

## Partie Agir : Défis du XXIème siècle

### CHAP 16&17-EXOS Enjeux énergétique & 1 chimie pour un développement durable

Exercices résolus p 423 à 425 N° 1 à 4

Exercices résolus p 449 à 451 N° 1 à 4

*Inconvénients*: c'est une technique dangereuse, il faut savoir maîtriser les risques. Il y a production de déchets nucléaires.

2. L'objectif est de pouvoir mieux exploiter la ressource (l'uranium), à tel point qu'elle deviendrait renouvelable (non épuisable sur l'échelle de temps humaine: « des milliers d'années »).

3. Dans les deux cas, l'uranium est le combustible fissile. La technologie dite « à neutrons rapides » permet la surgénération, récupérer les neutrons sortants pour transmuter des matériaux, *a priori*, inutilisables (fertiles, mais non fissiles) en matériaux fissiles. Le caloporteur est soit un métal (sodium) soit un gaz (hélium).

4. Les ressources en thorium sont immenses (très abondant sur Terre, le minerai de thorium est totalement utilisable).

Le cœur ne peut pas s'emballer (la quantité de combustible est ajustée au fur et à mesure de l'utilisation).

Les problèmes de pression sont réglés (les réacteurs à sels fondus fonctionnent à la pression atmosphérique).

La question du refroidissement en cas de panne est résolu (le combustible liquide est tout simplement vidangé).

La quantité de déchets à vie longue est 104 fois moindre ce qui facilite leur gestion.

#### 9 Étude thermique d'une habitation

1. Le système étudié est l'intérieur de l'habitation.

2. a. Les pertes thermiques ont lieu au niveau du sol, des murs, des vitrages et du toit.

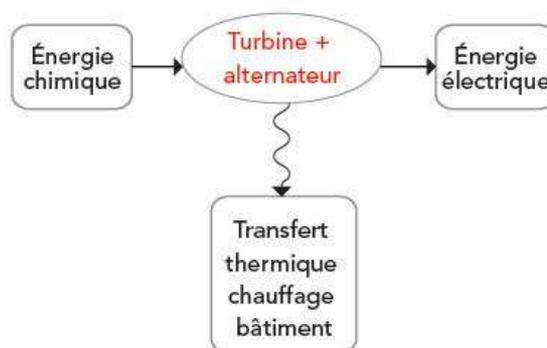
#### 10 La construction durable: un formidable défi !

1. L'eau et l'énergie ne sont pas gaspillées, les déchets sont triés, il y a peu de rejet de GES, les matériaux sont recyclables.

2. La production des éoliennes et leur démantèlement doivent être pris en compte dans le bilan. De plus, le lycée utilise un générateur à gaz qui dégage des GES.

3. Les terrasses végétalisées épurent l'eau de pluie, isolent les parois et rafraichissent l'air, durant l'été, par évapotranspiration.

4. a.



b. Production maximale (370 kW) > consommation (330 kW). Ce lycée peut être complètement autonome du point de vue énergétique.

# Exercices (p. 423-435)

## QCM

1. 1. B et C ; 2. A et C ; 3. A ; 4. A et C ; 2. 1. A et B ; 2. B ; 3. B et C ; 4. A et C ; 3. 1. A et C ; 2. A et C.

## Application immédiate

### 4 Comprendre le concept d'énergie « concentrée »

1. L'information traitée est le concept d'énergie concentrée.

La source est l'École normale supérieure de Lyon.

2. La puissance produite se calcule par :

$$\mathcal{P} = \frac{\Delta \mathcal{E}_{\text{pp}}}{\Delta t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t}$$

$$\mathcal{P} = \frac{1200 \times 10^3 \times 9,81 \times 100}{1}$$

$$\mathcal{P} = 1 \times 10^9 \text{ W, soit } 1000 \text{ MW.}$$

3. Classement des ressources énergétiques de la plus concentrée à la plus diluée :

Uranium > fuel et charbon > eau en mouvement > énergies solaire et éolienne > signifie « énergie plus concentrée que ».

