

Du minerai au métal

Paris le 19 juin 2015

Du minerai au Métal: Exemple du cuivre



Las Cenizas, site Aguilicho, Chili

De 0.5 à quelques %



Cathode cuivre, concentration sur site avant expédition

De 95 à 98.5 %



99.90% et plus

EVOLUTION DES CONCENTRATIONS

CONCENTRATION → **REJETS:**

Volume: Très important → Moins important

Toxicité: Moins importante → Très importante

Du minerai au Métal

Les grandes étapes de cette transformation

- **GEOLOGIE:** Exploration, de la ressource au gisement
- **LA MINE:** Exploitation , concassage, concentration
- **TRANSPORT du MINERAI** (concentré ou non)
- **METALLURGIE/ TRANSFORMATION:** Raffinage
- **PRODUITS FINIS/RECYCLAGE:** consommateurs

Durée de vie d'un projet minier



GEOLOGIE:

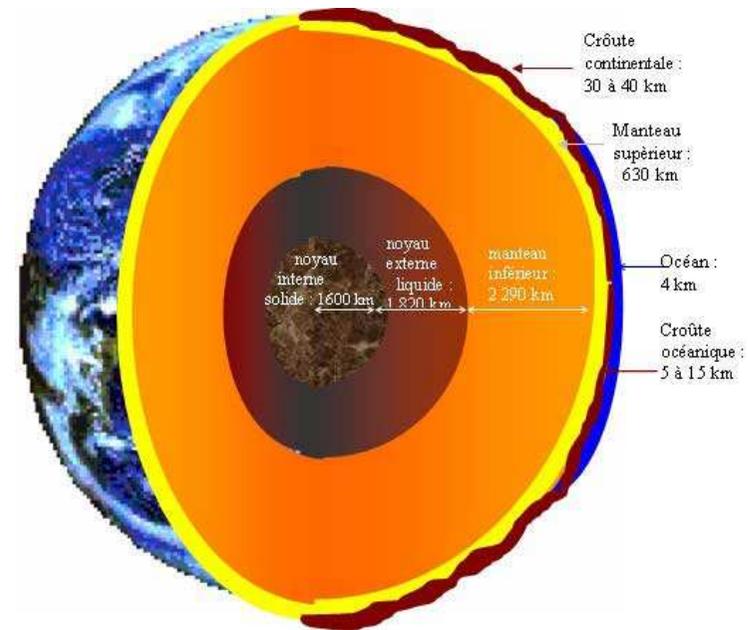
Ensemble des Sciences étudiant la terre et son évolution soit:

- par observations directes (cartographie de surface...)
- par observations indirectes (gravimétrie, géophysique...)

Les données recueillies permettent l'élaboration des hypothèses qui aboutissent à une meilleure connaissance de la composition, la structure et l'histoire du globe terrestre



Vision de l'astronaute



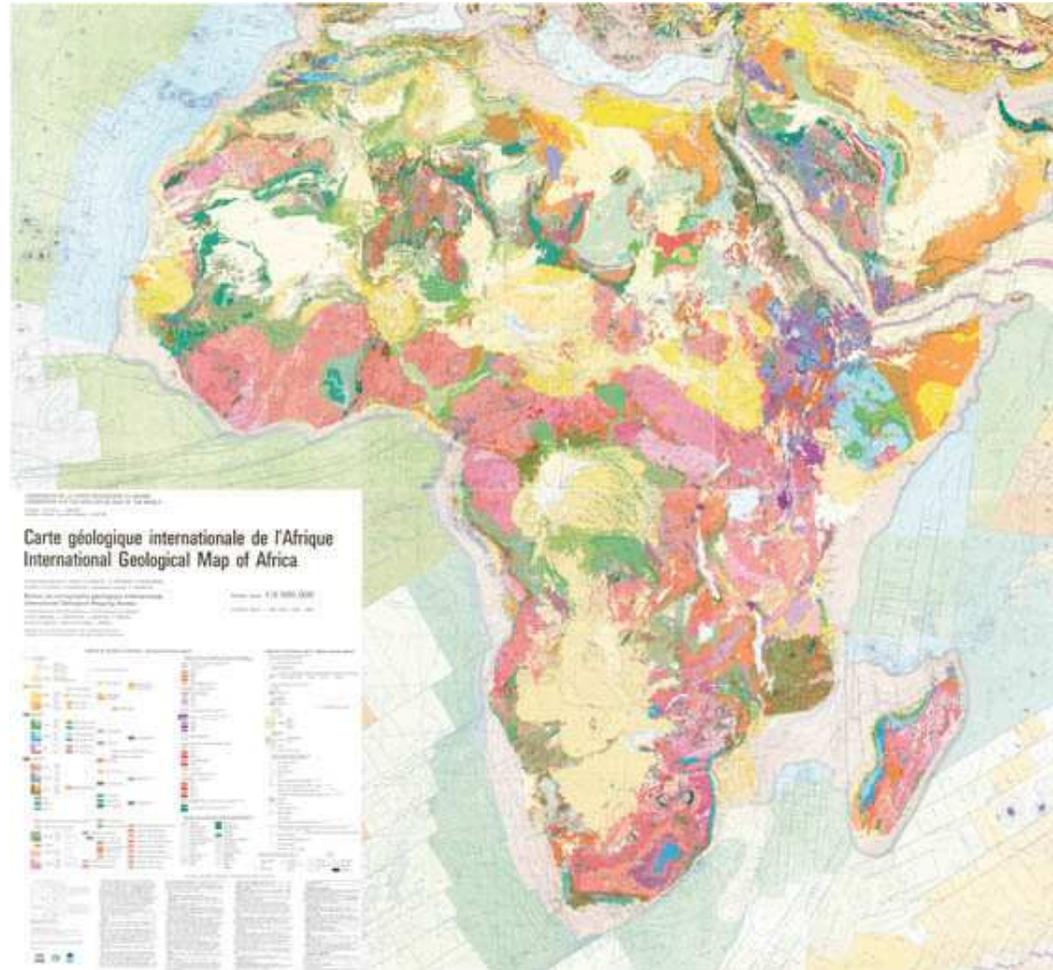
Vision du géologue

Principales applications de la Géologie

- La **CONNAISSANCE** de la terre et de son évolution
- Les infrastructures : **GEOTECHNIQUES**
- Les **RESSOURCES**

GEOLOGIE: La CONNAISSANCE

Cartographie géologique et minière



Les infrastructures : GEOTECHNIQUES



GEOLOGIE: Prévention des risques

Prévision des tremblements de terre, tsunamis, inondations, éruptions volcaniques...



