatre élèves :</p> <ul style="list-style-type: none">• un jeu de cartes « Cycle de vie » à imprimer/plastifier ;• des cartes « Investigation » à imprimer/plastifier (fiche 2) ;• du matériel supplémentaire à prévoir selon les choix pédagogiques effectués (voir texte).
Message à emporter	
<p>Message esprit critique : nous avons des idées reçues sur l'impact environnemental de différents matériaux et produits, mais il est important d'aller au-delà de ces a priori et de s'appuyer sur des données fiables.</p> <p>Connaissance/méthode scientifique : pour déterminer l'impact d'un produit sur l'environnement, il faut analyser l'ensemble de son cycle de vie, depuis l'extraction des ressources nécessaires à sa production jusqu'à sa fin de vie. Il devient ainsi possible de comparer l'impact de deux produits similaires pour savoir lequel choisir, mais aussi d'identifier des moyens pour parvenir à diminuer leurs impacts environnementaux (on parle d'écoconception). Le recours à des matériaux recyclés et le recyclage des produits que l'on utilise sont deux pistes importantes pour réduire l'impact environnemental de nos modes de consommation.</p>	

Phase 1 : La bouteille en plastique versus la gourde en aluminium

L'enseignant commence par demander aux élèves de réagir spontanément aux photographies présentées dans la **fiche 1**. Aujourd'hui, les objets en plastique possèdent une image négative, et ceux non jetables comme les gourdes ont, par contraste, une image positive.

L'enseignant anime une discussion en groupe classe. Les élèves sont-ils capables de justifier les intuitions que l'on se fait de ces deux objets ? Nous avons déjà vu que les plastiques étaient une source de pollution et il apparaît intuitif qu'un objet jetable aura un impact environnemental bien supérieur à un objet non jetable. Cependant, en raisonnant ainsi, nous ne regardons qu'une partie restreinte de ce qu'on appelle le « cycle de vie » du produit. Pour comparer de manière plus objective et précise les impacts des deux produits, nous devons réaliser une analyse de leur cycle de vie complet.

Phase 2 : Le cycle de vie d'un produit

L'enseignant introduit cette phase en faisant visionner aux élèves une courte vidéo issue du site de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), qui explique la notion de cycle de vie : https://www.youtube.com/watch?v=SJq7i_3UODM.

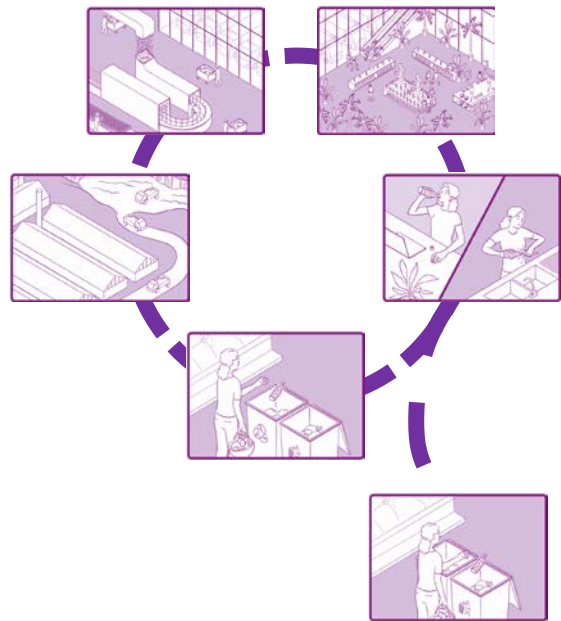


L'intérêt de la vidéo est de montrer que l'ensemble des étapes du cycle de vie d'un produit comporte des coûts environnementaux, mais que ceux-ci sont souvent invisibles pour le consommateur. L'objectif est donc maintenant de reconstituer le cycle de vie des deux produits qui nous intéressent : la gourde en aluminium et la bouteille en plastique PET. Dans un second temps, on pourra évaluer l'impact environnemental total de ces produits en faisant la somme des impacts associés à chaque étape du cycle. Cette démarche doit être explicitée aux élèves pour qu'ils comprennent l'importance d'établir les cycles de vie des produits.

L'enseignant distribue ensuite à chaque groupe d'élèves un [jeu de cartes](#), qui correspondent aux différentes étapes du cycle de vie soit de la bouteille en plastique (cartes au liseré bleu), soit de la gourde (cartes au liseré violet). Ces cartes sont imprimées recto verso : sur le recto, on peut voir l'illustration de l'étape et, sur le verso, le trajet qui reliera cette étape à la suivante. Par exemple, sur la carte « Extraction des matières premières », on peut voir : au recto, des camions en train de récupérer l'aluminium extrait de mines à ciel ouvert ; au verso, des bateaux qui transportent cette matière première vers les usines qui l'utiliseront pour produire la gourde.

