

## RAPPORT DE SYNTHÈSE

### Entretien Thinkerview du 26 février 2023

### Sources et compléments

Synthèse des principaux faits traités durant l'entretien, sources documentaires associées et compléments d'information.



Mai 2023

### ► Illustrations page de couverture

1. Déversement de résidus suite à la rupture de digue de la mine de fer de Brumadinho, Brésil | TV NBR · Janvier 2019 · cc by 3.0
2. Nodules polymétalliques | NOAA Office of Ocean Exploration and Research, 2019 Southeastern US Deep-sea Exploration ; tiré de (Fauna & Flora International (FFI), 2020, p. 12)
3. Parc à résidus miniers à Rouyn-Noranda, Canada | Gabriel Legaré · 2011 · cc
4. Fonderie de nickel de Doniambo, Nouvelle-Calédonie | Tim Waters · 2003 · cc-by-nc-nd 2.0
5. Rivière Animas entre Silverton et Durango, 24 heures après le déversement des boues contaminées ; catastrophe de Gold King, Colorado, États-Unis | Riverhugger · août 2015 · cc by-sa 4.0
6. Carte électronique | Luke Jones · 2015 · cc by-sa 2.0
7. Décharge de déchets électroniques à Accra, Ghana | Axel Drainville · 2019 · cc by-nc 2.0
8. Exploitation de charbon, Kalimantan Est, Indonésie | Moses Ceaser/CIFOR · 2010 · cc by-nc-nd 2.0

### ► L'association SystExt

SystExt pour « Systèmes extractifs et Environnements » est une association de solidarité internationale, née en 2009. L'association se donne pour objectif d'obtenir la transparence et la démocratisation des enjeux associés aux filières minérales. Elle se concentre sur l'industrie minière et ses impacts humains, sanitaires, sociaux et environnementaux. La spécificité de SystExt réside dans le fait que ses membres soient des professionnels du secteur, ou confrontés à ce secteur dans l'exercice de leur métier. Ses missions s'organisent autour de quatre champs d'action : veille citoyenne, accompagnement de la société civile, sensibilisation, formation et expertise.

### ► Crédits des contenus de ce rapport (sauf si précisé)



**SystExt · Mai 2023 · cc by-sa-nc 3.0 fr**

Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 France

Crédit des icônes : Licence Flaticon · [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com). Auteurs : Sablier · Roundicons ; Citation · adapté de juicy\_fish ; Loupe · bqlqn ; Livre · Freepik ; Jumelles · Gregor Cresnar.

# SOMMAIRE

<b>1. Ressources minérales et modèles de développement .....</b>	<b>7</b>
1.1. Plans de transition énergétique et implications métalliques .....	7
1.1.1. Développement majeur des énergies "renouvelables" et "propres" .....	7
1.1.2. Implications des scénarios proposés par l'Agence internationale de l'énergie (AIE).....	7
1.2. Croissance exponentielle de la production métallique .....	11
1.2.1. Tendances historiques .....	11
1.2.2. Cas particulier du fer et de l'acier.....	13
1.3. Intensité "métallique" croissante et absence de découplage .....	14
1.3.1. Rappels généraux sur l'intensité matérielle et le découplage .....	14
1.3.2. Absence de découplage et intensité minérale et métallique croissante .....	15
1.4. Enjeux associés à une explosion de la demande métallique .....	17
1.4.1. Démultiplication des impacts associés à l'exploitation minière .....	17
1.4.2. Limites et contraintes dans l'augmentation de l'offre primaire.....	19
1.4.3. Situation de l'industrie minière en Europe et à l'international.....	24
1.4.4. Conclusions de SystExt .....	29
<b>2. Situation dramatique des anciens sites miniers .....</b>	<b>30</b>
2.1. État des lieux des anciens sites miniers à l'international .....	30
2.1.1. Nombre incalculable d'anciens sites miniers.....	30
2.1.2. Sites abandonnés et rarement réhabilités.....	32
2.2. Pollutions persistantes et pertes définitives .....	35
2.2.1. Mesures de réhabilitation limitées .....	35
2.2.2. Problématiques sanitaires et environnementales graves et pérennes .....	36
2.3. Coûts démentiels incombant aux États.....	40
2.3.1. Remise en cause de la viabilité des projets miniers.....	40
2.3.2. Coûts sous-estimés et prise en charge quasi-systématique par les États .....	41
<b>3. Ruptures de digues minières.....</b>	<b>43</b>
3.1. Phénomènes récurrents et gravité croissante.....	43
3.2. Catastrophe de Brumadinho.....	45
3.3. Autres cas de ruptures de digue récents .....	49
3.3.1. Jagersfontein, Afrique du Sud (diamants) · 11/09/2022 .....	49
3.3.2. Mariana, Brésil (fer) · 05/11/2015.....	50
3.3.3. Williamson, Tanzanie (diamants) · 07/11/2022 .....	51
<b>4. Exploitation minière en eaux profondes.....</b>	<b>53</b>
4.1. Caractéristiques des gisements marins profonds .....	53
4.2. Évaluation des ressources minérales marines profondes .....	56

4.2.1.	Teneurs faibles à moyennes par rapport aux gisements terrestres .....	56
4.2.2.	Ressources minières probablement très surestimées.....	59
<b>4.3.</b>	<b>Viabilités technique et économique controversées .....</b>	<b>64</b>
4.3.1.	Difficultés intrinsèques dues aux caractéristiques des gisements.....	64
4.3.2.	Méthodes d'exploitation invasives et énergivores .....	65
4.3.3.	Traitement du minerai hypothétique et laborieux .....	69
<b>5.</b>	<b>Meilleures pratiques et mine "responsable" .....</b>	<b>73</b>
<b>5.1.</b>	<b>Mésinterprétation des concepts.....</b>	<b>73</b>
5.1.1.	Usage prolifique malgré des définitions ambiguës .....	73
5.1.2.	Insuffisances des bonnes et des meilleures pratiques .....	76
<b>5.2.</b>	<b>Inefficacité des initiatives et des démarches de RSE.....</b>	<b>80</b>
5.2.1.	Pas d'amélioration tangible sur le terrain et aggravation de certains constats .....	80
5.2.2.	Stratégie de légitimation et de gestion des risques .....	82
<b>5.3.</b>	<b>Mythe de la mine "durable" ou "responsable" à l'épreuve des faits.....</b>	<b>85</b>
5.3.1.	Traduction de démarches RSE et outil de légitimation.....	85
5.3.2.	Articulation difficile et néfaste avec le droit .....	88

## CONTEXTE

Le 26 février 2023, Aurore STÉPHANT, représentant l'association SystExt, a été interviewée dans l'émission Thinkerview. La vidéo de l'entretien est disponible sur la chaîne YouTube de Thinkerview [au lien suivant](#). L'entretien, intitulé « **Effondrement : notre civilisation au bord du gouffre ?** » d'une durée de 03h02min, porte sur cinq thématiques relatives à l'industrie minière et aux filières minérales.

La première thématique concerne le **lien entre ressources minérales et modèle de développement**. Il est notamment question des plans de transition énergétique actuels et de leurs implications métalliques, des tendances historiques de la production métallique, de l'intensité minérale croissante et des enjeux associés à une explosion de la demande en matières premières minérales. Dans ce dernier cas, il s'agit en particulier de la démultiplication des impacts associés à l'exploitation minière, des limites et contraintes dans l'augmentation de l'offre primaire, et de la situation de l'industrie minière en Europe et à l'international.

La seconde thématique traite de la **situation des anciens miniers**. Après un état des lieux des anciens sites miniers dans le monde, des données détaillées sont fournies sur les pollutions persistantes qui les caractérisent et les problématiques sanitaires et environnementales qu'ils posent. Ce constat est complété par une analyse des insuffisances en termes d'inventaire, de réhabilitation ou de financement des travaux.

La troisième thématique se concentre sur les **ruptures de digues minières**. L'évolution de ces phénomènes en termes de fréquence et de gravité est décrite, puis illustrée avec la catastrophe de Brumadinho au Brésil en 2019 et d'autres cas récents. Les manquements techniques et juridiques dans la gestion de ces installations de déchets miniers sont également analysés.

La quatrième thématique porte sur l'**exploitation minière en eaux profondes**. Après une description détaillée des caractéristiques des gisements marins profonds, deux problématiques sont développées : les limites majeures dans l'évaluation des ressources, et la faisabilité technique et économique de l'exploitation. À ce dernier titre, de nombreuses données techniques sont présentées concernant les méthodes d'exploitation, les techniques de traitement du minerai et les installations marines et terrestres associées.







La cinquième thématique est consacrée aux « **meilleures** » pratiques et à la mine « **responsable** ». Les insuffisances des « bonnes » et « meilleures » pratiques, et plus généralement des démarches de responsabilité sociale des entreprises (RSE) associées, sont approfondies, à la lumière de l'absence d'amélioration tangible sur le terrain et de l'aggravation de certains constats. De nombreux faits afférents aux stratégies de légitimation, d'une part, et à l'articulation difficile et néfaste avec le droit, d'autre part, sont également précisés.

Le présent rapport de synthèse se donne pour objectif de **diffuser au plus grand nombre les informations traitées durant l'entretien** et d'**accompagner celles et ceux qui souhaitent approfondir un ou plusieurs sujets**. Pour ce faire, ce document :

- (1) rappelle les **159 principaux faits (ou « faits marquants ») traités durant l'entretien** ;
- (2) étaye ces faits et en fournit les sources documentaires (livres, rapports, publications scientifiques, articles de presse) ;
- (3) propose des compléments d'information « pour aller plus loin ».

Pour une meilleure lisibilité, ce rapport a été organisé par thématique, en prenant en compte autant que possible l'ordre chronologique de l'entretien. Chaque fait est présenté dans un tableau de synthèse sous le format suivant :

---

	(1) Temps à partir duquel le fait marquant est discuté
	(1) Fait marquant, rappel des informations et des données fournies lors de l'entretien
	(2) Extraits sourcés (ou citations) étayant le fait marquant
	(2) Sources documentaires (livres, rapports, publications scientifiques, article de presse) associées
	(3) Compléments d'information « pour aller plus loin », extraits sourcés (ou citations)
	(3) Sources documentaires associées aux compléments d'information

---

Dans le cas où les données fournies durant l'entretien nécessitaient d'être corrigées ou précisées, une mention en rouge a été apposée en précisant la donnée initiale (entre parenthèses) ainsi que la donnée corrigée ou précisée (marquée d'une \*).

Pour chaque source documentaire, un lien internet permettant d'accéder à ladite source est fourni, hormis pour les livres et quelques rares références non disponibles en ligne. **Les 398 liens fournis étaient fonctionnels en date du 08 mai 2023.**



## 1. Ressources minérales et modèles de développement

### 1.1. Plans de transition énergétique et implications métalliques

#### 1.1.1. Développement majeur des énergies "renouvelables" et "propres"



00:02:45



Programme "Fit for 55" ("*Paré pour 55*") qui comporte un certain nombre de mesures, programme européen dans le prolongement du Green Deal de 2019 (Pacte Vert de l'Union européenne), qui a vocation d'amener à une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 55 % en comparaison aux émissions de 1990, **\*à l'horizon 2030 (non précisé durant l'entretien).**



- La France se félicite de la publication par la Commission européenne de propositions d'actions concrètes pour accélérer la lutte contre le changement climatique, atteindre la neutralité climatique en 2050 et **tenir l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 55% au moins en 2030 par rapport à 1990. Appelé "Fit for 55" ("Paré pour 55"), ce paquet de 12 propositions législatives** confirme l'intention, partagée par la France, de la Commission européenne de placer l'Europe à l'avant-garde du combat climatique. ([Ministère de la Transition écologique, 2021](#))

- Le paquet "Ajustement à l'objectif 55" est un ensemble de propositions visant à réviser et à actualiser la législation de l'UE ainsi qu'à mettre en place de nouvelles initiatives pour veiller à ce que les politiques de l'UE soient conformes aux objectifs climatiques arrêtés par le Conseil et le Parlement européen. [...] **"Ajustement à l'objectif 55" fait référence à l'objectif de l'UE visant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici à 2030.** Le paquet proposé vise à aligner la législation de l'UE sur l'objectif fixé pour 2030. ([Conseil européen](#))



- Ministère de la Transition écologique. (15/07/2021). "Fit for 55" : un nouveau cycle de politiques européennes pour le climat. [Lien](#).
- Conseil européen. (dernière mise à jour le 29/03/2023). Ajustement à l'objectif 55. [Lien](#).



00:03:28



Ces objectifs, extrêmement ambitieux, se matérialisent ou se concentrent sur le déploiement du photovoltaïque (ce dernier étant une des grandes technologies mises en avant dans ce type de programme), de l'éolien (onshore et offshore), ainsi que sur d'autres technologies mais un peu moins.



- Le paquet "Ajustement à l'objectif 55" comprend une proposition de révision de la directive sur les **énergies renouvelables**. La proposition prévoit de porter l'objectif actuel consistant à ce que, dans l'UE, la **part d'énergie produite à partir de sources renouvelables** soit d'au moins 32 % dans le bouquet énergétique global à une part d'au moins **40 % d'ici à 2030**. ([Conseil européen](#))

- Le plan REPowerEU s'appuie sur les propositions du paquet 'Fit for 55' présentées en 2021, et appelle à leur adoption rapide.** Il ne modifie pas l'ambition principale d'une réduction de 55 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 et la neutralité climatique d'ici 2050, mais il propose un amendement juridique pour augmenter les objectifs fixés, notamment en termes d'efficacité énergétique, qu'il fixe à 13 % (contre 9 % jusqu'à présent). L'objectif de la Commission avec cette publication est une réduction de 2/3 de l'utilisation du gaz russe d'ici la fin 2022. [...] **Le Plan REPowerEU se veut également ambitieux en termes d'énergies renouvelables**, en levant l'objectif de la part du renouvelable dans le bouquet énergétique de l'UE d'ici 2030 **de 40 % à 45 %**. **Tout particulièrement, l'énergie solaire se trouve au cœur du plan de la Commission**, avec l'objectif de 320 GW d'énergie solaire photovoltaïque d'ici 2025 dans l'UE - soit le double du niveau actuel. ([Faure, 2022](#))



- Conseil européen. (dernière mise à jour le 29/03/2023). Ajustement à l'objectif 55. [Lien](#).
- Faure, R. (20/05/2022). La Commission publie son plan REPowerEU pour un approvisionnement sûr et durable en énergie. *Association Occitanie Europe*. [Lien](#).

#### 1.1.2. Implications des scénarios proposés par l'Agence internationale de l'énergie (AIE)



00:05:05



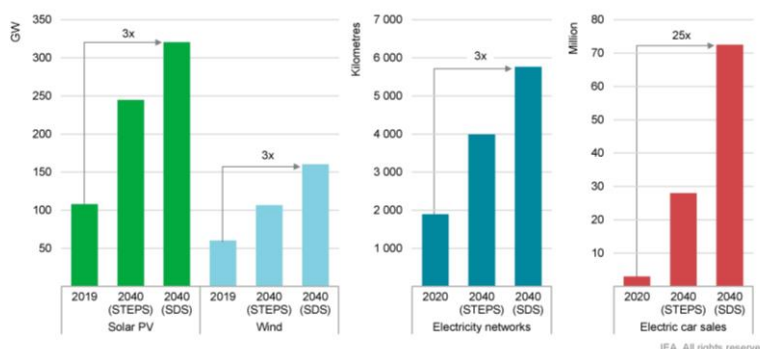
- Des premières annonces avaient été faites en 2017 par la Banque mondiale, puis des scénarios actualisés ont été proposés par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) en 2021.
- Parmi les éléments majeurs que l'on pourrait retenir de l'étude de l'AIE, cette dernière établit deux grands types de scénarios : le Stated Policies Scenario (STEPS) et le Sustainable Development Scenario (SDS). Le STEPS est le scénario des politiques déclarées, soit ce que les États et les entreprises annoncent faire en 2021. Le SDS est le scénario de développement durable, dans le cadre duquel des prévisions sont faites en termes de déploiement d'énergies dites "renouvelables", et pas seulement puisqu'il est aussi question de véhicules électriques, de réseaux électriques, de batteries de stockages stationnaires d'énergie.
- Dans ces scénarios, en 2021, il est notamment fait mention d'une augmentation, à l'horizon 2040 et à l'international, d'un facteur 3 de la puissance installée en photovoltaïque et en éolien, et d'un facteur 25 en véhicules électriques **\*vendus (non produits)**. **Ces dernières valeurs sont valables pour le scénario SDS (non précisé durant l'entretien).**

Climate and greenhouse gas (GHG) scenarios have typically paid scant **attention to the metal implications necessary to realize a low/zero carbon future**. The 2015 Paris Agreement on Climate Change indicates a global resolve to embark on development patterns that would significantly be less GHG intensive. One might assume that nonrenewable resource development and use will also need to decline in a carbon-constrained future. This report tests that assumption [...]. **The study focuses on wind, solar, and energy storage batteries as they are commonly recognized as key elements in delivering future energy needs at low/zero GHG emission levels.** (Banque Mondiale, 2017, p. xii)

An energy system powered by clean energy technologies differs profoundly from one fuelled by traditional hydrocarbon resources. **Building solar photovoltaic (PV) plants, wind farms and electric vehicles (EVs) generally requires more minerals than their fossil fuel based counterparts.** A typical electric car requires six times the mineral inputs of a conventional car, and an onshore wind plant requires nine times more mineral resources than a gas-fired power plant. Since 2010, the average amount of minerals needed for a new unit of power generation capacity has increased by 50 % as the share of renewables has risen. The types of mineral resources used vary by technology. [...] **The shift to a clean energy system is set to drive a huge increase in the requirements for these minerals, meaning that the energy sector is emerging as a major force in mineral markets.** Until the mid-2010s, the energy sector represented a small part of total demand for most minerals. **However, as energy transitions gather pace, clean energy technologies are becoming the fastest-growing segment of demand.** (Agence internationale de l'énergie (AIE), 2021, p. 5)



Our analysis is based on two main IEA scenarios, drawn from WEO-2020. **The Sustainable Development Scenario (SDS)** charts a pathway that meets in full the world's goals to tackle climate change in line with the Paris Agreement, improve air quality and provide access to modern energy. **The SDS relies on countries and companies hitting their announced net-zero emissions targets (mostly by 2050) on time and in full**, which spurs the world as a whole to reach it before 2070. The range of technologies that are required in the SDS provides an essential benchmark for our discussion throughout the report. Reaching net-zero emissions globally by 2050 would demand a dramatic extra push for the deployment of various clean energy technologies. The other scenario we refer to in the analysis is the **Stated Policies Scenario (STEPS), which provides an indication of where today's policy measures and plans might lead the energy sector.** These outcomes fall far short of the world's shared sustainability goals. (Agence internationale de l'énergie (AIE), 2021, p. 20)



Annual deployment of clean energy technologies by scenario (Agence internationale de l'énergie (AIE), 2021, p. 25)

Notes: PV = Photovoltaic; STEPS = Stated Policies Scenario; SDS = Sustainable Development Scenario. Sources: IEA (2021a); IEA (2020a).



- Banque Mondiale (2017). The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future. [Lien](#).
- Agence internationale de l'énergie (AIE). (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. [Lien](#).





00:18:15



L'étude de (Gregoir & Van Acker, 2022) - de KU Leuven et Eurométaux - reprend les scénarios de l'Agence internationale de l'énergie, et les applique au territoire européen en évaluant ses besoins et ce qu'il pourrait produire, avec une mise en parallèle avec la demande globale.

- The International Energy Agency (IEA) has developed long-term scenarios to explore possible decarbonisation pathways for the energy sector. **This study is based on the IEA's two main technology scenarios**, which are developed both at global and regional levels. (Gregoir & Van Acker, 2022, p. 9)



- **Metals will play a central role in successfully building Europe's clean technology value chains and meeting the EU's 2050 climate-neutrality goal.** In the wake of supply disruptions from the COVID-19 pandemic and Russia's invasion of Ukraine, Europe's lack of resilience for its growing metals needs has become a strategic concern. **This study evaluates how Europe can fulfil its goal of "achieving resource security" and "reducing strategic dependencies" for its energy transition metals, through a demand, supply, and sustainability assessment of the Green Deal and its resource needs.** (Gregoir & Van Acker, 2022, p. 5)



Gregoir, L., & Van Acker, K. (2022). Metals for Clean Energy. Pathways to solving Europe's raw materials challenge. *KU Leuven & Eurometaux*. [Lien](#).