Hekla - 1981 - 1991 - 2000

GÉOLOGIE: Les RESSOURCES

tableau-periodique.fr

Légende:

- Non-métaux
- Métaux alcalins
- Métaux alcalino-terreux
- Métaux de transition
- Métaux pauvres
- Métalloïdes
- Halogènes
- Gaz nobles
- Lanthanides
- Actinides

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	2															2		
3	4											5	6	7	8	9	10	
11	12											13	14	15	16	17	18	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
55	56			72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
87	88			104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
				57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
				89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103

Initié par D. Mendeleïev dès 1869

L'intérêt porté à l'un ou l'autre de ces éléments dépend du niveau des développements industriels des Etats:

En **1980**, l'attention se portait majoritairement sur une **quinzaine** d'éléments.

En **2010** sur une **cinquantaine**.

De la RESSOURCE au GISEMENT

Gisement: Lieu où une potentielle ressource géologique s'est accumulée naturellement au cours du temps : **CONCENTRATION NATURELLE**

Les principaux facteurs qui conduisent à la mise en exploitation d'un gisement sont:

- Adéquation du minerai avec le développement industriel

- Nature du minerai,

- Evolution des techniques

- Coût d'exploitation: Teneur de coupure: PROFIT

- Taille du gisement : RESERVE



Influent sur la méthode d'exploitation (Ciel ouvert/ souterrain; mécanique/forage-minage)

- Existence d'un marché (Marché des matières premières, spéculation)



ETUDE DES GISEMENTS: Gîtologie



Exploitation artisanale



Nord de la Guinée, or

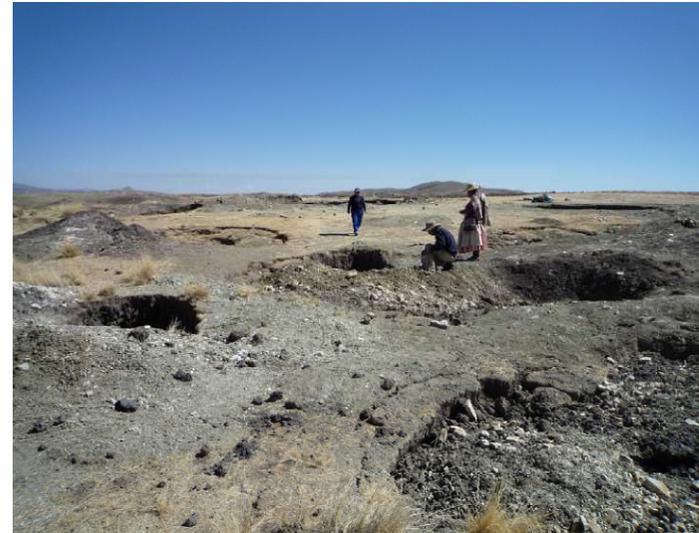




L'exploitation artisanale en souterrain est beaucoup plus développée qu'en Afrique de l'Ouest. Ci-dessous, l'impact sur le paysage



Exploitation artisanale (exemple au Pérou)



Gigantisme des exploitations

SNIM, fer, Mauritanie



Chuquicamata, cuivre, Chili



Cerrejon, Colombie



La baisse moyenne des teneurs des gisements, associée à une demande croissante de l'industrie mondiale provoquent une augmentation de la taille des exploitations

Gigantisme des matériels



Du minerai au Métal

Relation entre les différentes étapes et leurs conséquences sur le terrain

GEOLOGIE

Exploration, connaissance du gisement

CONCENTRATION NATURELLE

Exploration

Création de pistes pour accéder aux zones

Forage pour définir la géométrie du gisement

MINE

Exploitation , concassage

CONCENTRATION MECANIQUE

(Séparation du minerai et stérile)

Installation

Décapage des zones à exploiter

Base vie

Usine de traitement

Accès

Exploitation

Type d'exploitation/ teneur de coupure

Forage/minage, transport au concasseur

Création de verse (stérile)

MINE

Broyage

Concentration du minerai

**CONCENTRATION
PHYSICO-CHIMIQUE**

Traitement du minerai

Broyage (facilite la récupération du minerai)

Accès à une source d'eau (pipe ou barrage) et d'énergie

« Attaque » chimique (en tas ou en cuves)

Stockage des résidus

Du minerai au Métal (suite)

