

# micro PHYSIQUE / CHIMIE méga

Livre du professeur



**Christophe DAUJEAN**

*Collège Antoine Guichard, Veauche (42)*

**Fabien ALIBERT**

*Collège Honoré d'Urfé, Saint-Étienne (42)*

**Fabrice MASSA**

*Collège François Truffaut, Rive-de-Gier (42)*

**Kader MÉDJAHI**

*Collège Honoré d'Urfé, Saint-Étienne (42)*

**Béatrice SOUCILLE-DALLE**

*Collège Gambetta, Saint-Étienne (42)*



# Réchauffement climatique et niveau des mers et océans page 530

## Activité

### Comprendre (p. 530)

1. Depuis 1900, la température moyenne de la Terre et le niveau des océans augmentent.
2. La température des océans augmente car les océans stockent 93,5 % du surplus d'énergie thermique dû à l'augmentation de l'effet de serre.
3. À 10 °C,  $\rho_{\text{eau salée}} = 1\,027 \text{ kg/m}^3$ .  
À 20 °C,  $\rho_{\text{eau salée}} = 1\,024,8 \text{ kg/m}^3$ .

### Calculer

$$4. \text{ À } 10 \text{ °C} : V_{\text{eau salée}} = \frac{m_{\text{eau salée}}}{\rho_{\text{eau salée}}} = \frac{1,4 \times 10^{21}}{1027} \approx 1,363 \times 10^{18} \text{ m}^3.$$

$$\text{À } 20 \text{ °C} : V_{\text{eau salée}} = \frac{m_{\text{eau salée}}}{\rho_{\text{eau salée}}} = \frac{1,4 \times 10^{21}}{1024,8} \approx 1,366 \times 10^{18} \text{ m}^3.$$

### Raisonner

5. Lorsque la température augmente, le volume de l'eau de mer augmente.
6. Le niveau des mers et des océans augmente donc lorsque la température augmente.

### Comprendre (p. 531)

7. La fonte des glaces continentales contribue à une hausse du niveau des océans.
8. L'élévation du niveau des mers et des océans obligera les populations à se déplacer car de nombreuses terres seront submergées, notamment des îles et atolls. Les populations habitant ces terres devront donc se déplacer pour vivre ailleurs.

### Conclure

9. Depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle, en raison de l'amplification de l'effet de serre, la température moyenne de l'eau salée des mers et des océans augmente. Cette augmentation de température entraîne une diminution de la masse volumique de l'eau salée et par conséquent une augmentation de son volume. L'eau salée prend donc plus de place et le niveau des mers et des océans s'élève.

## Exercices

### 1 Masse volumique de l'eau et température

1. La masse volumique de l'eau salée diminue lorsque la température augmente.
2. À 15 °C,  $\rho_{\text{eau salée}} = 1\,026 \text{ kg/m}^3$ .  
À 30 °C,  $\rho_{\text{eau salée}} = 1\,021,8 \text{ kg/m}^3$ .

$$3. \rho = \frac{m}{V}$$

$$4. \text{ a. } m_{\text{eau salée}} = \rho_{\text{eau salée}} \times V_{\text{eau salée}} = 1\,026 \times 50 = 51\,300 \text{ kg}$$

$$\text{ b. } V_{\text{eau salée}} = \frac{m_{\text{eau salée}}}{\rho_{\text{eau salée}}} = \frac{51\,300}{1021,8} \approx 50,250 \text{ m}^3$$

Le niveau de l'eau dans la piscine va légèrement augmenter.

### 2 Le thermomètre de Galilée

1. Les ampoules flottent ou coulent en fonction de leur masse volumique : celles qui ont une masse volumique inférieure à celle du mélange d'hydrocarbures flottent et celles qui ont une masse volumique supérieure à celle du mélange d'hydrocarbures coulent.
2. Lorsque la température change, la masse volumique du mélange d'hydrocarbures change. Si la masse volumique d'une ampoule devient supérieure à celle de ce mélange, elle coule, et si elle devient inférieure à celle du mélange, elle remonte vers la surface.

3. La température de la pièce est comprise entre 24 °C et 26 °C.

### **3 Comprendre la dilatation thermique**

La modélisation B représente la dilatation thermique car les molécules sont toujours en contact et glissent les unes contre les autres (état liquide) mais il y a un peu plus d'espace entre elles.