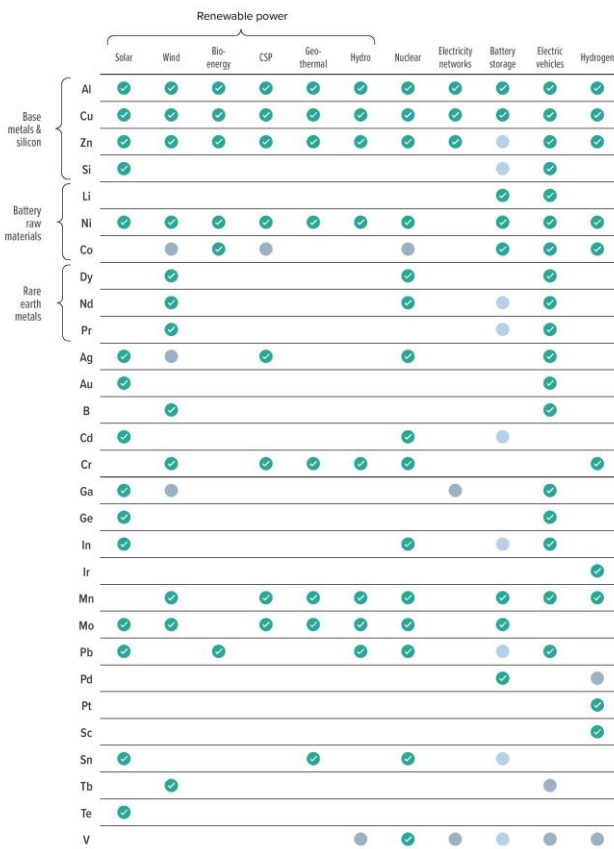


00:19:10



- Ces auteurs étudient 11 technologies liées aux énergies **"propres" et "renouvelables" (\*pas seulement "renouvelables")** : le nucléaire, le photovoltaïque, les centrales solaires thermiques, l'éolien, la bio-énergie, la géothermie, l'hydraulique, les réseaux électriques, les systèmes de stockage stationnaires, les véhicules électriques et l'hydrogène.
- Ils estiment la quantité associée de métaux pour 29 substances (hors fer et acier).

● Included in report's base case 
 ● No information on intensities, not quantified in report 
 ● Included in report's sensitivity analysis



- Solar · Wind · Bioenergy · Concentrated Solar Power (CSP) · Geothermal · Hydro · Nuclear · Electricity networks · Battery storage · Electric vehicles · Hydrogen
- Aluminium (Al) · Cuivre (Cu) · Zinc (Zn) · Silicium (Si) · Lithium (Li) · Nickel (Ni) · Cobalt (Co) · Dysprosium (Dy) · Néodyme (Nd) · Praséodyme (Pr) · Argent (Ag) · Or (Au) · Bore (B) · Cadmium (Cd) · Chrome (Cr) · Gallium (Ga) · Germanium (Ge) · Indium (In) · Iridium (Ir) · Manganèse (Mn) · Molybdène (Mo) · Plomb (Pb) · Palladium (Pd) · Platine (Pt) · Scandium (Sc) · Étain (Sn) · Terbium (Tb) · Tellure (Te) · Vanadium (V)

Figure 3. **Commodity mapping by technology.** Silicon only represents pure silicon usage\* (and does not mark applications where silicon alloyed aluminium is used). (Gregoir & Van Acker, 2022, p. 17)



Gregoir, L., & Van Acker, K. (2022). Metals for Clean Energy. Pathways to solving Europe's raw materials challenge. *KU Leuven & Eurometaux*. [Lien](#).



00:20:34

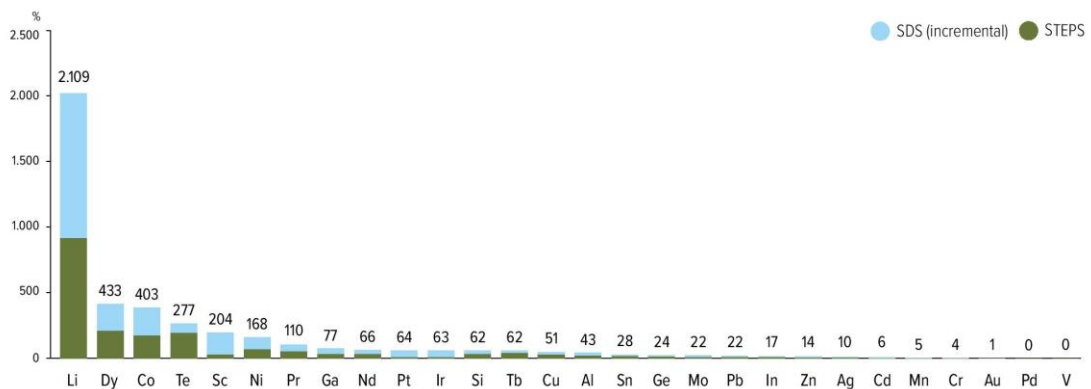


- Ils se placent dans le scénario développement durable **\*(SDS)** (**\*précision :est également traité le scénario des politiques déclarées (STEPS) dans l'étude**) (pour rappel, le scénario développement durable est associé à l'atteinte des objectifs des accords de Paris avec réduction des émissions nettes à horizon 2050, 2060 pour la Chine et 2070 au plus tard pour les autres pays).
- Avec ce scénario, par rapport à la demande métallique totale de 2020 : la quantité en lithium serait multipliée par 21 en 2050, celle en cobalt par 4, celle en dysprosium par 4, celle en nickel par **\*2 (par 1,68 plus précisément)**.

▪ **The Stated Policies Scenario (STEPS)** reflects current policy settings based on a sector-by-sector assessment of the specific policies that are in place, as well as those that have been announced by governments around the world. It provides an indication of where today's policy measures and plans lead the energy sector. **The Sustainable Development Scenario (SDS)** charts a pathway that meets in full the world's goals to tackle climate change in line with the Paris Agreement while meeting universal energy access and significantly reducing air pollution. **In this scenario, all current net zero pledges are achieved in full and there are extensive efforts to realise near-term emissions reductions; advanced economies reach net zero emissions by 2050, China around 2060, and all other countries by 2070 at the latest.** (Gregoir & Van Acker, 2022, p. 9)

- The energy transition will impact the demand profile of each metal in different ways. Some get a very high demand pull, others a boost, and others are less impacted.

Figure 5. **Ratio of 2050 global transition commodity demand over 2020 global total demand (STEPS and SDS)** (Gregoir & Van Acker, 2022, p. 19)



Gregoir, L., & Van Acker, K. (2022). Metals for Clean Energy. Pathways to solving Europe's raw materials challenge. *KU Leuven & Eurometaux*. [Lien](#).



00:26:43



- L'étude de (Gregoir & Van Acker, 2022) explique que, de 2020 jusqu'à 2050, les scénarios représenteraient un doublement de la production métallique. Pour le scénario développement durable (SDS), cela représenterait un surplus pour la transition énergétique de 80 millions de tonnes. Pour le scénario des politiques déclarées (STEPS), [un surplus de] 45 millions de tonnes.
- Pour le scénario SDS (correspondant au surplus de 80 millions de tonnes), les technologies contribuent de la manière suivante à la demande supplémentaire pour la transition énergétique à l'horizon 2050 : 50 % à 60 % pour les véhicules électriques ; 35 % à 45 % pour les réseaux électriques et le photovoltaïque (hors centrales solaires thermiques) ; 5 % pour les 8 technologies restantes.



▪ A world climate trajectory aligned with the Paris Agreement will require **almost twice the volume of metals by 2050** as a world continuing with its current climate policies – **~80 Mt in the IEA's SDS scenarios compared with ~45 MT in the IEA's STEPS scenario.** (Gregoir & Van Acker, 2022, p. 20)

- **Electric car production is the major driver** for the world's projected energy transition demand, responsible for **50-60 %** of the overall total, followed by **electricity networks and solar photovoltaics production (35-45%)**, and then **other technologies the remaining 5%**. (Gregoir & Van Acker, 2022, p. 20)



Gregoir, L., & Van Acker, K. (2022). Metals for Clean Energy. Pathways to solving Europe's raw materials challenge. *KU Leuven & Eurometaux*. [Lien](#).

## 1.2. Croissance exponentielle de la production métallique

### 1.2.1. Tendances historiques



00:07:25



Selon Olivier Vidal (2018), la quantité totale de métaux à produire pour les 35 prochaines années **\*dépasserait (non serait équivalente à)** la quantité totale de métaux, toujours en quantité cumulée, produite depuis l'antiquité.



Au total, les stocks totaux de tous les métaux devant être produits d'ici 2050 et les flux de métaux en 2050 pourraient atteindre **5 à 10 fois les niveaux actuels** [...]. **Cela signifie que la quantité cumulée de métaux à produire au cours des trente-cinq prochaines années dépasserait la quantité cumulée produite depuis l'antiquité jusqu'à aujourd'hui.** Ces chiffres, qui donnent le tournis, sont **la réalité de la formule "croissance à taux constant"**. [...] S'il a été possible de doubler la production d'aluminium depuis 2000, sera-t-il possible de la quadrupler dans les quarante ans à venir ? Au-delà de l'aspect comptable, il existe naturellement d'autres enjeux comme les impacts environnementaux et sociaux d'une croissance exponentielle, ainsi que de la demande énergétique.



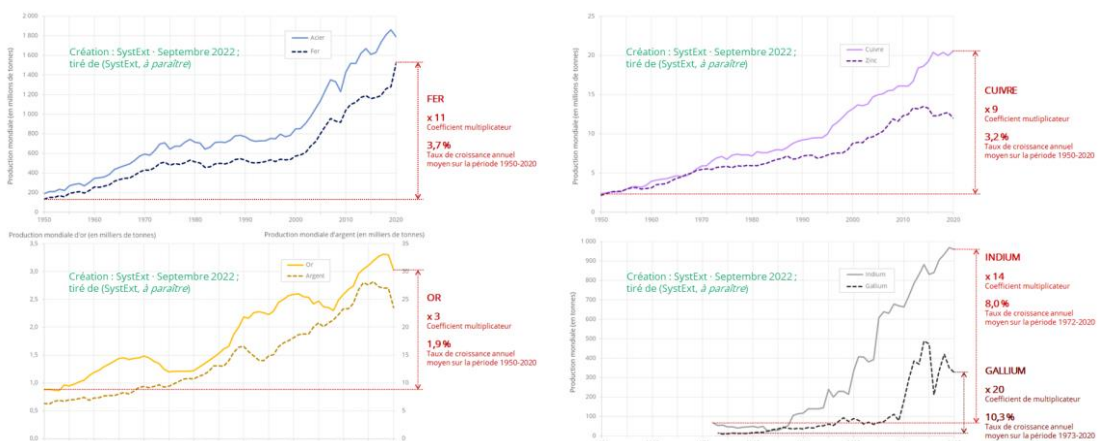
Vidal, O. (2018). Ressources minérales, progrès technologique et croissance. *Temporalités [En ligne]*, 28. [Lien](#).



00:08:35 et 00:10:43 (données chiffrées sur le fer)  
00:11:35 (données chiffrées sur le cuivre et l'or)  
00:12:55 (données chiffrées sur le gallium)



- Pour se rendre compte des quantités métalliques énormes concernées, indépendamment des plans de transition énergétique (sans prendre en compte la demande métallique massive associée), on peut déjà regarder la croissance en termes de production métallique depuis 1950. SystExt a étudié les données de production minière de l'United States Geological Survey (USGS) et s'est intéressée à 8 métaux, en termes de coefficient multiplicateur et de taux de croissance annuel moyen sur la période 1950-2020.
- Fer = Multiplication de la production : x 11 ; Taux de croissance annuel moyen : 3,7 %
- Cuivre = Multiplication de la production : x 9 ; Taux de croissance annuel moyen : 3,2 %
- Or = Multiplication de la production : x 3 ; Taux de croissance annuel moyen : 1,9 %
- Gallium (entre 1973 et 2020) = Multiplication de la production : x 20 ; Taux de croissance annuel moyen : 10,3 %
- On était donc sur une tendance exponentielle qui inquiétait déjà un grand nombre d'observateurs compte tenu des impacts connus des filières minières et minérales.



- SystExt. (*à paraître*). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 4 · Dépendance minérale et plans de "transition métallique".
- Kelly, T. D, & Matos, G. R. (s.d). Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States. National Minerals Information Center, U.S. Geological Survey (USGS). [Lien](#).
- U.S. Geological Survey (USGS). (2020). Mineral Commodity Summaries 2020. [Lien](#).
- U.S. Geological Survey (USGS). (2022). Mineral Commodity Summaries 2022. [Lien](#).



▪ **Depuis 1900, l'augmentation de la production de métaux a été massive, elle est sans précédent historique** : la production d'acier a été multipliée par 57, celle d'aluminium par environ 7 000, celle de cuivre par 36 et celle de phosphates par 70. **Une telle envolée de la production n'a été possible que grâce à la disponibilité d'énergies fossiles bon marché.** La production de métaux et de ciment consomme actuellement environ 10 % de l'énergie produite mondialement, la production de l'aluminium, de l'acier et du ciment représentant environ 90 % de ce total. (Christmann, 2016, p. 14)

▪ Entre 1960 et 2010, sur les 69 principales matières premières, **seules six ont vu leur consommation mondiale décroître.** Et **pour cinq d'entre elles (amiante, mercure, béryllium, tellure et thallium), cette décroissance est due à leur toxicité et à des interdictions nationales.** Durant le dernier demi-siècle, croissance et innovation n'ont encore jamais produit de véritable substitution à l'échelle globale. Dit autrement : nulle matière première n'est encore devenue obsolète. (Fressoz, 2020, p. 38)



▪ Christmann, P. (2016). Développement économique et croissance des usages des métaux. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 82, 8-15. [Lien](#).

▪ Fressoz, J.-B. (2020). L'anthropocène est un "accumulocène". *Regards croisés sur l'économie* (26), 31-40. [Lien](#).



00:12:32



En parallèle de cette augmentation exponentielle (celle de la production métallique, précédemment décrite), se sont ajoutés des "effets dopants" à partir des années 2000, notamment liés à la croissance des technologies de l'information et de la communication, et des technologies du numérique.



▪ Au XXe siècle, les guerres, les crises économiques et les pandémies (celle de 1918 par exemple) n'ont jamais réussi qu'à ralentir temporairement la dynamique d'accumulation matérielle globale. Ces deux dernières décennies, malgré la crise environnementale et malgré la crise financière, celle-ci s'est même accélérée : **entre 2002 et 2015, en à peine 13 ans, on a extrait 1000 Gt de matières du sol, soit un tiers de tout ce qui avait été extrait depuis 1900. On assiste donc depuis 2002 à une nouvelle accélération de la consommation matérielle bien plus forte que la fameuse "grande accélération" des années 1950.** (Fressoz, 2020, p. 39)

▪ Aujourd'hui, les technologies de pointe utilisent de nombreuses propriétés résultant de la structure électronique, des propriétés catalytiques, quantiques ou semi-conductrices spécifiques à une soixante de métaux différents, soit presque l'intégralité des éléments du tableau périodique. **Des évolutions rapides d'usage des métaux se dessinent dans le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC). Alors que la croissance de la consommation en volume depuis 1990 a progressé globalement de 1,9 % par an, celle des TIC a été de 13,2 % par an.** (Vidal, 2018)

▪ Le profil de consommation des métaux a également évolué rapidement ces dernières années. En l'espace de 20 à 30 ans, nous avons plus que triplé le nombre de métaux différents que nous utilisons pour nos applications industrielles. **Le développement exponentiel des produits électroniques, des technologies de l'information et de la communication (TIC), de l'aéronautique,** allié à l'innovation technologique dans la recherche de performances et de rendements, a fait exploser la demande en nouveaux métaux "high tech". (Bihouix & de Guillebon, 2010, p. 24)



▪ Fressoz, J.-B. (2020). L'anthropocène est un "accumulocène". *Regards croisés sur l'économie* (26), 31-40. [Lien](#).

▪ Vidal, O. (2018). Ressources minérales, progrès technologique et croissance. *Temporalités [En ligne]*, 28. [Lien](#).

▪ Bihouix, P., & de Guillebon, B. (2010). Quel futur pour les métaux ? - Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société. *EDP Sciences*.

## 1.2.2. Cas particulier du fer et de l'acier



00:09:32



Prenons l'exemple du fer, moins discuté et pourtant tout à fait essentiel. Le fer et l'acier représentent **\*plus (non à peu près)** d'un milliard de tonnes produites chaque année.



- Raw steel - 2021 - World total (rounded) - **1,950 milliards de tonnes** (USGS, 2023, p. 93)
- Iron ore - Mine production - Iron content - 2021 - **1,630 milliards de tonnes** (USGS, 2023, p. 99)



U.S. Geological Survey (USGS). (2023). Mineral Commodity Summaries 2023. [Lien](#).



00:10:10



La sidérurgie est un secteur très important. La production d'acier nécessite à la fois du minerai de fer et du charbon, ce qui en fait, parmi les filières métalliques et minérales, un des secteurs qui "pèse" le plus en termes énergétiques et en termes d'émissions de gaz à effet de serre.

Among metals, the global iron-steel production chain causes **the largest climate change impacts [...]**. This is due to the large volumes of steel produced yearly and the **energy-intensive processing of the ore into iron and steel, with the sector representing around one quarter of global industrial energy demand.** (International Resource Panel (IRP), 2019, p. 76)

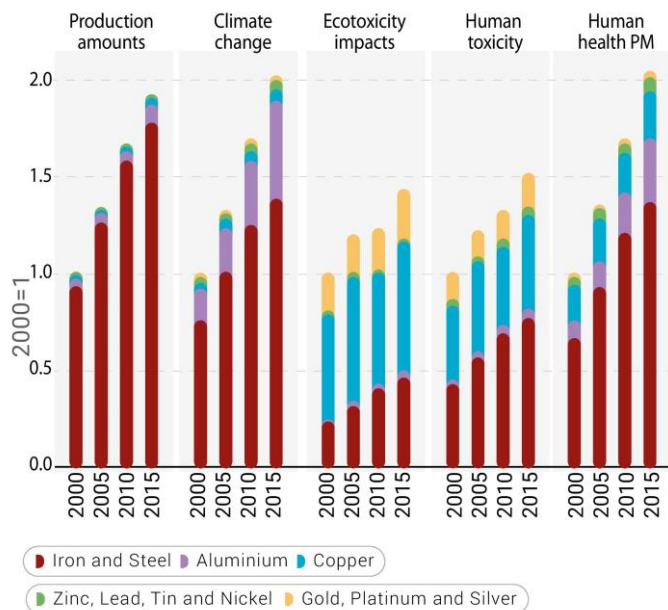


Figure 3.13 Metal production amounts and environmental impacts of metal mining and processing from 2000 to 2015 (selection of 10 metals covering > 95 per cent of global domestic extraction of metal ores in 2015, MFA database) (International Resource Panel (IRP), 2019, p. 76)



International Resource Panel (IRP). (2019). Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. [Lien](#).



## 1.3. Intensité "métallique" croissante et absence de découplage

### 1.3.1. Rappels généraux sur l'intensité matérielle et le découplage



00:13:57



▪ De façon très schématique, le concept de découplage est associé à un principe, selon lequel il était espéré que le développement matériel des états croisse de façon importante jusqu'à atteindre une certaine forme de saturation, à partir de laquelle la consommation métallique aurait décliné, lorsque les besoins nécessaires auraient été "comblés" (par exemple en infrastructures, en transports, en infrastructures d'énergie, etc.).

▪ La croissance économique dépend intrinsèquement des ressources, et en particulier des ressources métalliques. Autrement dit, on espérait qu'avec le temps, la croissance économique (croissance du PIB) se poursuive tout en ayant de moins en moins besoin de ressources, en particulier de matières premières minérales. Il s'agissait des grandes aspirations du découplage.

▪ **The most widely used measure of dematerialisation is intensity-of-use. The intensity-of-use of a material (IU) is defined as the ratio of the quantity of materials used to the quantity of value added, which in economic terms is gross domestic product (GDP).** [...] Intensity-of-use is usually expressed on a per capita basis. [...] The pioneering work on dematerialisation was done by Malenbaum (1978), who examined the intensity-of-use of 10 major metals and ores for 1950-75 for 10 regions. ([Rankin, 2011, p. 322](#))

▪ **The intensity of use hypothesis states that there is an inverted U-shaped relationship between the amount of a material used per unit of output, or its intensity of use, and the level of economic development, as reflected in gross domestic product (GDP) per capita.** The existence of such a relationship was first suggested by Wilfred Malenbaum in the context of steel demand. At the early stages of economic growth when per capita income levels are low, material requirements are also low, for such economies are based largely on unmechanized agriculture. As industrialization occurs, manufacturing, construction, and other material-intensive activities expand. As development continues, however, the need for houses, factories, roads, automobiles, and machinery gradually is satisfied, and consumer demand increasingly shifts toward services. **The service sector, it is argued, is less material-intensive than the manufacturing and construction sectors, so this shift in consumer demand leads first to a slowing and eventually to a reversal in the upward rise in intensity of metal use as per capita income advances.** The hypothesis is widely used both as an explanation of trends in materials consumption over time and as a predictive tool. It has been tested on a range of metals over different time periods with a variety of statistical techniques. Nearly all these published studies look at trends in the intensity of first use of individual metals in a variety of developed countries from the 1970s onwards. It would be invidious to single out any one study, but this paper argues that the **underlying foundations of data on which most are based are inherently weak.** No matter how statistically significant relationships may appear, their economic significance may be poor. They cover too short a time span, ignore important structural changes in trading relationships of recent decades and **first use may be a poor guide to true usage within an economy for a variety of reason.** ([Crowson, 2017, p. 62](#))

▪ **Minerals are particularly crucial** natural resources as they form the basis for industrialization - **the epitome of economic development.** ([International Resource Panel \(IRP\), 2020, p. 37](#))

▪ **Sous-tendant l'idée de dématérialisation se trouve la notion de découplage, qui renvoie à la possibilité – réelle ou illusoire – de pouvoir rendre "compatibles" une croissance économique ininterrompue, d'une part, et d'autre part la réduction de ses impacts environnementaux délétères, et notamment des flux nets de matière et d'énergie qu'elle implique.** La littérature sur le sujet est extrêmement vaste ; on y distingue habituellement entre une modalité "relative" du découplage et une modalité "absolue". Dans le découplage relatif, on réduit l'intensité ressourcielle de chaque unité produite mais l'impact total de la croissance, certes atténué, n'en reste pas moins croissant. Un découplage absolu, quant à lui, signifierait que l'on serait parvenu à réduire l'impact global de la production alors même qu'elle continuerait globalement d'augmenter. ([Arnsperger & Bourg, 2016, p. 94](#))

▪ Rankin, W. J. (2011). Minerals, metals and sustainability: meeting future material needs. *CSIRO publishing*.