Pour les élèves, l'objectif est de replacer toutes les cartes sur le recto de manière à reconstituer le cycle de vie du produit en question (bouteille en plastique ou gourde en aluminium). Les différentes phases sont :

- l'extraction des matières premières ;
- la fabrication du produit ;
- la distribution du produit ;
- l'utilisation du produit par le consommateur ;
- la valorisation du produit (notamment s'il est recyclé) ;
- la fin de vie du produit (s'il est jeté).



Ci-contre, une correction possible pour le cycle de vie de la gourde en aluminium :

Et voici une proposition d'élèves concernant le trajet parcouru par les matériaux servant à fabriquer une bouteille en PET :



Phase 3 : L'analyse du cycle de vie d'un produit

Comment évaluer l'impact environnemental d'un produit ? Comment savoir si la gourde en aluminium est plus « écologique » que la bouteille en plastique PET (au-delà de nos seules intuitions) ?

Répondre à cette question n'est pas simple, mais le cycle de vie du produit peut nous y aider. Un produit peut avoir de nombreuses formes d'impacts environnementaux. Dans un premier temps, il nous faut en choisir un en particulier. Nous opterons pour l'impact carbone, c'est-à-dire la quantité de gaz à effet de serre émis.

Note : Il est probable que les élèves n'aient pas une idée claire des notions relatives aux concepts d'impact carbone et de gaz à effet de serre. Ces concepts, très régulièrement évoqués dans les médias, restent sources de nombreuses confusions. L'enseignant doit prévoir un temps pour clarifier les connaissances des élèves sur ces sujets de société.

Pour la classe, le défi posé est le suivant : **déterminer l'impact carbone de la consommation d'eau en bouteille jetable (production et utilisation de bouteilles en plastique PET) et d'une gourde en aluminium (production et utilisation de la gourde).**

Notes :

- L'unité utilisée est le gramme (ou le kilogramme) en équivalent de CO₂ émis (le CO₂ sert de gaz de référence).
- On se limite volontairement à la production et à l'utilisation du produit, mais il faudrait, dans l'idéal, également tenir compte des phases suivantes du cycle de vie.

L'enseignant mène une discussion collective avec les élèves pour lister les différents éléments dont ils ont besoin pour déterminer l'impact carbone associé aux deux comportements : la consommation d'eau grâce à des bouteilles en plastique jetables, d'une part, et grâce à une gourde en aluminium, d'autre part. Les deux matériaux (PET et aluminium) doivent être extraits, puis l'objet (bouteille et gourde) produit. La bouteille en plastique est le plus souvent jetée et remplacée par une nouvelle, alors que la gourde, elle, est lavée et réutilisée. Une fois ces constats posés, de nouvelles questions émergent. Dans le cas des bouteilles en plastique, il faut déterminer le nombre de bouteilles utilisées par an. Dans le cas de la gourde en aluminium, il faut penser au lavage de la gourde, qui réclame de l'énergie. Là encore, il faut s'interroger sur le nombre de lavages moyen qui seront réalisés, la quantité d'eau utilisée, etc.

Pour résumer l'ensemble des objectifs à atteindre, l'enseignant projette un tableau à deux colonnes (une pour la bouteille en PET, l'autre pour la gourde) et deux lignes (impact carbone de la production et de l'utilisation de ces deux produits pendant une année).

Au travail

Les élèves sont ensuite répartis en groupes de quatre, constitués de deux équipes de deux élèves : l'équipe « PET » et l'équipe « Alu ». Chacune dispose de cartes qui guident l'investigation ([fiche 2](#)). L'enseignant passe régulièrement dans les rangs pour guider les élèves dans leur progression. Grâce aux informations à leur disposition, ils sont amenés à proposer des hypothèses personnelles tant qu'ils les

justifient (par exemple, certains groupes affirmeront qu'on doit laver la gourde tous les jours, alors que d'autres déclareront que, dans les faits, les gens ne le feront pas plus d'une fois par semaine, même si ce n'est pas très hygiénique).



	Bouteille PET	Gourde Alu
Nombre de bouteilles/gourdes par an	1460	2 gourdes
Quantité de CO ₂ libérée pour l'extraction des matières premières nécessaires pendant un an	68,2g/bouteilles $68,2 \times 1460 = 99572$ g de CO ₂	0,55 kg/gourdes = pour deux gourdes 1,1 kg de CO ₂
Quantité de CO ₂ libérée pour la production des bouteilles/gourdes pendant un an	200g/bouteilles $200 \times 1460 = 292000$ g de CO ₂	400g de CO ₂ /gourdes = pour deux gourdes 800 g de CO ₂
Quantité de CO ₂ libérée pour le lavage pendant un an	350 ml d'eau par jour de lavage	$15,66 \times 52 = 815,4$ g de CO ₂
Quantité totale de CO ₂ libérée pour l'utilisation des bouteilles/gourdes pendant un an	$292000 + 99572 = 391572$ g de CO ₂ par an	$815,4 + 800 + 1,100$ g $= 2715,4$ g de CO ₂ libérés

Élèves de troisième du collège Jean-Moulin de Berck-sur-Mer.