## Pour s'entraîner

### 5 De l'éolienne à l'hydrolienne

1. Au lieu de « d'un poids de mille tonnes », on devrait écrire « d'une masse de mille tonnes ».

« deux mégawatts, ce qui équivaut à peu près à la consommation annuelle de 2000 à 3000 foyers » : si on précisait la durée, on devrait parler d'énergie et non de puissance, il y a donc un problème d'unité.

2. La ressource exploitée est l'eau en mouvement (courants marins).

3. La chaîne énergétique peut-être schématisée de la manière suivante :



4. À vitesse du fluide de valeur égale, les hydroliennes produisent plus d'énergie que les éoliennes.

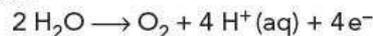
Les hydroliennes ne produisent ni gêne visuelle ni gêne sonore et les courants marins sont plus réguliers.

5. Quelques incertitudes pèsent encore sur l'utilisation des hydroliennes, notamment la capacité à résister aux courants et au milieu marin. Des études d'impact sur les écosystèmes marins sont en cours.

### 6 Des nanofils pour produire du dihydrogène

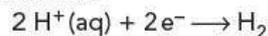
La feuille artificielle, comme la feuille naturelle, transforme de l'énergie solaire en énergie chimique.

Dans les deux cas, l'énergie solaire permet l'oxydation de l'eau :



La phase de réduction diffère : dans la feuille naturelle les ions  $\text{H}^+(\text{aq})$  se combinent avec les électrons et le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) via la formation intermédiaire de NADPH, une forme masquée de l'hydrogène. Ceci permet la synthèse du glucose, ressource énergétique pour la plante.

Dans la feuille artificielle, les ions  $\text{H}^+(\text{aq})$  traversent une membrane et se combinent avec les électrons pour former des molécules de dihydrogène, ressource énergétique pour l'homme :



### 7 L'énergie solaire : une énergie de demain ?

1. Des photons arrachent des électrons aux atomes de silicium. Ces électrons sont mis en mouvement dans un circuit, générant un courant électrique.

2. Les stations qui exploitent l'énergie solaire se trouvent dans les zones de fort ensoleillement.

Les stations qui exploitent la biomasse se trouvent dans les zones boisées.

L'hydroélectricité est exploitée dans les zones monta-

gneuses.

Les stations éoliennes se trouvent sur les façades ouest du continent, là où les vents sont importants.

3. Il s'agit de produire de l'énergie à partir de centrales solaires pour dessaler l'eau de mer, puis de vendre le surplus d'énergie en Europe en s'intégrant dans un vaste réseau de production d'électricité à partir de ressources renouvelables.

4.



5. Le lieu de production de l'électricité se trouve très éloigné du lieu de consommation

Il faudra donc transporter l'électricité en CCHT, technologie qui est très coûteuse.

6. L'électricité en surplus provenant des fermes solaires pourrait permettre de remonter de l'eau dans le bassin supérieur d'un barrage, ce qui permet de produire de l'électricité hydraulique lorsque la demande est importante.

### 8 Innover pour l'énergie nucléaire

1. Avantages : c'est une méthode de production de l'électricité qui produit peu de GES. Les ressources sont encore importantes.

b. Les apports thermiques sont dus au rayonnement solaire, aux mouvements des habitants, au fonctionnement des appareils électriques et des appareils de chauffage.

c. Pour le système, qui n'échange pas de travail avec l'extérieur, la variation d'énergie interne s'écrit :

$$\Delta U = Q_{\text{Soleil}} + Q_{\text{élec}} + Q_{\text{chauffage}} + Q_{\text{pers}} - Q_{\text{murs + vitres}} - Q_{\text{toit}} - Q_{\text{sol}}$$

3. Si la température de l'habitation est constante,  $T_f = T_i$ , soit  $\Delta U = 0$ .

$$Q_{\text{chauffage}} = Q_{\text{murs + vitres}} + Q_{\text{toit}} + Q_{\text{sol}} - Q_{\text{Soleil}} - Q_{\text{élec}} - Q_{\text{pers}}$$

$$Q_{\text{chauffage}} = 80 + 300 + 70 - 103 - 56 - 18 = 2,7 \times 10^2 \text{ MJ.}$$

4. a. Le domaine des infrarouges correspond à des longueurs d'onde au-dessus du visible ( $\lambda > 800 \text{ nm}$  dans l'air).

b. Sur la brochure du magasin de bricolage, on retrouve de fortes déperditions par le toit et par le sol, mais à un moindre niveau.

c. On peut lui conseiller d'améliorer l'isolation de son habitation au niveau des combles, des murs et des huisseries (zones orange sur le thermographe).

