#### RESSOURCES

#### L'OR ET LA POLLUTION AU CYANURE

# Exemple de la catastrophe de Baia Mare 2000, Roumanie

Le 30 janvier 2000, suite à la rupture d'une digue d'un bassin de stockage d'une usine de traitement de déchets miniers, 300 000 m³ d'effluents cyanurés détruisent totalement la faune et la flore sur plus de 600 km de cours d'eau. Cette **catastrophe** est considérée comme la

plus grande depuis Tchernobyl en Europe de l'Est.

#### • Le contexte

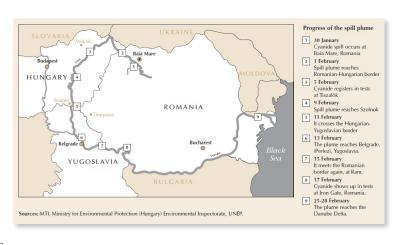
- ▶ Baia Mare est une agglomération roumaine de 140000 habitants traversée par la Sasar, affluent de la Lapus, qui rejoint la Somes (Hongrie) puis la Tisza, principal affluent du **Danube.** Ce dernier traverse la Serbie, longe la Bulgarie et se jette dans la **Mer Noire.**
- Le long passé minier de la ville (or, manganèse, argent etc...)
  a laissé en place des déchets sous forme de **terrils**. Ce déchets
  à ciel ouvert étant à l'origine de nombreuses pollutions (pollution des eaux, dégagement de grande quantité de poussières et contaminations des habitants par les voies respiratoires...), les autorités lancent un appel d'offre afin que les terrils soient traités par une société spécialisée.
- ▶ En mai 1999, une usine s'implante pour **traiter annuellement 2,5 millions de tonnes de déchets,** profitant de l'apparition de nouvelles techniques qui permettent de récupérer de manière rentable les faibles quantités d'or et d'argent encore présentes dans les déchets miniers.
- ➤ Ces techniques utilisent du cyanure : les déchets sont mélangés à de l'eau puis à du cyanure qui a la propriété de se complexer à l'or et de le rendre soluble : on parle de lixiviation. L'eau et les lixiviats sont stockés dans un bassin de décantation de 96ha, dont l'étanchéité est assurée par une membrane plastique. Le bassin est en outre protégé par deux digues.

# • L'accident

De 100 panvier 2000, l'effet combiné des fortes pluies et de la fonte des neiges entraîne une montée du niveau des effluents dans le bassin de décantation.

A 22 h, sous la pression de l'eau, un morceau de 25 m de long sur 2,5 m de large se détache de la digue intérieure.

Une grande quantité de boues contaminées se déverse entre les 2 digues et déborde par dessus la digue extérieure. On estime que 50 à 100 tonnes de cyanure ainsi que des métaux lourds (cuivre) ont été déversés



MARAMURES

ROMANIA

dans la Sasar. A 23 h, l'exploitant cesse ses activités et alerte les autorités locales et gouvernementales.

▶ Le 31 janvier à 1h30, l'exploitant parvient à colmater partiellement la brèche à l'aide des sédiments d'une décharge voisine. Les effluents cyanurés, qui continuent toutefois à se déverser à un débit de 40 à 50 L/s, seront 'neutralisés' en continu avec de l'hypochlorite de sodium (eau de javel) durant 48 h, jusqu'à l'obstruction totale de la fuite, le 2 février à 1h30.

▶ Le 25 février, le cyanure arrive au niveau du Delta du Danube dans la mer Noire, 2000 km en aval du lieu de l'accident.

# • Les conséquences

La pollution touche **5 pays** : Roumanie, Hongrie, Serbie, Bulgarie et Ukraine. Les rivières sont contaminées mais aussi les puits des particuliers vivant à proximité. Dans ces 5 pays, l'approvisionnement en eau potable fut interrompue pour 2,5 millions d'habitants.