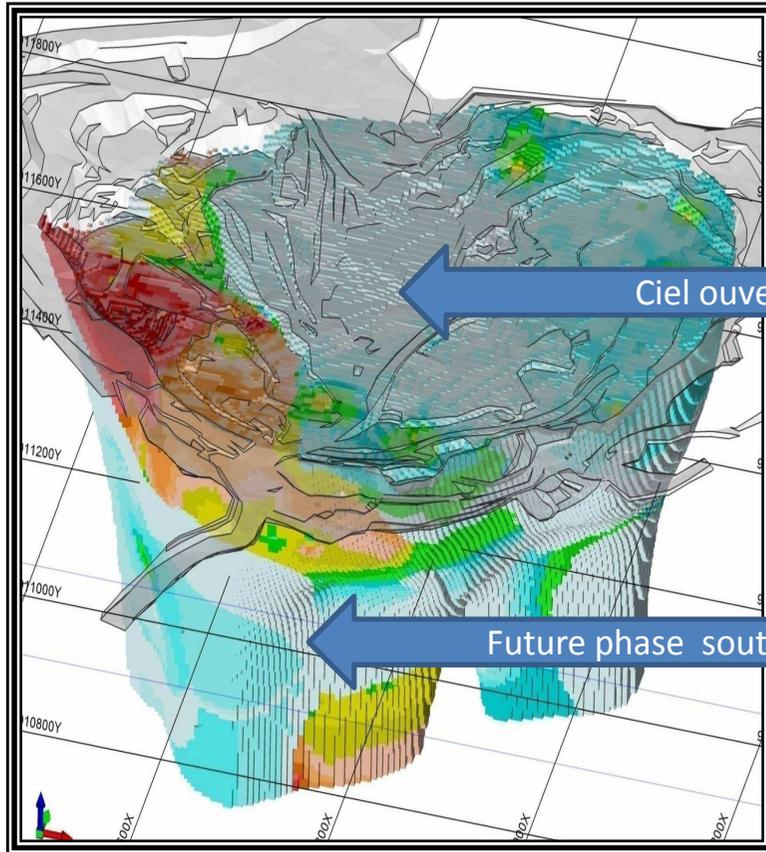
Relation entre les différentes étapes et leurs conséquences sur le terrain

<p>TRANSPORT Exportation des minerais vers les industries métallurgiques CONCENTRATION MECANIQUE (Elimination « fines », eau)</p>	<p>Infrastructures Création de routes Voies ferrés Port minéralier au départ et à l'arrivée</p>
--	--

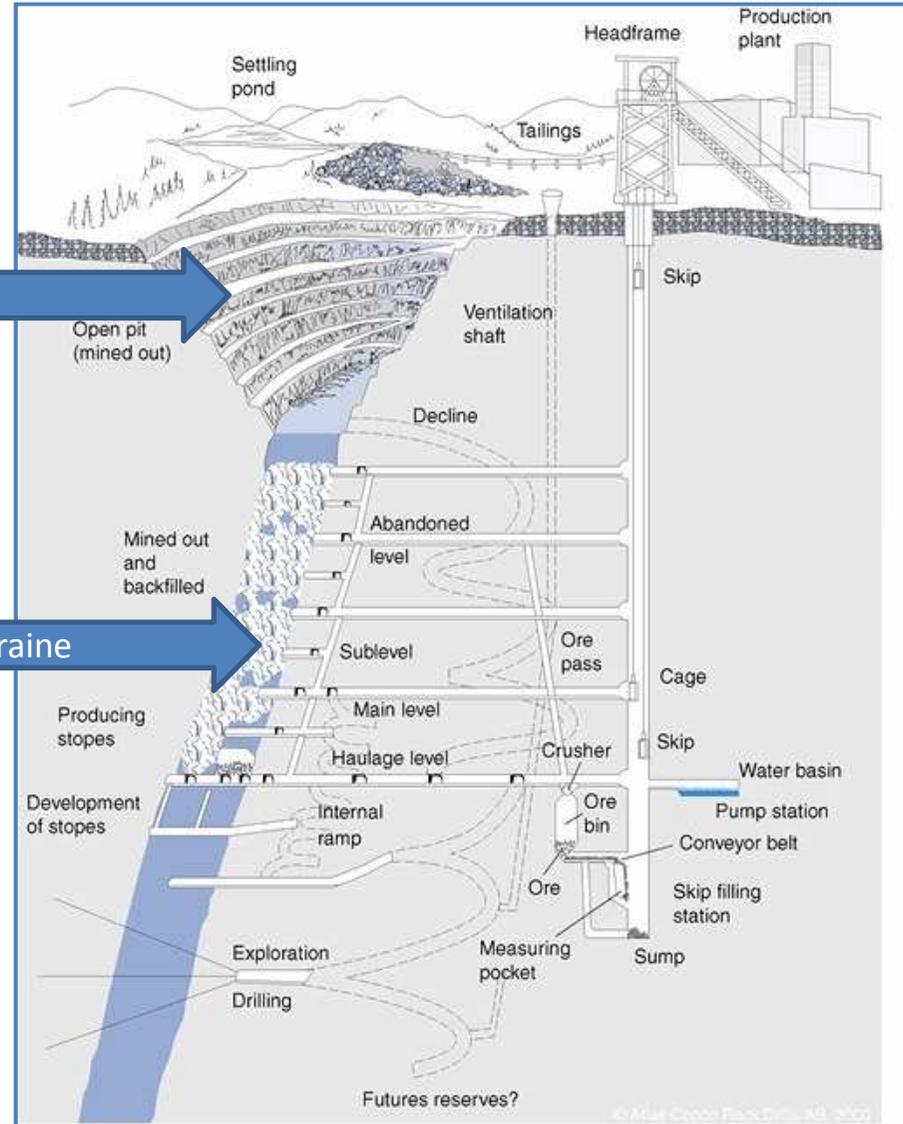
<p>METALLURGIE Transformation du minerai en métal CONCENTRATION PHYSICO-CHIMIQUE</p>	<p>Industrie métallurgique Hauts fourneaux Industrie de transformation Elaboration des produits semi finis et finis</p>
---	--

<p>PRODUITS FINIS / RECYCLAGE Consommation</p>	<p>Consommation Education du consommateur Gestion des déchets: pollution Stockage/enfouissement Recyclage</p>
--	--