## Retour sur l'ouverture du chapitre

### 11 L'équilibre Nord-Sud

1. Les plus gros consommateurs d'énergie sont les pays de l'hémisphère Nord et l'Australie.

Les pays gros producteurs d'énergie ne sont pas toujours les pays gros consommateurs; cela peut créer des tensions internationales.

2. a. Les pays gros consommateurs d'énergie sont en même temps des émetteurs de gaz à effet de serre.

b. Les gros consommateurs utilisent des ressources fossiles à l'origine de l'émission de GES.

3. Le défi majeur est de donner un accès à l'énergie à l'ensemble de la population mondiale tout en limitant l'impact sur la planète.

4. Il faudra développer l'exploitation des ressources renouvelables, rechercher de nouvelles ressources, explorer de nouvelles voies, développer une consommation énergétique raisonnée.

## Comprendre un énoncé

### 12 Développement des énergies renouvelables

1. a. En plus de leur caractère inépuisable, les énergies renouvelables (l'éolien, le solaire) émettent peu ou pas de polluants. Elles sont disponibles sur notre territoire, ce qui crée de l'emploi, augmente l'indépendance énergétique et aide à stabiliser le coût de l'énergie.

b. Certaines énergies sont intermittentes, elles ne produisent pas en continu (comme le solaire et

l'éolien) et posent parfois des problèmes d'intégration dans le milieu naturel (les barrages hydrauliques, les cultures intensives pour les biocarburants) ou dans les paysages (les panneaux solaires, les éoliennes).

2. Elles sont transformées pour être utilisées sous forme d'électricité.

3. Lors de l'utilisation d'énergie renouvelable, il n'y a pas de réaction chimique de combustion qui produiraient des GES. Dans le cas de la biomasse, il y a production de  $\text{CO}_2$ , mais les végétaux utilisés en consomment aussi, le bilan carbone est donc nul.

## Exercices (p. 449-461)

1. A, B et C; 2. A et C; 3. C; 4. A, B et C; 5. A et C; 6. A et C; 7. A et B; 8. B et C; 9. A et B; 10. B et C; 11. A et C; 2. 1. A et B; 2. A.

### Application immédiate

#### 3 Calculer une économie d'atomes

Oui, car  $EA_1 = \frac{360}{860} = 0,42$  est inférieur à  $EA_2 = \frac{240}{276} = 0,87$ .

#### 4 Interpréter un facteur environnemental

- $E = 0$ : le procédé ne semble pas avoir d'impact environnemental.
- Le tétrachlorométhane est un solvant présentant des dangers. Il faut s'en protéger et le recycler. Le facteur environnemental n'est donc pas nul. Il faudrait calculer le facteur environnemental réel.

### Pour commencer

#### 5 Comprendre les enjeux de la chimie durable

- Bio-inspirées*: inspirées de celles contenues dans les êtres vivants (animaux, végétaux).
- Nourriture, eau potable, pollution, médicaments.
- Fabriquer les produits à grande échelle, mais aussi proposer des procédés alternatifs plus efficaces et moins polluants.
- Environnement*: privilégier les ressources naturelles, améliorer les procédés pour diminuer les pollutions.  
*Social*: permettre l'accès aux soins à des populations.

#### 9 Réduire l'émission des gaz à effet de serre

- GIEC: groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
  - D'autres gaz à effet de serre existent. Pour en tenir compte, la concentration est ramenée en équivalent dioxyde de carbone.
- Réduction de la demande, passage aux énergies renouvelables, captage stockage du dioxyde de carbone, réduction des autres GES sont parmi les mesures les plus efficaces.
- Les puits de carbone forestiers: les forêts permettent une séquestration optimale et naturelle du dioxyde de carbone ou  $CO_2$
  - On évalue cette réduction à 8 gigatonnes environ.

#### 10 Capturer le dioxyde de carbone

- Le dioxyde de carbone contribue à l'effet de serre.
- Cette réutilisation respecte les principes n° 1 et n° 8.
- Ce procédé consiste à traiter les effluents gazeux après la combustion des combustibles.