Voici quelques éléments de correction :

- L'ADEME propose des valeurs liées à la production de 1 tonne de plastique ou d'aluminium. Un calcul de proportionnalité nous donne les valeurs pour une bouteille en PET de 22 grammes (75 grammes d'équivalent CO₂) et pour une gourde en aluminium de 50 grammes (550 grammes d'équivalent CO₂). On devra ensuite multiplier les valeurs obtenues par le nombre de bouteilles utilisées par an (par exemple 365, sous l'hypothèse d'une bouteille par jour) et par le nombre de gourdes achetées (par exemple deux, si on cède à une nouvelle mode en cours d'année).
- Le lavage de la gourde à l'eau chaude et au savon nécessite quelques expériences pour mesurer les quantités d'eau et de savon utilisées (il faut aussi tenir compte de l'énergie nécessaire pour chauffer l'eau). Les tests en classe ont permis aux enseignants de réaliser que leurs élèves ne

font pas souvent la vaisselle ! L'occasion de discuter des méthodes d'hygiène. Le plus facile, ici, est de prévoir une bassine pour recueillir l'eau destinée au lavage et de la peser ensuite pour estimer la quantité utilisée. On pèsera aussi la quantité de savon employée. Un calcul de proportionnalité permet d'estimer l'impact carbone d'un lavage. Il faut ensuite multiplier cette valeur par le nombre de lavages (par exemple 365, si on lave scrupuleusement notre gourde tous les jours, moins sinon).

- Il faut enfin additionner les impacts de chaque phase (matières premières, production du produit, utilisation du produit) pour avoir une valeur globale.

Note : On a choisi de fixer de manière arbitraire le volume des bouteilles à 33 centilitres, car nous disposons d'informations précises les concernant (il n'est pas possible d'extrapoler facilement l'impact carbone d'un volume de bouteille à un autre).

Restitutions

Les élèves peuvent compléter les cycles de vie produits lors de la phase 2, en indiquant la quantité de carbone (d'équivalent carbone pour être exact) produite à chaque étape du cycle de vie d'un produit. À l'issue de cette phase, les élèves s'apprêtent à communiquer leurs résultats au reste de la classe. L'important est qu'ils justifient leurs calculs sur la base d'hypothèses explicites. Il est intéressant qu'ils envisagent différents scénarios (par exemple, des consommateurs qui lavent scrupuleusement leurs gourdes, ou d'autres plus négligents ; des consommateurs concernés par les problématiques environnementales ou plutôt sensibles aux effets de mode, etc.). Pour chaque scénario, des valeurs différentes seront obtenues et pourront changer les analyses. Cela montre au final que nos choix de consommation influencent largement l'impact environnemental de produits que nous utilisons.

Quelques points devraient ressortir de la discussion :

- S'agissant des émissions de gaz à effet de serre, la gourde en aluminium a un impact considérable. Cet impact est lié à l'extraction de l'aluminium et à l'ensemble des processus qui permettent sa fabrication, autant d'éléments qui sont peu visibles pour le consommateur.
- Sur le long terme, nous pourrions considérer que la gourde permet de compenser les coûts liés à la production de bouteilles en plastique. Ceci est vrai, mais il faut malgré tout intégrer différents aspects : l'impact carbone du lavage de la gourde ; l'envie d'acheter (ou d'offrir) une deuxième ou une troisième gourde (surtout si l'on a été convaincu à tort qu'il s'agit d'objets « écologiques ») ; l'usure de la gourde, etc.

Il faut encore comprendre que la comparaison de deux produits ne peut pas se limiter à mesurer leur bilan carbone. L'extraction de métaux comme l'aluminium pose d'importants problèmes écologiques et soulève aussi des questions de santé. Les plastiques mal gérés représentent une source de déchets durables qui polluent les écosystèmes et dont on mesure encore mal les conséquences. Le meilleur comportement que l'on peut avoir, c'est celui d'acheter des objets qui nous sont nécessaires (par exemple, une unique gourde) et de s'assurer de les utiliser convenablement (on n'oublie pas notre gourde un jour sur deux à la maison !).

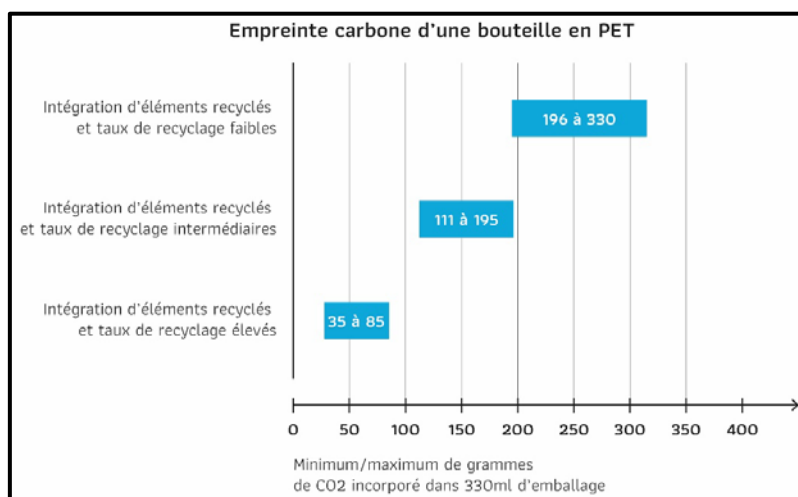
Phase 4 : Écoconception et écoconsommation