## Activité

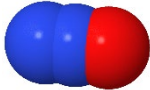
### Tâche complexe

Même si la quantité de protoxyde d'azote produite par les activités humaines est faible (Doc. 1), à concentration égale son impact sur l'effet de serre est 300 fois plus important que le dioxyde de carbone (Doc. 2). Avec le développement de l'agriculture intensive, première source d'émission (Doc. 3), sa concentration augmente continuellement depuis les années 50 (Doc. 4).

L'agriculture étant indispensable pour se nourrir, il est difficile de réduire sa concentration dans l'air avec les moyens de production actuels.

## Exercices

### 1 Le protoxyde d'azote

Formule chimique	Représentation	Composition atomique
$N_2O$		2 atomes d'azote et 1 atome d'oxygène

### 2 Masse volumique

a. Volume :  $4,4 \text{ L} = 4,4 \text{ dm}^3 = 4,4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ .

Masse :  $8 \text{ g} = 8 \times 10^{-3} \text{ kg}$ .

b. La masse volumique est égale à  $\rho_{\text{protoxyde}} = \frac{8 \times 10^{-3}}{4,4 \times 10^{-3}} = 1,8 \text{ kg/m}^3$ .

c. On remarque que  $\rho_{\text{protoxyde}} > \rho_{\text{air}}$  : le protoxyde d'azote est plus dense que l'air.

### 3 À l'écrit ou à l'oral

Piste de recherche : site de l'anses

<https://www.anses.fr/fr/content/inhalation-de-protoxyde-d%E2%80%99azote-l%E2%80%99anses-recommande-d%E2%80%99am%C3%A9liorer-la-r%C3%A9glementation-et-de-mieux>

# Le comportement des métaux dans l'air

page 533

## Activité

### Observer

1. La surface des métaux devient de plus en plus terne au cours du temps. Le fer, le cuivre, l'aluminium, le zinc et l'argent perdent leur éclat métallique. Seul l'or ne ternit pas.

### Raisonner

2. Les métaux dont la surface se recouvre d'une couche d'oxyde sont le fer, le cuivre, l'aluminium, le zinc et l'argent.

3. La « rouille » est le nom couramment donné à l'oxyde de fer donc seul le fer « rouille ».

4. L'or ne change pas d'aspect lorsqu'il reste longtemps en contact avec l'air, il ne s'oxyde pas et est considéré comme « inerte ».

### Conclure

5. Tous les métaux ne réagissent pas de la même façon au contact de l'air, la plupart s'oxydent. L'or quant à lui ne s'oxyde pas car il ne réagit pas avec l'air.

## Exercices

### 1 Vrai ou faux ?

a. Faux : l'or ne s'oxyde pas, c'est un métal inerte.

b. Vrai.

c. Faux : l'aluminium s'oxyde mais seul le fer « rouille ».

Note : nous n'abordons ici que les métaux usuels.

### 2 Oxydation et protection du fer

a. L'oxyde de fer est couramment appelé « rouille ».

b. L'oxydation du fer, qui est une transformation chimique, se produit lorsque les réactifs (le fer et le dioxygène) sont en contact. Comme l'oxyde de fer est poreux (ou perméable), sa formation n'empêche pas le contact entre les deux réactifs : l'oxydation se poursuit jusqu'à disparition complète d'un des réactifs : le fer.

c. Une peinture « antirouille » forme une couche imperméable empêchant le contact entre le fer et le dioxygène : ainsi l'oxydation ne se peut pas se dérouler.

d. La galvanisation consiste à recouvrir les objets en fer d'une couche de zinc, métal plus résistant à l'oxydation. En effet, au contact du dioxygène de l'air, le zinc se recouvre d'une couche d'oxyde de zinc imperméable empêchant l'oxydation ultérieure du zinc. Le fer n'est alors plus en contact avec le dioxygène et ne s'oxyde plus.

### 3 Les monuments historiques

1. Puisque l'aspect de la toiture du dôme des Invalides ne s'est pas modifié depuis 1677, cette dernière a été confectionnée en or, seul métal qui ne s'altère pas au cours du temps.

2. a. Le « vert-de-gris » est le nom couramment donné à l'oxyde de cuivre.

b. L'oxyde de cuivre, lorsqu'il se forme à la surface d'un objet en cuivre, forme une couche imperméable qui empêche tout contact ultérieur avec l'air : la réaction d'oxydation ne peut donc plus se produire puisque les réactifs (cuivre métallique et dioxygène) ne sont plus en contact.