*Économique*: permettre l'essor de nouvelles technologies économiquement rentables.

#### 6 Pratiquer une chimie douce

- Température ambiante et utilisation de bactéries.
- Les ciments usuels sont fabriqués par chauffage d'un mélange d'environ 80 % de calcaire ( $CaCO_3$ ) et 20 % d'argile ( $SiO_2 - Al_2O_3$ ).
  - Les polymères sont synthétisés à partir du pétrole.
  - L'épuisement des ressources et l'accroissement de l'effet de serre, entre autres, en sont les principales conséquences environnementales.
- Les principes de la chimie verte suivants sont respectés: n°s 1, 2, 3, 6, 7, 8 et 12.

#### 7 Utiliser des solvants alternatifs

- MeTHF est issu d'agroressources.
  - Un pétrosolvant est issu du pétrole.
- Le MeTHF n'irrite pas les voies respiratoires, mais présente néanmoins des risques.
- Les principes n° 4 et n° 12 (la sécurité est légèrement améliorée puisque le MeTHF n'irrite pas les voies respiratoires; les étapes d'extraction étant réduites, on limite les risques d'accident); les principes n° 5, n° 7, n° 8 (le volume de solvant utilisé est réduit) et n° 10.

#### 8 Limiter les sources de pollution

- Cancer, malformations congénitales, infertilité, problèmes neurologiques, système immunitaire affaibli sont fréquents.
- Ce procédé respecte les principes de la chimie verte n°s 1, 3, 8 et 10.

- $2 M(s) + O_2(g) \rightarrow 2 MO(s)$  ( $\times 2$ )
- $4 MO(s) + CH_4(g) \rightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(g) + 4 M(s)$
- $CH_4(g) + 2 O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(g)$
- C(s); CO(g).

Il y a moins de pollution avec une oxycombustion.

- Le dioxyde de carbone est récupéré par refroidissement.
- $N_2(g)$  de l'air.
  - Les gaz à effet de serre indirect, tels que le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote ( $NO_x$ ) et les composés organiques volatils (COV) autres que le méthane, absorbent faiblement les IR, mais favorisent la formation de gaz à effet de serre comme le méthane ( $CH_4$ ).
- Principes respectés: n°s 1, 6 et 8.  
L'énergie thermique récupérée peut servir à la production d'énergie électrique.

#### 14 Pratiquer une chimie douce

- La chimie douce permet de synthétiser des matériaux en s'inspirant du vivant et dans des conditions opératoires modérées.
  - Biomimétique*: imitant le vivant.

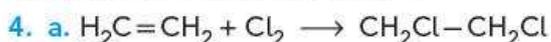
## Pour s'entraîner

### 11 Recycler les déchets

- Ce sont des catalyseurs.
- Une augmentation du rendement par recyclage du chlorure d'hydrogène.
  - Environnement*: principes de la chimie verte respectés: n°s 1, 2, 6 et 8.  
*Social*: améliorer le confort des populations.  
*Économique*: permettre l'essor de nouvelles technologies économiquement rentables, etc.

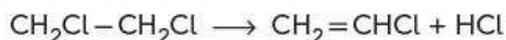
### 12 Privilégier les ressources naturelles

- Obtenue à partir d'une matière première renouvelable, une matière biosourcée n'est pas nécessairement biodégradable.
- Oui.
  - L'impact environnemental est non négligeable. Envisager d'utiliser des plastiques biodégradables.
- La canne à sucre absorbe du  $\text{CO}_2$  pour la photosynthèse. La balance est favorable au PVC biosourcé (le procédé absorbe plus de dioxyde de carbone qu'il n'en émet).
  - Environnement*: balance GES.  
*Social*: pas de compétition avec la nourriture.  
*Économique*: création d'emplois.



b. Addition.

c. Il s'agit du chlorure d'hydrogène HCl :



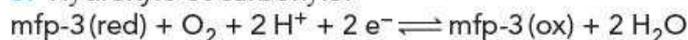
Il peut être utilisé industriellement.

### 13 Capturer le dioxyde de carbone

- « Oxy » pour « oxydation ».