FOCUS sur l'EXPLOITATION en SOUTERRAIN

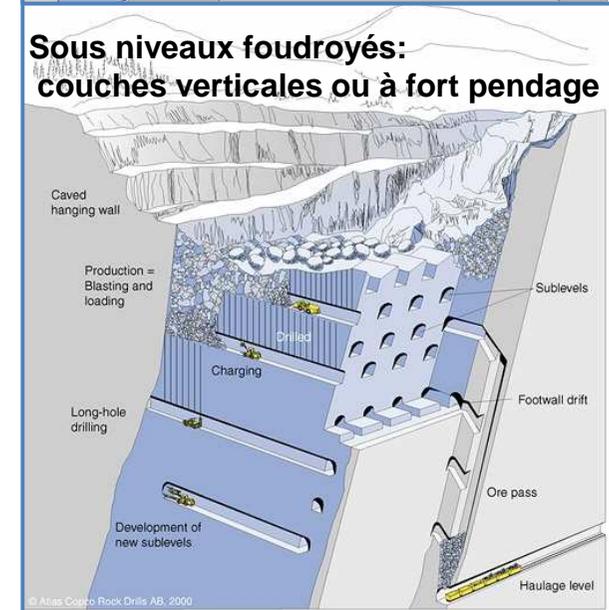
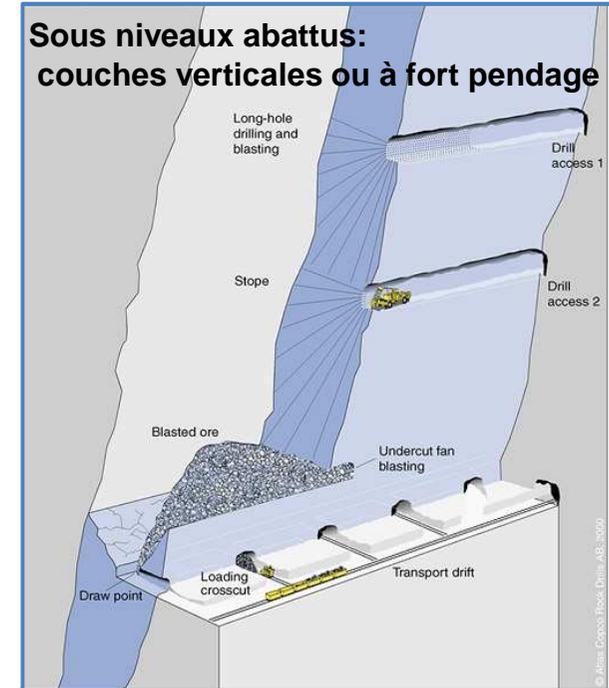
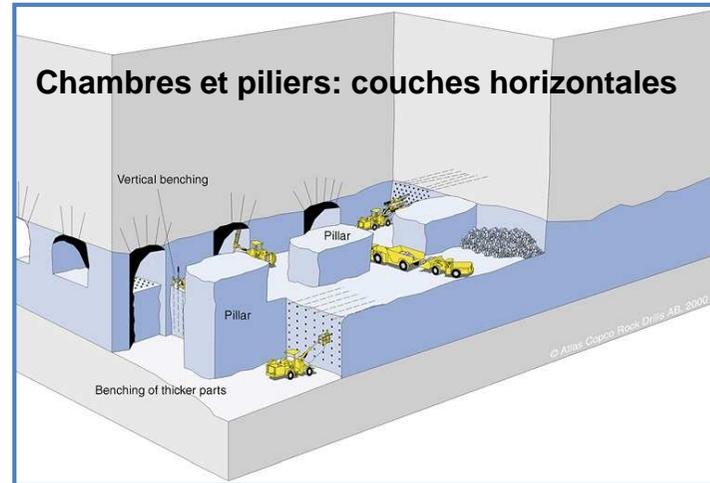