## Activité

### Observer

1. La durée de l'expérience photographiée est d'environ une semaine.
2. À la fin de l'expérience, l'éprouvette A ne contient plus de gaz, l'éprouvette B contient encore 200 mL de gaz.

### Raisonner

3. L'eau s'élève dans les éprouvettes A et B au fur et à mesure de l'expérience car les gaz qu'elles contiennent sont progressivement consommés.
4. Le gaz consommé lors de l'expérience est le dioxygène puisque c'est le seul gaz contenu dans l'éprouvette A.
5. L'éprouvette B contient 250 mL d'air, soit 200 mL de diazote (4/5) et 50 mL de dioxygène (1/5). Puisque le dioxygène est consommé par l'oxydation du fer, l'eau remplit donc 1/5 de l'éprouvette B.

### Conclure

6. Les réactifs nécessaires à la formation de l'oxyde de fer sont le fer et le dioxygène.

### Pour aller plus loin

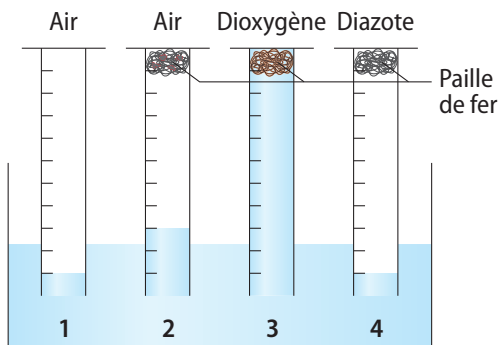
4.  $\text{Fe} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$

## Exercices

### 1 Les facteurs accélérant de la corrosion du fer

- a. La formation de l'*oxyde de fer* (ou rouille) n'a lieu que si le fer est en contact avec le *dioxygène*.
- b. La présence d'*eau* est nécessaire pour observer la corrosion du fer.
- c. Le sel *accélère* la réaction d'oxydation du fer.

### 2 Différents gaz



### 3 L'acier\* inoxydable « 18/10 »

a. Masse de chrome :  $50 \times \frac{18}{100} = 9 \text{ g}$

Masse de nickel :  $50 \times \frac{10}{100} = 5 \text{ g}$

Masse d'acier = masse totale – masse de chrome – masse de nickel =  $50 - 9 - 5 = 36 \text{ g}$

- b. Les couverts sont en contact avec le dioxygène de l'air et souvent en présence d'eau (vaisselle, etc.). S'ils étaient fabriqués en acier simple, ils s'oxyderaient très rapidement.

## Activité

### Comprendre

1. Les effets du réchauffement climatique sont la diminution de la couverture de neige et de glaces, le réchauffement de l'atmosphère et de l'océan, l'élévation du niveau des océans, la sécheresse, etc. Les gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique, sont principalement le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau, le méthane et le protoxyde d'azote.

2. La quantité de dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère augmente.

Les principaux secteurs d'activités responsables sont la production d'électricité, les transports, l'industrie et la construction.

### Raisonner

3. Les centrales thermiques à flamme, les moteurs thermiques et certaines chaudières domestiques ont en commun la combustion de sources d'énergie fossiles telles que le charbon, l'essence et le gaz naturel. Ces dispositifs contribuent au réchauffement climatique car les combustions de ces sources d'énergie sont émettrices de dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre.

4. Certaines chaudières utilisent la combustion du fioul. L'équation de réaction simplifiée de la combustion du fioul ( $C_{21}H_{44} + 32 O_2 \rightarrow 21 CO_2 + 22 H_2O$ ) montre que du dioxyde de carbone est produit. Or le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre qui participe au réchauffement climatique. Interdire les chaudières au fioul contribue à limiter les rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

*Remarque* : la combustion du fioul est aussi émettrice de vapeur d'eau, qui est également un gaz à effet de serre.

### Conclure

5. Les combustions sont en partie responsables du réchauffement climatique car elles produisent du dioxyde de carbone qui est un gaz à effet de serre.

### Pour aller plus loin

6. Pour limiter les rejets de dioxyde de carbone, on peut agir dans les différents secteurs d'activité :

- Production d'électricité : limiter les centrales thermiques à flamme, développer les centrales électriques fonctionnant sans combustion (éoliennes, centrales hydroélectriques, centrales photovoltaïques, etc.) et utilisant des sources d'énergie renouvelables.

- Industrie et construction : utiliser des produits dégradables qui limitent les déchets, piéger les rejets de dioxyde de carbone plutôt que les rejeter dans l'atmosphère, favoriser les produits locaux, etc.

