

1. Rappel sur les anaphores (matière vue dans le cadre du chapitre sur le résumé de texte informatif)

Lis attentivement le texte reproduit ci-dessous. Ensuite, réponds aux questions.

100 % SCIENCE

Ils ont transformé le CO₂ en pierre!



LANDER MUSEUM VURTENBERG, HENDRIK ZWIETASCH



Islande
Reykjavik

Le dioxyde de carbone, que nous continuons à rejeter dans notre atmosphère, réchauffe dangereusement notre planète. Mais des chercheurs ont trouvé un moyen de le rendre inoffensif. On respire?

Marine Bollard

Le 9 juin 2016, un appel en provenance d'Islande pétrifie les géologues de l'université Paul Sabatier. «C'est un succès, jubile leur correspondant, nous avons changé le CO₂ en pierre!» Les Toulousains exultent : leur équipe vient d'accomplir une prouesse qui pourrait changer la face du monde. En seulement deux ans,

ils sont en effet parvenus à transformer le fameux gaz à **> effet de serre <** (voir zoom p. 60), principal responsable du réchauffement climatique, en un banal caillou bien incapable, lui, de jouer les radiateurs planétaires! Les scientifiques recherchent depuis des années le moyen d'emprisonner ce bandit international (voir le dossier «CO₂, l'ennemi public n°1» dans le SVJ n°315).

Ils ont vite abandonné l'idée de le pomper directement dans l'air, car il y est beaucoup trop diffus : malgré son effet spectaculaire sur le climat, il ne représente que 0,04% de l'atmosphère. Pour l'en ôter, il faudrait filtrer un volume astronomique de gaz! Mieux vaut le capturer à la source, dans les fumées de combustion des usines, où il est beaucoup plus concentré.

Évasion à haut risque

Mais alors, que faire de tout ce gaz? Une approche envisagée depuis des années consiste à l'injecter à plus de 800 mètres sous terre. Il se loge en effet dans les interstices de certaines **> roches sédimentaires <**. Mais ces quartiers de haute sécurité ne sont pas à l'abri d'une évasion : un défaut d'étanchéité dans le forage d'injection? Une faille qui lézarde la prison de roche? Et hop, le bandit se faufile vers la surface... Quitte à laisser des morts sur son passage car le CO₂ est toxique lorsqu'il est très concentré. Pour éviter qu'il se fasse la malle, nos géologues toulousains et leur équipe internationale imaginent une autre

▲ La chercheuse islandaise Sandra Snæbjörnsdóttir, qui a participé au projet, tient dans sa main de la roche dans laquelle a été capturé du CO₂.

ZOOM

Les roches sédimentaires sont formées par l'accumulation de sédiments, tels que des morceaux de roches, des fragments minéraux ou bien des débris de coquilles.

Cristalliser : faire passer un corps à l'état de cristaux.

46 SVJ 325 • OCTOBRE 2016

stratégie : plutôt que d'incarcérer le dioxyde de carbone dans une prison de pierre, pourquoi ne pas le transformer lui-même en roche ? Ainsi, plus de risques d'évasion !

« Quand la centrale géothermique de Reykjavik, en Islande, nous a appelés à l'aide pour neutraliser le CO₂ qu'elle dégage, nous avons sauté sur l'occasion ! se souvient David Oelkers, un des géochimistes de la mission. Une île volcanique gorgée d'eau et recouverte d'épaisses coulées de basalte, c'était l'endroit idéal pour tester ce nouveau genre de cellule souterraine. » En effet, l'eau et les basaltes sont les ingrédients clés de la recette imaginée par les géologues. Ces roches volcaniques contiennent du calcium, du fer et du magnésium. Des minéraux qui, une fois dissous dans l'eau, réagissent avec le CO₂, qui se transforme alors en une roche dite carbonatée.