Mine de diamant en Angola:
Pipe kimberlitique



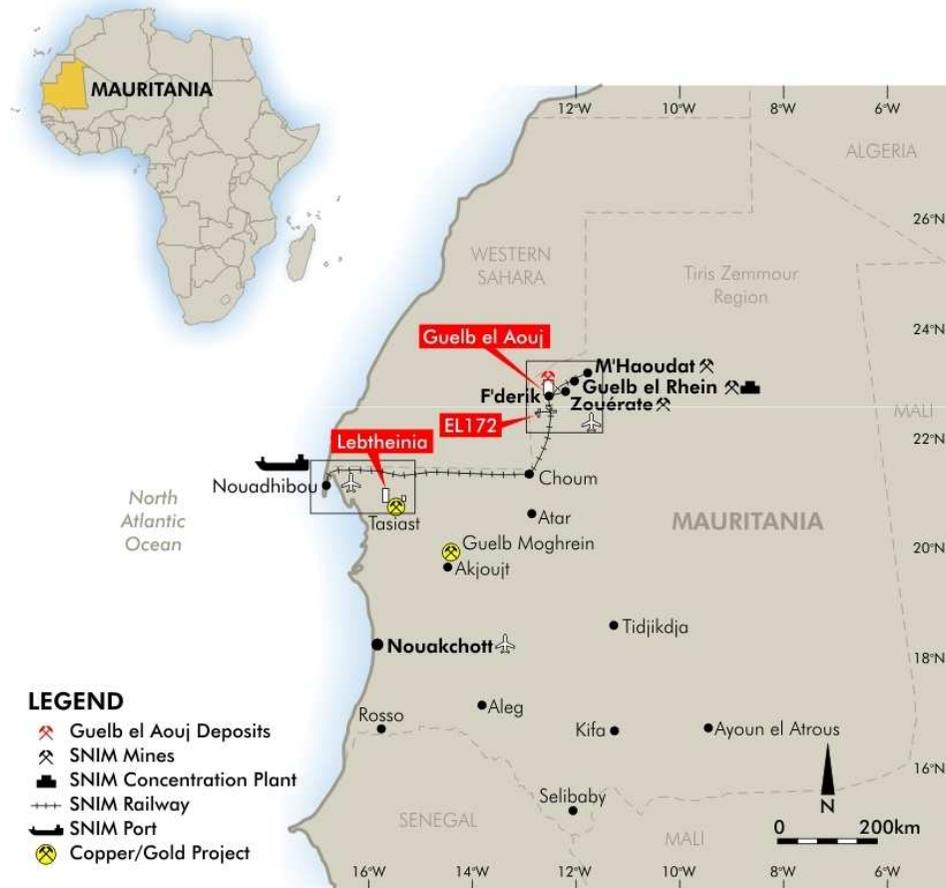
FOCUS sur l'EXPLOITATION en SOUTERRAIN

LES METHODES: Quelques exemples



Les étapes d'une exploitation minière

Exemple pris à partir de la mine de fer de la SNIM, Mauritanie



Quelques informations:

1951: Localisation des premiers gisements

1960: Création de MIFERMA
Début des travaux d'aménagements

1963: Expédition du premier train minéralier

1974: changement de statut : SNIM

1984: Installation de l'usine d'enrichissement
Guelb el Rhein

Production actuelle:

Minerais: 13 millions de tonnes expédiées/an
Second producteur Africain derrière l'Afrique du Sud

100 millions de tonnes de roches abattues par
an

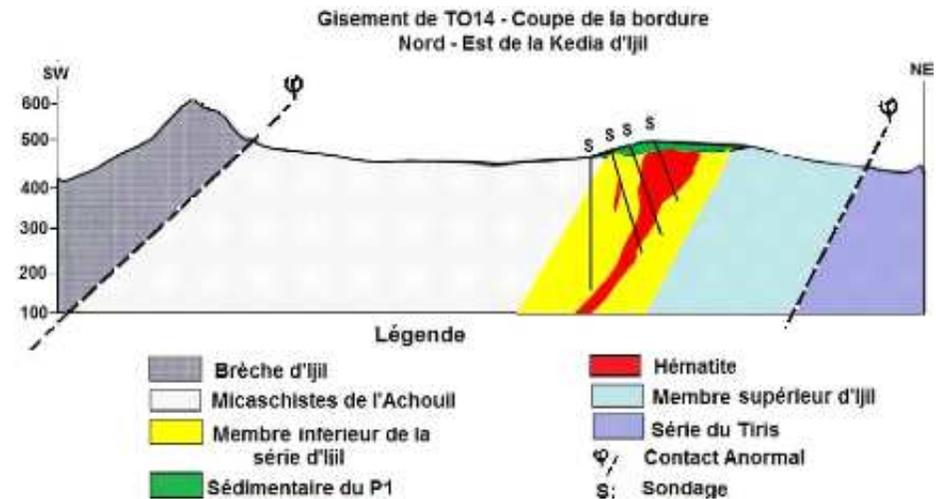
Les étapes d'une exploitation minière

Exemple pris à partir de la mine de fer de la SNIM, Mauritanie



Etape n°1 : recherche géologique sur le terrain

Etape N°2: Description de la géométrie du gisement, quantification de la réserve, planification de son exploitation

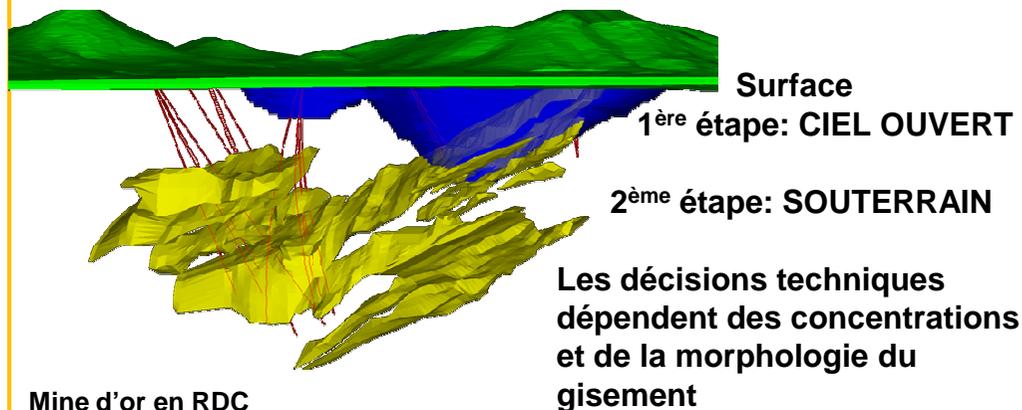


Les étapes d'une exploitation minière

Etape N°3: DECISION FINALE: OUVERTURE D'UNE EXPLOITATION

- **Choix des minerais à exploiter** (variable: peut dépendre de l'évolution des cours, des progrès des techniques)
- **Choix de la méthode d'exploitation : Coût d'exploitation**
(peut évoluer au cours du temps en fonction de la géométrie du gisement)
- **Choix de la méthode de traitement des minerais** (peut évoluer impliquant souvent des investissements très importants)
- **Rythme d'exploitation** (dépend de facteurs externes à l'exploitation (marchés miniers))
- **Teneur de coupure** (optimisation des coûts / prix de vente)
- **Coût des impacts environnementaux (nouvel entrant)**
(Notion d'acceptabilité du risque environnemental)
- **Existence d'un investisseur, Rentabilité du projet**

METHODE d'EXPLOITATION



TENEUR de COUPURE

Valeur qui définit le potentiel économique d'un gisement.