- Transport : covoiturer, utiliser le train plutôt que prendre l'avion, limiter les transports en voiture lorsque c'est possible, utiliser les transports en commun, consommer des produits locaux, etc.

- Habitat : équiper son logement d'une pompe à chaleur plutôt que d'une chaudière à combustion, isoler son logement pour éviter les pertes d'énergie, éviter de surchauffer, etc.

## Exercices

### 1 Activités humaines et combustions

a. Pour obtenir de l'énergie électrique dans les centrales thermiques à flammes, du *charbon*, du *pétrole* ou du gaz naturel sont brûlés.

b. De nombreuses habitations sont équipées de chaudière dont le fonctionnement repose sur la combustion du *méthane* ou du fioul.

c. C'est la combustion de l'*essence* ou du gazole dans les moteurs thermiques qui permet aux voitures et aux camions d'avancer.

d. Chaque jour, la production d'électricité, le chauffage et les transports sont à l'origine de rejets de millions de tonnes de *dioxyde de carbone*, responsables de l'amplification de l'*effet de serre*.

## 2 Activités humaines et réchauffement climatique

a. Le dioxyde de carbone, de formule  $\text{CO}_2$ .

b. Les trois secteurs qui émettent le plus de dioxyde de carbone sont : la production d'électricité, l'industrie et la construction, le transport.

c.

Secteur	Production d'électricité	Industrie et construction	Transport
Exemple de combustible	Charbon, fioul, gaz naturel	Combustibles fossiles, déchets, etc.	Essence, gazole, etc.

d. L'augmentation de l'effet de serre contribue au réchauffement climatique.

## 3 La combustion de l'essence

a. Les réactifs de la combustion sont : l'essence ( $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) et le dioxygène ( $\text{O}_2$ ) de l'air.

b. Les produits de la combustion sont : le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) de l'air.

c. Lors de l'utilisation d'une voiture, la combustion de l'essence produit du dioxyde de carbone, gaz à effet de serre qui participe au réchauffement climatique.

Remarque : la combustion de l'essence est aussi émettrice de vapeur d'eau, qui est également un gaz à effet de serre.

## 4 Le PSC

a. Le PSC, piégeage et stockage du dioxyde de carbone, consiste à récupérer, à sa source, le  $\text{CO}_2$  produit par les activités humaines (centrales électriques, industries, etc.) et à le stocker pour une longue période.

b. Le dioxyde de carbone est transporté (sous forme gazeuse à très forte pression) dans des gazoducs jusqu'aux lieux de stockage.

c. Un fois comprimé, le dioxyde de carbone peut être emprisonné profondément sous terre (à au moins 800 m) dans d'anciens gisements de pétrole, de gaz ou de charbon.

d. Le PSC présente l'intérêt de diminuer les rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et ainsi de limiter le réchauffement climatique.

## 5 La révolution industrielle à l'origine du réchauffement climatique

a. C'est l'invention de la machine à vapeur qui est à l'origine de la révolution industrielle. Elle fonctionne grâce à la combustion du charbon et rejette du dioxyde de carbone.

b. À partir de 1880, c'est grâce à la combustion du charbon que fonctionnent les premières centrales électriques. Or la combustion du charbon produit du dioxyde de carbone qui est un gaz à effet de serre.

c. La source d'énergie qui est à l'origine du développement de l'automobile est le pétrole.

d. La révolution industrielle repose sur la combustion de sources d'énergie fossiles (charbon, pétrole). Ces combustions sont émettrices de dioxyde de dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre qui contribue au réchauffement climatique.



## Activité

### Tâche complexe

Exemple de calcul de l'empreinte carbone journalière liée aux déplacements maison/collège (Doc. 4), aux repas (Doc. 3) et à l'usage des outils numériques (Doc. 2)

#### Empreinte carbone liée à l'utilisation du numérique

Réseaux sociaux	≈ 280 g
Streaming 1h	≈ 450 g
2 courriels sur l'ENT du collègue	≈ 100 g
Total	≈ <u>830 g de CO<sub>2</sub></u>

#### Empreinte carbone liée à l'alimentation

- Petit déjeuner

100 g de pain (farine)	≈ 200 g
20 g de beurre	≈ 160 g
100 g de fruits frais	≈ 100 g
Total	≈ <u>460 g de CO<sub>2</sub></u>