2. Pour réduire les problèmes de toxicité et de pollution des colles classiques.

3. Hydroxyle et carbonyle.



4. Liaisons hydrogène.

### 15 Valoriser les déchets

- Le propène est trop cher et il est issu de matières premières épuisables.
- Le procédé utilise du glycérol renouvelable à la place de propène d'origine fossile (principe n° 7). Il contribue donc à l'économie de ressources fossiles. Le procédé présente une meilleure économie du nombre de molécules utilisées (principe n° 2) et la production de sous-produits et résidus est réduite (principe n° 8). Il économise l'énergie (n° 6).
  - Le principe n° 4 n'est pas respecté: l'épichlorhydrine est toxique.
- Addition.

### 16 Limiter l'usage des solvants

- Chauffage à reflux*: chauffage à ébullition sans perte de matière, augmentation de la vitesse.  
*Mélange intime*: augmentation de la vitesse de la réaction.
- Protocole 1: acide nitrique; protocole 2: dioxyde de manganèse.
  - $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
- Les réactifs utilisés dans le protocole 1 sont plus dangereux que ceux utilisés dans le protocole 2.
- Protocole 1*:  
 $n(\text{oïne}) = \frac{6,0}{212} = 2,8 \times 10^{-2} \text{ mol};$   
 $n(\text{ile}) = \frac{4,5}{210} = 2,1 \times 10^{-2} \text{ mol};$   
 $R = 0,75 = 75 \%$

Protocole 2:

$$n(\text{oïne}) = \frac{1,0}{212} = 4,7 \times 10^{-3} \text{ mol};$$

$$n(\text{ile}) = \frac{0,7}{210} = 3,3 \times 10^{-3} \text{ mol};$$

$$R = 0,7 = 70 \%$$

5. Gain d'énergie pour un rendement équivalent, réactifs moins dangereux, pas de solvant.

### 17 Économiser les atomes

$$1. \frac{2 \times 113}{2 \times 98 + 164 + 3 \times 98 + 8 \times 17} = 0,29 = 29 \%$$

Il y a peu d'économie.

$$2. \text{ a. } \frac{113}{56 + 2 \times 27 + 18 + 2} = 0,87 = 87 \%$$

Procédé plus économe en atomes.

$$\text{ b. } \frac{113 + 17}{56 + 2 \times 27 + 18 + 2} = 0,1 = 100 \%$$

Le recyclage permet d'augmenter l'économie d'atomes.

c. Pour le dihydrogène:

H220: Gaz extrêmement inflammable.

Pour l'acide cyanhydrique:

H224: Liquide et vapeurs extrêmement inflammables.

H330: Mortel par inhalation.

H410: Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

d. Travailler avec des conditions opératoires sûres; réduire les risques d'accident.

Il s'agit de deux principes très importants dans le cadre d'une chimie verte. Le procédé ne s'intègre donc pas véritablement, malgré une économie d'atome plus importante, dans le cadre d'une chimie verte.

## Pour aller plus loin

### 18 Utiliser des catalyseurs performants

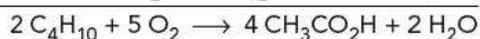
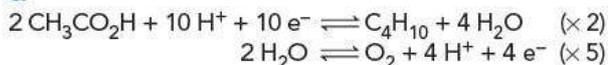


b. Le produit courant est le vinaigre.

2. a. Le mélange naphta / butane provient du pétrole.

b. Ce mélange est cher et conduit à de nombreux sous-produits.

c.



3. *Distillation fractionnée*: séparation des composants d'un mélange en fonction de leur température d'ébullition.



$$\text{ b. } \frac{60}{32 + 28} = 1$$

c. Elle n'est pas strictement égale à 1 à cause de réactions parasites.

5. a. Le procédé Monsanto permet d'abaisser la température et la pression.

b. Le catalyseur est moins cher et plus sélectif.

c. Un catalyseur très sélectif favorise la production du produit désiré par rapport aux produits secondaires.

d. Les déchets ont été réduits grâce à la sélectivité du catalyseur.

e. Le TOF est la quantité de substrat converti par le catalyseur par unité de temps.