Cette valeur varie au cours de la vie de la mine

Autour de cette valeur s'opposent deux logiques:

- logique industrielle
- logique financière

Les étapes d'une exploitation minière

Exemple pris à partir de la mine de fer de la SNIM, Mauritanie

Etape N°4: Forage des trous



Etape N°5: Chargement des trous à l'explosif



Etape N°6: Tir

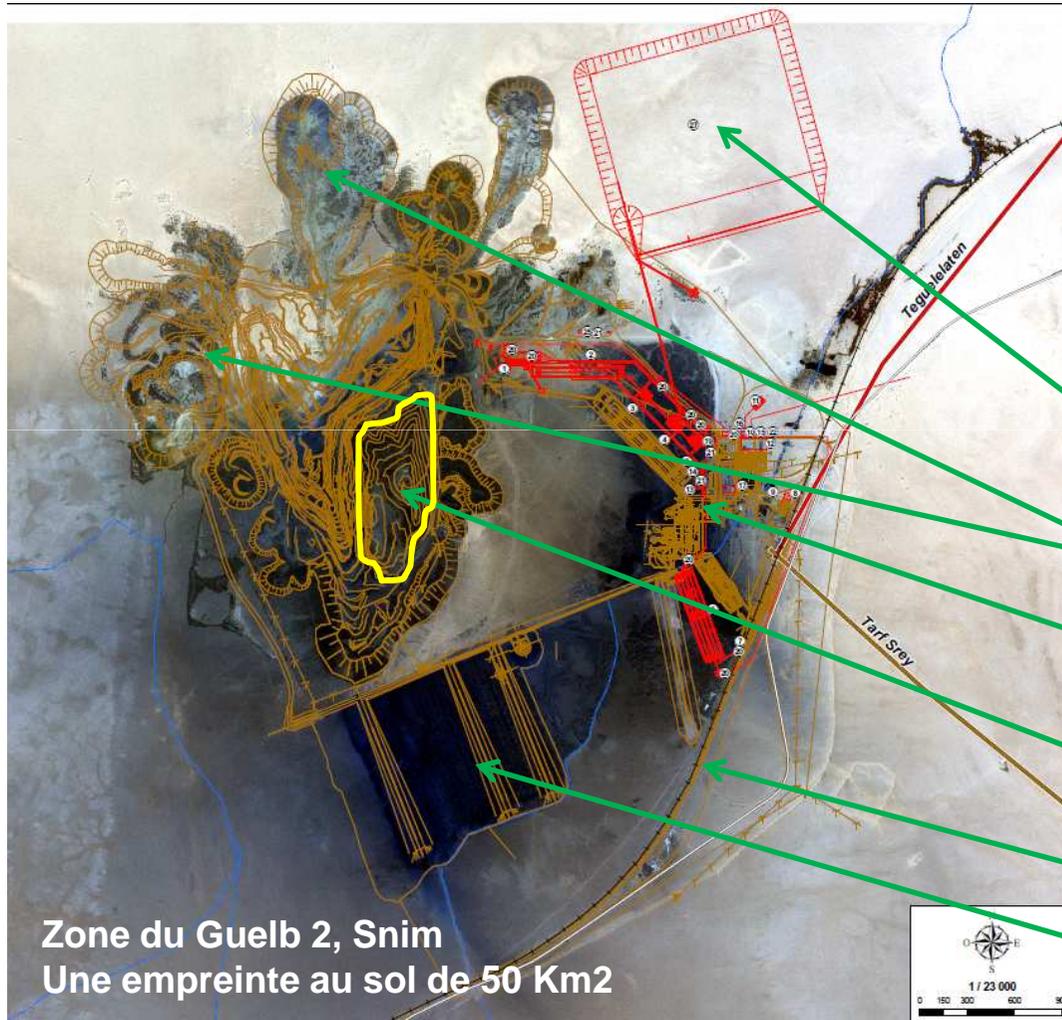


Etape N°7:
Chargement du minerai et du stérile pour évacuation



Les étapes d'une exploitation minière

Exemple pris à partir de la mine de fer de la SNIM, Mauritanie



Transport à l'intérieur de la mine:

Minerai:

- Riche:
Directement vers les trains pour expédition
- Pauvre:
Vers l'usine d'enrichissement

Stériles

- Vers les verses

Nouvelle implantation des rejets de l'usine d'enrichissement

Verses stériles

Usine d'enrichissement du minerai

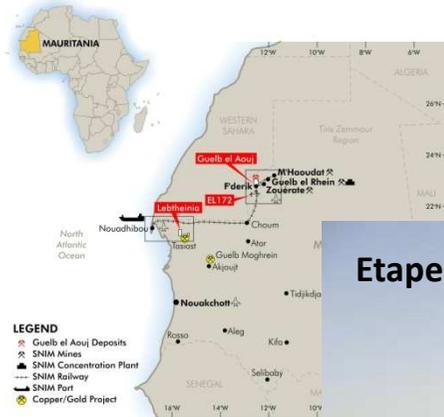
Fosse d'exploitation : 2 Km²
(1.8 km x 1.1 km)

Chemin de fer

Rejets actuels de l'usine d'enrichissement

Les étapes d'une exploitation minière

Exemple pris à partir de la mine de fer de la SNIM, Mauritanie



Etape N°8: transport du minerai vers un port (chemin de fer de 660 km à travers le désert)