- Déjeuner

200 g de légumes frais	≈ 200 g
100 g de pain	≈ 200 g
200 g de viande rouge	≈ 2 000 g
200 g de pâtes	≈ 300 g
100 g de crème caramel (conserves)	≈ 600 g
Total	≈ <u>3 300 g de CO<sub>2</sub></u>

- Dîner

200 g de poisson	≈ 1 600 g
100 g de pain	≈ 200 g
200 g de légumes frais	≈ 200 g
50 g de chocolat	≈ 200 g
Total	≈ <u>2 200 g de CO<sub>2</sub></u>

#### Empreinte carbone liée aux déplacements maison/collège

10 km en voiture (2 trajets)	≈ 2 800 g
Soit	≈ <u>2 800 g de CO<sub>2</sub></u>

**Total empreinte carbone journalière** ≈ **9 590 g**, soit près de **10 kg de dioxyde de carbone**

Des pistes de solutions pour limiter son empreinte carbone :

- Limiter son utilisation des réseaux sociaux
- Préférer les aliments frais aux conserves
- Faire de temps en temps un repas végétarien
- Se déplacer en bus plutôt qu'en voiture
- Etc.

## Exercices

### 1 Les bons réflexes

a. La fabrication des objets nécessite des matières premières et de l'énergie (dont l'obtention occasionne aussi des émissions de CO<sub>2</sub>), de même que le transport du lieu de leur fabrication vers le lieu où ces objets

sont vendus. La fabrication peut donc représenter une forte part de l'empreinte carbone d'un objet. Utiliser plus longtemps un objet évite d'en fabriquer de nouveaux et réduit ainsi les émissions de CO<sub>2</sub>.

**b.** Consommer des aliments produits localement limite les émissions de CO<sub>2</sub> liées au transport et au conditionnement parfois nécessaire à leur expédition.

**c.** Consommer l'eau du robinet évite indirectement la consommation de matière première pour fabriquer les bouteilles contenant l'eau minérale, l'utilisation d'énergie et donc de ressources liées à leur fabrication, à l'embouteillage, l'expédition, le transport, etc.

**d.** Obtenir l'énergie occasionne des émissions de CO<sub>2</sub> (consommation de ressources, acheminement, etc.) Toute économie d'énergie permet ainsi de réduire son empreinte carbone.

## **2** Se nourrir différemment

L'analyse des deux exemples de menus permet d'imaginer des solutions pour limiter l'empreinte carbone liée à son alimentation. Par exemple :

- consommer l'eau du robinet,
- choisir des produits frais locaux,
- éviter la consommation excessive de viande rouge à la faveur de viande blanche comme le poulet
- etc.

## **3** Un blouson de ski !

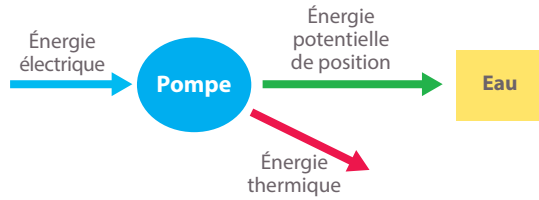
Exemples de causes possibles d'émission de dioxyde de carbone :

- Extraction de matières premières : production de nourriture pour les animaux, d'engrais pour dynamiser les cultures, production d'énergie nécessaire aux engins agricoles (tracteurs etc.)
- Fabrication : production d'énergie nécessaire à la fabrication des machines, à leur fonctionnement, etc.
- Transport, distribution : fabrication des engins de transport (avions, bateaux, camions), consommation de carburants, etc.
- Utilisation : consommation d'énergie pour l'entretien du blouson (machine à laver), etc.
- Fin de vie : énergie nécessaire à la collecte des déchets, au recyclage.

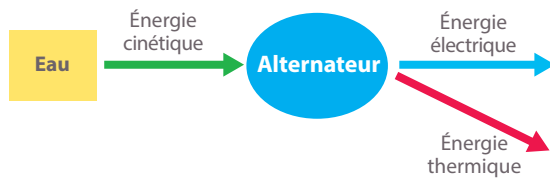
## Activité

### Comprendre

#### 1. Phase de pompage



#### Phase de turbinage



2. Le Soleil et le vent sont des sources d'énergie intermittentes, on n'en dispose pas en continu. Elles conduisent à une obtention irrégulière d'énergie électrique.