L'analyse du cycle de vie permet d'identifier des solutions pour diminuer l'impact environnemental d'un produit. On peut en effet voir, à chaque étape, ce qu'il est possible d'améliorer (dans l'idéal, on cherchera à trouver des solutions pour les étapes qui contribuent le plus à la pollution).

L'enseignant propose aux élèves d'observer le cycle de vie de la bouteille en plastique pour identifier une ou des solutions qui permettraient de diminuer l'impact carbone. Les élèves travaillent par groupes et proposent des réponses sous la forme de textes ou de schémas.

Après un temps de réflexion, l'enseignant recueille les propositions des élèves. Une idée qui apparaîtra très probablement est celle du recours à des matériaux recyclés et/ou la fabrication de produits recyclables. C'est l'occasion de clarifier la différence entre ces deux concepts (voir encadré plus bas).

L'enseignant peut projeter ce graphique qui montre que le recyclage est effectivement une solution très favorable du point de vue environnemental. Il nous reste à en comprendre les limites.



Activité 2 : Le recyclage en question

Résumé	
Disciplines	Technologie et/ou physique-chimie, SVT
Déroulé et modalités	Les élèves analysent les résultats d'une expérience d'enfouissement de différents matériaux pour soulever une interrogation : pourquoi certains déchets (notamment plastiques) ne se décomposent pas, alors que c'est le cas pour d'autres (notamment la matière organique) ? Une analyse documentaire leur permettra de répondre à cette question, puis d'aller plus loin en caractérisant l'importance du recyclage « artificiel » mis en place par les humains, ses mécanismes et ses limites. L'interview d'une experte dans ce domaine permettra d'aborder ces concepts délicats avec rigueur.
Durée	Deux séances de 1 h
Matériel	Pour chaque groupe de deux à quatre élèves : <ul style="list-style-type: none">• un tableau à compléter (fiche 3) ;• des documents à analyser pour interpréter les observations (fiches 4 et 5) ;• une interview de scientifique (liens p.11).
Message à emporter	
<p>Connaissance : dans la nature, la matière organique entre dans un cycle. Elle est produite, utilisée, puis recyclée grâce à l'action des micro-organismes. Beaucoup d'objets que nous utilisons ne s'inscrivent pas dans un tel cycle : l'objet est produit, utilisé, puis jeté.</p> <p>Le recyclage permet de réutiliser les matériaux qui ont servi à fabriquer un produit pour en confectionner d'autres. C'est une procédure indispensable pour économiser les ressources énergétiques et de matière, limitées sur notre planète.</p> <p>À l'heure actuelle, seule une fraction des produits est recyclée, du fait de nombreux freins (on ne sait pas recycler tous les plastiques, beaucoup de produits associent différents plastiques, ce qui complique le recyclage, les personnes ne font pas toujours l'effort de recycler correctement, etc.).</p>	

Phase 1 : Une expérience pour commencer

L'enseignant présente aux élèves une expérience : on enfouit différents objets dans le sol et on les laisse en libre évolution pendant plusieurs mois. Les élèves doivent émettre des hypothèses sur leur devenir (en remplissant la deuxième colonne du tableau de la [fiche 3](#)). Ils peuvent s'appuyer sur les connaissances qu'ils possèdent sur la décomposition de la matière organique, acquises lors du cycle 3, mais aussi sur leurs intuitions. Leurs prédictions seront confrontées aux données réelles dans un second temps.

Les élèves penseront certainement que les feuilles végétales seront entièrement dégradées. Ils pourront supposer que le tissu ne le sera pas (sauf s'ils savent d'où vient le coton). Ils supposeront certainement (à raison) que les plastiques ne se dégradent pas dans le sol. En revanche, il semble logique qu'un composé biosourcé et dit biodégradable se dégrade dans le sol.

Après cette phase de réflexion, l'enseignant donne aux élèves les résultats. Ils complètent la colonne 3 du tableau.

Phase 2 : La dégradation de la matière

Les élèves doivent maintenant trouver une explication aux différentes observations réalisées : comment expliquer que la feuille et le coton se dégradent, et pas le plastique « classique », ni même le PLA, un plastique pourtant d'origine organique et jugé biodégradable ?