Piège de cristal

Dix ans de galère et une centaine de plans plus tard, les chercheurs bâtissent enfin leur cachot de luxe. En 2012, ils passent 225 tonnes de CO₂ émis par la centrale sous une grande douche d'eau (voir schéma ci-contre). Le gaz se dissout dans l'eau, qui devient gazeuse. Puis ils injectent celle-ci dans des forages abandonnés. L'eau gazeuse, plus dense que l'eau souterraine, reste piégée au fond des réservoirs et empêche le gaz de s'échapper. Mais surtout, elle permet de > cristalliser < le CO₂ à une vitesse stupéfiante. En seulement deux ans, plus de 95 % du dioxyde de carbone s'est solidifié ! Deux années de plus sont nécessaires pour analyser ces résultats surprenants, qui sont publiés en 2016. Les géologues du monde entier en



BRENNAN LINSLEY/AP/SIPA

▼ Une centrale géothermique (ici celle de Reykjavik) produit de l'électricité avec la chaleur de la Terre. Mais elle émet quand même une certaine quantité de CO₂, qui s'échappe dans l'atmosphère.

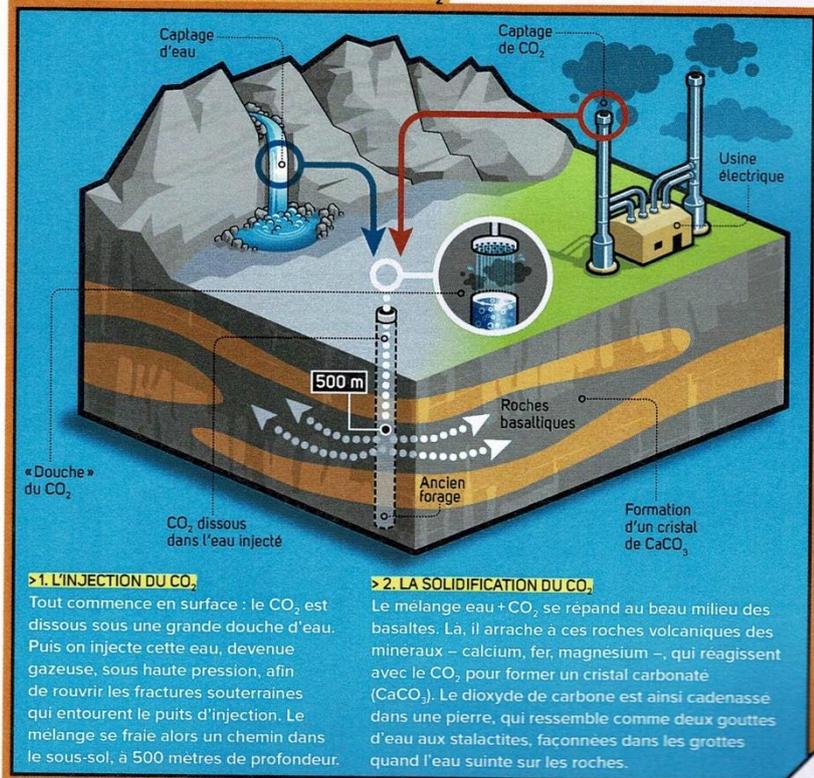
restent bouche bée. Deux ans, ça vous semble long ? Eh bien, imaginez que sans la douche d'eau mise au point par les chercheurs, la minéralisation aurait pris près d'une centaine d'années ! Alors, va-t-on se mettre à solidifier tout le CO₂ qui sort de nos usines pour enrayer le réchauffement climatique ? Eh bien reproduire cet exploit à l'échelle planétaire n'est pas si simple ! D'abord, le cocktail d'eau gazeuse a été injecté dans d'anciens forages abandonnés. S'il fallait en percer pour créer de nouvelles prisons, cela coûterait cher. Autre frein, des quantités colossales d'eau sont nécessaires : environ 30 litres pour chaque kilo de CO₂ injecté – même si elle peut être réutilisée une fois le gaz

UNE ARME DE PLUS POUR ENRAYER LA HAUSSE DE LA TEMPÉRATURE

solidifié. Enfin, il y a un problème d'échelle. Les émissions mondiales de CO₂ s'élèvent à plus de 30 milliards de tonnes par an... Des sites de capture plus classiques permettent de stocker 1 million de tonnes de CO₂ sous forme de gaz. Avec ses 225 tonnes, le site islandais fait pour l'instant figure de cachot minuscule.