▪ Crowson, P. (2017). Intensity of use reexamined. *Mineral Economics*, 31(1), 61-70. [Lien](#).

▪ International Resource Panel (IRP). (2020). Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing Extractive Industries towards Sustainable Development. *United Nations Environment Programme*. [Lien](#).

▪ Arnsperger, C., & Bourg, D. (2016). Vers une économie authentiquement circulaire : Réflexions sur les fondements d'un indicateur de circularité. *Revue de l'OFCE*, 145(1), 91-125. [Lien](#).



### 1.3.2. Absence de découplage et intensité minérale et métallique croissante



00:13:30 (introduction sur l'absence de découplage)  
00:15:12 (sur l'intensité matérielle croissante)



▪ On se rend compte que l'on n'a pas réussi à atteindre le découplage.  
▪ Non seulement le découplage ne s'est pas produit, mais on constate au contraire une intensité matérielle croissante **\*depuis quelques années (non précisé durant l'entretien)**. Comme le souligne une publication de l'UNEP de 2020, malgré les efforts faits pour essayer d'atteindre un découplage, l'inverse est observé : on constate une intensité matérielle croissante, c'est-à-dire que plus le temps avance, plus on a besoin de ressources pour créer un point de PIB (soit exactement l'inverse de ce qui était souhaité). La même publication de l'UNEP précise d'ailleurs que l'on constate que la croissance de la production minière va plus vite que la croissance économique (en lien avec une intensité matérielle croissante).



▪ GDP is strongly correlated with resource consumption and its impacts - as GDP grows, the global economy churns through more energy, resources and waste each year - and this looks likely to remain the case. The European Environment Agency acknowledged this in early 2021. The EU has claimed to have achieved **relative decoupling (i.e. increased the use of natural resources at a slower rate than economic growth)**, but based on DMC being used to measure material consumption rather than RMC. **When material footprint, or RMC, is used, no decoupling has been seen.** (Bolger, et al., 2021, p. 11)

[...] il n'existe **aucun signe de découplage absolu** (1) entre croissance économique et prélèvements en métaux [...] (1) **Même le découplage relatif connaît un ralentissement conséquent depuis 20 ans.** (Fizaine, 2014, p. 296)

▪ **Malgré d'énormes efforts pour dissocier la croissance économique de l'utilisation des ressources, l'extraction des ressources minérales a nettement augmenté ces dernières décennies. Au cours de la dernière décennie, cette augmentation s'est faite à un rythme plus rapide que la croissance économique.** (United Nations Environment Programme (UNEP), 2020)



▪ Bolger, M., Marin, D., Tofighi-Niaki, A., & Seelmann, L. (2021). Green mining is a myth: The case for cutting EU resource consumption. *European Environmental Bureau & Friends of the Earth Europe*. [Lien](#).  
▪ Fizaine, F. (2014). Analyses de la disponibilité économique des métaux rares dans le cadre de la transition énergétique. *Économies et finances, Université de Bourgogne*. [Lien](#).  
▪ United Nations Environment Programme (UNEP). (19/02/2020). Les entreprises du secteur des minéraux et des métaux peuvent contribuer à atteindre le programme de développement durable à l'horizon 2030. [Lien](#).



▪ So far there is no evidence that growth of global materials use is slowing down or might eventually decline and our results indicate **that an increase in material productivity is a general feature of economic development.** (Krausmann, et al., 2009, p. 2696)



▪ Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Haberl, H., & Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological economics*, 68(10), 2696-2705. [Lien](#).



00:16:25



Parallèlement, si l'on se réfère aux travaux de (Christmann & Jégourel, 2020), il est constaté que la croissance de la production de matières premières minérales est plus importante que la croissance démographique.



**La croissance de la demande, et donc de la production de matières premières minérales, plus rapide que la croissance démographique mondiale, souligne l'intensité matérielle rapidement croissante de l'économie mondiale, cette croissance ayant lieu essentiellement dans les pays les plus développés**, dont le stock per capita en métaux usuels (acier, acier inoxydable, aluminium, cuivre, fer, plomb, zinc...) est d'un ordre de grandeur 10 fois supérieur à celui observé dans les pays les moins développés. (Christmann & Jégourel, 2020, p. 7)



Christmann, P., & Jégourel, Y. (2020). De la structuration des chaînes de valeur aux mécanismes de formation des prix : une analyse englobante des marchés des métaux de base. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* (99), 6-18. [Lien](#).



00:16:40



On est au maximum de ce que l'on peut faire en termes d'intensité matérielle. Or, l'UNEP (2020) précise que ce phénomène s'intensifiera. Plus le temps avancera, plus une grande quantité de matières premières minérales sera nécessaire pour créer un point de PIB, schématiquement.

- **The conclusion is both overwhelmingly clear and sobering:** not only is there no empirical evidence supporting the existence of a decoupling of economic growth from environmental pressures on anywhere near the scale needed to deal with environmental breakdown, but also, and perhaps more importantly, **such decoupling appears unlikely to happen in the future.** (Parrique, et al., 2019, p. 3)



- **The material intensity of the world economy has been increasing for the past decade, driven by the great acceleration that has occurred since the year 2000. Globally, more material per unit of GDP is now required.** Production has shifted from very material-efficient countries to countries that have low material efficiency, resulting in an overall decline in material efficiency. Countries earn a material efficiency dividend as their economies mature and most countries of the world have improved their material productivity over time, i.e. they use less material per unit of GDP. Most countries have followed this path over the past four decades with the exception of a number of resource-exporting countries whose material intensity has been stable. Despite this, global material productivity has declined since about the year 2000 and **the global economy now needs more materials per unit of GDP than it did at the turn of the century.** What may seem counter-intuitive has been caused by a large shift of economic activity from very material-efficient economies such as Japan, the Republic of Korea and Europe to the much less material-efficient economies of China, India and Southeast Asia. **This has resulted in growing environmental pressure per unit of economic activity and works against the hypothesis of decoupling – achieving more with less – which is so important to the success of global sustainability. Additional effort around public policy and financing will be required to improve the efficiency of material use substantially over the coming decades.** (United Nations Environment Programme (UNEP), 2016, p. 16)

- Malgré d'énormes efforts pour dissocier la croissance économique de l'utilisation des ressources, l'extraction des ressources minérales a nettement augmenté ces dernières décennies. Au cours de la dernière décennie, cette augmentation s'est faite à un rythme plus rapide que la croissance économique. **Cette tendance devrait s'accroître régulièrement à l'avenir, alors que nous nous efforçons de répondre aux besoins en ressources minérales d'une population mondiale croissante** qui devrait atteindre 8,5 milliards en 2030, 9,8 milliards en 2050 et 11,2 milliards à la fin du siècle. (United Nations Environment Programme (UNEP), 2020)



- Parrique, T., Barth, J., Briens, F., Kuokkanen, A., & Spangenberg, J. H. (2019). Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. *European Environmental Bureau*. [Lien](#).
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2016). Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel. H. Schandl, M. Fischer-Kowalski, J. West, S. Giljum, M. Dittrich, N. Eisenmenger, A. Geschke, [...], and T. Fishman. [Lien](#).
- United Nations Environment Programme (UNEP). (19/02/2020). Les entreprises du secteur des minéraux et des métaux peuvent contribuer à atteindre le programme de développement durable à l'horizon 2030. [Lien](#).

## 1.4. Enjeux associés à une explosion de la demande métallique

### 1.4.1. Démultiplication des impacts associés à l'exploitation minière



00:17:06  
00:17:53



▪ Il y a déjà une croissance exponentielle (de la production minière et métallique), à laquelle s'ajoutent les tendances à une intensité matérielle croissante. Et, depuis 2020, s'ajoutent en plus les plans de transition.

▪ Derrière les plans de transition énergétiques aujourd'hui annoncés, il y a des réalités matérielles gigantesques. Dans un contexte qui était déjà contraint, il ne suffisait pas simplement d'annoncer "transition oblige". Il aurait déjà fallu agir en réduisant (la consommation métallique) avant même de parler de plans de transition.



00:28:33



Quand bien même l'énergie serait disponible et illimitée, quand bien même il n'y aurait pas d'impacts miniers, ces scénarios sont extrêmement ambitieux en termes de faisabilité technique pour produire la quantité de matières premières minérales nécessaires à ces scénarios (de transition). Il y a une obligation morale d'alerter sur les conséquences de ces scénarios, sur les implications sanitaires, environnementales, humaines, sociales, et autres bouleversements majeurs. SystExt a pu le démontrer dans un rapport en novembre 2021, la plupart des très importants sites d'exploitation ne sont pas en maîtrise de leurs impacts. Une multiplication de la production telle qu'annoncée aurait donc nécessairement des conséquences gravissimes.



Les nombreuses associations nationales et locales qui travaillent dans le monde entier sur les questions minières s'inquiètent au contraire de l'aggravation des impacts humains, sanitaires, environnementaux et sociaux ; tendance corroborée par le monde académique, qui multiplie les travaux de recherche sur la question. **Dans le premier volet de l'étude, SystExt a souhaité alerter les citoyens sur l'écart grandissant entre cette communication et les réalités humaines et environnementales.** Pour ce faire, l'association a retenu quatre sujets : (1) Caractère prédateur et dangereux ; (2) Techniques minières ; (3) Déversements volontaires en milieux aquatiques ; (4) Anciens sites miniers. [...] **Le Volet 1 de l'étude a permis de démontrer que l'industrie minière repose sur un modèle intrinsèquement insoutenable. Il met également en évidence que, dans un contexte de diminution des teneurs et de raréfaction des gisements "facilement" exploitables, ce modèle sera inévitablement à l'origine d'une augmentation exponentielle de la consommation d'eau et d'énergie, ainsi que des impacts environnementaux et sociaux.** (SystExt)



▪ SystExt. (dernière mise à jour le 31/03/2023). Projet d'étude Controverses minières. [Lien](#).

▪ SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux · Techniques minières · Déversements volontaires en milieux aquatiques · Anciens sites miniers. [Lien](#).



00:56:39  
00:58:20



▪ (Sonter, et al., 2020) étudient les anciens sites miniers, les sites en cours exploitation, et les projets. L'emprise de ces sites à l'échelle mondiale est de **\*50 millions de km<sup>2</sup> (non 55 000 km<sup>2</sup>)**. Dans cette publication, une distinction est faite entre les mines où sont extraites des substances dites "critiques" (c'est-à-dire principalement ciblées par les plans de transition cités précédemment), celles où les ces substances ne sont pas extraites et celles où les deux types sont extraits. La publication montre que l'emprise sur les zones naturelles, principalement des zones protégées et les zones de forêts et forêts primaires est très importante, notamment liée aux projets que l'on envisage de développer pour assurer la transition.

▪ Les auteurs concluent que les conséquences des activités minières menées pour le compte de ladite "transition énergétique" pourraient dépasser les impacts que l'on a souhaité éviter avec la mise en place desdits dispositifs. Autrement dit, les impacts que l'on souhaite éviter par le recours aux plans de transition énergétique (schématiquement, il faut mettre en place des dispositifs de la transition énergétique pour réduire les émissions de gaz à effet et éviter les impacts environnementaux majeurs associés), pourraient être dépassés par les impacts associés [à la production, l'utilisation et la gestion] des dispositifs de la transition énergétique, du fait des matières premières minérales associées.



- Mining potentially influences 50 million km<sup>2</sup> of Earth's land surface, **with 8% coinciding with Protected Areas, 7% with Key Biodiversity Areas, and 16% with Remaining Wilderness.** (Sonter, et al., 2020, p 1)
- Here, we map the global extent of areas potentially influenced by mining, according to 62,381 **pre-operational, operational, and closed mining properties** that target 40 commodities. [...] Global extent and composition of mining areas. **Mining potentially influences 49.9 million km<sup>2</sup> of Earth's terrestrial land area** (37%, excluding Antarctica), assuming impacts extend 50 km from mine sites - an enormous spatial footprint not specifically factored into global biodiversity threat maps or conservation plans. **Most mining areas (82%) target materials critical for renewable energy production. Critical mining areas contain five times more mines and target three times more commodities than other mining areas do.** (Sonter, et al., 2020, p. 2)
- We discovered a greater proportion of pre-operational mines targeting materials needed for renewable energy production (83.9%) compared to operational mines targeting these materials (72.8%), and that pre-operational mining areas targeting the materials critical for renewables also seem more dense than those targeting other materials (3.2 vs. 2.7). **Increasing the extent and density of mining areas will obviously cause additional threats to biodiversity, and our analysis reveals that a greater proportion of mines targeting materials for renewable energy production may further exacerbate threats to biodiversity in some areas** (here demonstrated by their increased mining density within Key Biodiversity Areas and Remaining Wilderness at the global scale). **Careful strategic planning is urgently required to ensure that mining threats to biodiversity caused by renewable energy production do not surpass the threats averted by climate change mitigation and any effort to slow fossil fuel extraction and use.** Habitat loss and degradation currently threaten >80% of endangered species, while climate change directly affects 20%. While we cannot yet quantify potential habitat losses associated with future mining for renewable energies (and compare this to any reduced risks of averting climate change), our results illustrate that associated habitat loss could be a major issue. (Sonter, et al., 2020, p. 4)
- **Mining threats to biodiversity will increase as more mines target materials for renewable energy production and, without strategic planning, these new threats to biodiversity may surpass those averted by climate change mitigation.** (Sonter, et al., 2020, p. 1)

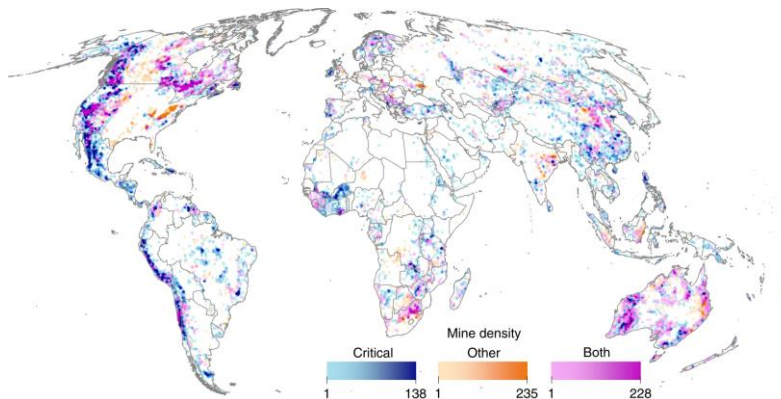


Fig. 1 Global mining areas and their density. Mining areas were mapped using a 50-cell radius around 62,381 pre-operational, operational, and closed mining properties. Mining areas with properties targeting materials critical for renewable energy technology and infrastructure are shown in blue, areas with properties targeting other materials are shown in orange, and those targeting both commodity types are shown in pink. Color shading (light to dark) indicates the density of mining areas - i.e. the number of mining properties within a 50-cell radius of each 1 km cell. (Sonter, et al., 2020, p. 2)



Sonter, L. J., Dade, M. C., Watson, J. E., & Valenta, R. V. (2020). Renewable energy production will exacerbate mining threats to biodiversity. *Nature Communications*, 11, 1-6. [Lien](#)



**Driven by the growing global demand for raw materials, mineral extraction has expanded particularly into biodiversity-rich ecosystems in the past two decades, and demand trends are projected to further increase.** Mining can cause a wide range of adverse impacts during mining operation and after closure, e.g. fragmenting the landscape and polluting soils and water with effects on human settlements, agriculture plantations, and natural ecosystems. Mapping the global mining areas is increasingly important for **quantifying pressures of mineral extraction on biodiversity, land-use modelling, estimating the impacts of global supply chains and sustainable resource use, for risk assessments of major environmental disasters on mining areas, and planning and reinforcing mine reclamation.** (Maus, et al., 2022, p. 1)



Maus, V., Giljum, S., da Silva, D. M., Gutschlhofer, J., da Rosa, R. P., Luckeneder, S., ... & McCallum, I. (2022). An update on global mining land use. *Scientific data*, 9(1), 433. [Lien](#).



## 1.4.2. Limites et contraintes dans l'augmentation de l'offre primaire

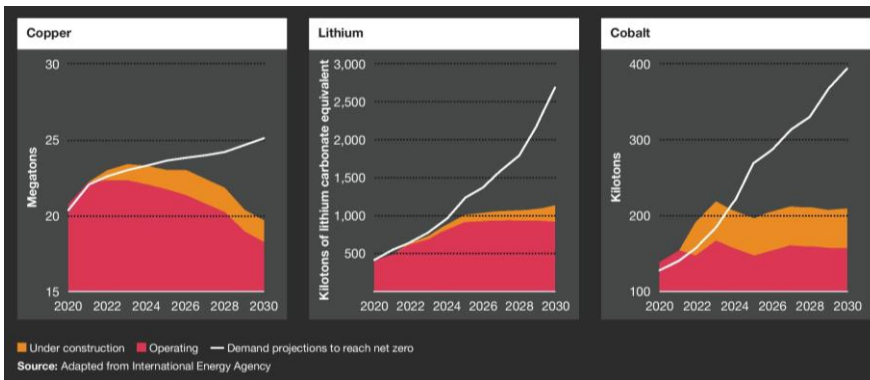


00:23:12



Une étude de PwC de 2022 alertait quant à la difficulté de réalisation des augmentations de production minière, au volume d'investissements nécessaires et à la durée de mise en exploitation.

Le marché des matériaux miniers subit des transformations fondamentales. En effet, la transition énergétique et la course vers l'objectif net zéro créent une **flambée de la demande de "minéraux essentiels"**, soit les matières premières requises pour produire de l'énergie à faibles émissions, dont le lithium, le nickel, le cobalt et le graphite pour le stockage de l'énergie, le cuivre et l'aluminium pour le transport de l'énergie, ainsi que le silicium, l'uranium et les terres rares pour la production des énergies solaire, éolienne et nucléaire. **Pour ces minéraux, l'offre pourra difficilement répondre à la demande à court terme. De plus, ces minéraux essentiels font l'objet d'un sous-investissement considérable, ce qui exacerbera le déséquilibre entre l'offre et la demande à court et moyen terme.** Or, le monde ne pourra atteindre ses objectifs net zéro que si l'industrie minière arrive à accroître substantiellement sa production. Les 40 principales [entreprises] minières doivent donc **se concentrer sur un impératif stratégique : réaliser des investissements importants dans l'exploration, la production, le traitement et le raffinage** de façon responsable et durable. (PwC, 2022, p. 6)



▪ Committed mine production and primary demand (2020-30)  
(PwC, 2022, p. 10)



PwC (2022). Mine 2022. A critical transition. [Lien](#).



▪ With the aim of investigating **the ability of the mining industry to keep up with strong demand forecasts for the battery metals nickel and cobalt**, we compiled an up-to-date database of the state of the industry for these metals in 2019. This database lists 289 active mines, construction and development projects, feasibility-stage projects, and projects under advanced exploration. [...] Our analysis shows that **most demand scenarios, especially those designed to meet the climate goals of the Paris Agreement, are close to, or more extreme than, a utopian 'limiting supply growth case'**, which assumes a 100% success rate for all advanced exploration and development projects within the median timeframe for mine development, i.e. by 2032. This observation indicates that **the existing pipeline for new, land-based mines alone will likely not be able to deliver primary supply needed to balance these demand forecasts**. Given the modest contribution of recycling, substitution, and production from other secondary sources (e.g. mine tailings) in the near term (i.e. by 2030), the demand forecasts require large additional supply from expansion of existing mining operations and from valorisation of marine nickel and cobalt resources. (Heijlen, et al., 2021, pp. 13-14)

▪ The transition to a net-zero economy will be metal-intensive. As the move toward cleaner technologies progresses, the metals and mining sector will be put to the test: it will need to provide the vast quantities of raw materials required for the energy transition. Because metals and mining is a long lead-time, highly capital-intensive sector, **price fly-ups and bottlenecks will be unavoidable as demand outstrips supply and price volatility creates uncertainty around the large up-front capital investments needed for production**. (Azevedo, et al., 2022, p. 2)



▪ Heijlen, W., Franceschi, G., Duhayon, C., & Van Nijen, K. (2021). Assessing the adequacy of the global land-based mine development pipeline in the light of future high-demand scenarios: The case of the battery-metals nickel (Ni) and cobalt (Co). *Resources Policy*, 73, 102202. [Lien](#).

▪ Azevedo, M., Baczynska, M., Bingoto, P., Callaway, G., Hoffman, K., & Ramsbottom, O. (10/01/2022). The raw-materials challenge: How the metals and mining sector will be at the core of enabling the energy transition. *McKinsey & Company*. [Lien](#).