Les [fiches 4 et 5](#) contiennent les éléments nécessaires pour faire des hypothèses :

- Les micro-organismes du sol parviennent à dégrader la matière organique végétale (ce qui explique que le tissu en coton, constitué de matière organique, finit par se dégrader assez rapidement).
- La dégradation de la matière organique se fait grâce à des enzymes. Ces enzymes sont spécialisées dans la décomposition de la matière organique végétale. Elles ont été sélectionnées au cours de l'évolution, car elles permettaient aux micro-organismes d'exploiter la matière organique végétale partiellement dégradée. En revanche, ces enzymes sont inefficaces sur des matériaux plastiques. Ces derniers sont apparus récemment et très peu de bactéries possèdent les enzymes qui pourraient décomposer le plastique. Dans le sol, celui-ci ne se décompose donc pas.
- Le PLA est d'origine biologique. Il est biodégradable, mais uniquement dans des conditions environnementales particulières, qui ne sont pas celles du sol ou de l'océan. Il ne faut donc pas jeter ces éléments dans la nature ou chercher à les composter à la maison : il faut les ramener dans des endroits spécialisés (c'est un compostage industriel).

Phase 3 : Le recyclage des plastiques

L'enseignant résume à la classe les idées importantes : la matière organique se recycle dans les écosystèmes du fait de la présence de petits organismes et de micro-organismes (notamment des bactéries) dans le sol. Beaucoup de matériaux produits par les humains ne peuvent pas se recycler naturellement, car les micro-organismes ne sont pas capables de les utiliser comme source d'énergie. Ces matériaux s'accumulent alors dans l'environnement.

Parvenir à faire entrer les matériaux dans des cycles est indispensable pour deux raisons :

- limiter les matières premières exploitées, car celles-ci se trouvent en quantités limitées sur Terre ;
- limiter les déchets produits, qui sont une source de pollution.

Les humains ont cherché et trouvé différents moyens pour recycler les matériaux plastiques. Le sujet est plus complexe qu'il n'y paraît. Dans ce cas, le plus sûr est de se tourner vers une source experte ! L'enseignant prend le temps de présenter la scientifique que nous avons contactée. Il s'agit de Kako Linda, ingénieure et scientifique, spécialisée dans la chimie des matériaux et auteure d'une thèse sur le recyclage des plastiques dans l'emballage alimentaire. C'est son expertise et le fait qu'elle s'appuie sur une littérature scientifique précise et indépendante qui nous permet d'avoir confiance en son discours.

Kako a accepté de répondre à nos questions. L'enseignant met à la disposition des élèves les vidéos correspondantes. Celles-ci peuvent être mises à disposition des élèves avant le cours. Nous vous suggérons, dans la mesure du possible, de laisser les élèves visionner individuellement ces vidéos (tous ont surtout besoin de voir la troisième).

Voici les liens vers les vidéos :

[L'importance du recyclage des matériaux en plastique.](#)

[Les techniques de recyclage du plastique.](#)

[Les limites du recyclage du plastique.](#)

[Que pouvons-nous faire ?](#)

Un questionnaire d'accompagnement du visionnage des vidéos est proposé dans la **fiche 6**. Les réponses correctes sont : b ; a et b ; c. Pour la question 4, on pourra citer les raisons suivantes : certains emballages sont constitués de plusieurs matériaux que l'on ne peut pas facilement séparer les uns des autres en centre de tri ; le nombre de cycles de recyclage d'un produit est nécessairement limité ; nous faisons encore des erreurs de tri du fait de mauvaises habitudes. Pour la question 5, on pourra citer : diffuser les bonnes pratiques de tri ; participer à des campagnes de ramassage des emballages jetés dans l'environnement ; quand cela est possible, éviter l'utilisation d'emballages (plastiques ou non), etc.

Évaluation formative

À la fin de l'étape, pour vérifier les acquis des élèves, l'enseignant propose l'évaluation formative suivante. Il réalise la correction dans la foulée, en leur demandant de justifier leurs réponses. Il en profite pour rappeler les éléments clés. Les réponses correctes sont en gras.