Alors inutile, l'expérience miraculeuse ? Disons plutôt qu'elle ajoute une nouvelle arme à notre arsenal. Selon l'Agence internationale de l'énergie, il faut impérativement réduire les émissions de CO₂ d'ici à 2050 pour éviter un réchauffement catastrophique de la planète. L'enfouissement pourrait alors représenter 20 % de cet effort. Ce qui n'est pas négligeable. ■

COMMENT ON A EMPRISONNÉ LE CO₂



BRUNO FELLAY/POUR SU

1. Inscris dans le tableau reproduit à la page suivante tous les mots ou groupes de mots qui reprennent, dans le corps du texte de la page 46, les expressions « les chercheurs (de l'université Paul Sabatier) » et « le dioxyde de carbone ». Indique la localisation de ces différentes reprises (numéro de la colonne...).

Expression	Mots successifs qui la désignent dans le texte	Localisation de ces reprises
Les chercheurs	- les géologues de l'université Paul Sabatier - les Toulousains - ...	- colonne 1 - colonne 1 - ...
Le dioxyde de carbone	- le CO2 - ...	- colonne 1 - ...

2. Parmi les mots qui désignent le CO2, plusieurs comparent implicitement ce gaz à autre chose. Ce sont des métaphores. Quels sont ces mots ?

.....

.....

.....

.....

3. Recopie tous les autres mots du texte qui relèvent du même champ lexical et identifie le thème de ce champ lexical.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Pour chaque information présentée ci-dessous, coche la case précisant si elle est explicitement présente dans le texte (dans les mêmes mots ou dans d'autres mots) ou si des indices permettent de l'inférer (de la déduire).

Écris ensuite l'endroit où se trouve l'information (numéros de page et de colonne) ou les indices qui t'ont permis de la trouver.

Explique enfin comment tu as lu pour trouver la réponse.

A. L'expérience menée par les chercheurs toulousains a eu lieu à Reykjavik, en Islande.

- L'information se trouve dans le texte, dans les mêmes mots. Où ?
- L'information se trouve dans le texte, dans d'autres mots. Lesquels ?
- L'information ne se trouve pas dans le texte, mais des indices permettent de la déduire. Lesquels ?

Comment j'ai trouvé la réponse :

B. Transformer le CO₂ en pierre est moins dangereux que de l'emprisonner sous terre.

- L'information se trouve dans le texte, dans les mêmes mots. Où ?
- L'information se trouve dans le texte, dans d'autres mots. Lesquels ?
- L'information ne se trouve pas dans le texte, mais des indices permettent de la déduire. Lesquels ?

Comment j'ai trouvé la réponse :

C. La douche permet de solidifier le carbone en seulement deux ans.

- L'information se trouve dans le texte, dans les mêmes mots. Où ?
- L'information se trouve dans le texte, dans d'autres mots. Lesquels ?
- L'information ne se trouve pas dans le texte, mais des indices permettent de la déduire. Lesquels ?

Comment j'ai trouvé la réponse :

D. La minéralisation du CO₂ ne permettra pas, à elle seule, de résoudre le problème du réchauffement climatique.

- L'information se trouve dans le texte, dans les mêmes mots. Où ?
- L'information se trouve dans le texte, dans d'autres mots. Lesquels ?
- L'information ne se trouve pas dans le texte, mais des indices permettent de la déduire. Lesquels ?

Comment j'ai trouvé la réponse :

E. Le basalte est une roche volcanique.

- L'information se trouve dans le texte, dans les mêmes mots. Où ?
- L'information se trouve dans le texte, dans d'autres mots. Lesquels ?
- L'information ne se trouve pas dans le texte, mais des indices permettent de la déduire. Lesquels ?

Comment j'ai trouvé la réponse :

2. S'exercer à lire et comprendre un texte informatif

100 % SCIENCE

Pourquoi le paresseux fait-il caca par terre ?

Ne riez pas, la question est sérieuse ! Pour quitter sa branche et déposer ses crottes au sol, l'aï prend tous les risques. S'il le fait, c'est donc qu'il a une bonne raison. Oui, mais laquelle ?