Conséquences écotoxicologiques : l'ion cyanure est un inhibiteur de la cytochrome oxydase de la chaine respiratoire mitochondriale. Il provoque l'arrêt de la respiration cellulaire et la mort de l'organisme. Cet ion étant très soluble il est très toxique pour les organismes aquatiques. Les polluants (cyanure, eau de javel) ont détruit la quasi-totalité de la faune et de la flore de la Tisza sur près de 600 km en impactant toute la chaîne alimentaire. Des milliers d'animaux sont retrouvés morts après avoir consommé de l'eau ou d'autres produits contaminés (végétaux, mollusques, poissons...) : cygnes, cormorans, goélands, faisans, pigeons, renards, lapins, chevaux, loutres, cerfs, aigles pêcheurs, balbuzards, canards sauvages ...





Les pêcheurs récupèrent des centaines de tonnes de poissons morts

L'accident a aussi des **conséquences indirectes** ; les restaurateurs ne cuisinent plus de poissons, les coopératives agricoles refusent d'acheter les produits des maraîchers établis le long de la Tisza, les hôtels enregistrent des annulations de séjours...

### • Les suites données

Au terme de leur mission, les experts proposent entre autres :

- à l'exploitant :
  - d'utiliser des procédés d'extraction et de traitement des métaux précieux avec des produits **moins toxiques, notamment sans cyanure,**
  - de proposer, à défaut, des solutions permettant d'agir sur la **probabilité d'occurrence** et sur la **gravité des accidents** (analyse des **risques**),
- aux autorités :
  - d'identifier et d'évaluer les **risques** des industries extractives de la région de Maramures pour améliorer la **prévention** des accidents et la préparation aux situations d'urgence,
  - de mettre en place un **suivi de la qualité de l'eau aux abords des sites industriels,** mais également le long des rivières du bassin versant du Danube.
  - de mettre en oeuvre un dispositif d'information rapide des populations en cas de pollution aiguë ou chronique.

La mine reprend ses activités en mai 2000. Une nouvelle équipe dirigeante, nommée en septembre 2001, met en place une station de traitement des effluents cyanurés et un bassin tampon de 250 000m3 destiné à accueillir un trop-plein du bassin de décantation avant traitement et rejet dans le milieu naturel.

# LE SABLE, UNE EXPLOITATION ILLICITE

# • Du sable pour quoi faire?

Le sable est la deuxième ressource exploitée après l'eau : **40 à 50 milliards de tonnes extraits chaque année** dont la moitié est destinée au **bâtiment**. En effet, les deux tiers des constructions mondiales sont réalisés en béton armé, qui est lui-même constitué aux deux tiers de sable — le tiers restant étant du ciment. Le sable est également utilisé dans **l'industrie** (verre, plastique, puces électroniques), dans le BTP (ciment,

goudrons), **l'agriculture** (amendement des terres), la fracturation hydrolique (exploitation du gaz de schistes) ou encore la **poldérisation** (étendue artificielle sur la mer comme à Dubaï ou à Singapour)... **Dubaï**, par exemple, a importé 650 millions de tonnes de sable d'Australie (située à 7000km) pour la construction de ses îlots (voir ci-contre). **Singapour** a augmenté sa surface de 20% en 40 ans en important du sable d'Indonésie essentiellement (voir plus bas).

# Left: Dubai February 2002 ASTER image. Right: July 2012 ASTER image. The two Palm islands and The World artificial islands required more than 750 million tonnes of sand. Images processed and analysed by UNEP/GRID-Geneva.

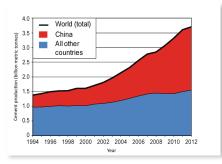
# Le sable en quelques chiffres :

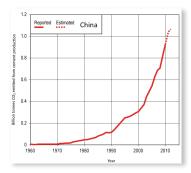
Une bouteille en verre: 700gr

Une maison : 150t Un lycée : 3000t

1km d'autoroute : 10 00t 1km de voie ferrée : 30 000t Une centrale nucléaire : 12.10<sup>6</sup>t

La **Chine** est actuellement le premier consommateur de sable pour la fabrication du ciment.