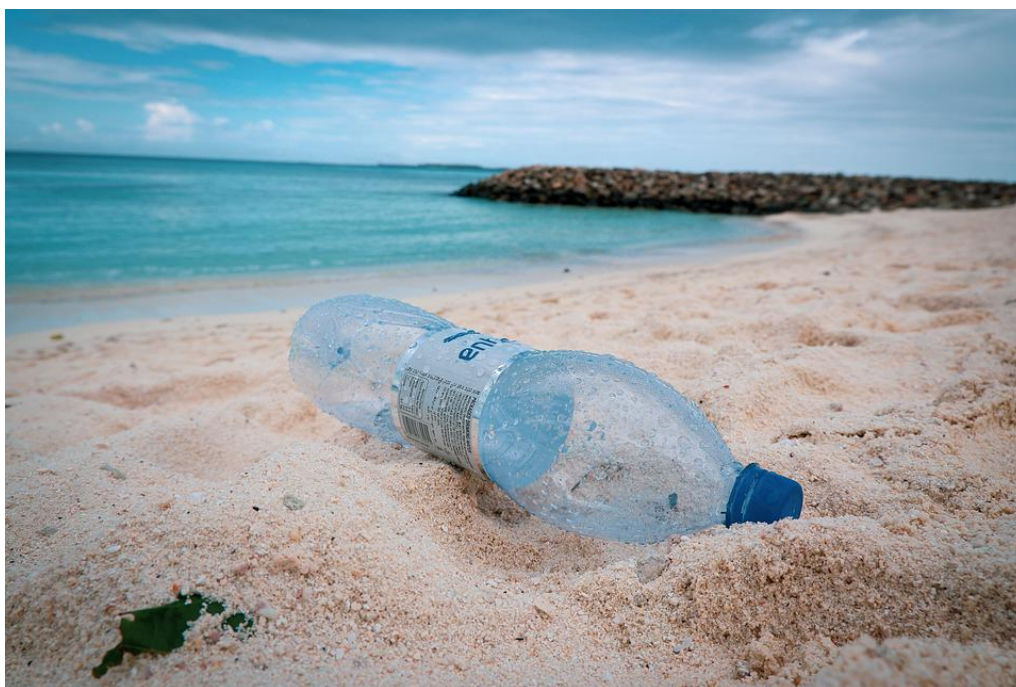
Question 1. Pour guider nos choix de consommation, nous pouvons comparer les impacts carbone de deux produits différents en :

- A) Nous focalisant sur la phase d'utilisation du produit car c'est la plus impactante.
- B) Étudiant toutes les phases du cycle de vie d'un produit car toutes comptent.**
- C) Regardant si le produit est recyclable car c'est la principale solution à mettre en œuvre.

Question 2. À l'heure actuelle, le recours à des matériaux recyclables est :

- A) Une stratégie industrielle peu utilisée car elle n'a pas un impact environnemental significatif.
- B) Une stratégie industrielle courante car elle est facile à mettre en œuvre.
- C) Une stratégie industrielle à développer car elle réduit les émissions de gaz à effet de serre.**

Fiche 1 : Deux objets véhiculant une image bien différente



Fiche 2 : Cartes investigation

Équipe PET

Indice : Nous buvons en moyenne 1,5 litre d'eau par jour.

Investigations à mener :

On considère des bouteilles en plastique de 33 centilitres. Pour calculer le nombre de bouteilles en plastique que l'on va utiliser par an, il convient de se poser les questions suivantes :

- Combien de bouteilles seront nécessaires par jour ?
- Combien de bouteilles seront nécessaires par an ?

Il faut ici faire des hypothèses sur la manière dont nous utilisons les bouteilles en plastique. Les utilise-t-on tous les jours ou seulement en semaine, quand nous ne sommes pas à la maison ? Changeons-nous de bouteille systématiquement ?

Indice : D'après le site de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), il faut l'équivalent de 3 410 kilogrammes de CO₂ pour produire 1 tonne de plastique PET servant à faire des bouteilles.

Investigations à mener :

- Combien de grammes de CO₂ sont nécessaires pour produire une bouteille de 33 centilitres (20 grammes environ) ?
- Combien de bouteilles seront nécessaires par an ?
- Combien de grammes de CO₂ liés à la phase de production de matière première seront émis au bout d'un an d'utilisation de bouteilles en PET ?

Indice : Après avoir extrait le pétrole, puis fabriqué du plastique PET, il faut encore produire la bouteille en elle-même. Tous les processus utilisés ont un impact carbone. Pour une bouteille de 20 grammes environ, on estime que l'ensemble entraîne l'équivalent d'une émission moyenne de 200 grammes de CO₂ environ (la quantité précise varie selon les méthodes utilisées et les pays).

Investigation à mener :

- Combien de grammes de CO₂ liés à la phase de production de bouteilles seront émis au bout d'une année d'utilisation de bouteilles en PET ?

Équipe Alu

Indice : Les fabricants de gourdes jouent sur des effets de mode pour nous inciter à acheter régulièrement de nouveaux produits.

Investigation à mener :

- Combien de gourdes va-t-on réellement utiliser au cours d'une seule année ?

Indice : D'après le site de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), il faut l'équivalent de 11 000 kilogrammes de CO₂ pour produire 1 tonne d'aluminium. Admettons que notre gourde pèse 50 grammes.

Investigation à mener :

- Combien de grammes de CO₂ liés à la phase de production de matière première sont émis pour la production de la (ou des) gourde(s) ?

Indice : Après avoir extrait l'aluminium, il faut encore produire la gourde elle-même. Tous les processus utilisés ont un impact carbone. Pour une gourde, on estime que l'ensemble entraîne l'équivalent d'une émission de 400 grammes de CO₂ environ (cela varie selon les méthodes utilisées et les pays).

