

COURS

Géologie des ressources — Énergie et matières premières

Tle

Programme de terminale générale, enseignement de spécialité — BO spécial n°8 du 25 juillet 2019

L'aluminium est l'un des métaux les plus abondants de la croûte, et pourtant on ne l'extrait que dans quelques régions. L'abondance ne fait pas la ressource : il y faut une concentration.

1 Ressource, réserve, gisement

RÈGLE

Un élément **abondant** dans la croûte n'est pas pour autant exploitable : il faut qu'un processus géologique l'ait **concentré** au-delà d'un seuil qui rend l'extraction rentable. Un **gisement** est une accumulation localisée dépassant ce seuil ; la roche qu'on en extrait pour en tirer le métal s'appelle le **minerai**, par opposition aux stériles qu'on écarte. La teneur moyenne de la croûte est le point de comparaison : un gisement représente une concentration de plusieurs dizaines à plusieurs milliers de fois cette teneur selon les éléments.

$$\text{gisement} = \text{concentration bien au} - \text{delà de la teneur crustale moyenne}$$

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Employer « ressource » et « réserve » comme des synonymes quand on commente l'épuisement d'un gisement. — La **ressource** est la quantité totale **présente**, connue ou estimée. La **réserve** est la part de cette ressource **exploitable dans les conditions techniques et économiques actuelles**. La **réserve** varie donc avec le **prix**, les **techniques** et la **réglementation**, sans qu'un gramme de matière ait bougé : une hausse du cours transforme une ressource en réserve. Annoncer « il reste vingt ans de réserves » ne dit donc pas ce que l'on croit.

Le réflexe : Devant un chiffre d'épuisement, demander : **ressource** ou **réserve** ?

2 Concentrer : les processus géologiques

PROPRIÉTÉ

Plusieurs mécanismes concentrent les éléments. La **crystallisation fractionnée** d'un magma sépare les minéraux selon leur température de cristallisation et enrichit certains résidus. La circulation de **fluides hydrothermaux** dissout des éléments en profondeur et les redépose dans des fractures. L'**altération** continentale en climat chaud et humide lessive les éléments solubles et laisse sur place les éléments insolubles — c'est l'origine des latérites et des bauxites. Enfin, des processus **sédimentaires** trient et accumulent selon la densité ou la chimie du milieu.

3 Les roches carbonées

PROPRIÉTÉ

La formation des roches carbonées suppose une **production** de matière organique abondante, une **préservation** de cette matière — donc un milieu **pauvre en dioxygène**, où elle échappe à la décomposition —, un **enfouissement** rapide sous des sédiments, et une **transformation** sous l'effet de la température et de la pression. Le **charbon** se forme à partir de végétaux continentaux accumulés en milieu palustre ; le pétrole et le gaz à partir de matière organique surtout marine, dans des bassins sédimentaires.

Le passage de la roche mère au gisement exploitable suppose deux conditions supplémentaires : la matière organique doit avoir séjourné dans une **fenêtre** de température adaptée — trop froid, elle ne se transforme pas ; trop chaud, elle se dégrade —, et les hydrocarbures formés, plus légers, doivent avoir **migré** puis avoir été arrêtés par une roche **imperméable** formant un piège. Quatre conditions doivent donc être réunies **simultanément**, ce qui explique la rareté des gisements.

4 Exploiter : coûts et limites

PROPRIÉTÉ

L'exploitation d'un **gisement** a des coûts qui ne figurent pas dans son prix de vente : consommation d'**énergie** et d'**eau**, production de stériles et de résidus, atteintes aux milieux, et émissions liées à l'extraction comme à l'usage. La **teneur** des gisements exploités tend en outre à **décroître** avec le temps, les plus riches étant exploités en premier : à quantité extraite égale, l'énergie nécessaire et les volumes de déchets augmentent.

Le **recyclage** allonge la durée d'usage des matières déjà extraites mais ne supprime pas le besoin d'extraction : il est limité par les pertes à chaque cycle, par la **dispersion** de certains métaux dans des alliages ou des composants où ils sont inséparables, et par la croissance de la demande. Le présenter comme une solution complète est inexact ; le présenter comme inutile l'est tout autant.

5 Une ressource qui ne s'extrait pas : la géothermie

DÉFINITION

La **géothermie** exploite la **chaleur interne** de la Terre, issue pour l'essentiel de la **radioactivité** du manteau et de la croûte. Contrairement à un **minerai** ou à une roche carbonée, elle ne prélève pas de matière : elle capte un **flux**. Son intérêt dépend donc du **gradient géothermique** local — l'augmentation de température avec la profondeur —, bien plus élevé dans les zones volcaniques et près des dorsales que sous un vieux continent stable.

La **géothermie** n'est pas inépuisable pour autant : un réservoir exploité plus vite qu'il ne se réalimente en chaleur se refroidit localement. La ressource est **renouvelable à l'échelle du flux**, non à celle d'un prélèvement quelconque — distinction qui vaut aussi pour l'eau d'une nappe, et que le mot « renouvelable » masque souvent.

EXPLIQUER LA FORMATION ET L'EXPLOITATION D'UN GISEMENT

- ① Nommer l'**élément** ou la ressource, et rappeler sa **teneur** moyenne dans la croûte.
- ② Identifier le **processus de concentration** : magmatique, hydrothermal, d'**altération** ou sédimentaire.
- ③ Pour une roche carbonée, vérifier les **quatre conditions** : production, préservation, enfouissement, transformation.
Une seule condition manquante suffit à empêcher la formation d'un gisement.
- ④ Distinguer ce qui relève de la **ressource** et ce qui relève de la **réserve**.
- ⑤ Conclure sur les **coûts** d'exploitation, y compris ceux qui ne figurent pas dans le prix.

À VÉRIFIER

- Ai-je distingué **ressource** et **réserve** ?
- Ai-je rappelé qu'une **réserve** dépend du **prix** et des **techniques** ?
- Ai-je nommé le **processus de concentration** à l'origine du **gisement** ?
- Pour une roche carbonée, ai-je cité les **quatre conditions** ?
- Ai-je mentionné la migration et le **piège** pour les hydrocarbures ?
- Ai-je évoqué la baisse des **teneurs** et ses conséquences ?

À RETENIR

- Abondance $\neq$ **ressource** : il faut un processus de **concentration**.
- Un **gisement** dépasse le seuil de rentabilité de l'extraction.
- **Ressource** : quantité présente. **Réserve** : part exploitable **aujourd'hui**.
- Une **réserve** varie avec le **prix**, les **techniques**, la réglementation.
- Concentration : magmatique, hydrothermale, par **altération**, sédimentaire.
- Roches carbonées : **production, préservation, enfouissement, transformation**.
- La préservation exige un milieu **pauvre en dioxygène**.
- Hydrocarbures : **fenêtre** thermique, **migration**, roche-couverture formant **piège**.
- La **teneur** des gisements exploités **décroît** : plus d'énergie, plus de déchets.
- Le **recyclage** est limité par les pertes, la **dispersion** et la demande croissante.
- La **géothermie** capte un **flux** de chaleur, elle ne prélève pas de matière.
- Le **minerai** est la roche extraite pour son métal ; les stériles sont écartés.