A gauche : la production de ciment. A droite : émissions de CO2 résultant de la production de ciment (Chine).

# • Quelles sont les ressources?

Il existe 3 types de sable :

- le sable des **déserts** abondant mais trop lisse : il ne peut jouer le rôle de liant et n'est donc pas exploité
- le sable de **mer** : il est granuleux et a donc des propriétés intéressantes mais il doit être lavé en raison de la présence de sel qui est corrosif. Son utilisation nécessite donc une étape supplémentaire couteuse.
- le sable d'eau douce (**rivières, lacs**) est **idéal** : granuleux, il joue très bien le rôle de liant, et n'est pas corrosif (il est donc directement exploitable).

Le sable est donc essentiellement exploité dans les rivières et les lacs.

#### Quelles conséquences pour l'environnement?

Les conséquences de l'exploitation du sable sont nombreuses : érosion des côtes, diminution des nappes phréatiques, libération de gaz à effet de serre (transport), perte de la protection contre les tsunamis et les ouragans...

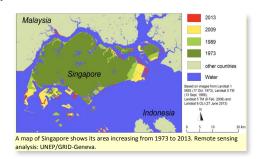
Quelques exemples:

 l'exploitation du sable de rivière associée à la construction de barrages (qui bloquent 1/4 des réserves mondiales de sable de rivière) provoque une diminution du transport des sédiments par les cours

Impacts on	Description
Biodiversity	Impacts on related ecosystems (for example fisheries)
Land losses	Both inland and coastal through erosion
Hydrological function	Change in water flows, flood regulation and marine currents
Water supply	Through lowering of the water table and pollution
Infrastructures	Damage to bridges, river embankments and coastal infrastructures
Climate	Directly through transport emissions, indirectly through cement production
Landscape	Coastal erosion, changes in deltaic structures, quarries, pollution of rivers
Extreme events	Decline of protection against extreme events (flood, drought, storm surge)

d'eau et le **retrait des deltas** (notamment en Asie). Au Vietnam entre 2003 et 2012, 90% des 600km de la façade maritime du delta du Mekong ont été érodés. Les nappes phréatiques sont contaminées par de l'eau de mer, les terres cultivées s'affaissent par manque de sédiments.

- 75 à 90% des **plages reculent** en raison des prélèvements dans les rivières, de la construction de barrages, ou du prélèvement du sable directement sur la plage comme au Maroc. Les communes de bord de mer, pour satisfaire le tourisme, pratiquent du « beach nourrishment » : des livraisons artificielles de sable. Exemple à Nice : en 30 ans, 560 000m³ de sable ont été prélevés dans l'arrière pays et déposés sur la plage de la baie des Anges.
- certains pays s'étendent sur la mer (**poldérisation**) comme dans le cas de la mer de Chine : le pays utilise un navire dragueur le Tianjing, qui peut creuser 4 500 m³ /h de mélange du fond marin
  - (l'équivalant d'une fosse de 0,5 mètres de profondeur et de la taille de terrain de football). Le bateau arrache le fond marin (roche et organismes confondus) pour le recracher broyé ailleurs, permettant ainsi la construction d'îles artificielles. Les conséquences sur les écosystèmes présents sont évidentes.
- l'importation de sable d'Indonésie pour l'extension de Singapour sur la mer a provoqué la disparition de 24 iles indonésiennes!



# • Quelles conséquences pour l'extraction?

La plupart des pays ont interdit l'extraction de sable des plages et cours d'eau. Les organisations mafieuses ont repris ce marché très lucratif comme en Italie (Camorra et 'Ndrangheta qui exploitent les lacs et les rivières), ou en Inde (8000 sites sont exploités de manière illégale par la mafia avec la complicité des autorités corrompues).



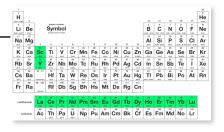
#### • Des solutions?