Investigation à mener :

- Combien de grammes de CO₂ liés à la phase de production de la (ou des)

Indice : Ceux qui utilisent régulièrement des gourdes se sont rendu compte qu'elles pouvaient vite dégager une certaine odeur ! Ceci est dû à la prolifération de bactéries à l'intérieur. Il est donc nécessaire de les laver régulièrement (on conseille de le faire tous les jours, et à l'eau chaude avec du savon). On considère les données suivantes : l'impact carbone du chauffage de l'eau est de 14,3 grammes de CO₂ par litre d'eau chaude. Celui du savon est de 480 grammes par kilogrammes de savon utilisé.

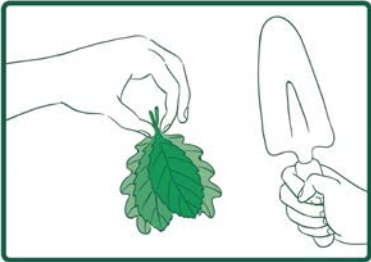

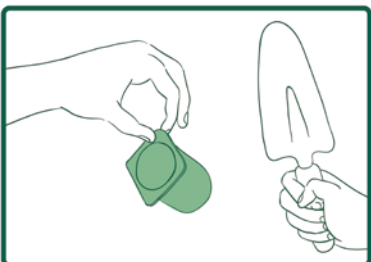
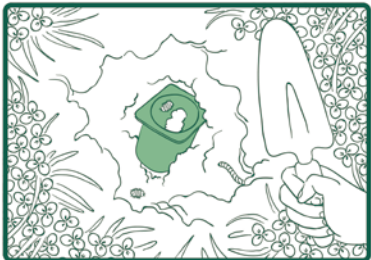
Investigation à mener :

- Combien de litre d'eau chaude et combien de kilogrammes de savon sont nécessaires à chaque lavage ?
- Quel est l'impact carbone d'un lavage ?
- À quelle fréquence les utilisateurs lavent-ils réellement leur gourde d'après vous (au-delà des recommandations) ?
- Quel est l'impact carbone du lavage au bout d'un an ?

Fiche 3 : Une expérience d'enfouissement

Objet	Devenir supposé	Observations	Interprétations et commentaires
Feuille végétale			
Tissu en coton			
Pot en plastique			
Objet en plastique d'origine biologique et dit biodégradable			

Fiche 4 : Résultats expérimentaux

Objet enfoui	Avant enfouissement	Après enfouissement
<p>Feuille d'arbre</p> <p>Matière organique (Polymères de sucres essentiellement)</p>		 <p>⇒ Décomposition possible par les micro-organismes du sol</p>
<p>Tissu en coton biologique</p> <p>Matière organique (Polymères de sucres essentiellement)</p>		<p>⇒ Décomposition possible par les micro-organismes du sol</p>
<p>Pot de yaourt en plastique</p> <p>Plastique polystyrène (Polymères de molécules dérivées du pétrole)</p>		 <p>⇒ Pas de décomposition possible par les micro-organismes du sol</p>
<p>Objet en PLA</p> <p>Matière organique (Polymères de molécules dérivées de matière végétale, notamment de l'amidon de maïs)</p>		<p>⇒ Pas de décomposition possible par les micro-organismes du sol (sauf dans des conditions particulières, notamment une $T^{\circ} > 60^{\circ}$)</p>

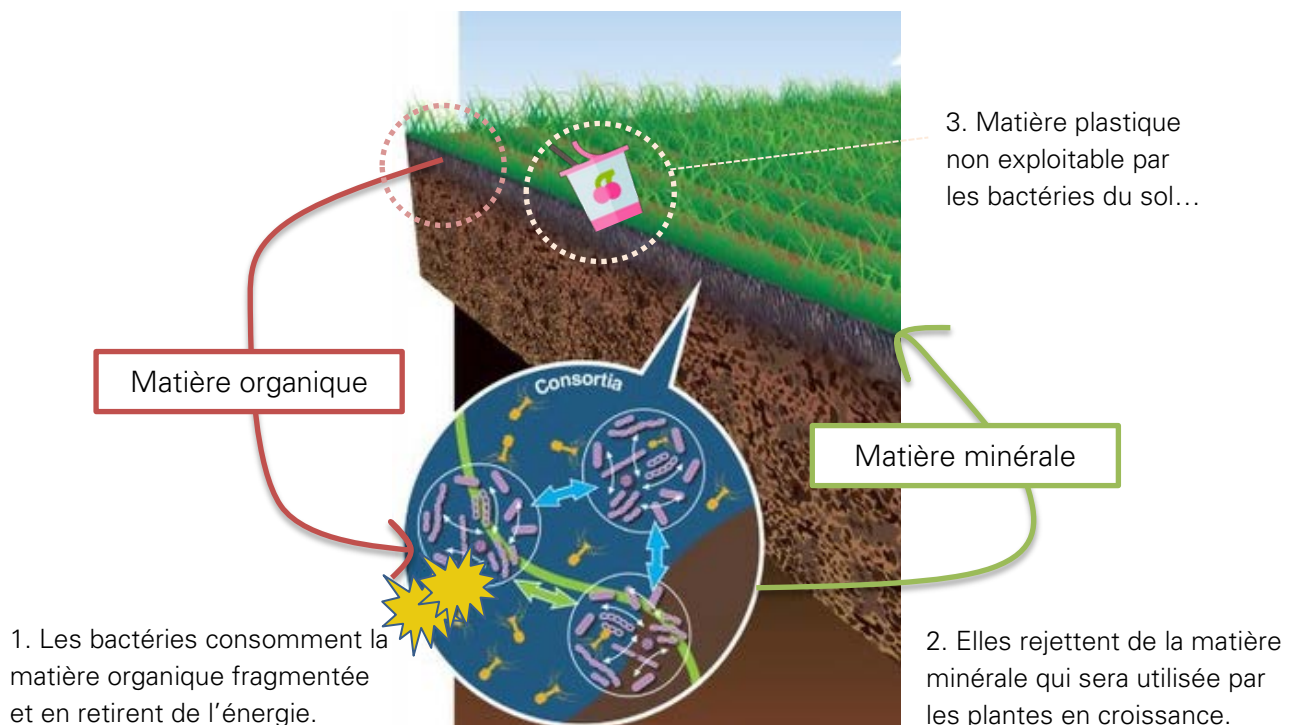
Fiche 5 : La décomposition de la matière par les bactéries