Les applications d'innovations technologiques peuvent rapidement connaître le succès sur les marchés mondiaux. Cela se traduit par une croissance élevée de la production des métaux, **un défi pour l'industrie minière, car il faut trouver et mettre en production de plus en plus de gisements**. Cela nécessite des **investissements importants tant en recherche minière** (20 milliards de dollars en 2012, un record historique) **que pour la mise en exploitation de nouveaux gisements** (un investissement qui a été de 250 milliards de dollars en 2012). (Christmann, 2016, pp. 13-14)



Christmann, P. (2016). Développement économique et croissance des usages des métaux. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 82, 8-15. [Lien](#).



00:23:30 (pour l'introduction)  
00:25:07 (pour les dernières phases)



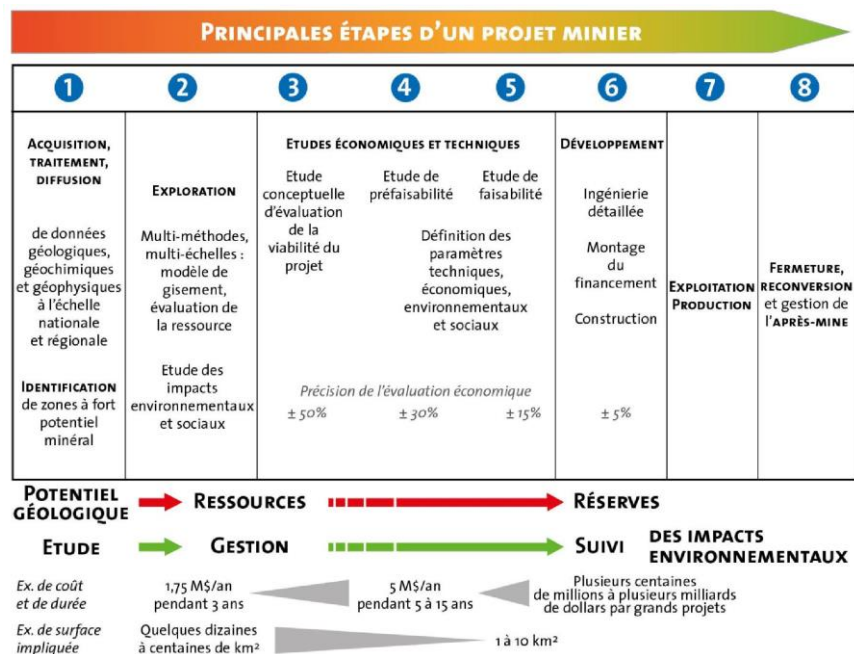
- Processus longs avant la mise en exploitation effective d'un gisement.
- Longues et nombreuses étapes préalables à la mise en exploitation d'une mine : découverte du gisement ; exploration afin de reconnaître l'amas minéralisé ; réalisation des études, telles que les études de pré-faisabilité et de faisabilité ; phase d'obtention des autorisations ; phase de construction avant même la mise en exploitation : construction, aménagement du site et installation des bases-vie ; aménagement des infrastructures nécessaires au fonctionnement du site (infrastructures électriques et ferroviaires, notamment).

- Les [entreprises] minières sont confrontées à des défis provenant de plusieurs fronts. Les prix des minéraux essentiels sont sujets à la volatilité. **Les nouveaux projets prennent du temps à être autorisés, financés et construits**. Les gisements rentables sont en voie d'épuisement. (PwC, 2022, p. 6)

- Development timelines. **For new projects, the process** of exploration, permitting, financing, construction and commissioning **can take more than ten years**. Miners and investors aren't allocating capital at the level needed to keep up with the projected demand. (PwC, 2022, p. 10)



▪ Figure 2 : Les principales étapes d'un projet minier. Les coûts, durées et surfaces pour chacune des étapes sont données à titre indicatif et peuvent fortement varier d'un projet à l'autre. (Galín, et al., 2017, p. 9)



- PwC (2022). Mine 2022. A critical transition. [Lien](#).
- Galin R., Urien P., Charles N., Bailly L. (2017). Projet minier et parties-prenantes. *Collection "La mine en France"*. Tome 3. [Lien](#).



00:25:55



Il est connu que les temps de "mise en service" d'une mine diminuent, mais un ordre de grandeur raisonnable, entre le début de l'exploration du gisement et le début de l'exploitation, serait probablement d'une quinzaine d'années.

- To meet this anticipated increase in demand, supplies from producer countries such as Canada will have to increase by 2050. **Considering that the time needed to develop a mine is between 10 and 20 years**, a major effort will be required over the short, medium and long terms to support exploration, deposit appraisal and mineral extraction, without forgetting recycling and optimal use. ([Gouvernement du Québec, 2020, p. 2](#))

- The size of the future anticipated mine production is estimated from the size of the resources of current advanced exploration and development projects using the resources-versus-production relationship that exists for operating mines today. A review of historical lead times for nickel mine development in the timeframes 1960-1979, 1980-1999 and 2000-2020, based on 67 mines of different sizes, types, and global locations, indicate that **the time elapsed between the start of the last successful exploration campaign and the beginning of commercial mine production** (the so-called "lead time III") **has significantly increased during the last two decades, as shown by a shift in the median from 8 to 12 years**. While timeframes for fund raising and construction of mining projects (here defined as the 'development lead time') have remained largely constant (median of 4 years), demonstrating **the feasibility of a project ('feasibility lead time') has apparently become more timeconsuming**. ([Heijlen, et al., 2021, p. 1](#))



- [...], the question it comes down to is **to what extent, and within which timeframe, this mining potential can be realistically converted into mining production**. The technical and economic feasibility of the extraction of identified resources are key open questions. **On top of this, lengthy and complex permitting procedures still represent a major constraint for upscaling mining capacity in the EU. Today, the time horizon for a mining project to set off in the EU is typically between 10 to 15 years**, which per se excludes any substantial contribution of new EU mining production for meeting increasing EU raw materials requirements by 2030. Although the space for EU intervention in this context is rather limited (mining regulations largely fall within member state competences), **the CRMs Act regulation proposal aims to address this via the implementation of strategic projects**, i.e. raw materials extraction (or recycling) projects that – provided they meet certain criteria in terms of expected contribution, technical feasibility and sustainability – **can be considered as of "overriding public interest" and therefore benefit from streamlined permitting and facilitated access to finance**. Under such a framework, **strategic projects would have to receive a permit within two years**. This provision has received mixed responses from different stakeholders; while some consider it to be a step in the right direction, others argue that the current timeframe will not be realistic, and risk weakening social and environmental safeguards [...]. ([Righetti & Rizos, 2023, p. 71](#))



- Gouvernement du Québec. (2020). Critical and strategic minerals. Québec Plan for the Development of Critical and Strategic Minerals 2020-2025. [Lien](#).

- Heijlen, W., Franceschi, G., Duhayon, C., & Van Nijen, K. (2021). Assessing the adequacy of the global land-based mine development pipeline in the light of future high-demand scenarios: The case of the battery-metals nickel (Ni) and cobalt (Co). *Resources Policy*, 73, 102202. [Lien](#).

- Righetti, E., & Rizos, V. (2023). The EU's Quest for Strategic Raw Materials: What Role for Mining and Recycling?. *Intereconomics*, 58(2), 69-73. [Lien](#).



00:24:30



Plus le temps avancera, plus les États risquent d'être vigilants quant à la conduite des études environnementales et sociales. Il est attendu – ou au moins cela serait légitime – que les délais d'attribution et les délais d'instruction soient de plus en plus longs et que la réglementation soit de plus en plus contraignante.



The new generation of miners is highly aware of the industry's **rapidly changing operating environment**. Governments, investors, customers, employees, suppliers and local communities are demanding that operators meet higher standards. **Governments in particular are taking on more activist roles** to set higher ESG standards for operations, secure supply chains for critical minerals and manage increasing geopolitical risks. [...] **This more assertive regulatory posture comes on top of other factors that are changing the operating environment for the mining industry.** (PwC, 2022, p. 13)



PwC (2022). Mine 2022. A critical transition. [Lien](#).



▪ [Cas de l'Australie] In recent years, there has been a **growing trend of both state and federal governments introducing complex pieces of legislation, policies and mechanisms, including increases to penalties**, to regulate industry sectors and activities that have the potential to adversely affect the environment. [...] These regulatory measures are under constant review and scrutiny from policymakers and are subject to change. **Changes in government regulations in Australia that increase restrictions over the use of land for mining could affect the time and costs associated with obtaining approvals.** [...] There is some concern as to **how the recently observed increase in regulation will affect the risk appetite for institutional investors**. It is also becoming increasingly difficult for coal miners, in particular, to attract finance from traditional sources, as financial institutions set their own ESG and climate change targets. [...] **Companies can expect to face significant enforcement action from regulatory authorities if they are unable to substantiate their “green” claims.** In this respect, companies operating in the mining sector will need to be especially cautious in balancing their desire to implement and communicate to shareholders, the market, stakeholders and the industry broadly their decarbonisation and net zero targets and other green claims against the need to ensure they have reasonable grounds for those statements in accordance with guidance provided (and likely to continue being updated) by the corporate regulators. (Blakiston, et al., 2023)



Blakiston, M., McKenna, M., Boyd C., & Marchesi, C. (07/03/2023). Mining in Australia 2023. *Gilbert + Tobin*. [Lien](#).



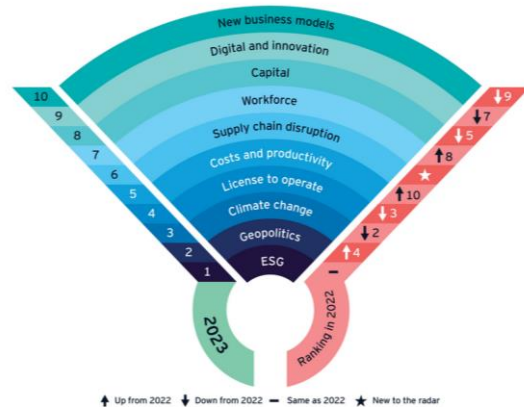
01:48:48



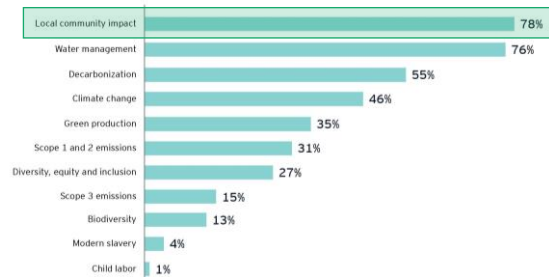
Les exploitants miniers prévoient que cela sera de plus en plus compliqué d'ouvrir de nouveaux sites miniers. L'une des explications réside dans la pression des populations autochtones et locales, mais aussi celle des États. Bien sûr, les États, en général, viennent en soutien de l'industrie minière et des projets miniers, quels que soient les pays du monde. Cependant, on peut s'attendre à ce qu'à défaut d'abandon de projets, l'ouverture de sites miniers soit subordonnée à des clauses ou des critères de mise en exploitation plus contraignants.

▪ The past 12 months have witnessed huge upheaval and change. War in Ukraine, climatic events, new governments in key mining regions and shifting relationships in others are all impacting the world's mining and metals companies. **These external factors will continue to drive a shifting of the sector's risks and opportunities as stakeholder and capital market pressure hold miners accountable on multiple fronts.** It's not surprising that this report's top risks and opportunities are ESG, geopolitics and climate change. (EY, 2022, p. 4)

Image ci-contre tirée de (Mitchell, 2022)

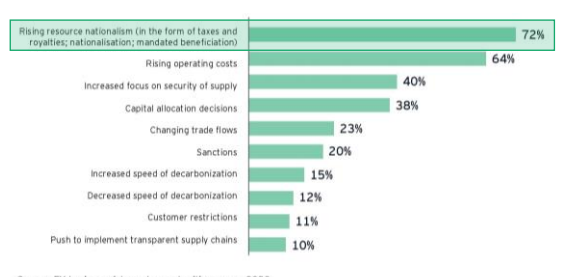


▪ Which are the top ESG issues that the metals and mining sector will face the most scrutiny on from investors? Respondents could choose more than one option. (EY, 2022, p. 8)



Source: EY Knowledge analysis of the business risks and opportunities survey 2023.

▪ How do you think the current geopolitical uncertainty will impact your operations? (Respondents could choose more than one answer) (EY, 2022, p. 14)



Source: EY business risks and opportunities survey 2023

▪ **New governments in Australia, the US, Chile and Peru bring new policies impacting the sector. In the US and Australia, governments have made sustainability and climate change key issues,** in particular making or foreshadowing laws that affect coal miners and prioritize greener minerals and metals. **Over the next year, several important meetings and government changes are expected to impact the sector.** In October 2022, the National Congress of the Communist Party of China will likely see Xi Jinping extend his term in power and address unbalanced development. China is also planning measures to boost economic growth after COVID-19, slowdown in the property market and power shortages. In Colombia, President Gustavo Petro has outlined plans to phase out coal production while boosting renewable power. **And with Brazilian elections scheduled in October 2022, mining companies are lobbying for legal stability around regulations and taxes.** (EY, 2022, p. 14)



▪ EY (Ernst & Young). (2022). Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2023. [Lien.](#)  
 ▪ Mitchell, P. (26/09/2022). Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2023. EY (Ernst & Young). [Lien.](#)



### 1.4.3. Situation de l'industrie minière en Europe et à l'international



01:51:34



La question de l'exploitation du lithium en France est à relier à une problématique plus générale, à savoir le boom minier que l'on observe en Europe, et partout dans le monde. Concernant l'Europe, [on observe ce phénomène] dans de nombreux pays, comme par exemple : la Serbie pour du lithium et d'autres métaux, l'Andalousie où les projets se multiplient pour du cuivre, du fer, du zinc, etc. ou encore la Suède, très grand pays minier européen, qui fait lui aussi l'objet de nombreuses convoitises.

- **Over the course of less than a decade northern Europe has experienced a major mining boom**, driven by record high mineral prices, followed by a rapid slowdown with several mines reducing operations and laying off staff and others closing or under threat of closure as ore prices have dropped back to more historically normal levels. Nevertheless, long-term global demand for minerals is unlikely to wane [...]. What then are the implications for mining in northern Europe? **Prices will continue to play a fundamental role.** However, several other factors will also be influential. The first of these is the **region's potential attractions for mining investment.** (Jürisoo & Nilsson, 2015, p. 6)

- **In the last few years we have started to observe how the mountains of Europe are being re-explored by the mining industry.** Across Europe, prospection for specific metals has re-started in the form of the **proliferation of permit requests or actual ground testing, together with the expansion of open pit and underground mines** [...]. This trend is added to the already developed structure of extractive industries affecting rural areas in Europe, mainly focused thus far on construction and industrial minerals [...]. At a time of conspicuous climate change, **Europe is embarking on the race for metal ores in its quest to increase self-sufficiency.** In this context, the current expansion of metal mineral mining across Europe, together with the established extraction of industrial and construction minerals, are prompting far-reaching changes in rural development. Contrary to former trends of rural development based on natural protection [...], this new wave of extractivism is sweeping European rural areas, scanning the land for critical minerals. (Del Mármol & Vaccaro, 2020, p. 42)

- About 300 enterprises are involved in metal ore mining across the EU, **with Sweden spearheading iron ore mining and countries such as Poland, Bulgaria, Finland, Sweden, Portugal, Austria, Ireland and Spain increasing its activities related to non-ferrous metal ores mining** [...]. The Raw Materials Scoreboard of 2017 [...] celebrates the opening of new mines in Europe since 2014: Bulgaria (lead) and Spain (copper), Italy, Finland or Romania. Its stand is clear, European potential for mining and mineral extraction is not fulfilled and the budget for exploration activities remains low, which is working against European development in terms of economic growth and jobs: **'The EU's Raw Materials Initiative and the European Innovation Partnership on Raw Materials aim to facilitate further improvements in domestic framework conditions for mining'**. (Del Mármol & Vaccaro, 2020, p. 44)

- **These recent developments in EU policy action suggest that upscaling mining and recycling capacity have been identified as primary avenues for boosting EU strategic autonomy in the raw materials sphere.** (Righetti, E., & Rizos, 2023, p. 70)

- **In the short term, the contribution of additional mining production in the EU will likely be limited.** This is largely due to long permitting processes, which together with other structural deficiencies – e.g. low public acceptance and difficulty in attracting investments – make it unrealistic that substantial capacity additions will happen before 2030, even with the new EU legal framework for raw materials in place. (Righetti, E., & Rizos, 2023, p. 73)

- Jürisoo, M., & Nilsson, A. E. (2015). The global context of mineral resources in northern Europe: geopolitical and sustainability dynamics. *Stockholm Environment Institute*. [Lien](#).

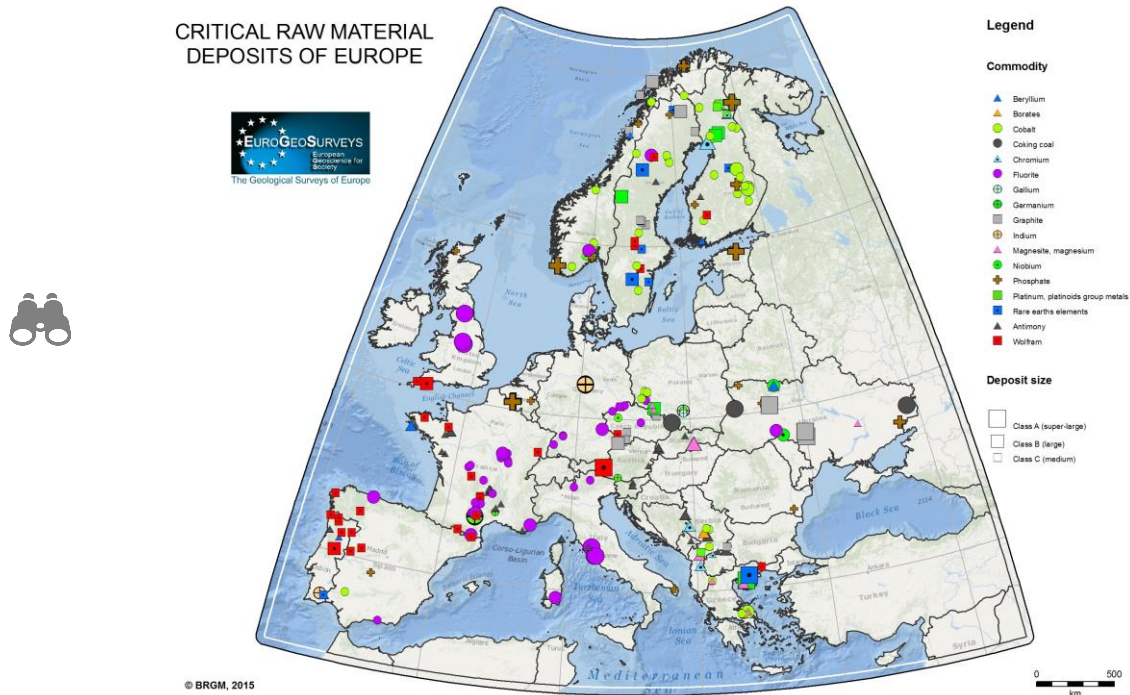
- Del Mármol, C., & Vaccaro, I. (2020). New extractivism in European rural areas: How twentieth first century mining returned to disturb the rural transition. *Geoforum*, 116, 42-49. [Lien](#).

- Righetti, E., & Rizos, V. (2023). The EU's Quest for Strategic Raw Materials: What Role for Mining and Recycling?. *Intereconomics*, 58(2), 69-73. [Lien](#).

- Custers, R., & Gelin, R. (2017). Relance minière en Europe. *Gresea échos* (92). [Lien](#).

- Bolger, M., Marin, D., Tofighi-Niaki, A., & Seelmann, L. (2021). Green mining' is a myth: The case for cutting EU resource consumption. *European Environmental Bureau & Friends of the Earth Europe*. [Lien](#).

Fig. 1. Synthetic overview of the map of critical raw material deposits in Europe. (Bertrand, et al., 2016, p. 49). Image haute résolution tirée de (EuroGeoSurveys, 2016).



- Bertrand, G., Cassard, D., Arvanitidis, N., Stanley, G., & EuroGeoSurvey Mineral Resources Expert Group. (2016). Map of critical raw material deposits in Europe. *Energy Procedia*, 97, 44-50. [Lien](#).
- EuroGeoSurveys. (14/04/2016). New map of critical raw materials in Europe. [Lien](#).



01:52:25



Le gisement de fer de Kiruna [en Suède] a récemment fait l'objet d'une annonce, concernant la découverte d'un important amas minéralisé à terres rares, situé à côté\* (non sous) du gisement ferrifère.



Today, following successful exploration, **LKAB are reporting mineral resources of rare earth metals exceeding one million tonnes of oxides – the largest known deposit of its kind in Europe.** “This is good news, not only for LKAB, the region and the Swedish people, but also for Europe and the climate. This is the largest known deposit of rare earth elements in our part of the world, and it could become a significant building block for producing the critical raw materials that are absolutely crucial to enable the green transition. We face a supply problem. Without mines, there can be no electric vehicles,” says Jan Moström, President and Group CEO, LKAB. (LKAB, 2023)



- LKAB (Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag). (12/01/2023). Europe's largest deposit of rare earth metals is located in the Kiruna area. [Lien](#).
- LKAB. (12/01/2023). Europas största fyndighet för sällsynta jordartsmetaller finns i Kiruna. [Lien](#). [vidéo de la conférence de presse, cartes et vues disponibles à ce lien].