3. Dans une batterie, l'énergie est stockée sous la forme d'énergie chimique.

### Raisonner

4. Une consommation irrégulière d'énergie nécessite d'utiliser un dispositif de stockage. Il en est de même lors de l'obtention irrégulière d'énergie électrique en cas d'utilisation de sources d'énergie intermittentes.

### Conclure

5. Une STEP ou une batterie permettent de convertir l'énergie électrique inutilisée sous une forme stockable : l'énergie potentielle de position ou l'énergie chimique. En utilisant l'énergie électrique excédentaire et en évitant ainsi son gaspillage, les STEP et les batteries permettent d'économiser les sources d'énergie nécessaires au fonctionnement d'autres centrales.

Les dispositifs de stockage permettent de disposer de l'énergie électrique au moment choisi et d'ajuster la production à la demande.

## Exercices

### 1 Le stockage de l'énergie

a. Non, l'énergie électrique n'est pas directement stockable.

b. Le principal inconvénient des centrales électriques solaires et des éoliennes est l'intermittence de leurs sources d'énergie (Soleil, vent).

c. Une STEP permet de stocker l'énergie sous la forme d'énergie potentielle de position.

Une batterie permet de stocker l'énergie sous la forme d'énergie chimique.

d. Puisque l'énergie électrique n'est pas stockable et que son obtention grâce aux centrales électriques utilisant des sources d'énergie intermittentes n'est pas continue, sa conversion sous des formes stockables est nécessaire, afin d'en disposer au moment choisi et ainsi d'ajuster la production à la demande.

### 2 Surproduction et stockage

1. c. *potentielle de position*

2. a. *constante*

3. a. *pompage*

4. b. *la nuit*

5. b. 9 h

6. b. inférieure à la demande

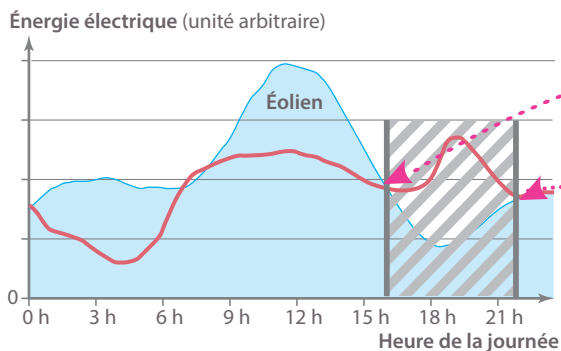
7. a. et b. d'ajuster la production à la demande en énergie et d'éviter un gaspillage de l'énergie

### 3 Une association dans le vent : éoliennes et STEP

a. Une éolienne utilise une source d'énergie renouvelable (le vent), alors que la centrale thermique utilise une source d'énergie non renouvelable (le fioul), dont les réserves sont limitées.

b. Une centrale thermique rejette de grandes quantités de CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre, responsable du changement climatique.

c. L'énergie électrique provient de la STEP en mode turbinage quand la demande est forte et/ou en cas de défaut de vent. Une lecture graphique montre que cela correspond, sur l'axe des abscisses, à l'intervalle approximativement compris entre 16 h et 22h, soit 6 h par jour.



La durée pendant laquelle l'énergie consommée (courbe rouge) est supérieure à l'énergie obtenue avec les éoliennes (courbe bleue) se trouve en repérant les points d'intersection des courbes.

d. Les éoliennes permettent d'alimenter les habitations et l'usine de dessalement pendant 18 heures par jour (24 – 6 heures).

*Commentaire.* Les nouveautés du programme du cycle 4 ont pris en compte des notions présentes dans le programme de terminale Enseignement Scientifique.

En ce qui concerne la proximité de ces notions, une approche plus qualitative est traitée au cycle 4 : le travail demandé ici est adapté au niveau 3<sup>e</sup>.

## Activité

### Comprendre

1. Les terres rares sont une famille de 17 métaux, dont le scandium, l'yttrium, le lanthane, le néodyme, etc. Elles proviennent de minerais.

### Raisonner

2. Terres rares : 350 ppm          Cuivre : 75 ppm  
 $350 \div 75 = 4,6$

Les terres rares sont environ 5 fois plus abondantes que le cuivre.

3. On les qualifie de « rares » car, bien qu'elles soient globalement abondantes, elles sont regroupées dans des minerais et s'y trouvent en faibles concentrations, ce qui rend leur séparation difficile.

### Conclure

4. Les nouvelles technologies sont aujourd'hui dépendantes des terres rares. Comme la demande ne cesse d'augmenter, pour des quantités extraites limitées, le risque est d'aboutir à des pénuries.