Carine Peyrières

Généralement, quand il s'agit de faire la grosse commission, les animaux ne se posent pas de questions. Ils se soulagent là où ils sont. Mais le paresseux à trois doigts, ou « aï », mammifère poilu qui vit dans les forêts tropicales d'Amérique centrale et du Sud, en fait toute une affaire ! Le plus simple serait qu'il lâche ses crottes du haut de la **> canopée <** où il passe tout son temps. Mais non. Une fois par semaine, il descend jusqu'au pied de son arbre et fait ses besoins à même le sol. Pour les chercheurs, ce comportement est aberrant. En effet, si ces animaux

ZOOM
La **canopée** est la partie supérieure des arbres d'une forêt. Cette voûte végétale très dense forme un environnement à part, abritant bon nombre d'espèces animales.

passent près de 14 heures par jour à dormir et bougent très lentement, ce n'est pas pour rien. Les feuilles qu'ils mangent sont peu nourrissantes, donc tout leur mode de vie est organisé pour économiser au maximum le peu d'énergie qu'elles leur fournissent. Pourquoi alors la gaspiller pour une activité aussi futile qu'aller au petit coin ? Car il faut près de 45 minutes au paresseux pour franchir les 20 ou 30 m qui le séparent du sol. Le temps d'un aller-retour, il consomme plus de 8 % de l'énergie dépensée en une journée ! Pire, en quittant son arbre, l'aï se met en danger. Au sol, il est en effet très vulnérable : les muscles de ses membres ne pouvant pas le porter, il est

obligé de ramper. Il devient alors une cible facile pour les jaguars et autres prédateurs terrestres.

Beaucoup de dangers pour une petite crotte

Et pourtant, tous les aïs respectent ce rituel épuisant et périlleux. Il doit donc leur apporter un bénéfice. Mais lequel ? Certains chercheurs ont avancé que cela permettrait à ces animaux plutôt solitaires de rencontrer leurs congénères, notamment de l'autre sexe. Ou encore de fertiliser leurs arbres... Mais le profit semble assez minime par rapport aux risques pris !

Ce que l'on sait en revanche, c'est qu'une autre espèce tire avantage de ce comportement étrange : les cryptoses. Adultes, ces papillons de la famille des mites vivent exclusivement dans la fourrure du paresseux. Mais leurs larves ne peuvent se développer que dans des excréments. Aussi, pendant que l'aï fait ses besoins, les futures mamans mites en profitent pour pondre

< Au sol, l'aï se déplace en rampant et est particulièrement vulnérable aux prédateurs.



48 SVJ 297 - JUIN 2014



« Cette mite vit dans la fourrure des paresseux à trois doigts et pond ses œufs dans leurs excréments. »

Sachant cela, Jonathan Pauli, de l'université du Wisconsin aux États-Unis, a émis une hypothèse originale : si les paresseux défèquent sur la terre ferme, c'est que ce comportement favorise la prolifération de mites. En retour, ces insectes leur rendraient un service essentiel qui justifierait de prendre de gros risques pour l'obtenir.

Quel service ? Pour tenter de le savoir, le chercheur a passé la toison des paresseux à la loupe. Outre les mites, cette forêt de poils abrite plus d'une centaine d'espèces : des microbes, des champignons et même des algues qui colorent en vert la fourrure du paresseux. En comparant le contenu du pelage de seize individus, Pauli a constaté qu'il

existait un lien direct entre le nombre de mites hébergées par un ai et la quantité d'algues poussant sur sa toison. Comme si la présence d'insectes stimulait la croissance des algues.

Un extra au menu

Pour le chercheur, la seule explication possible, c'est que les mites fournissent de l'« engrais » aux algues. Il a en effet retrouvé de l'ammonium dans le pelage des paresseux. Et ce composé chimique aux propriétés fertilisantes était présent en plus grande quantité chez les individus qui avaient plus de mites sur eux. « Les papillons peuvent apporter cet engrais de plusieurs façons, explique Pauli. Quand les jeunes mites colonisent la fourrure d'un ai, elles apportent avec elles des particules de crottes bourrées d'ammonium et autres fertilisants. Et puis

ces papillons, dont les ailes s'émiettent en vieillissant, meurent souvent sur le dos de leur hôte. À mon