01:53:35



Il existe effectivement un argumentaire selon lequel il faut relancer l'activité minière en France ou en Europe, en invoquant le fait que les pays dits "développés" ont profité de l'externalisation des impacts de la mine dans des pays, soit à faible gouvernance, soit avec des réglementations qui étaient beaucoup plus "laxistes"...

[Exemples de positionnements selon lesquels il faut relancer l'activité minière en Europe pour éviter l'externalisation des impacts miniers]



- L'importation de ressources métallifères pour nos technologies du XXI<sup>e</sup> siècle, dont certains avec une forte connotation "verte" ou "renouvelables", en provenance de pays lointains avec des règles environnementales d'exploitation laxistes ou inexistantes, est particulièrement paradoxale. Une solution ne serait-elle pas d'extraire nos métaux, par exemple dans certains terrils miniers riches en métaux critiques en Europe, de manières écoresponsables et respectueuses de l'environnement ? (Cugerone, et al., 2020)

- "I think that the way that we mine in Europe is probably ... one of the best ones in the world. But we don't get permitted to do mining," said Mikael Staffas, CEO and president of Swedish mining firm Boliden. He added that Europe "happily [imports] metals from other parts of the world" that mine with far lower environmental standards. But environmentalists and indigenous groups argue that the EU's nature protection rules are a necessary safeguard, and that destroying local biodiversity in a quest to secure materials to become climate neutral would be counterproductive. (Zimmermann, 2023)



- Cugerone, A., Cenki, B., & Olliot, E. (16/06/2020). Ces métaux qui viennent à manquer, un enjeu pour les sociétés de demain. *The Conversation*. [Lien](#).
- Zimmermann, A. (15/03/2023). Europe's green dilemma: Mining key minerals without destroying nature. *Politico*. [Lien](#).



01:54:20

01:55:27



- Est-ce que l'on sait où se passe l'activité minière, avant de dire "il ne faut que cela se passe dans ces pays-là" ? (Maus, et al., 2022) ont réalisé la première base de données des zones en exploitation minières à petite et à grande échelle, et à l'échelle internationale, publiée en Creative Commons 4.0.

- Ces chercheurs ont utilisé une base de données de S&P Global qui référence les sites miniers en exploitation à petite et à grande échelle par des points sur une carte du monde. À partir de ces points, ils ont réalisé un travail de reconnaissance à partir d'une analyse fine d'images satellitaires. Cette corrélation leur a permis de tracer un contour sous forme de polygone autour des zones en exploitation : mines à ciel ouvert, zones de dépôts de déchets, installations minières et ensemble des installations nécessaires au fonctionnement des sites miniers. Au terme de ce travail, ils aboutissent à 45 000 polygones pour une surface d'environ 102 000 km<sup>2</sup>. Pour mémoire, cela représente 1/5 de la surface de la France d'environ 550 000 km<sup>2</sup>. Ces données ne concernent ni les sites fermés, ni les sites en projet.



- We inspected all 34,820 coordinates reported in the **SNL database\***, substantially expanding the coverage compared to Version 1, which covered only 6,201 coordinates of mines reported **with the status "active" or having any reported production between 2000 and 2017 by SNL**. We inspected all SNL coordinates in the second version because several SNL locations with "inactive" status and no reported production have clear ongoing mining activities visible in satellite images. Therefore, inspecting all SNL coordinates independently from their reported status was critical to provide a **more comprehensive overview of the global mining land use**. This data update also improved the coverage of ASM [Artisanal and Small-Scale Mining] areas, which were almost absent from the first version because most ASM activities do not. (Maus, et al., 2022, p. 2)

- To make the visual interpretation of images viable on a global scale, **we limited the area of inspection to a 10 km buffer around the coordinates in the SNL database**. Based on our previous experience, this buffer size is sufficient to cover large mining sites expanding over several kilometres and also **takes into account the imprecision in the SNL coordinates that can be up to 3 km distant from the actual mining sites**. We mapped all mines identified inside or intersecting the buffers' borders, including areas that start inside the buffer and extend beyond its limits. **This protocol was adopted to make sure mines that extend over long distances would be well captured, e.g. ASM mining following deposits on rivers and streams.** (Maus, et al., 2022, p. 2)

▪ We defined mining areas as all land used by the mining sector **at any step in extraction and processing at the mining site**. Our mining areas also cover all **111 different commodities** reported in the SNL database, including primary and companion commodities [...]. This definition includes different ground features, such as **open cuts, tailings dams, waste rock dumps, water ponds, processing plants, and other infrastructure used in LSM and ASM activities**. (Maus, et al., 2022, p. 2)



▪ In the previous version, we used images from Google Earth imagery, Microsoft Bing Imagery and Sentinel-2 cloudless. [...]. For the update, we delineated the areas always using the 2019 Sentinel-2 cloudless mosaic, which provides homogeneous 10 m spatial resolution and a well-defined time frame for the entire globe. **All three satellite data sources were visually inspected using our open-source web application developed for this specific purpose**. (Maus, et al., 2022, p. 2)

▪ **The data update includes 44,929 polygon features covering 101,583 km<sup>2</sup> of large-scale mining (LSM) as well as artisanal and small-scale mining**. (Maus, et al., 2022, pp. 1-2)



▪ [Référence fournie par les auteurs] \* S&P Global Market Intelligence. (2018). SNL metals and mining database. [Lien](#)

▪ Maus, V., Giljum, S., da Silva, D. M., Gutschlhofer, J., da Rosa, R. P., Luckeneder, S., ... & McCallum, I. (2022). An update on global mining land use. *Scientific data*, 9(1), 433. [Lien](#).

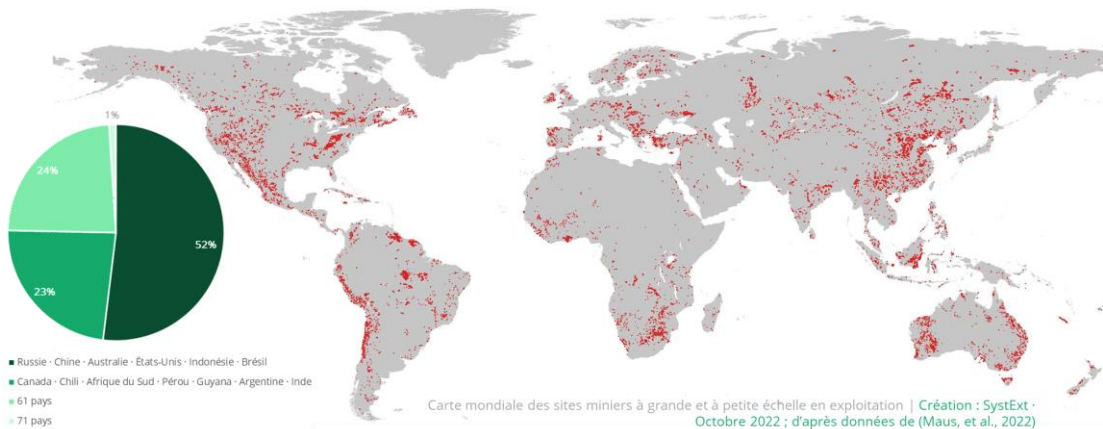


01:57:12



Statistiques obtenues en termes d'emprises des installations minières (dans l'ordre des surfaces obtenues par pays) : Russie, Chine, Australie, États-Unis, Indonésie, Brésil. Ces 6 pays représentent 52 % de la surface mondiale. Ensuite : Canada, Chili, Afrique du Sud, Pérou, Guyana, Argentine, Inde. Ces 7 pays représentent les 23 % suivants. Donc 75 % des emprises minières se situent dans 13 pays dont la plupart étant de pays dits "développés" et presque tous étant des grands pays industrialisés. Il reste ensuite 24 % dans 61 pays, et 1 % dans 71 pays. L'activité minière est donc très concentrée.

▪ Carte mondiale des sites miniers à grande et à petite échelle en exploitation | Création : SystExt - Octobre 2022 ; d'après données de (Maus, et al., 2022)



Country	km <sup>2</sup>	n
RUS	11,770.93	2,825
CHN	10,364.57	8,795
AUS	8,482.63	3,416
USA	8,188.54	3,899
IDN	8,020.15	1,448
BRA	5,915.79	2,427
CAN	5,087.56	2,828
CHL	4,562.65	697
ZAF	3,594.62	1,526
PER	3,539.54	852
GUY	2,388.75	456
ARG	2,301.00	334
IND	2,293.41	1,204

▪ [Extrait]

Table 2. Mining area in km<sup>2</sup> and the number of polygons (n) mapped per country. The countries are indicated by their respective ISO 3166-1 alpha-3 code. (Maus, et al., 2022, p. 8)



Maus, V., Giljum, S., da Silva, D. M., Gutschlhofer, J., da Rosa, R. P., Luckeneder, S., ... & McCallum, I. (2022). An update on global mining land use. *Scientific data*, 9(1), 433. [Lien](#).





01:59:41



Les questions économiques et sociales ont été traitées par un grand nombre d'auteurs : Bebbington, et al. ; Owen et Kemp ; Bebbington et Humphreys Bebbington, 2018 ; Campbell, \*2009 (non 2010) ; Campbell, 2013 ; Coumans, 2012 ; Hart et Coumans, 2014 ; etc. Il existe une très longue liste de publications qui remettent en cause le bienfait social et économique des projets miniers \*pour les territoires sur lesquels s'implante l'industrie minière (non précisé durant l'entretien).

[Liste des références citées dans l'ordre]

- Bebbington, A., Hinojosa, L., Humphreys Bebbington, D., Burneo, M. L., & Warnaars, X. (2008). Contention and Ambiguity: Mining and the Possibilities of Development. *Brooks World Poverty Institute (BWPI) Working Paper*, 57, 1-31. [Lien](#).
- Owen, J. R., & Kemp, D. (2013). Social licence and mining: A critical perspective. *Resources policy*, 38(1), 29-35. [Lien](#).
- Owen, J. R., & Kemp, D. (2015). Mining-induced displacement and resettlement: a critical appraisal. *Journal of Cleaner Production*, 87, 478-488. [Lien](#).
- Kemp, D., & Owen, J. R. (2022). Corporate social irresponsibility, hostile organisations and global resource extraction. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(5), 1816-1824. [Lien](#).
- Bebbington, A., & Humphreys Bebbington, D. (2018). Mining, movements and sustainable development: Concepts for a framework. *Sustainable Development*, 26(5), 441-449. [Lien](#).
- Campbell, B. (Ed.). (2009). Mining in Africa: Regulation and development. *IDRC*. [Lien](#).
- Campbell, B. (Ed.). (2013). Modes of governance and revenue flows in African mining. *Palgrave Macmillan*. [Lien](#).
- Coumans, C. (2012). Mining, human rights and the socially responsible investment industry: considering community opposition to shareholder resolutions and implications of collaboration. Dans *W. Cragg, Business and Human Rights (pp. 243-275)*. Edward Elgar Publishing. [Lien](#).
- Hart, R., & Coumans, C. (2014). Evolving Standards and Expectations for Responsible Mining, a Civil Society Perspective. Dans *N. Irina, & C. Stückelberger, Mining Ethics and Sustainability. Papers from the World Mining Congress 2013 (pp. 41-62)*. Globethics.net. [Lien](#).



02:01:27



Exemple des travaux de Coumans (2012) illustrant un cas d'appui des industriels par des investisseurs. Catherine Coumans a réalisé une importante étude sur la mine d'or de Marlin au Guatemala. Depuis le début, les populations locales ne voulaient pas de ce projet, mais les industriels miniers [canadiens] ont "forcé" pour que le projet se fasse. Des groupes multipartites composés d'industriels miniers et d'investisseurs dits "responsables" ont appuyé le maintien du projet, malgré un refus catégorique [des populations locales], un référendum et des alertes de la communauté internationale.

[Acronyme précisé par l'auteure : SRI group : Socially Responsible Investment firms and pension funds]

- Furthermore, the primary focus and the primary interlocutors of SRI firms are not communities-in-struggle against a mine, they are: (1) the corporations in which they hold shares; (2) investors in the SRI firm, in this case Canadians who want to make a return on their investment but also want to be assured that the money they have to invest does not contribute to environmental harm or abuse of human rights; and (3) other investors and organizations that may be willing to support a shareholder resolution, for example, through their votes. It is the interests of these stakeholder groups that shape shareholder proposals put forward by SRI firms. For these reasons, **when a mine project is one that community members are trying to stop from going ahead, or stop from continuing or expanding, it is highly unlikely that a shareholder resolution or any other engagement by an SRI with a company on that project will reflect and advance community goals.** [...] As an inherently voluntary relationship with significant power differential, **mining companies have considerable influence over the outcomes of these engagements. When a mining company is in conflict with a particular community, CSR engagements or partnerships with that company have considerable potential to negatively impact community members' right to self-determination, or agency, in their struggle to protect values of critical importance to them** [...]. (Coumans, 2012, p. 266)
- If a shareholder resolution calls for a company to undertake activities (such as a HRIA) that may directly affect a community's struggle, or requires community engagement, or will extract data from a community, this should not be done without the FPIC of the community. (Coumans, 2012, p. 266)





• **It is important that NEI and other SRIs recognize themselves as corporate actors that also have the capacity to negatively affect communities through their engagements.** The principle of FPIC should then also apply to their own interventions. Finally, SRI firms should avoid shareholder resolutions aimed at 'problem solving' or 'mitigating risk' at a project site if a significant segment of the community has expressed a clear opinion against a project. In other words, **SRI firms need to recognize that if a community conflict around a mine is focused on stopping operations from starting or continuing, it is unlikely that the SRI firm's resolution can be aligned with community objectives.** (Coumans, 2012, p. 267)



Coumans, C. (2012). Mining, human rights and the socially responsible investment industry: considering community opposition to shareholder resolutions and implications of collaboration. Dans *W. Cragg, Business and Human Rights* (pp. 243-275). Edward Elgar Publishing. [Lien](#).

#### 1.4.4. Conclusions de SystExt



02:00:38



On ne parle pas de l'industrie minière mais d'un modèle sur lequel repose l'industrie minière. Aujourd'hui, l'industrie minière telle qu'elle est menée et le modèle sur lequel elle repose conduisent à des externalités environnementales, sociales et humaines qui sont gravissimes et qui s'aggravent.



02:03:13  
02:05:27  
02:07:45



La problématique n'est pas de savoir si un représentant d'État a raison lorsqu'il promeut l'exploitation minière dans un pays, la question qu'il faut lui poser est "pourquoi ?". Il faut être beaucoup plus précis que "pour la transition énergétique", cette réponse ne suffit pas. Exemple des chiffres qui ont été annoncés pour la mine de lithium en Allier en nombre de batteries que cela pourrait représenter. Il faut alors expliquer pourquoi. Est-ce que les autres options ont été étudiées ? Notamment par rapport aux véhicules électriques : est-ce que l'on a remis en cause la mobilité individuelle ? On sait que le véhicule électrique est **\*énergétiquement (non précisé durant l'entretien) "efficace"**, schématiquement, dans des zones urbaines pour du transport léger et pour des distances faibles, c'est là que réside son principal intérêt. Est-ce que l'on a établi des scénarios où est privilégié l'usage le plus intéressant de ce véhicule (avec la possibilité, par exemple, d'un mix de véhicules) ? Est-ce que l'on a mis en place des politiques de transport collectif ? SystExt remet notamment en cause la validité et la viabilité énergétique de la mobilité individuelle. Non, on ne se pose pas ces questions, on a pris simplement tout le parc automobile que l'on a "translaté" en électrique. À partir du moment où on ne souscrit pas à ce scénario [en termes d'usages et de choix d'utilisation], on ne peut donc pas comprendre pourquoi on exploite du métal pour répondre [à cette demande].



SystExt pourrait adhérer à n'importe quel projet minier à partir du moment où seraient établis : (1) Une stratégie des besoins pour les secteurs impératifs tels que la santé, l'éducation, les transports collectifs, les énergies renouvelables ; (2) Au regard des scénarios métalliques entretenus depuis 70 ans qui sont insoutenables et des taux de croissance associés qui sont "affolants", un plan de réduction drastique de la demande métallique ; (3) Des plans forts de recyclage, en mettant tout en œuvre pour récupérer la plus petite quantité de métaux ; (4) Des programmes qui permettent de concevoir des dispositifs qui sont recyclables, tout en sanctionnant tous ceux qui produisent des objets qui ne sont pas recyclables ; (5) [Une fois que les points précédents ont été pris en compte] Une évaluation de la demande métallique complémentaire nécessaire pour assurer les besoins et les services prioritaires : santé, éducation, alimentation, accès à l'eau potable. On obtient alors une quantité approximative de métaux qui peut potentiellement nécessiter une exploitation minière [si tous les autres programmes ne suffisent pas]. Tant que ce programme n'aura pas été conduit, il n'est pas crédible de soutenir qu'il faut absolument conduire des projets miniers. De toute façon, on sait que l'activité minière se poursuit et SystExt ne demande pas l'arrêt de l'activité minière ; SystExt n'est pas anti-mine, pour rappel. L'association essaie de raisonner quelque chose qui est complètement déraisonnable.



Ce que SystExt dénonce, c'est le manque de contrôle par les États des activités minières. Ce n'est pas au secteur minier de décider des trajectoires industrielles qui doivent être prises par des États. Chacun ses prérogatives. Tel que de nombreux chercheurs le démontrent, une problématique importante réside dans le manque de prise en main de la question minière et métallique par les États.

## 2. Situation dramatique des anciens sites miniers

### 2.1. État des lieux des anciens sites miniers à l'international

#### 2.1.1. Nombre incalculable d'anciens sites miniers



00:31:05  
00:31:24



On estime qu'il y a plusieurs millions d'anciens sites miniers dans le monde, bien qu'il n'y ait pas d'étude détaillée sur tous les sites et que l'on n'ait pas de chiffres précis.



00:50:30



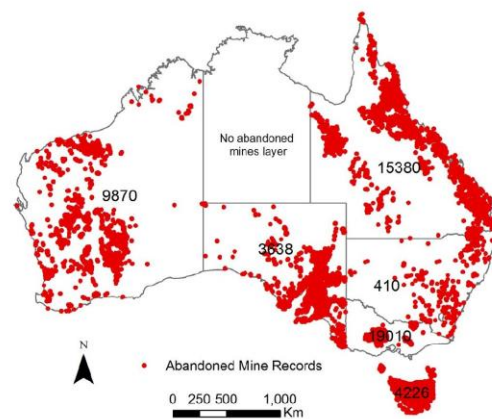
Il y a plusieurs centaines de milliers de sites miniers abandonnés aux États-Unis, et ce chiffre s'élève à **\*plus de 50 000 (au lieu de 50 ou 80 000)** en Australie.

- **The number of 'abandoned mines' world-wide, including every shaft, adit and alluvial working, will obviously run into millions.** (UNEP, 2000, p. 36)
- It is impossible to calculate the number of abandoned or orphaned mines, but there are **certainly several million**. In Australia, it is estimated that there are at least 50,000 of them; in the USA, more than 550,000 have been identified, including over 100,000 that pose a serious environmental risk; in Canada, more than 10,000 are known. **But for most countries, there is no available data.** Old mines are not necessarily reported, in particular small mines and those far from urban centres. **When they do exist, inventories are imprecise, sometimes intentionally so.** (Hufty, 2019)
- [États-Unis] Over the course of two and a half centuries, hardrock mining has left an appalling legacy: **at least 557,650 abandoned mines in 32 states.** (We use the term "at least" advisedly, because **many sites in remote areas have never been surveyed**, and others may have entirely escaped official notice.) **Some 50 billion tons of untreated, unreclaimed mine wastes cover** public and private lands across the nation. (Lyon, et al., 1993, p. 13)



- [Australie] A key first step in evaluating the impact of abandoned mines is the development of an inventory describing the number of mines and their characteristics. **To date, there has not been a national inventory of abandoned mines prepared in Australia of suitable quality.** The need for such a data set is recognised as critical to assessing Australia's mining legacy through analysing cumulative impacts, estimating rehabilitation costs and prioritising abandoned mines for rehabilitation. **The total number of abandoned mine records within Australia is 52 534** (Figure 1), although it is recognised that **this is likely to be an underestimate** because many of the state data sets are incomplete. (Unger, et al., 2012, p. 262)

FIG 1 - Abandoned mines records for each state, as of July 2011 (for some states/territories, the records are incomplete). (Unger, et al., 2012, p. 262)



- United Nations Environment Programme (UNEP). (2000). Abandoned Mine Sites: Problems, Issues and Options. *Industry and Environment, Vol. 23, Special Issue on Mining and Sustainable Development II*, 36-38.
- Hufty, M. (2019). Abandoned Mines: The Scars of the Past. *Global Challenges*. [Lien](#).
- Lyon, J. S., Hilliard, T. J., & Bethell, T. N. (1993). Burden of Gilt. The legacy of environmental damage from abandoned mines and what America should do about it. *Mineral Policy Center*. [Lien](#).
- Unger, C., Lechner, A. M., Glenn, V., Edraki, M., & Mulligan, D. R. (2012). Mapping and prioritising rehabilitation of abandoned mines in Australia. *Proceedings Life-of-Mine*, 259-266. [Lien](#).