6. Cette technique économise les ressources épuisables.

### 19 À chacun son rythme

1. Masse molaire de l'oxirane:

$$M(\text{oxi}) = 2 M(\text{C}) + 4 M(\text{H}) + M(\text{O}) = 24,0 + 4,00 + 16,0$$

$$M(\text{oxi}) = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

2. a. Voie classique:

$$M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$M(\text{Cl}_2) = 71,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Oxydation catalytique:

$$M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1};$$

$$M(\text{O}_2) = 32,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

b. Voie classique:  $EA_1 = \frac{44,0}{28 + 71,0 + 74,1} = 0,25.$

Oxydation catalytique:  $EA_2 = \frac{44,0}{28 + 0,5 \times 32,0} = 1,0.$

3. L'oxydation catalytique est le procédé le plus performant.

### 20 Green acrostic

Traduction du texte et des questions:

« S. TANG, R. BOURNE, R. SMITH et M. POLIAKOFF, scientifiques à l'École de chimie (université de Nottingham), proposent un résumé des 12 principes de la chimie verte avec le moyen mnémotechnique "productively" (efficacité):

Limiter les déchets.

Matières premières renouvelables.

Produits chimiques dégradables.

Utiliser des méthodes de synthèse sans danger.

Catalyseurs.

Température ambiante et pression atmosphérique.

Contrôle en temps réel.

Peu de sous-produits.

Facteur E, maximaliser la quantité de produit obtenu.

Produits chimiques peu toxiques.

Oui, c'est sûr.

1. Justifier le titre de l'exercice.

2. Pourquoi le terme "productively" est-il associé au concept de chimie verte?

3. Lequel des principes pourrait s'appliquer au concept de "chimie douce"?

4. Les principes illustrant les lettres O, C, V et E sont souvent liés: pourquoi? »

1. Un acrostiche, du grec *akrostikhos* (*akros*, haut, élevé et *stichos*, le vers), est un poème basé sur une figure de style: les initiales de chaque vers, lues verticalement de haut en bas, composent un mot en lien avec le poème.

2. La chimie verte conduit à mettre en œuvre des procédés plus efficaces.

3. T: température ambiante et pression atmosphérique.

4. Le principe n° 9 (préférer les réactions catalysées) conduit à réduire le nombre d'étapes, réduire le nombre de déchets et limiter les réactions parasites.

### 21 Calculer un facteur environnemental réel

1. a.  $E = \frac{92}{3 \times 304} = 0,1$ .

b.  $E$  grand : *impact environnemental néfaste*.

2. a. Non.

b. Soude :  $6,5 \times 10^{-1} - 3 \times 1,6 \times 10^{-2} = 0,60$  mol, soit 24 g.

Glycérol :  $1,6 \times 10^{-2}$  mol, soit 1,5 g.

c. Un solvant : il favorise le contact entre les réactifs.

d. Le relargage.

e. Il n'est pas tenu compte des déchets générés par l'excès des réactifs, le solvant, etc.

3. a. Déchet : glycérol : 1,5 g ; éthanol : 16 g ; soude restante : 24 g ; sel : 40 g.

b.  $E = \frac{1,5 + 16 + 24 + 40}{14,5} = 5,6$

c. Le facteur  $E$  réel est plus grand et s'est éloigné de 0.

d. La soude est corrosive et l'éthanol inflammable. Le facteur  $E$  ne tient pas compte du recyclage des effluents.

4. Le facteur  $E$  diminue.

5. L'énergie consommée par kilogramme ou par tonne de savon produit doit être prise en compte.

9. a. On doit réduire l'émission de dioxyde carbone car c'est un GES.

b. Dans le four à chaux.

### 23 Utiliser des solvants verts

1. Le lactate d'éthyle est un solvant issu de la biomasse, dégradable, peu dangereux, soluble avec l'eau et les solvants organiques.

2. a. Parce qu'il y a production d'acide lactique.

b. Les ions  $\text{OH}^-$ .