Une piste serait de recycler les déchets du BTP : des travaux ont montré que le ciment, le béton, les granulats peuvent être recyclés. Des chantiers en cours utilisent les déchets de la destruction de logements pour la construction des nouveaux immeubles (<a href="https://www.franceculture.fr/emissions/de-cause-a-effets-le-magazine-de-lenvironnement/btp-et-environnement">https://www.franceculture.fr/emissions/de-cause-a-effets-le-magazine-de-lenvironnement/btp-et-env

#### LES TERRES RARES

# • Des éléments pas si rares

Improprement appelés terres rares, les **lanthanides** sont en fait **aussi abondants que d'autres métaux** comme le nickel ou le cuivre mais beaucoup **plus dispersés.** Cette appellation de terres rares recouvre les éléments situés entre le numéro atomique 57



(lanthane) et le numéro 71 (lutétium) de la table périodique des éléments ainsi que le scandium et l'yttrium. Ils ont été découverts entre la fin du XVIIIe siècle et le début du XIXe siècle par des chimistes suédois, allemands et français. La plupart de ces éléments ont alors été considérés comme rares parce que leurs minerais paraissaient peu abondants, assez dispersés et leurs métaux difficiles à séparer. Il aura fallu plus d'un siècle pour mettre au point des procédés d'extraction et apprendre à exploiter leurs propriétés chimiques, physiques et électroniques exceptionnelles.

# • Des terres rares pour quoi faire?

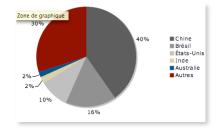
Les terres rares, bien que peu connues du grand public, sont pourtant présentes dans une multitude d'applications. En effet, elles sont utilisées dans les **téléphones** portables, les **téléviseurs** à écran plat, ou même les billets de banque. On les retrouve également dans les matériels militaires, pour certains procédés de fabrication industriels et dans les **technologies vertes** (les cellules solaires photovoltaïques, les turbines pour éoliennes, les batteries et les aimants pour véhicules électriques et les dispositifs nouveaux d'éclairage utilisant des matériaux luminescents). À titre d'exemple, la fabrication du **moteur** et de la batterie du modèle de voiture Prius de Toyota nécessite 10 à 15 kg de terres rares, du lanthane en particulier ; les **ampoules** à **basse consommation** n'existeraient pas sans terbium, et une **turbine d'éolienne** de 5 mégawatts utilise près de 800 kg de néodyme et 200 kg de dysprosium.

La **configuration de leurs électrons** dans la structure atomique confère aux terres rares des propriétés particulièrement intéressantes, dont les principales sont leurs propriétés électroniques, optiques, magnétiques ou encore catalytiques. Bien qu'utilisées en très petites quantités, elles améliorent considérablement la performance des produits dans lesquels elles sont présentes. Actuellement, il n'y a **pas ou peu d'éléments** qui peuvent se **substituer** aux terres rares et délivrer les mêmes performances.

# • Une exploitation polluante et peu rentable

L'institut d'études géologiques des Etats-Unis (USGS - United States Geological Survey) estimait les réserves mondiales de terres rares à près de **140 millions de tonnes en 2013**.

Bien que ces réserves soient suffisantes, peu de gisements ont la taille, la composition et la concentration nécessaires pour être exploités de façon économiquement rentable. Les minerais de terres rares se présentent sous la forme de mélange de ces différents éléments, or les propriétés chimiques des lanthanides sont très proches ce qui rend difficile leur



séparation. Les méthodes de séparation utilisées aujourd'hui font appel à des procédés complexes – extraction liquide-liquide, résines échangeuses d'ions, etc. – et très **polluants** : rejets d'acides, de bases, de solvants, de métaux lourds ou de déchets radioactifs.

# • Le monopole de la Chine

Les normes environnementales, les coûts de production élevés et les faibles concentrations en métaux rares de certains gisements ont conduit des **pays industrialisés à abandonner progressivement cette production** peu rentable. Les Etats Unis étaient les premiers producteurs entre 1960 et 1980 : la mine de Moutain Pass (Californie) était le site le plus important au monde. Elle a dû fermer en 2002, suite à un déversement accidentel d'effluents contaminés dans le désert et à la montée de la concurrence chinoise.