45 MINUTES POUR DESCENDRE DE SON ARBRE !

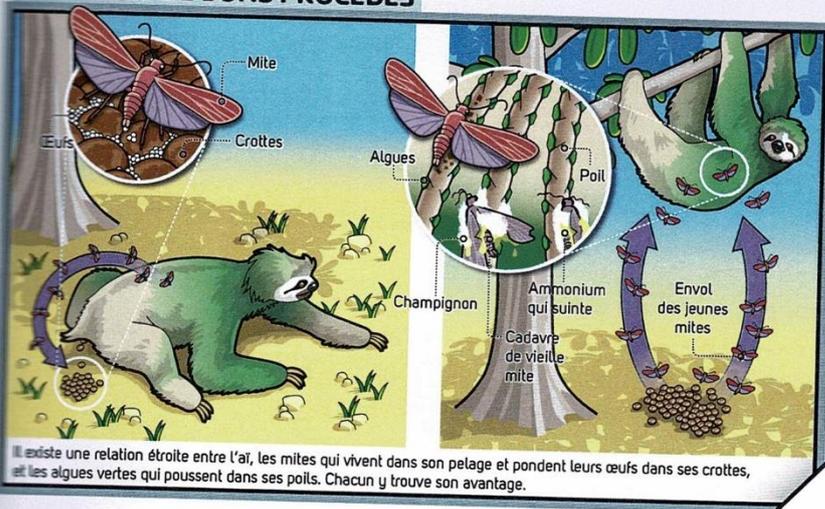
avis, ils doivent faire le bonheur des champignons détritvires qui pullulent dans la toison du paresseux et décomposent les cadavres en produisant aussi de grandes quantités d'ammonium. »

En résumé, les crottes du paresseux permettent aux mites de se reproduire, les mites servent de plat à des champignons qui, eux, produisent de l'engrais pour les algues... Mais le paresseux, dans tout ça, il y gagne quoi ? Un menu amélioré : en analysant le contenu du tube digestif de ces animaux, Pauli a en effet retrouvé les mêmes algues que sur leur fourrure ! « On sait que les paresseux se grattent souvent, précise le chercheur. C'est peut-être ainsi qu'ils récupèrent ces aliments, ou en léchant leur pelage. » L'intérêt de ces algues vertes est qu'elles se digèrent facilement et sont très énergétiques. Elles pourraient donc compléter le régime alimentaire des aïs. Autre avantage, la couleur verte qu'elles confèrent à la fourrure permettrait de camoufler les paresseux dans les feuillages. Donc les protéger de leur plus terrible prédateur : l'aigle harpie. On comprend mieux pourquoi l'ai prend grand soin de ses locataires !

« La couleur verte de cette maman paresseux et de son bébé est due à la présence d'une algue dans leur pelage. »

leurs œufs dans la crotte fraîche. Une fois adultes, leurs descendants n'ont pas à voler bien loin pour rejoindre les paresseux dans les frondaisons. Pour les mites, il est donc indispensable que l'ai dépose ses petites crottes bien en tas, au sol. S'il les lâchait dans les airs, elles s'éparpilleraient dans la forêt et les papillons auraient beaucoup plus de mal à trouver un gîte convenable pour leurs larves.

ÉCHANGES DE BONS PROCÉDÉS



Il existe une relation étroite entre l'ai, les mites qui vivent dans son pelage et pondent leurs œufs dans ses crottes, et les algues vertes qui poussent dans ses poils. Chacun y trouve son avantage.

CONSIGNE 1

Identifie les éléments de la situation de communication en **cochant**, pour chaque question, la case OUI ou la case NON. **Une seule réponse** par question est possible.

Si tu as répondu **OUI**, **recopie** le ou les mot(s) du texte qui t'a (ont) permis de répondre.

ATTENTION : ne recopie pas une phrase ou un passage entier du texte !

Questions	Oui	Non	Le(s) mot(s) qui prouve(nt) ta réponse
L'auteur ou les auteurs du texte est-il (sont-ils) indiqué(s) dans le document ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Le public ciblé par le document est-il précisé ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

CONSIGNE 2

Identifie les éléments de la situation de communication en **cochant**, pour chaque question, **la seule bonne réponse**.

> Quelle est l'intention principale de l'auteur de ce document (*ce que recherche l'auteur en écrivant ce texte*) ?