Etape N°9: Stockage du minerai au port

Etape N°10: transport par tapis roulant du minerai vers le bateau

Etape N°11: chargement du bateau



Etape N°8



Etape N°9



Etape N°10



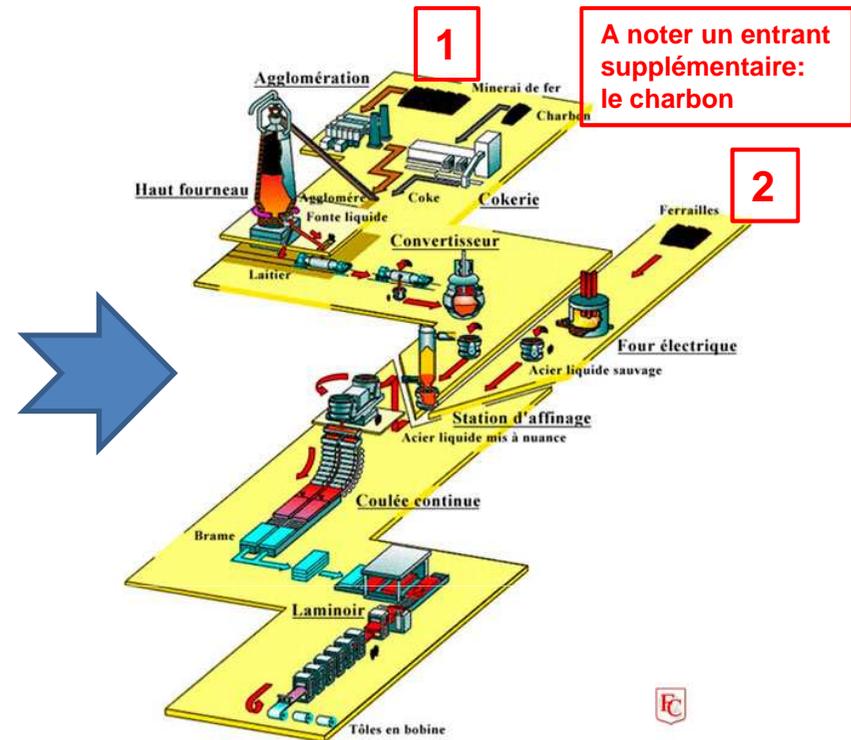
Etape N°11

Les étapes d'une exploitation minière

Où partent les bateaux?

Principaux pays importateurs de FER					
N°1	CHINE	820*	N°6	TAIWAN	22
2	JAPON	136	7	FRANCE	15
3	COREE du SUD	63	8	ROYAUME UNIS	14
4	ALLEMAGNE	41	9	ITALIE	12
5	PAYS-BAS	32	10	TURQUIE	8

* En millions de tonnes, statistique 2013



98% du minerai de fer est destiné à la production d'acier

98% du minerai de fer

1

70%

Production ACIER

Ferraille (recyclage)

2

30%

Premier producteur mondial d'acier : ARCELOR MITTAL

Les sources de pollutions liées à cette activité dépendent de:

- **Composition du minerai**
- Procédé employé

En France, la liaison **minerai/sidérurgie** se faisant par bateau, la production d'acier s'est « rapprochée » des ports français (Fos sur mer et Dunkerque)

QUELQUES CHIFFRES:

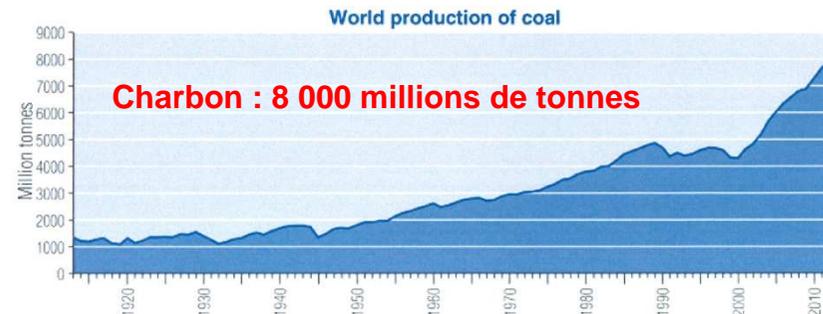
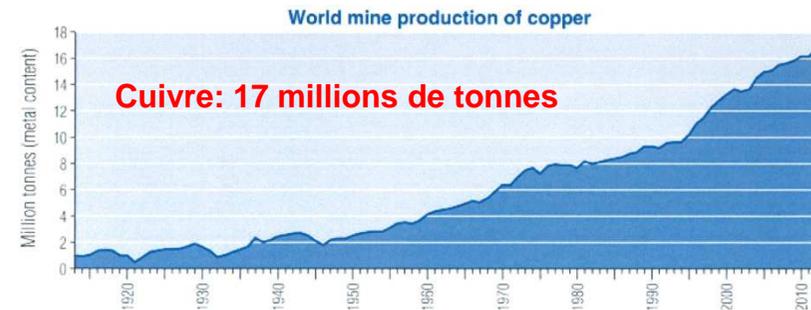
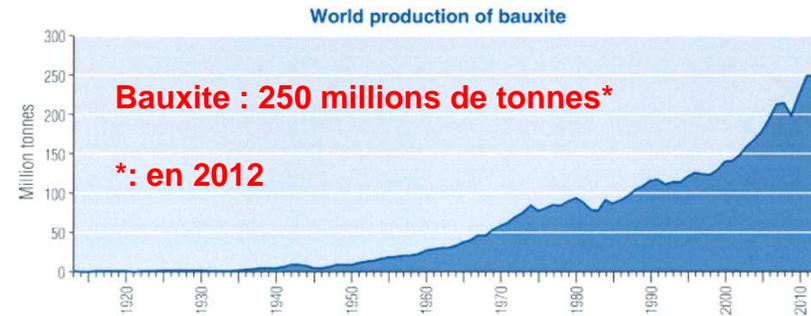
Principaux pays contributeurs pour l'industrie minière

2000			2012		
rang	nom	%*	rang	nom	%*
1	Australie	12.8	1	Chine	15.8
2	Afrique du sud	9.9	2	Australie	14.0
3	Etats unis	8.8	3	Brésil	8.5
4	Russie	8.4	4	Russie	6.8
5	Chine/Chili	8.2	5	Chili/ Etats Unis	5.4
Total pour ces 6 pays		56.3	Total pour ces 6 pays		55.9

•: % par rapport à la production mondiale totale

Pour cette même période (2000-2012), la production mondiale de minerai a augmenté de **60%**

QU'EST-CE QU'UNE RESERVE MINIERE?