Pourquoi et comment les micro-organismes dégradent-ils la matière organique ?

Les micro-organismes du sol dégradent la matière organique pour leur propre intérêt ! Ils la consomment et en retirent de l'énergie (exactement comme lorsque nous mangeons une pomme). À l'échelle de l'écosystème, c'est une fonction précieuse : la matière organique est transformée en matière minérale qui permettra de nourrir les plantes.

Les micro-organismes parviennent à retirer de l'énergie de la matière organique en « cassant » les grosses molécules de la matière organique en molécules plus petites. Ces réactions chimiques sont permises par d'autres molécules nommées « enzymes ». Ces enzymes sont apparues et ont été façonnées par des centaines de milliers d'années d'évolution. Elles agissent dans des conditions de température et de pression bien spéciales.

Les plastiques sont des molécules synthétisées par les humains. Elles sont apparues pour la première fois au cours du XX^e siècle. L'histoire du vivant se fait sur des centaines, voire des milliers d'années. Il est possible que certaines bactéries parviennent à dégrader les plastiques, mais la grande majorité ne le pourront pas, car elles ne possèdent pas les enzymes nécessaires pour le faire.



Fiche 6 – Un quiz après l'interview des scientifiques

A. Pour quelle raison les emballages plastiques jetés dans l'environnement s'accumulent-ils ?

Une seule réponse correcte.

- Les micro-organismes qui peuvent dégrader le plastique sont détruits par le réchauffement climatique.
- Les micro-organismes qui peuvent dégrader le plastique sont naturellement rares dans le sol.
- Les micro-organismes qui peuvent dégrader le plastique sont trop occupés à dégrader la matière organique végétale (comme les feuilles mortes).

B. Pourquoi le recyclage du plastique est-il si important ?

Deux réponses correctes.

- La grande majorité des plastiques provient du pétrole, qui est une ressource limitée à la surface de la planète et qu'il faut économiser.
- Le recyclage du plastique est une manière de limiter les émissions de gaz à effet de serre, en évitant les coûts liés à l'extraction de matière première.
- Le recyclage du plastique permet de fertiliser les sols des champs et d'augmenter la production de matière végétale.

C. Quelle est la principale technique de recyclage du plastique ?

Une seule réponse correcte.

- Le recyclage enzymatique, réalisé par des micro-organismes (ou les molécules qu'ils produisent).
- Le recyclage chimique, qui consiste à récupérer les monomères pour reformer de nouveaux polymères.
- Le recyclage physique, qui consiste à faire fondre le plastique pour produire de nouveaux matériaux à partir de cette matière.

D. À l'aide des vidéos, liste les différentes difficultés liées au recyclage du plastique.

E. Cite des actions simples à mettre en œuvre pour participer à l'effort collectif de lutte contre la pollution plastique.

Conception et rédaction

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

Remerciements

Consultation scientifique : Kako AIT-LINE

Relecture pédagogique et tests en classe : Julien BOQUET, Benjamin CROCHEMORE, Priscillia DUBOIS, Fatima RAHMOUN, Émeline LORIDAN

Crédits

Marjorie GARRY, Julien BOQUET (photographies de classe), Mathieu FARINA (photographie de la gourde), domaine public (visuel de la bouteille en plastique p. 13), schéma p. 18 adapté de J.K. JANSSON *et al.* in *Current opinion in microbiology* (2018)

Cette ressource a été produite avec le soutien de la Fondation de la Maison de la Chimie



Fondation de la Maison de la Chimie

En partenariat avec Mediachimie



Date de publication

Avril 2023

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