00:31:13  
00:31:31



Certes, certains de ces sites remontent à l'antiquité, il y a par exemple des sites datant de l'époque romaine en Europe (qui posent d'ailleurs de graves problématiques sanitaires et environnementales). Cependant, le développement de ces [installations abandonnées] est cohérent avec le développement de l'activité minière, donc plutôt au moment de la révolution industrielle, à partir d'environ **1850** (\*précision : certains auteurs incluent également la période post-1750). En effet, plus le temps avance, plus l'activité minière est rendue difficile et plus la quantité de déchets miniers et de problématiques augmentent.

- **A change of scale occurred during the Industrial Revolution**, some 300 years ago. Since then, all accessible and profitable resources in the Earth's crust have been exploited, from small-scale mines to huge open-pit mines, with considerable impact on the landscape and the environment. Ecological disasters caused by mining are regularly in the headlines. **What is less well-known is what happens when a mine closes.** (Hufty, 2019)

- **Most of those ancient activities were systematically small-scale mining.** The mining works were usually shallow (above the water table: usually not more than a few tens of meters) and generated very small voids. Ore deposits were mainly mined by small-scale open cast mines or underground man-sized galleries. Located near the outcrops, due to their old age, those mining works have mostly been covered over. Some small-scale voids may sometimes remain open and generate low to moderate magnitude disorder phenomena. **Post mining hazards that are related to those very old works are thus usually limited in extent and magnitude.** [...] **The industrial revolution (second half of 18th century) initiated the decisive impulse in the development of the mining activity** and the beginning of the "golden era" of this activity which was going to rule the economy for about two to three centuries. Technological progress contributed to transform an activity, which up to that period was mainly small-scale, **into an industrial production activity.** Major mining fields were established focussing on single commodities: e.g. hard coal and lignite, iron, salt, bauxite, zinc, lead. **The beginning of the 19th century also was characterised by an important diversification of exploited materials** (e.g. oil, manganese, fluorite, copper, sulphur). (Didier, et al., 2008, p. 14)

- Since the inception of mining approximately 3,000 years ago, mining activities have left their mark on the landscape - normally as the ancient areas of excavation or sites of metal working. **Although ancient scars remain, it is the mining and associated activities since the industrial revolution that have left the largest scars.** Prior to the industrial revolution most mining was for high-grade materials and therefore required comparatively modest excavation and generated relatively limited amounts of waste products. **With the industrial revolution and improved enrichment techniques came large scale, often open pit, mining. Such mining not only removed large tonnages of ore but also of waste rock and produced large quantities of tailings as well - all of which require rehabilitation upon mine closure.** (European Commission - DG Environment, 2012, p. 10)

- Hufty, M. (2019). Abandoned Mines: The Scars of the Past. *Global Challenges*. [Lien](#).
- Didier, C., Van der Merwe, J. N., Betournay, M., Mainz, M., Kotyrba, A., Aydan, Ö., & Song, W. K. (2008). Mine Closure and Post-Mining Management, International State-of-the-art report. *International Commission on Mine Closure, International Society for Rock Mechanics*. [Lien](#).
- European Commission - DG Environment. (2012). Establishment of guidelines for the inspection of mining waste facilities, inventory and rehabilitation of abandoned facilities and review of the BREF document. Annex 3 - Supporting document on closure methodologies for closed and abandoned mining waste facilities. [Lien](#).



## 2.1.2. Sites abandonnés et rarement réhabilités



00:32:38



- **\*SystExt (non "on")** estime à 1 % le nombre de sites miniers réhabilités dans le monde, environ.
- En Afrique du Sud, pays caractérisé par une activité minière très importante, **\*0,7 % (non 0,6 %)** des sites miniers ont été réhabilités, selon le Parlement d'Afrique du Sud.



▪ [Exemple de l'Australie, l'un des pays les plus avancés au monde en termes de gestion des anciens sites miniers] Among the inactive mines, the majority are classified as neglected (68%). **Only 4% of inactive mines have been noted as rehabilitated, signalling a clear need for continued national rehabilitation efforts.** Of those that are not neglected, 75% are noted as terminated mines, with little prospect for rehabilitation. Combined, these figures suggest that ~82% of Australian mines may require rehabilitation, presenting an enormous economic, environmental and social challenge moving forward. (Werner, et al., 2020, pp. 9-10)

▪ Unfortunately, **such rehabilitation on closure did not take place until recent years**, and today the developed nations, as well as the developing and emerging economies, are faced with the need for closure and rehabilitation of mines and mining waste facilities that represent almost a century of mining activities. (European Commission - DG Environment, 2012, p. 10)

▪ The total of such mines in SA is 5976, of which for 47.7% no rehabilitation appears necessary. **A total of 0.7% has been rehabilitated** and 3.2% is high priority to be rehabilitated. (Parliamentary Monitoring Group, South Africa, 2017)



▪ Werner, T. T., Bach, P. M., Yellishetty, M., Amirpoorsaeed, F., Walsh, S., Miller, A., ... & Wu, X. (2020). A geospatial database for effective mine rehabilitation in Australia. *Minerals*, 10(9), 745. [Lien](#).

▪ European Commission - DG Environment. (2012). Establishment of guidelines for the inspection of mining waste facilities, inventory and rehabilitation of abandoned facilities and review of the BREF document. Annex 3 - Supporting document on closure methodologies for closed and abandoned mining waste facilities. [Lien](#).

▪ Parliamentary Monitoring Group, South Africa. (07/03/2017). Mining sector environmental governance; Rehabilitation in mining industry. [Lien](#).



00:45:26



La plupart des anciens sites miniers ne sont pas réhabilités, ils sont abandonnés.

- Suite à la fermeture d'une mine, il est fréquent que celle-ci soit désaffectée, sans responsable juridique, lui conférant le statut de site "abandonné" ou "orphelin" (Holmes & Stewart, 2011). Tremblay et Hogan (2016) définissent ainsi les mines abandonnées ou orphelines comme celles pour lesquelles le propriétaire : (1) ne peut pas être identifié, (2) est insolvable, ou (3) refuse de réhabiliter le site. Cette définition est d'ailleurs celle retenue par l'initiative multi-acteurs National Orphaned and Abandoned Mines Initiative (NOAMI) au Canada (Holmes & Stewart, 2011, p. 21) : « An "abandoned mineral site" is [...] defined [...] as "a neglected mineral site that has not been terminated and has no responsible owner" (an orphaned mineral site is synonymous with abandoned mineral site). » (SystExt, 2021, p. 113)

- **"Too many companies don't do proper closure**, which has substantially impacted the sector's image. Companies need to be more responsible in planning the full cycle and making sure that they have a positive impact." Senior mining executive. (EY, 2022, p. 10)

- In conclusion, the issue of mining's **negative impact on the environment is generally ignored and underestimated**, and **the response by the sector's main players remains fragmented and entirely inadequate**, despite the fact that there are known solutions. (Hufty, 2019)



- [Cas du Canada] Both mining and environmental laws assume that there is a responsible person available, one upon whom regulators may impose obligations (such as permits, licences, assessment, monitoring) and, if necessary, liability. **Such laws are silent on the orphaned/abandoned mine issue. They implicitly presume that orphaned/abandoned mines, sites which by definition have no responsible person, do not come into existence.** Accordingly, these instruments do not apply to these situations and contain no mechanisms to address them (with the exception of an emergency response led by the government, using public funds to remedy the problem). (Castrilli, 2010, p. 120)

- Generally, abandoned mines are sites where advanced exploration, mining or mine production **ceased without rehabilitation having been implemented at all or completed**. They are found in virtually all regions with a history of mining. **Historically, it was common practice to 'abandon' a mine site when mineral extraction was completed. The land was left unvegetated and exposed, while waste materials were left in piles or haphazardly dumped into mine cavities and pits.** There was little concern for the environment and no thought of how mining might adversely affect the surrounding ecosystem for years to come. (Van Zyl, et al., 2002, p. C-3)

- **One of the major outstanding environmental problems related to mining is that of abandoned mine sites.** It is a legacy of centuries old practices and of **inadequate, insufficient or nonexistent mine closure**. The potential costs of rehabilitation, the lack of clearly assigned (or assumed) responsibility, the absence of criteria and standards of rehabilitation and other factors have delayed action by all parties—industry, governments and communities. (United Nations Environment Programme (UNEP), 2001, p. 14)

- SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux · Techniques minières · Déversements volontaires en milieux aquatiques · Anciens sites miniers. [Lien](#).

- EY (Ernst & Young). Top 10 business risks and opportunities for mining and metals in 2023. [Lien](#).



- Hufty, M. (2019). Abandoned Mines: The Scars of the Past. *Global Challenges*. [Lien](#).
- Castrilli, J. F. (2010). Wanted: A legal regime to clean up orphaned/abandoned mines in Canada. *McGill international journal of sustainable development law and policy*, 6, 109. [Lien](#).

- Van Zyl, D., Sassoon, M., Digby, C., Fleury, A. M., & Kyeyune, S. (2002). Mining for the Future - Appendix C: Abandoned Mines Working Paper. *Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD)*. [Lien](#).

- United Nations Environment Programme (UNEP). (2001). Abandoned mines: problems, issues and policy challenges for decision makers - Summary report. [Lien](#).



- Holmes, R., & Stewart, G. (2011). A guidance document for mine closure and management of long-term liabilities - examining a policy framework in Canada. *Proceedings of the Sixth International Conference on Mine Closure (pp. 21-28)*. Australian Centre for Geomechanics. [Lien](#).

- Tremblay, G., & Hogan, C. (2016). Managing Orphaned and Abandoned Mines - A Canadian Perspective. *Dealing with Derelict Mines Summit*. [Lien](#).





00:47:21



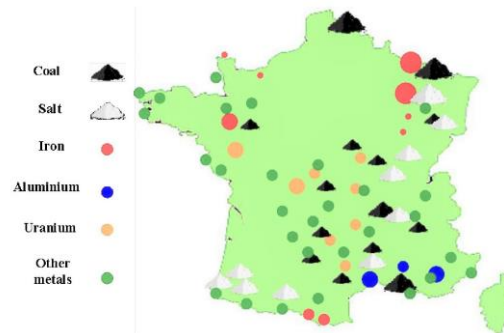
On estime qu'il a plusieurs centaines d'anciens sites miniers sur le territoire métropolitain. Certains ont été réhabilités, certains ont été complètement abandonnés, d'autres encore ayant été abandonnés puis pris en charge sur le tard par les services de l'État. À noter qu'il existe une différence de traitement entre les mines dites "métalliques" (or, plomb, cuivre, zinc, etc.) et les mines de charbon, d'uranium et de potasses, ces dernières ayant fait l'objet de traitements particuliers.

▪ En Métropole, **près d'un millier de sites miniers ont été exploités pour des substances "métalliques" (hors uranium et charbon) telles que le plomb, le zinc, l'étain, l'or, l'argent, etc.** Fermées voire abandonnées depuis, ceux-ci présentent des importants dépôts de déchets miniers et des eaux minières contaminées. **Le plus souvent, ces sources de pollution n'ont pas été mises en sécurité** et il en résulte des pollutions chimiques (en métaux et métalloïdes), diffuses et étendues, dont les impacts peuvent être majeurs sur les eaux souterraines, les eaux de surface, les sols et la biodiversité. Les concentrations en métaux et métalloïdes mesurées dans ces milieux peuvent atteindre des niveaux records, avec, par exemple, plusieurs pourcents de plomb, de zinc, d'arsenic dans les sols, à des niveaux bien supérieurs à ce qui est observé "classiquement" dans le cas de pollutions industrielles. (SystExt)



▪ Initiated, at the beginning of the sixties for coal and iron and at the beginning of the eighties for the exploitation of the other minerals, the decline of French mining activity accelerated since the beginning of the 1990s. The closure of the last iron mine occurred in 1995 and the last exploitation of uranium ended in 2001. The exploitation of potash stopped in 2003 and the last underground extraction of a coal panel closed down in 2004. [...] **Today, about 4,000 abandoned mining sites are located over the French territory** (figure 2.2). (Didier, et al., 2008, p. 15)

Figure 2.2. Major former mining fields in France. (Didier, et al., 2008, p. 15)



- SystExt. (s.d.). Présentation du projet d'étude Après-mine. [Lien](#).
- Didier, C., Van der Merwe, J. N., Betournay, M., Mainz, M., Kotyrba, A., Aydan, Ö., & Song, W. K. (2008). Mine Closure and Post-Mining Management, International State-of-the-art report. *International Commission on Mine Closure, International Society for Rock Mechanics*. [Lien](#).



- [Enquête réalisé en collaboration avec SystExt dans le cadre de son projet d'étude Après-mine]
- Izoard, C. (04/06/2022). Exclusif : la liste des sites miniers empoisonnés que l'État dissimule. *Reporterre*. [Lien](#).
  - Izoard, C. (04/06/2022). Le calvaire des victimes des mines empoisonnées. *Reporterre*. [Lien](#).
  - Izoard, C. (04/06/2022). "Il n'y a pas d'après-mine heureux !". *Reporterre*. [Lien](#).

## 2.2. Pollutions persistantes et pertes définitives

### 2.2.1. Mesures de réhabilitation limitées



00:33:36



Il n'est pas possible de dépolluer un site minier, il n'y a jamais de retour à l'état initial, c'est de la perte définitive.



- **Un site minier, réhabilité ou non, est inévitablement altéré par rapport à l'état initial avant exploitation** (Bril & Floc'h, 2001 ; INERIS, 2017 ; Kivinen, 2017). Cet état de fait est rappelé par ce dernier auteur (Kivinen, 2017, pp. 8-9) : « *Mined land is inevitably altered to some degree from minor disturbances to significant, extensive changes depending on the nature of a specific project.* » [...] Certes, des espèces de niche peuvent parfois s'implanter, mais **le bilan global sur les écosystèmes et la biodiversité est toujours négatif** (Gould, 2011 ; Thienpont, et al., 2016). [...] Même lorsque des travaux de réhabilitation sont réalisés, et tenant compte des limites associées, ils permettent au mieux que se développe un nouvel environnement, disposant d'écosystèmes spécifiques. (SystExt, 2021, p. 121)

- Ces perturbations sur les écosystèmes perdurent des décennies, tel que le démontre une étude conduite par Gould (2011) sur des anciennes mines de bauxite australiennes, 23 ans après leur réhabilitation. L'auteur remet ainsi en cause le concept de no net loss [1] ou aucune perte nette (Gould, 2011, p. 482) : « *Rehabilitation can partially make up for biodiversity losses caused by the initial loss of habitat. There is no evidence, however, that rehabilitation can achieve 'no net loss'. Reliance on rehabilitation to achieve conservation outcomes does not address the fact that many fauna species require resources that are found only in mature forest.* » [1] Il s'agit d'un principe de conservation se donnant pour objectif d'équilibrer la perte de biodiversité due aux activités humaines. En limitant ou en compensant les effets négatifs, le but est de parvenir à un bilan global nul ou positif. (SystExt, 2021, p. 122)



Au mieux, un certain nombre de mesures peuvent être mises en place pour restaurer : confiner les déchets les plus dangereux, terrasser, restaurer des cours d'eau, etc. c'est ce que l'on appelle la réhabilitation.



En général, la réhabilitation des sites miniers peut consister à (Poulard, et al., 2017) : Démanteler les installations minières (bâtiments et machines) ; Réaménager les abords des ouvrages débouchant au jour et les ouvrages creusés en surface [...], afin d'assurer une bonne intégration paysagère ; Confiner les dépôts de résidus qui sont à l'origine des plus grands risques sanitaires et environnementaux ; Favoriser la végétalisation de l'intégralité du site, avec l'apport de terre et l'ensemencement (mécanique ou manuel) ; Préparer le site à d'éventuelles reconversions, qu'elles soient industrielles ou touristiques. [...] Ainsi, **contrairement aux idées reçues, la réhabilitation d'un ancien site minier permet, dans le meilleur des cas, de limiter les risques sanitaires et environnementaux mais pas de les supprimer.** (SystExt, 2021, p. 118)



SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux · Techniques minières · Déversements volontaires en milieux aquatiques · Anciens sites miniers. [Lien](#).



- Bril, H., & Floc'h, J.-P. (2001). Le devenir des métaux provenant des anciennes mines : l'exemple du massif central français. *Géologues* (130/131), 233-241. [Lien](#).
- INERIS. (2017). Guide de gestion du risque minier post-exploitation. [Lien](#).
- Kivinen, S. (2017). Sustainable Post-Mining Land Use: Are Closed Metal Mines Abandoned or Re-Used Space? *Sustainability*, 9. [Lien](#).
- Gould, S. (2011). Does post-mining rehabilitation restore habitat equivalent to that removed by mining? A case study from the monsoonal tropics of northern Australia. *Wildlife Research*, 38, 482-490. [Lien](#).
- Thienpont, J., Korosi, J., Hargan, K., Williams, T., Eickmeyer, D., Kimpe, L., . . . Blais, J. (2016). Multi-trophic level response to extreme metal contamination from gold mining in a subarctic lake. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (283). [Lien](#).
- Poulard, F., Gombert, P., Didier, C., Chevrel, S., Bellenfant, G., & Cottard, F. (2017). Fermeture, reconversion et gestion de l'après-mine. *Collection "La mine en France". Tome 7*. [Lien](#).



00:34:10



Selon une publication de (Bretesché & Ponnet, 2013) sur des sites d'uranium en France, il s'agit d'une procédure d'invisibilisation plus qu'une procédure de réhabilitation.



De plus, **la façon dont la réhabilitation est menée conduit à une invisibilisation des sources de pollution**, voire même de toute trace d'activité minière (Bretesché & Ponnet, 2013). Ces derniers auteurs, à partir de l'exemple des mines d'uranium françaises, constatent que l'invisibilisation de ce passif entretient une **perte de la mémoire collective**. Les conséquences sont doubles : (1) oubli des sources de pollution et des risques associés ; (2) minimisation de la gestion par les pouvoirs publics (Bretesché & Ponnet, 2013, p. 18 et 22) : « *En revégétalisant un ancien site d'exploitation, on crée les conditions nécessaires pour le rendre invisible, mais si le problème disparaît des mémoires, il n'est pas pour autant résolu. Même si le suivi des mines perdure dans le temps, cette ancienne exploitation est banalisée, fondue dans le paysage.* » « **La mémoire peut alors devenir un véritable enjeu lorsque l'oubli s'avère organisé pour éviter un mode de décision publique.** » (SystExt, 2021, pp. 118-119)



SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux · Techniques minières · Déversements volontaires en milieux aquatiques · Anciens sites miniers. [Lien](#).



Bretesché, S., & Ponnet, M. (2013). Le risque environnemental entre oubli et gestion du passé : le cas d'une ancienne mine d'uranium française. *Annales des Mines - Gérer et comprendre* (111), 15-24. [Lien](#).

## 2.2.2. Problématiques sanitaires et environnementales graves et pérennes



00:35:11



L'objectif d'une réhabilitation, en toute priorité, est de faire au mieux pour limiter au maximum les impacts graves. Cependant, le fait est qu'il y a des terrains et des cours d'eau qui restent pollués de façon pérenne - les pollutions métalliques persistant en effet sur des centaines à des milliers d'années (pour mémoire, le métal ne se dégrade pas, il change de forme).



- **The closure of mining operations does not lead to the complete and permanent elimination of risks and harmful effects likely to affect the surface within the geographical limits of the old mine workings.** Therefore, during the period following extraction, traditionally known as the "post-mining" period, several kinds of problems may develop, sometimes just after the closure process but also, **possibly much later**. These phenomena may have **major consequences for people, ground, water, atmosphere (gas) and infrastructures**. They are also likely to have a major influence on regional development in mining areas. (Didier, et al., 2008, p. 10)
- [...] the changing scale and intensity of mining in Australia in combination **with cumulative and perpetual impacts demands a rapid and effective response to mining legacies**. Failure to do so will result in ongoing environmental and social impacts and a growing financial liability for damages and rehabilitation when the issue is finally addressed. (Pepper, et al., 2014, p. 463)
- Heavy metal pollution has emerged due to anthropogenic activity which is the prime cause of pollution, **primarily due to mining the metal, smelting, foundries, and other industries that are metal-based**, leaching of metals from different sources such as landfills, waste dumps [...]. When the heavy metals are swallowed or inhaled into our bodies, they bioaccumulate in our system. Thus they are classified as dangerous. (Briffa, et al., 2020, p. 2)
- **Since metals are non-biodegradable and hence remain persistent in the environment for a very long time**, they cannot be broken down. Heavy metals present in soils and sediments **remain present for an extended period until they are eluted to other compartments**. They can also react with other elements in the soil or sediment and form or degrade to become more toxic. (Briffa, et al., 2020, p. 7)



- Didier, C., Van der Merwe, J. N., Betournay, M., Mainz, M., Kotyrba, A., Aydan, Ö., & Song, W. K. (2008). Mine Closure and Post-Mining Management, International State-of-the-art report. *International Commission on Mine Closure, International Society for Rock Mechanics*. [Lien](#).
- Pepper, M., Roche, C., & Mudd, G. (2014). Mining legacies - understanding life-of-mine across time and space. *Proceedings of the Life-of-Mine 2014 Conference*, 449-465. [Lien](#).
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9). [Lien](#).