- | | | |
|---|------------------------------------|---|
| <input type="radio"/> Convaincre | <input type="radio"/> Convaincre | <input type="radio"/> Faire consommer/acheter |
| <input type="radio"/> Informer, expliquer | <input type="radio"/> Sensibiliser | <input type="radio"/> Raconter |

> Quel type d'informations le document donne-t-il ?

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="radio"/> Politiques | <input type="radio"/> Sociales | <input type="radio"/> Scientifiques |
| <input type="radio"/> Sportives | <input type="radio"/> Économiques | <input type="radio"/> Culturelles |

> D'où provient l'information principale donnée par le document ?

- | | | |
|--|---|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> D'une recherche scientifique | <input type="radio"/> D'une entrevue, rencontre | <input type="radio"/> D'un débat |
| <input type="radio"/> D'un reportage | <input type="radio"/> D'une nouvelle brève | <input type="radio"/> D'une critique |

> Quel est le sujet principal du document ?

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> La chaîne alimentaire du paresseux à trois doigts | <input type="radio"/> La relation étroite entre le paresseux à trois doigts et les mites vivant dans son pelage |
| <input type="radio"/> L'habitat du paresseux à trois doigts | <input type="radio"/> La protection du paresseux à trois doigts |

CONSIGNE 3

.....

Réponds aux questions suivantes en **recopiant** le mot ou le groupe de mots du texte.

ATTENTION : ne recopie pas une phrase ou un passage entier du texte !

Questions

Le(s) mot(s) qui prouve(nt) ta réponse

Comment s'appelle la partie supérieure des arbres d'une forêt ?

Quel animal vit dans la fourrure des paresseux à trois doigts ?

Combien de temps le paresseux à trois doigts met-il pour descendre de son arbre ?

Quel est le nom scientifique du paresseux à trois doigts ?

CONSIGNE 4

.....

« Cette forêt de poils » désigne la fourrure du paresseux à trois doigts.

Recopie deux autres noms communs **différents** qui désignent également la fourrure du paresseux à trois doigts dans le document.

Nom commun n° 1

Nom commun n° 2 :

CONSIGNE 5

.....

Le paresseux à trois doigts ne fait ses besoins qu'une fois par semaine. Pourquoi descend-il si peu au sol ?

Complète la phrase suivante avec tes **propres mots** en te basant sur une des informations données par le document.

Le paresseux à trois doigts descend si peu au sol parce que

.....

.....

CONSIGNE 6

.....

Pourquoi l'auteur a-t-il choisi le sous-titre « **Un extra au menu** » ?

Coche, parmi les quatre justifications ci-dessous, celle qui exprime les raisons du choix de ce sous-titre.

- Car le paresseux à trois doigts se nourrit des feuilles des arbres et des mites qui se trouvent dans son pelage.
- Car les algues apportent au paresseux un complément à son alimentation de base.
- Car les algues vertes se digèrent facilement.
- Car les mites servent de plat aux champignons.

CONSIGNE 7

.....

Le texte répond-il à la question posée par le titre principal de l'article ?

Coche la seule bonne réponse.

- Le texte répond complètement à la question posée par le titre du document.
- Le texte répond en partie à la question posée par le titre du document.
- Le texte ne répond pas à la question posée par le titre du document.

CONSIGNE 8

.....

Lorsque le paresseux à trois doigts dépose ses excréments sur le sol, un enchaînement d'évènements se met en route.

Rétablis l'ordre de ces évènements en notant un chiffre (de 1 à 7) à côté de chacun de ces évènements.

	Les mites pondent leurs œufs dans les excréments du paresseux à trois doigts.
	Le paresseux à trois doigts se gratte et se nourrit des algues qui recouvrent son pelage.
	Le paresseux à trois doigts fait ses besoins sur le sol.
	Les champignons présents dans le pelage du paresseux à trois doigts alimentent des algues vertes.
	Une fois adultes, les mites se réfugient dans le pelage du paresseux à trois doigts.
	L'ammonium dégagé par les cadavres de mites alimente des champignons.
	Les mites meurent sur le dos du paresseux à trois doigts et, en se décomposant, dégagent de l'ammonium.