5. L'exploitation des terres rares occasionne de nombreuses et graves pollutions et génère une grande quantité de gaz à effet de serre responsable du changement climatique.

6. L'industrie des nouvelles technologies est en pleine expansion et est actuellement dépendante des terres rares. Au vu des problèmes environnementaux engendrés par leur exploitation, et de la difficulté de leur recyclage, il s'avère indispensable de chercher des solutions pour se passer des terres rares, dans un souci de protection de la planète.

D'autre part, la production des terres rares dépend de pays exerçant un monopole, ce qui peut poser des problèmes de pénurie.

## Exercices

### 1 Abondance et production des terres rares

a. Les quatre pays détenant les ressources les plus importantes en terres rares sont la Chine, le Vietnam, le Brésil et la Russie.

b. La Chine est le principal pays producteur de terres rares.

c.  $\frac{120\,000\,000}{170\,000} \approx 706$

Les réserves d'oxydes de terres rares sont environ 700 fois plus importantes que la quantité produite. Les terres rares sont assez abondantes, mais comme elles sont regroupées dans des minerais, et en faibles concentrations, leur séparation est difficile. Les quantités produites sont par conséquent limitées.

d. La séparation des terres rares est difficile et leur exploitation occasionne de nombreuses pollutions.

### 2 Les terres rares, des éléments chimiques très intéressants

a. Les terres rares possèdent des propriétés magnétiques et optiques recherchées.

b. On utilise les propriétés magnétiques des terres rares pour fabriquer des aimants permanents très performants (puissants et compacts).

On utilise les propriétés optiques des terres rares pour polir efficacement les écrans et leur donner les couleurs rouge, vert et bleu.

### 3 Utilisation des terres rares

a. On compte huit domaines d'utilisations des terres rares.

b. Les terres rares sont omniprésentes et indispensables dans de nombreuses nouvelles technologies. Comme ces technologies sont en plein essor, il paraît difficile de se passer des terres rares à l'heure actuelle.

#### **4 Les terres rares dans les voitures électriques**

**a.** Le moteur et la batterie.

**b.** La voiture électrique est qualifiée de « zéro émission » car son utilisation ne produit pas directement de polluants ni de gaz à effet de serre. Mais la production de terres rares, qui entrent dans la composition de certains éléments d'une voiture électrique, occasionne de nombreuses pollutions dans les pays producteurs et génère une grande quantité de gaz à effet de serre, responsable du changement climatique. Par conséquent, si on considère l'étape de fabrication d'une voiture électrique et pas seulement son utilisation, on ne peut pas la considérer comme un véhicule totalement « propre ».

**c.** Les véhicules à moteurs thermiques utilisent également des terres rares (capteurs, écrans, vitrages, moteurs secondaires, etc.) et la combustion de l'essence ou du gasoil produit du dioxyde de carbone et des polluants. On ne peut donc pas privilégier ce moyen de transport.

# Les limites des énergies dites « vertes »

page 541

## Activité

### Tâche complexe

L'utilisation des dispositifs associés aux « nouvelles énergies » (éoliennes, panneaux solaires, batteries, etc.) ne produit pas directement de polluants ni de gaz à effet de serre. Cependant, leur fabrication nécessite l'exploitation massive et le transport de certaines matières premières. Cela contribue à l'épuisement des ressources (Doc. 1) et occasionne d'importantes pollutions dans les pays exportateurs, ainsi que l'émission de gaz à effet de serre (Doc. 2). Par conséquent, si on tient compte de l'étape de leur fabrication, ces dispositifs de production d'électricité et de stockage d'énergie ne sont pas totalement durables, puisqu'ils épuisent les ressources et ont un impact sur l'environnement.

## Exercices

### 1 Vers un épuisement des ressources en cuivre ?

- a. Le cuivre n'est pas un métal rare, il est abondant dans la croûte terrestre.
- b. Le secteur de la voiture électrique est en pleine expansion, et comme son développement nécessite de grandes quantités de cuivre, ce métal risque de connaître des problèmes d'approvisionnement dans les années à venir.

### 2 Une électricité verte ?

L'énergie électrique issue des éoliennes et panneaux solaires est qualifiée de « verte » car elle est issue de sources d'énergie renouvelables d'une part, et, d'autre part, son obtention ne produit pas directement de polluants, ni de gaz à effet de serre.