Mining played a major part in Britain's rich industrial history, but this also left thousands of abandoned mines scattered across our landscape. Almost all these mines had closed by the early 1900s but they are still releasing harmful metals including lead, cadmium and copper. **This is one of the top 10 issues for water quality in England as it harms fish and river insects. Abandoned mines are the largest source of metals to British rivers and seas** [...]. The worst river pollution by metals is caused by water flowing out of tunnels dug by miners. Rainfall also washes metals out of the millions of tonnes of highly contaminated wastes the miners left at the surface. Climate change will worsen the environmental impacts because drier summers mean there will be less dilution of polluting mine water but conversely, more intense rainfall will wash even more metals into rivers from wastes. [...] Because these mines all closed before 2000, the law says the former mine owners or operators do not have to deal with the water pollution they created. **This pollution will continue for hundreds more years unless action is taken.** [...] In January 2023, Parliament approved a new legally-binding target to halve the length of rivers polluted by abandoned metal mines by 2038. ([Environment Agency UK, 2023](#))



Environment Agency UK. (07/02/2023). Cleaning up rivers polluted by abandoned metal mines. *Government of the United Kingdom*. [Lien](#).



00:35:45



Selon une publication de (Byrne, et al., 2015), suite à une rupture de digue minière ayant eu lieu au Canada en Colombie Britannique en 2014 sur le site de Mount Polley, il faudra plusieurs milliers d'années avant que la contamination des zones qui ont été sous influence de ce déversement de résidus miniers puisse revenir à un état "à peu près stable".



On the 4th **August 2014 a tailings impoundment failure at the Mount Polley gold and copper mine in British Columbia, Canada, released approximately 25 million m3 of solid and liquid waste** into Hazeltine Creek, Quesnel Lake and Polley Lake. The sheer volume of the tailings released caused Hazeltine Creek channel to expand from 2m to over 25m in width and Polley Lake water level to rise by 1.7m. The spill also removed trees in a 900 km<sup>2</sup> corridor either side of Hazeltine Creek. [...] As particulate matter is the principal carrier of metal contaminants, **the spilled tailings may reside in the regional soils and sediments for 1000s of years serving as a secondary source of pollution.** The environmental risk posed by the spilled tailings is compounded by the location of the spill in a mountainous forested catchment, affected by severe winters with prominent spring snow melts that have the potential to remobilise very large quantities of spilled tailings. ([Byrne, et al., 2015](#))



Byrne, P., Hudson-Edwards, K., Macklin, M., Brewer, P., Bird, G., & Williams, R. (2015). The long-term environmental impacts of the Mount Polley mine tailings spill, British Columbia, Canada. *Proceedings of the EGU General Assembly Conference*. [Lien](#).



IEEIRP. (2015). Independent Expert Engineering Investigation and Review Panel (IEEIRP) - Report on Mount Polley Tailings Storage Facility Breach. *Province of British Columbia*. [Lien](#).





00:48:29



Dans le cas des mines "métalliques", il y a énormément de sites qui ont été abandonnés [par l'exploitant], en laissant en l'état les dépôts de déchets miniers et les aquifères minières (c'est-à-dire les eaux souterraines qui sont se chargées au contact des faciès minérales dans les vides exploités).

- Disposal of extractive waste, especially tailings, was relatively commonly done to lakes, rivers and into the sea in the beginning of the 20th century often with limited control of the consequences. **Historically extractive waste facilities were often abandoned without any concerns regarding potential risks to humans and the environments**, nor with regard to visual impacts, land-scape integration, land-use or similar concerns. ([European Commission - DG Environment, 2012, p. 9](#))
- In countries with a long mining history **the magnitude of the impacts from past mining is often considerable**, as environmental regulation of mining activities has, in most cases, only been introduced relatively recently. [...] **There are many abandoned tailings dams around the world in addition to abandoned mine sites and these could eventually pose environmental and safety problems. There is no complete inventory of tailings dams but their number is certainly in the tens of thousands.** The impact of abandoned sites is significant including: **altered landscape; unused pits and shafts; land no longer useable due to loss of soil, pH, slope of land; abandoned tailings dumps; changes in groundwater regime; contaminated soils and aquatic sediments; subsidence; and changes in vegetation.** Results of such impacts include: loss of productive land; loss or degradation of groundwater; pollution of surface water by sediment or salts; fish affected by contaminated sediments; changes in river regimes; air pollution from dust or toxic gases; risks of falls into shafts and pits; and landslides. ([United Nations Environment Programme \(UNEP\), 2001, pp. 15-16](#))



▪ As our understanding of on-site impacts grows, so too does our understanding of off-site, **cumulative and perpetual impacts.** The occurrence, extent and impacts of acid and metal-liferous drainage (AMD, also known as acid mine drainage) at many mining legacy sites is probably the best example of the importance of and need to address all of these impacts. For example, Koehnken et al (2003) predict Mt Lyell as having an **AMD discharge that will last 'for many hundreds of years' if left untreated.** Examples of AMD impacts and other legacy mines are shown in Figure 2. ([Pepper, et al., 2014, p. 453](#))

FIG 2 – Examples of acid and metalliferous drainage and other aspects of selected legacy mines (all photos: Mineral Policy Institute) ([Pepper, et al., 2014, p. 454](#))



King River, effectively biologically dead due to more than a century of acid and metalliferous drainage (AMD) and other mining impacts from Mt Lyell, in Queenstown, Tasmania (February 2014)



Acidic drainage (pH ~3.5) line from the closed Tabletop gold mine, Croydon goldfield, Queensland (July 2011; note solar panels for pumps and pipe/valve leak)



Visual evidence of acidic water in the Transvaal open cut, Southern Cross goldfield, Western Australia (July 2013)



Lack of rehabilitation, Black Prince mine, Forresteria region, Western Australia (July 2013)



Unrehabilitated asbestos tailings pile on exposed ridge, Woodsreef mine, New South Wales (July 2012)



- European Commission - DG Environment. (2012). Establishment of guidelines for the inspection of mining waste facilities, inventory and rehabilitation of abandoned facilities and review of the BREF document. Annex 3 - Supporting document on closure methodologies for closed and abandoned mining waste facilities. [Lien.](#)
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2001). Abandoned mines: problems, issues and policy challenges for decision makers - Summary report. [Lien.](#)
- Pepper, M., Roche, C., & Mudd, G. (2014). Mining legacies - understanding life-of-mine across time and space. *Proceedings of the Life-of-Mine 2014 Conference*, 449-465. [Lien.](#)



- Temporary mine closures in Australia and to a more limited extent, internationally, were examined during the period 1981-2009 [...]. The sample size consisted of approximately **1000 unplanned or premature mine closures**. The research was divided into two periods: 1) 1981 to 2005, where the bulk of the closures occurred; and 2) 2005 to 2009, which included those mines that closed due to the Global Financial Crisis. The relevance of this data is that around **75% of the mines that closed during that 30-year period were unplanned or premature. In other words, the operations were not sustainable.** (Laurence, 2011, pp. 280-281)
- The environmental impacts (Fig. 2) are significant, and include **all the usual issues associated with legacy sites including acid rock drainage; tailings; waste rock and voids.** (Laurence, 2011, p. 281)

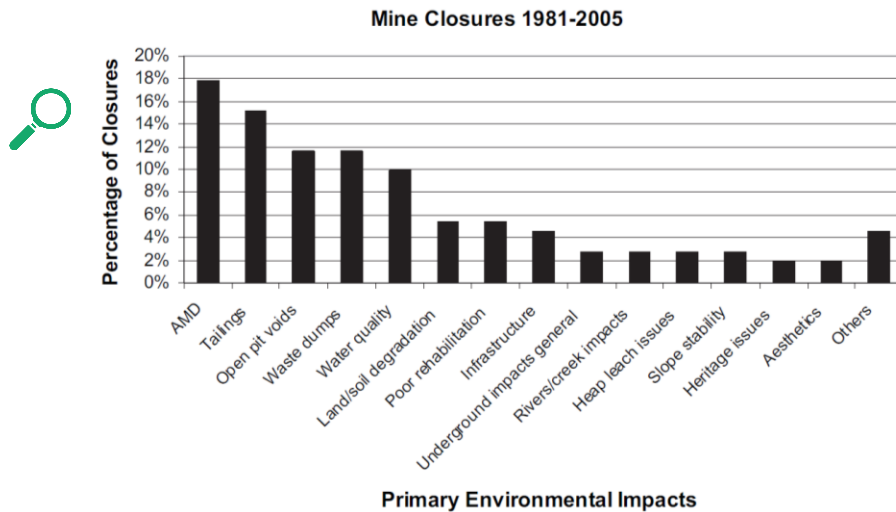


Fig. 2. Major environmental impacts of mine closures. (Laurence, 2011, p. 280)



Laurence, D. (2011). Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 278-284. [Lien](#).

## 2.3. Coûts démentiels incombant aux États

### 2.3.1. Remise en cause de la viabilité des projets miniers



00:44:19  
00:51:06



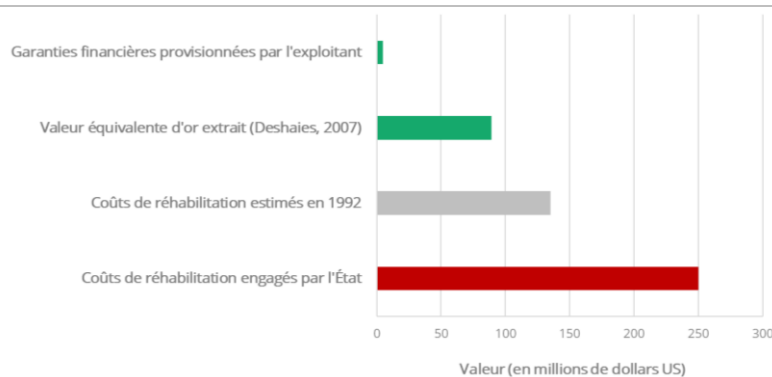
- La question de la gestion des anciens sites miniers est cruciale car elle porte intrinsèquement la viabilité du projet minier. Effectivement, si on considère que l'exploitant est responsable des pollutions générées dans le cadre de ses activités industrielles et qui peuvent s'étendre sur des milliers d'années, cela n'a pas les mêmes implications que si [les autorités] l'autorisent à se "débarrasser" de ses responsabilités.
- Si la gestion post-activité était intégrée, cela peut tout changer financièrement [pour le projet minier].

[...] le coût de la réhabilitation de ces héritages miniers [mines de minerais métallifères] est toujours très élevé et **peut dépasser largement les capacités financières d'une compagnie minière, ou alors celle-ci peut se déclarer en faillite afin d'échapper à ses obligations de réhabilitation.** [...] En fait, pour beaucoup de mines actuellement en activité, les coûts de la réhabilitation risquent d'être bien supérieurs à ce qu'aura rapporté l'exploitation minière et c'est ce qui compromet beaucoup la possibilité de [réhabiliter] sans intervention de la puissance publique. (Deshaies, 2007, pp. 199-200)

**The hardrock mining industry has traditionally been able to 'externalize' costs**, as economists say, simply by abandoning its played-out mines rather than reclaiming them and eliminating all hazards to public health and the environment. Who, then, has to bear these 'externalized costs' – ghost towns, waste piles, valleys contaminated by mine pollution? We do, all of us – and our children and grandchildren. (Lyon, et al., 1993, p. 1)



[Exemple du désastre de Summitville, Colorado, États-Unis] En 1992, au moment de la faillite de l'exploitant, les coûts de réhabilitation ont été estimés à 120-150 millions de dollars US alors que les garanties financières s'élevaient à seulement 5 millions (Spaeter & Tsakiris, 2005). D'après Deshaies (2007), entre 1870 à 1992, 489 000 onces d'or ont été extraites pour une valeur d'environ 89 millions de dollars US au prix moyen du marché ; ce qui correspond à 1/3 du coût des travaux de réhabilitation effectivement engagés par l'État (Finley, 2018). Bien que la valeur équivalente de 89 millions ne soit qu'une estimation, elle permet de mettre en évidence l'écart entre les bénéfices tirés de l'exploitation et les coûts de la réhabilitation, tel que représenté dans le diagramme ci-dessous. Aujourd'hui, après 27 années de travaux par l'US EPA, la réhabilitation est considérée comme achevée (Finley, 2018). Cependant, le traitement des eaux minières doit être maintenu de façon perpétuelle, pour un coût annuel de 2 millions de dollars, qui sera désormais pris en charge par l'État du Colorado (Finley, 2018). (SystExt, 2021, p 125)



Écart entre les garanties financières, les bénéfices tirés de l'exploitation et les coûts de la réhabilitation | Création : SystExt · Novembre 2021 (SystExt, 2021, p 125)



- Deshaies, M. (2007). Les territoires miniers - Exploitation et reconquête. *Ellipses*.
- Lyon, J. S., Hilliard, T. J., & Bethell, T. N. (1993). Burden of Gilt. The legacy of environmental damage from abandoned mines and what America should do about it. *Mineral Policy Center*. [Lien](#).
- SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux · Techniques minières · Déversements volontaires en milieux aquatiques · Anciens sites miniers. [Lien](#).



- Spaeter, S., & Tsakiris, P. (2005). Environmental Risks and Financial Guarantees Improving Prevention in the Mining Industry. [Lien](#).
- Finley, B. (10/07/2018). One of Colorado's worst Superfund sites has been fixed, but the state's on the hook for \$2M a year to keep it clean. *The Denver Post*. [Lien](#).

### 2.3.2. Coûts sous-estimés et prise en charge quasi-systématique par les États



00:51:20



Les coûts de réhabilitation sont systématiquement sous-estimés. De plus en plus, les États essayent de mettre en place des garanties financières, qui peuvent prendre différentes formes selon les États concernés. L'objectif est de provisionner une somme mobilisable en cas de faillite ou de difficulté financière de l'exploitant, afin d'effectuer des travaux de réparation, de restauration ou de mise en sécurité [des sites]. Cependant, selon de nombreux chercheurs, cela s'avère extrêmement complexe et crée des conflits entre les exploitants et les gouvernements pour s'accorder sur un montant convenant à tous.



- Historiquement, **de nombreuses entreprises ont dérogé à leurs obligations en termes de réhabilitation, en se déclarant en faillite avant la fermeture du site minier** (Kuipers, 2003 ; Deshaies, 2007). Dans de tels cas, la gestion et le suivi post-fermeture sont alors pris en charge par les pouvoirs publics. Pour pallier cette problématique, des États ont mis en place des législations imposant des **plans de gestion de l'après-mine** et des **garanties financières** (Spaeter & Tsakiris, 2005). Ces dernières correspondent à des **fonds provisionnés par l'exploitant, permettant de couvrir les coûts de la réhabilitation du site en cas d'insolvabilité de celui-ci**. Cependant, ce dispositif est complexe et présente de nombreuses limites. Tout d'abord, le montant est fixé par les entreprises elles-mêmes (Kuipers, 2003). Étant donné qu'elles n'ont pas d'intérêts financiers ou d'obligations réglementaires à estimer les coûts réels de la réhabilitation, elles sous-estiment quasi-systématiquement le montant des garanties financières (Kuipers, 2003 ; ELAW, 2010 ; MiningWatch Canada, 2014 ; Tardif-Drolet, 2018). Ainsi, alors que les coûts de réhabilitation de la mine d'or-argent de Marlin au Guatemala étaient estimés à 49 millions de dollars, seulement 1 million avait été réservé par l'exploitant en 2011 (Goodland, 2012). De plus, **les services étatiques manquent de moyens pour vérifier les plans de gestion des opérateurs** et ne peuvent donc pas s'assurer que le montant des garanties financières est adapté (Kuipers, 2003 ; Vérificateur général du Québec, 2009). (SystExt, 2021, p 123)

- Par ailleurs, **le dispositif de garanties financières sous-estime également les coûts associés aux dommages environnementaux graves**, qu'ils puissent être anticipés ou non (Spaeter & Tsakiris, 2005), notamment : Le suivi et le traitement à long-terme de certains effluents gazeux ou liquides (neutralisation perpétuelle d'eaux minières acides, par exemple) ; Les pollutions diffuses et étendues, telles que la contamination de sédiments dans les cours d'eau ou encore les modifications profondes des régimes hydrogéologiques ; Les accidents tels que les défaillances ou ruptures de digues minières. (SystExt, 2021, p 123)

- [...], **the financial liability of long-term or perpetual management of legacy sites has concerned the industry for many years**, with two significant reports from the ICMM on financial assurance and integrated closure planning [...]. Further work by Kempton (2010) outlines the **diverse management issues and potential for hundreds of years of management for problems like acid mine drainage, or thousands of years for radioactive mine tailings. These are potential liabilities with a longevity greater than many of our financial institutions**. If long-term management was adequately costed, the required financial assurance could help incentivize innovation in mine design and tailings management. (Roche, et al., 2017, p. 60)



- SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux · Techniques minières · Déversements volontaires en milieux aquatiques · Anciens sites miniers. [Lien](#).

- Roche, C., Thygesen, K., & Baker, E. (2017). Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident. *United Nations Environment Programme and GRID-Arendal*. [Lien](#).



- Kuipers, J. (2003). Putting a Price on Pollution - Financial Assurance for Mine Reclamation and Closure. *Mineral Policy Center*. [Lien](#).

- Deshaies, M. (2007). Les territoires miniers - Exploitation et reconquête. *Ellipses*.

- Spaeter, S., & Tsakiris, P. (2005). Environmental Risks and Financial Guarantees Improving Prevention in the Mining Industry. [Lien](#).

- Environmental Law Alliance Worldwide (ELAW). (2010). Guide pour l'évaluation des EIE de projets miniers. [Lien](#).

- MiningWatch Canada. (2014). The Big Hole - Environmental Assessment and Mining in Ontario. [Lien](#).

- Tardif-Drolet, M. (2018). Encadrement législatif et réglementaire de la valorisation des résidus miniers hors site au Québec. *Université de Montréal*. [Lien](#).

- Goodland, R. (2012). Responsible Mining: The Key to Profitable Resource. *Sustainability*, 2099-2126. [Lien](#).

- Vérificateur général du Québec. (2009). Rapport du Vérificateur général du Québec à l'Assemblée nationale pour l'année 2008-2009 - Chapitre 2 - Interventions gouvernementales dans le secteur minier. [Lien](#).



00:52:38



La question des anciens sites miniers représente des milliards de dollars investis par an par les États pour gérer les sites, en particulier les plus graves. En effet, les États ne sont pas en mesure d'intervenir financièrement pour la restauration de tous ces anciens sites miniers.

- À l'échelle d'un site, les spécificités des pollutions générées, rendent difficile l'évaluation exacte des coûts de réhabilitation. Ce problème est transposable à l'échelle des régions ou des pays, d'autant que le nombre de sites peut être très important, voire incalculable. Cependant, des estimations conduites dans certains pays, aboutissent à des **montants considérables**. Ainsi, pour les seules mines fermées ou abandonnées, **les coûts de réhabilitation ont été évalués en 2016 à environ 1 milliard de dollars US pour la province du Québec au Canada** (Tardif-Drolet, 2018) ; ces montants étant 1 à 12 fois plus élevés aux États-Unis (Kuipers, 2003), et 7 fois, en Afrique du Sud (Munnik, et al., 2010). À ces coûts de restauration s'ajoutent ceux de gestion sur le long-terme. La génération de drainage minier acide (DMA) est, à ce titre, la plus problématique. **À l'échelle mondiale, en prenant en compte les mines en activités et celles en cours de développement, les coûts de gestion du DMA étaient estimés en 2001 à environ 100 milliards de dollars US** (Tremblay, 2001). (SystExt, 2021, p. 124)



- Mineral Policy Center projects that **the total cost of cleaning up the estimated 557,650 hardrock abandoned mines will be in the range of \$32 billion to \$71 billion**. Some sites need immediate action to protect public safety or halt severe environmental degradation. Other sites of less pressing priority can be addressed over an extended period of time. (Lyon, et al., 1993, p. 9)

- L'une des caractéristiques des paysages de l'Ouest américain ou des Andes est la multitude des grandes mines non réhabilitées qui forment de gigantesques cicatrices sur les flancs des montagnes. **Beaucoup d'entre elles ne seront d'ailleurs probablement jamais réhabilitées car personne n'est en mesure de prendre en charge le coût financier démesuré que nécessiteraient de telles opérations.** (Deshaies, 2016, p. 5)

- To date, a thorough inventory of the rehabilitation status and ongoing risks, such as AMD, erosion, subsidence, biodiversity and ecosystem integrity, or public health and safety, from all former mines across Australia remains elusive. **Furthermore, given the rapidly expanding scale of mining activities, this makes it ever more urgent to understand future risks based on better understanding of the scale of the mining legacy challenge we already face.** (Pepper, et al., 2014, p. 455)

- SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux - Techniques minières - Déversements volontaires en milieux aquatiques - Anciens sites miniers. [Lien](#).



- Lyon, J. S., Hilliard, T. J., & Bethell, T. N. (1993). Burden of Gilt. The legacy of environmental damage from abandoned mines and what America should do about it. *Mineral Policy Center*. [Lien](#).