Gestion des ressources :

Derrière chaque objet, une exploitation des ressources de la terre



Exploitation de bauxite (aluminium) en Guinée



Exploitation de coltan en RDC



Gestion des ressources : Limitation des consommations

- Gaspillage



- Recyclage



En guise de conclusion:

- **Les activités extractives (du minerais au métal) nourrissent l'industrie.**

 - Peut-on se passer d'une industrie minière?

- **Les activités minières sont des activités polluantes.**

 - Nous avons à gérer plus de 2000 ans d'activités qui n'ont pas pris en compte les impacts environnementaux

 - Incontestablement les comportements évoluent vers une plus grande responsabilité environnementale (plus rapidement dans les dossiers que sur le terrain...)

 - Restons vigilant!

- **Je ne comprends pas à quoi s'applique l'expression « Développement durable » pour cette industrie**

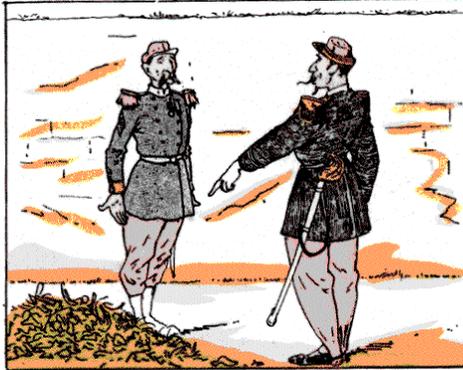
(recherche de rentabilité plus importante sur des périodes plus courtes, concentration des entreprises, rôle accrue des intermédiaires (actions des « tradeurs » sur le marché de matières premières), besoins toujours plus grands des industries...)

Ma préférence: **ECO RESPONSABLE** (Applicable de la recherche des gisements jusqu'à la gestion des déchets ultimes)

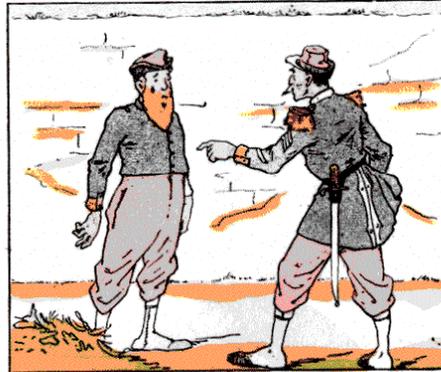
- **En Europe, les « mines » de demain seront les villes.**

Il faut considérer nos villes comme des réserves de minerais de base: **RECYCLAGE**

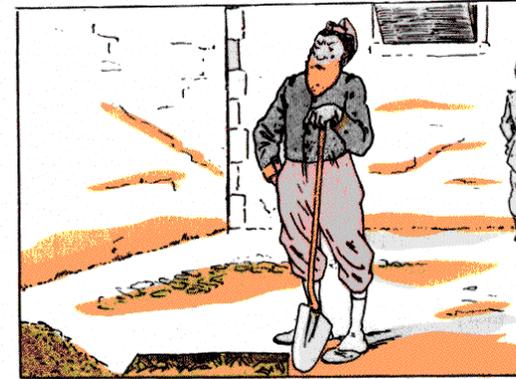
On ne pense pas à tout.



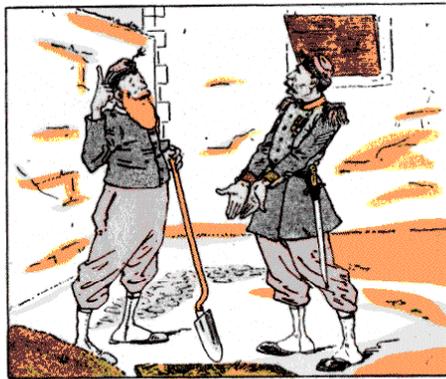
L'adjudant-major interpelle le sergent Bitur : « Signifie, sergent, ce tas d'ordures dans la cour de la caserne? Si dans une heure ça n'est pas enlevé, je vous ferai savoir comment je m'appelle! »



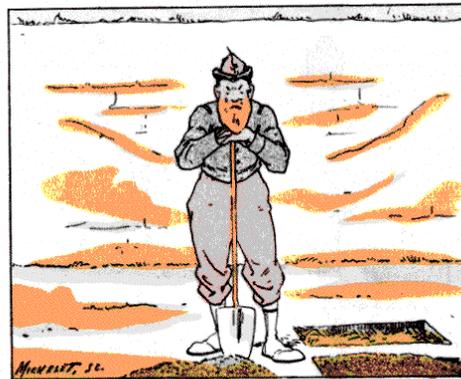
Bitur fait venir Camember : « Sapeur, lui dit-il, je vous imprime l'ordre de creuser un trou pour à seule fin d'y mettre ces ordures et autres, si non je vous ferai-z-un peu voir comment j's'appelle! »



Camember qui ne tient pas à savoir comment s'appelle le sergent Bitur, a creusé un trou et y a délicatement déposé les ordures. Puis il demeure perplexe : « Oui, se dit-il, mais, maintenant, la terre du trou... ousque j'vas la fourrer? »



« Sergent! interroge Camember, et la terre du trou? — Que vous êtes donc plus hermétiquement bouché qu'une bouteille de limonade, sapeur! Creusez un autre trou!... — C'est vrai! » approuve Camember.



Camember creuse donc un deuxième trou et y dépose la terre du premier, puis il redevient perplexe : « Oui, mais la terre de ce deuxième trou, se redit-il... qu'est-ce que j'en vas faire? »



« Sergent! réitère Camember,... ousque j'vas la mettre celle-ci? — S'pèce de double mulet cornu! m'ferez quatre jours pour n'avoir pas creusé le deuxième trou assez grand pour pouvoir y mettre sa terre avec celle du premier trou. »