Mais la construction et le transport des éoliennes et des panneaux solaires ainsi que leur traitement de fin de vie génèrent des émissions de gaz à effet de serre (responsables du changement climatique), de nombreuses pollutions et contribuent à l'épuisement des ressources.

Par conséquent, si on procède à l'analyse complète du cycle de vie d'une éolienne ou d'un panneau solaire, c'est-à-dire de sa construction jusqu'à sa fin de vie, on ne peut pas dire que l'électricité issue de ces types de centrales soit totalement « verte ».

### 3 Différentes centrales

- a. La centrale qui émet le moins de CO<sub>2</sub> par kWh d'énergie électrique obtenue est la centrale thermique nucléaire, puis l'éolienne, puis le panneau solaire et enfin la centrale thermique à flamme.
- b. Les éoliennes et panneaux solaires utilisent des sources d'énergie renouvelables, contrairement à la centrale thermique nucléaire (uranium). Ils présentent peu de risques, contrairement à la centrale thermique nucléaire (déchets radioactifs, accidents nucléaires).

### 4 La pollution engendrée par l'exploitation des métaux rares

Les panneaux solaires utilisent des sources d'énergie renouvelables (le Soleil). Leur fonctionnement n'émet ni polluants, ni gaz à effet de serre. Il en va de même pour les voitures électriques.

Mais la fabrication des voitures électriques ou de panneaux solaires utilise des métaux rares dont l'extraction a un impact déplorable sur l'environnement.

Par conséquent, si l'on prend en compte l'étape de fabrication, les panneaux solaires et les voitures électriques ne présentent pas que des avantages.

# Bilan d'énergie du système Terre-atmosphère

page 542

## Activité

### Comprendre (p. 542)

1. La partie du rayonnement qui n'est pas diffusée est absorbée par l'objet.
2. L'absorption du rayonnement solaire par un objet provoque son échauffement.

### Raisonner

3. Le bitume est plus sombre que le gravier ; il absorbe donc davantage le rayonnement solaire et s'échauffe donc davantage.

### Comprendre (p. 543)

4. Une partie du rayonnement est diffusée vers l'espace et l'autre partie est absorbée par le système Terre-atmosphère.

### Raisonner

5. Le système Terre-atmosphère s'échauffe car la partie du rayonnement qu'il absorbe est convertie en énergie thermique.
6. Le système Terre-atmosphère refroidit en émettant un rayonnement vers l'espace.
7. D'après la figure 4, la différence entre les énergies des rayonnements entrant et sortant est négative au niveau des pôles donc l'énergie du rayonnement sortant est plus grande que l'énergie du rayonnement entrant. Les pôles absorbent peu et s'échauffent peu : la température à leur surface est donc faible.

### Conclure

8. Pour le système Terre-atmosphère dans sa globalité :  $E_{\text{solaire}} = E_{\text{diffusé}} + E_{\text{émis}}$ . En moyenne, le système reçoit globalement autant d'énergie qu'il n'en cède.

Remarque : Dans certaines zones géographiques, comme les pôles ou l'équateur, les valeurs des transferts d'énergie entrant et sortant sont différentes.

## Exercices

### 1 Température à la surface de la Terre

- a. Comme les surfaces claires (neige) diffusent plus que les surfaces sombres, le rayonnement solaire est davantage diffusé dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud.
- b. C'est dans l'hémisphère nord que le rayonnement solaire est le moins absorbé.
- c. À cette période de l'année, le chauffage par absorption du rayonnement est faible dans l'hémisphère nord. Les températures sont donc faibles.
- d. En février, c'est l'hiver dans l'hémisphère nord et l'été dans l'hémisphère sud.

### 2 Îlots de chaleur urbains

- a. La surface la plus chaude est celle constituée par le bitume. La surface la plus froide est celle constituée par le gravier.
- b. Le bitume absorbe plus le rayonnement solaire que le gravier. Le chauffage par absorption du rayonnement est donc plus important dans le bitume.
- c. L'image thermographique montre que les surfaces en bitume sont des îlots de chaleur urbains.

### 3 Bilan d'énergie du Terre-atmosphère

- a. ① : rayonnement solaire ; ② : rayonnement diffusé par le système Terre-atmosphère ; ③ : rayonnement absorbé ; ④ : rayonnement émis par le système Terre-atmosphère.
- b. Le rayonnement absorbé est converti en énergie thermique.
- c.  $E_{\text{solaire}} = E_{\text{diffusée}} + E_{\text{émise}}$