3. a. Masse de lactate de calcium formé :

$$n(\text{gluc}) = \frac{10000 \times 10^3}{180} = 5,56 \times 10^4 \text{ mol};$$

$$n(\text{acide}) = 2 \times 5,56 \times 10^4 = 1,11 \times 10^5 \text{ mol};$$

$$n(\text{lactate}) = \frac{1,11 \times 10^5 \times 0,86}{2} = 4,77 \times 10^4 \text{ mol};$$

$$m(\text{lactate}) = 4,77 \times 10^4 \times 218 = 1,04 \times 10^7 \text{ g}.$$

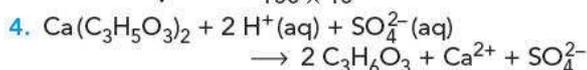
b. Masse de chaux :

$$n(\text{chaux}) = \frac{1,11 \times 10^5}{2} = 5,56 \times 10^4 \text{ mol};$$

$$m(\text{chaux}) = 5,56 \times 10^4 \times 74 = 4,11 \times 10^6 \text{ g}.$$

c. Concentration massique en lactate de calcium :

$$t = \frac{m(\text{lactate})}{V} = \frac{1,04 \times 10^7}{100 \times 10^6} = 0,10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$



## Comprendre un énoncé

### 25 Comparaison de deux synthèses

1. Chauffage à reflux : chauffage à ébullition sans perte de matière, augmentation de la vitesse.

2. a.  $C_6H_5-CO_2^-$

b.



### 22 Améliorer les procédés

1. a. Le procédé Leblanc rejette HCl et CaS.

b. Dans l'air : toxicité par inhalation.

Dans les rivières : acidification.

c. H315 : Provoque une irritation cutanée.

H319 : Provoque une sévère irritation des yeux.

H335 : Peut irriter les voies respiratoires.

H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques.

2.  $4 HCl + O_2 \rightarrow 2 Cl_2 + 2 H_2O$

3.  $CaS(s) + 2 H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s) + H_2S(g)$

$2 H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow 2 S(s) + 2 H_2O(l)$

4. a. La saumure est une solution aqueuse d'eau salée concentrée.

b. Le nom chimique de la craie est le carbonate de calcium.

5.  $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s)$

6. ①  $Na^+(aq) + Cl^-(aq) + NH_3(g) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow NaHCO_3(s) + NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$

②  $Ca(OH)_2(s) + 2 NH_4^+(aq) + 2 Cl^-(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + 2 Cl^-(aq) + 2 H_2O(l) + 2 NH_3(g)$

③  $2 NaHCO_3(s) \rightarrow Na_2CO_3(s) + H_2O(g) + CO_2(g)$

7. L'hydrogénocarbonate de sodium est isolé par filtration.

8. a. L'ammoniac est le gaz recyclé.

b. Espèces rejetées :

$Ca^{2+}(aq) + 2 Cl^-(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$

c. Espèces peu polluantes.

c. Cette synthèse est une réaction de substitution.

3. a. Procédé 1 :  $EA_1 = 0,64$ ;

procédé 2 :  $EA_2 = 0,88$ .

c. Le procédé 2 est le plus efficace.

4. et 5. En plus de l'économie d'atomes réalisée avec le procédé catalytique, les principes n<sup>os</sup> 1, 3 et 12 sont respectés. Le procédé peut s'inscrire ainsi dans le cadre d'une chimie verte.

## Retour sur l'ouverture du chapitre

### 24 Pratiquer une chimie douce

1. *Symbiose* : association de plusieurs organismes vivants qui s'apportent un bénéfice mutuel.

*Endoderme* : feuillet interne de l'embryon.

*Photosynthèse* : synthèse de substances organiques réalisée par certains organismes à partir d'eau et de dioxyde de carbone, en présence de lumière.

*Granulat* : ensemble de matériaux inertes comme les cailloux, le gravier, le sable, etc.

*Anthropique* : qui résulte d'une action humaine.

Un *pilote industriel* met en œuvre un procédé industriel.

2.  $HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}(aq)$

$CO_2, H_2O(aq) \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-(aq)$

$2 HCO_3^-(aq) \rightleftharpoons CO_3^{2-}(aq) + CO_2, H_2O(aq)$

3. a.  $Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons CaCO_3(s)$

b. Pour retrouver l'équation (1), on « additionne » les deux équations précédentes.

4. Le procédé peut s'inscrire dans la chimie douce car il est inspiré du vivant et mis en œuvre à basse température.

5. Car le dioxyde de carbone est un GES.

6.  $CH_4(g) + 2 O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2 H_2O(g)$