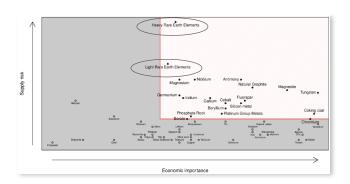
BCPST Lycée Hoche Actu ressources

La Chine, dont la plupart des mines ne possèdent pas de licence et ne sont pas contrôlées, a actuellement un **monopole** quais total sur ce marché (97%). Or depuis quelques années, le gouvernement chinois a instauré des quotats visant à diminuer ses exportations : le pays justifie ce choix en invoquant des raisons écologiques. La forte demande internationale couplée à la limitation des exportations a entrainé une très forte augmentation du prix des terres rares.

# • Les terres rares : des matériaux critiques

Ce terme désigne des éléments pour lesquels la demande va probablement être supérieure à l'offre dans un futur proche. Ce sont des ressources économiquement importantes sujettes à de hauts risques d'approvisionnement.

L'Union Européenne (doc. ci-contre) et le Département de l'Energie des Etats-Unis ont par exemple inclus les terres rares sur leur liste des matières les plus critiques.



#### Des solutions?

Deux approches pourraient permettre de diminuer l'extraction des terres rares :

- > développer les **recherches** dans le domaine de la **chimie** du solide afin de mettre au point de nouveaux matériaux pouvant se substituer à ceux contenant des terres rares
- » recycler des objets existants pour récupérer les terres rares qu'ils contiennent. Aujourd'hui, on peut considérer comme des mines hors sol les montagnes de déchets technologiques produits par nos sociétés. Extraire et recycler les métaux qui les composent pour pouvoir les réinjecter dans l'économie représente un enjeu considérable sur le plan technologique.



Le projet « Montagne d'or » en Guyane est environnementales du gouvernement



Guyane : Projet Montagne d'Or

Il est prévu d'employer 57 000 tonnes d'explosif et 46 500 tonnes de cyanure pour extraire 85 tonnes d'or en douze ans, sur un site de 800ha à ciel ouvert au coeur de l'Amazonie. Ceci permettrait la création de 750 emplois directs. Entreprises canadienne et russe. abandonné depuis l'an dernier!

l'abandon du projet

Le Monde

Brésil: Mine d'or à proximité du barrage du Belo Monte

Projet de création de la plus grande mine d'or à ciel ouvert du Brésil (projet Belo Sun) sur des territoires indigènes, à proximité du 4ème plus gros barrage au monde, le Belo Monte sur le fleuve Xingu. Entreprise canadienne qui vise l'extraction de 60 tonnes d'or en 12 ans.

or, une chance po

Guyane

### **BIBLIOGRAPHIE / WEBOGRAPHIE**

#### Or:

Natalia Pérez del Postigo Prieto, Stability analysis of dam failures. Application to aurul tailing pond in Baia Mare Oct. 2014 https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files\_mf/FD\_17265\_baia\_mare\_2000\_fr.pdf https://montagnedor.fr/

https://www.lemonde.fr/energies/article/2019/11/30/le-barrage-belo-monte-au-bresil-monument-au-gaspillage-eta-la-folie-met-en-marche-sa-derniere-turbine\_6021169\_1653054.html

#### Sable:

datagueule #92 https://www.youtube.com/user/datagueule

https://na.unep.net/geas/archive/pdfs/GEAS\_Mar2014\_Sand\_Mining.pdf

https://www.nationalgeographic.fr/photographie/2019/06/inde-enquete-sur-la-mafia-du-sable

#### Terres rares:

https://lejournal.cnrs.fr/billets/les-terres-rares-et-apres

http://mem-envi.ulb.ac.be/Memoires\_en\_pdf/MFE\_13\_14/MFE\_Ben\_Lahoucine\_13\_14.pdf