- Deshaies, M. (2016). Mines et environnement dans les Amériques : les paradoxes de l'exploitation minière. *IdeAs [Online]*. [Lien](#).

- Pepper, M., Roche, C., & Mudd, G. (2014). Mining legacies - understanding life-of-mine across time and space. *Proceedings of the Life-of-Mine 2014 Conference*, 449-465. [Lien](#).

- Tardif-Drolet, M. (2018). Encadrement législatif et réglementaire de la valorisation des résidus miniers hors site au Québec. *Université de Montréal*. [Lien](#).



- Kuipers, J. (2003). Putting a Price on Pollution - Financial Assurance for Mine Reclamation and Closure. *Mineral Policy Center*. [Lien](#).

- Munnik, V., Hochmann, G., Hlabane, M., & Law, S. (2010). The Social and Environmental Consequences of Coal Mining in South Africa - A Case Study. [Lien](#).

- Tremblay, G. (2001). The Canadian Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Initiative. Dans *VI Southern hemisphere meeting on mineral technology*, (pp. 25-32). *Rio de Janeiro*. [Lien](#).



00:54:43



L'après-mine présente des réalités humaines dramatiques. Il y a des dizaines et des dizaines de familles laissées-pour-compte et en grande détresse. L'État se décharge de toute responsabilité en profitant de vides juridiques permis par le droit français. Cette inaction laisse des familles et des communes, dans des situations dramatiques. Les communes doivent gérer des zones contaminées pour lesquelles elles ne savent pas comment intervenir et pour lesquelles elles ne disposent pas forcément des moyens nécessaires à la mise en sécurité de ces zones. S'agissant des populations, elles découvrent du jour au lendemain qu'on leur avait vendu un bien sur lequel les sols, et parfois les eaux, étaient pollués. Ce constat est transposable dans d'autres pays du monde.

### 3. Ruptures de digues minières

#### 3.1. Phénomènes récurrents et gravité croissante

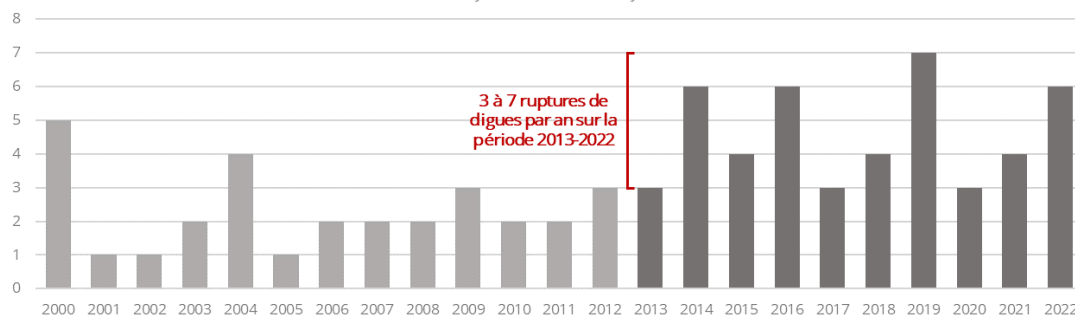


00:36:48



En moyenne se produisent **\*3 (non 4) à 7** ruptures de digues minières par an **\*sur ces 10 dernières années (non précisé durant l'entretien)**. Ces données sont issues du WISE Uranium Project, base de données publique référençant les ruptures de digues minières majeures.

Nombre de ruptures de digues minières majeures par an, selon le WISE Uranium Project  
Création : SystExt · Avril 2023 · cc by-sa-nc 3.0



WISE Uranium Project. (last updated 11/04/2023). Chronology of major tailings dam failures. [Lien](#).



00:38:44 (définition d'une rupture de digue minière)

00:39:54 (niveaux de gravité définis par (Bowker & Chambers, 2015))



- Une rupture de digue correspond à une défaillance de(s) l'ouvrage(s) de retenue derrière le(s)quel(s) sont stockés les résidus miniers. En fonction de la taille et du type de défaillance, la rupture peut conduire jusqu'à la libération d'une vague de boue.

- Concernant la sévérité des ruptures de digues, (Bowker & Chambers, 2015) définissent les ruptures de digue les plus sévères selon plusieurs critères : il faut qu'il y ait à peu près ou plus d'une vingtaine de personnes décédées, ou qu'il y ait plus d'un million de mètres-cubes de matériaux qui se soient déversés dans l'environnement, ou que la coulée de boue ait parcouru au moins 20 km.



- [...] une rupture de digue correspond à une **défaillance sur une structure de retenue dans un parc à résidus miniers**. Le plus souvent, cela conduit à la libération de résidus et d'effluents miniers dans l'environnement, ce qui peut former une véritable vague détruisant tout sur son passage. (SystExt, 2023, p. 28)

- A tailings dam failure can be defined as **the inability of the dam to meet its design intent, whether in terms of management, operational, structural or environmental function**, resulting in loss to the stakeholders and the environment. For the purposes of this Bulletin, a tailings dam failure is a physical breach of the dam followed by an uncontrolled release of stored materials that could include fluids and tailings. The uncontrolled release of contaminated seepage without a physical breach of the dam was not considered for dam breach assessment purposes in the Bulletin. (Martin, et al., 2019, p. 3485)

- **Very Serious = multiple loss of life (~20) and/or release of 1,000,000 m3 semi solids discharge, and/or release travel of 20km or more** ; Serious = loss of life and/or release of 100,000m3 semi solids discharge ; Other Failures = ICOLD Category 1 failures other than those classified as Very Serious or Serious ; Other Accidents = ICOLD Category 2 accidents other than those classified as Very Serious or Serious. (Bowker & Chambers, 2015, Appendix 1 p. 1)



- SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).

- Martin, V., Al-Mamun, M., & Small, A. (2019). CDA technical bulletin on tailings dam breach analyses. Dans *Sustainable and Safe Dams Around the World* (pp. 3484-3498). CRC Press. [Lien](#).

- Bowker, L. N., & Chambers, D. M. (2015). The risk, public liability, & economics of tailings storage facility failures. *Earthwork Act*, 24, 1-56. [Lien](#).





00:37:26 (nombre de ruptures de digues)  
00:40:24 (nombre de ruptures de digues sévères)



- Il existe cependant un biais dans les données historiques : on n'a pas toujours référencé les ruptures de digues minières ; plus le temps avance, plus on les documente. On estime qu'il y a eu à peu près 200 ruptures de digues importantes qui ont eu lieu dans le monde, depuis 1900 environ.

- Sur ces 200 ruptures de digues, on estime à environ une centaine le nombre de ruptures très sévères.



- [Au 11/04/2023, WISE Uranium Project (base de données des ruptures de digue minière qualifiées de "majeures") avait référencé **152 ruptures depuis 1961.**] ([WISE Uranium Project](#))

- [Bowker et Chambers (2015) ont référencé **226 événements sur la période 1917-2009 dont 68 graves ou très graves** : Very Serious 30 ; Serious 38 ; Other Failures 98 ; Other Accidents 50 ; Non Dam Failure 10 ; Total 226. ([Bowker & Chambers, 2015, Appendix 1 p. 1](#))

- There are **more than 20,000 mine tailings dams around the world**, which delineate deposits of tailings from the washing, processing and exploitation of ore. **The failure of these structures is one of the most recorded and destructive ground movement phenomena**, both in terms of the number of victims and the environmental impact generated. **Since the beginning of the twentieth century, there have been more than 130 cases of failures resulting in casualties (nearly 2,800 in total) and/or significant environmental impacts.** More than fifty cases of failure have been recorded since the beginning of the twenty-first century. ([INERIS, 2022, p. 10](#))



- WISE Uranium Project. (last updated 11/04/2023). Chronology of major tailings dam failures. [Lien.](#)

- Bowker, L. N., & Chambers, D. M. (2015). The risk, public liability, & economics of tailings storage facility failures. *Earthwork Act*, 24, 1-56. [Lien.](#)

- INERIS. (2022). Mine tailings dam failures: review and assessment of the phenomenon. *Verneuil-en-Halatte : Ineris-204910-v1.0.* [Lien.](#)

- Despite the many advances made in the mining sector and increased geotechnical engineering knowledge, tailings dam failures still occur.** [...] For many years the overall number of annual tailings dam failures has been in decline, however, **the number of serious failures has increased** [...]. There is no publicly accessible inventory of tailings dams, however, one estimate has put the number of tailings dams at 3 500 [...]. This is likely an underestimate as there could be more than 30 000 industrial mines [...]. ([Roche, et al., 2017, p. 6](#))

- In our data base 267 failures of tailings storage facilities could be divided into three major classes: Very Serious Failures; Serious Failures; and, Other Failures. As is shown in Figure 1, **outside of foundation failures (FN) and erosion (ER) - both high severity low frequency causes of loss - no one cause of failure is any more correlated with high severity losses than any other.** All others are very close to the mean of the 125 TSF failures at active mines which had complete cause-of-failure codes (i.e. all codes are similar to one another in severity profile). **The 125 events which are failures at active mines only, mirror the distribution of severity in the 267 database events of 1915-2015.** ([Bowker & Chambers, 2016, p. 1](#))



- The overall distribution by severity over time is shown in Figure 2 [...]. **The increasing severity of consequence in the recent three decades is apparent.** Over the 80 years 1936-2015 the expected rate of very serious failures is 5 per decade (40/8). In the last three decades the rate has been 8.0 (24/3), a 60% elevation above the 100-year average. These data as of 12/31/2015 trend to an expected count of 10 for the decade 2010-2020 [...]. ([Bowker & Chambers, 2016, p. 3](#))

Figure 1. Failure Modes by Severity Classification for Active TSF Failures ([Bowker & Chambers, 2016, p. 2](#))

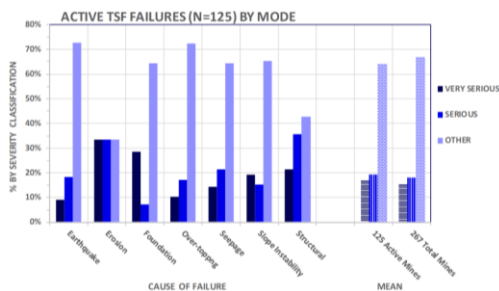
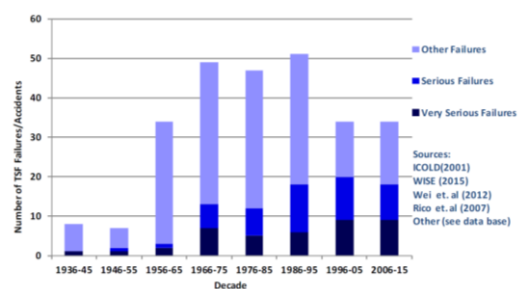


Figure 2. Increasing Severity of TSF Failures Globally by Decade 1936-2015 ([Bowker & Chambers, 2016, p. 3](#))



- Roche, C., Thygesen, K., & Baker, E. (2017). Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident. *United Nations Environment Programme and GRID-Arendal.* [Lien.](#)



- Bowker, L. N., & Chambers, D. M. (2016). Root causes of tailings dam overtopping: the economics of risk & consequence. *Protections 2016, 2nd International Seminar on Dam Protection Against Overtopping.* [Lien.](#)

## 3.2. Catastrophe de Brumadinho



00:39:12 (faits marquants de la catastrophe)  
00:42:00 (proximité avec les bâtiments de la mine)



▪ La rupture de digue de Brumadinho en janvier 2019 s'est déroulée dans la mine de fer de Brumadinho, région du Minas Gerais. Au moment de la rupture et dans les premiers kilomètres, la coulée de boue a atteint une vitesse de **\*120 km/h (non de 110 km/h)**. Cette rupture de digue a conduit au décès de 272 personnes. La coulée de boue s'est étendue sur plus de 300 km.

▪ La digue minière qui a rompu se trouvait en amont et topographiquement au-dessus des bâtiments de la mine où se trouvaient les ateliers, les bureaux, la cantine, etc. Quand la rupture de digue s'est produite, elle a emporté les bâtiments où se trouvaient donc principalement des mineurs. Il s'agit de l'une des plus grandes catastrophes au Brésil.

▪ The 2019 mine tailings dam collapse near Brumadinho, Brazil, **killed 272 people** and decimated houses and buildings for kilometers before flowing into the Paraopeba River. (Morrill, et al., 2022, p.6)

▪ At 12:28 PM on Friday, January 25, 2019, tailings dam No. 1 of Vale's Córrego do Feijão iron ore mine near Brumadinho, Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, suddenly failed, **releasing almost its complete holdings of 12 million cubic metres of tailings** in a big burst. **Travelling at up to 120 km/h, the tailings wave first touched the foot of adjacent Dam No.6, then hit the mine's loading station, its administrative area (including a cafeteria where many workers had lunch at the time),** and two smaller sediment retention basins (B4 and B4A). The slurry wave then traveled approx. 7 km downhill until reaching Rio Paraopeba, thereby destroying a bridge of the mine's railway branch, and spreading to parts of the local community Vila Ferteco, near the town of Brumadinho [...] **The slurry was then carried further downstream by Rio Paraopeba, thereby killing all life in the river** and inhibiting production of drinking water in settlements along the river. It is expected to arrive at the dam of the Retiro Baixo hydroelectric plant **approx. 300 km downstream within two weeks.** (WISE Uranium Project)

▪ **The mud immediately struck the mining company's facilities at the site, including an administration complex, a canteen, maintenance workshops,** a loading terminal and a railway. **The company initially stated that there were some 300 workers at the facilities when the dam burst.** (Oliveira, et al., 2019)



Source : TV Globo ; tiré de (Redação, 2019)

▪ Morrill, J., Chambers, D., Emerman, S., Harkinson, R., Kneen, J., Lapointe, U., . . . Turgeon, R. (2022). Safety First: Guidelines for Responsible Mine Tailings Management. *Earthworks, MiningWatch Canada and London Mining Network*. [Lien](#).

▪ WISE Uranium Project. (last updated 21/12/2022). The Brumadinho tailings dam failure (Minas Gerais, Brazil). [Lien](#).

▪ Oliveira, W. K. D., Rohlf, D. B., & Garcia, L. P. (2019). The Brumadinho disaster and work of the Health Surveillance service. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 28. [Lien](#).

▪ Redação, D. (02/02/2019). Vídeos mostram rompimento da barragem de Brumadinho por diferentes ângulos. *VEJA*. [Lien](#).





00:41:30



La rupture de Brumadinho a contaminé sur 300 km le cours d'eau majeur qui a été traversé par la coulée de boue, entraînant des problématiques d'accès aux terres ou encore d'accès à l'eau potable. Il a donc fallu assurer des programmes de mise à disposition d'eau potable pour les populations, des milliers de personnes se retrouvant du jour au lendemain sans eau potable et sans électricité.

- In January 2019, a dam burst at an iron ore mine near the small Brazilian town of Brumadinho, killing 272 people. **Toxic sludge contaminated large sections of the Paraopeba River, poisoning the drinking water of thousands of people.** Only four months earlier, the Brazilian subsidiary of German certifier TÜV SÜD confirmed the dam's safety, despite known safety risks. ([European Center for Constitutional and Human Rights \(ECCHR\), 2019](#))

- The collapse of the dam also had a **major impact on the environment.** A stretch of Atlantic Forest disappeared, showed an analysis by WWF-Brazil: approximately 125 hectares of forests got lost due to the collapse of the dam. The mud flow of 11.7 million cubic metres of toxic waste, including iron aluminium and copper, reached almost 290 hectares. On top of the direct impact of the mud stream on the biodiversity in the area, part of the metals spilled into the Paraopeba River, affecting ecosystems downstream. **This does not only affect biodiversity, it also has a direct impact the people in the area. The Paraopeba River provided nearly 30% of the drinking water for 6 million people.** This is no longer the case, according to De Moura: **'The environmental damage is terrible. The source of drinking water of a lot of people has been destroyed, including that of habitants of the city of Belo Horizonte. The river can no longer provide us with clean water.'** ([International Union for Conservation of Nature in the Netherlands \(IUCN NL\), 2023](#))



- However, **the immediate suspension of water from the Paraopeba River after the disaster meant that the reservoirs for collective supply in the affected communities started being supplied by water trucks.** For 85% of the interviewed in the "Brumadinho Health Project", in 2021, the supply of reservoirs was administered by Copasa, but mining company Vale S.A. provides water by means of water trucks because of the damage repair agreement. This is also perceived by local residents: *"There is a truck that supplies the water tank now and there is an employee from the city hall who is there doing the treatment"*. Although data show that accessibility and availability of water are being guaranteed after the dam rupture, the reports of residents of CF and PC communities show that the local reality is different. **There has been a recurrent lack of water in the region since the dam collapse, affecting access and availability:** *"After the tragedy, there is still no water. We lacked water this whole week. Before the tragedy, there was no shortage"*. It is important to emphasize that the guidance given by local authorities to the affected population is to use the collective water supply only for bathing, cleaning the house and other domestic services. So, even with recurrent water supply, **the amount available is insufficient to meet the basic needs of the population.** In addition, reports show that the little water that reaches the taps is of **dubious quality:** *"We live in suspicion. We take a bath in fear. It has a strong smell coming out. Everything seems to be contaminated: water, soil, vegetables..."*. *"It is a muddy, yellowish water, which is not normal"*. It should be noted that water for drinking and cooking is provided by the mining company Vale, in accordance with the damage repair agreement, and its continuity is verified in the "Brumadinho Health Project". For residents, at the beginning of the mineral water distribution process shortly after the disaster, in 2019, the amount was sufficient and met family demands, **but the weekly distribution was reduced and is now considered insufficient by some who have to fetch water from other places, affecting the concepts of the HRWS related to physical accessibility:** *"Water lacks here, and Vale is not providing enough. At first, we used to be delivered ten bales; now they deliver five bales every Monday. Just enough to cook, drink, and that is it"*. ([Trovão, et al., 2023, p. 4](#))



- [European Center for Constitutional and Human Rights \(ECCHR\).](#) (Octobre 2019). The safety business: TÜV SÜD's role in the Brumadinho dam failure in Brazil. [Lien.](#)
- [International Union for Conservation of Nature in the Netherlands \(IUCN NL\).](#) (25/01/2023). Four years later: the fight for justice continues in Brumadinho. [Lien.](#)
- [Trovão, N., Neves-Silva, P., Pinheiro, L. C., Peixoto, S. V., & Heller, L. \(2023\).](#) Changes in access to water and incidence of waterborne diseases after the Vale dam collapse in Brumadinho (MG), Brazil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 26. [Lien.](#)





Felipe Werneck / IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) · entre le 27/01/2019 et le 01/02/2019 · cc by-sa 2.0  
Album complet sur Flickr.com. [Lien](#).



00:41:08



La plupart du temps, aucune indemnisation n'est réalisée. Ponctuellement, des mécanismes d'indemnisations peuvent être mis en place, comme par exemple lors de la catastrophe de Brumadinho.

▪ [Constat général à l'international] Financial assurance [...] While in most countries, there are some financial assurance requirements for reclamation and closure, **there are no financial assurance requirements for catastrophic failure**. If a catastrophic failure occurs, either the operator must be able to provide financial compensation, and/or that responsibility falls to government. **If neither is able to provide compensation, then the environmental and social costs fall on those who live near the mine.** (Roche, et al., 2017, pp. 59-60)

▪ [Cas de la catastrophe de Jagersfontein, 2022] The first email response from the company Stargems from Dubai, which bought Johann Rupert's shares, read: "A full due diligence was conducted prior to this acquisition showing that the assets, including the dam were safe and secure", by a promise to "donate" R20 million to the impacted communities. **Clearly, the due diligence must have been very shoddy. Twenty million rands will not afford the price of one upmarket house in the leafy suburbs of Johannesburg or Cape Town. The Chamber of Mines offered another fifty million rands, and combined, these figures will not nearly repair the damage caused.** (Motsau & van Wyk, 2022, p. 25)

▪ [Cas de la catastrophe de Brumadinho, 2019] Still no indemnity from Vale [...] Joêlisia Feitosa calls for the Justice department to respond to the families and for Vale to **pay the indemnity stipulated by the State, to the tune of R\$ 54 million**. "We want the dignity that has been taken from us back. We don't want alms, we don't want pity. We want dignity and justice. And justice is only found through struggle and organization", she affirms. For Juan Pablo, a coordinator of the Movement of Those Affected by Dams (MAR), an international collective of people affected by mining enterprises, **the attempts at individualized agreements that Vale has been making in order not to pay the entire indemnity amount, are aimed at perpetuating violations**. "The proposal for a global agreement that Vale is making is nothing more than a strategy to perpetuate their violations of human rights," he says. (Gimenes, 2021)

▪ [Cas de la catastrophe de Brumadinho, 2019] L'an dernier, faisant suite à une action en justice du Sindicato Metabase Brumadinho, **un tribunal du travail a condamné Vale à verser 1 million de réals (200.000 \$) d'indemnités aux familles de ses salariés**. La catastrophe a tué 270 personnes, mais **cette action ne concernait que les familles de 131 travailleurs embauchés directement par Vale, pas ceux engagés par des sous-traitants**. Faisant montre d'une absence totale de compassion, Vale, une entreprise qui, suivant les syndicats de travailleurs de la métallurgie de Brumadinho, gagne 1 million de réals toutes les 255 secondes, **a fait appel du jugement, qualifiant d'"absurde" le montant des indemnisations aux victimes**. (IndustriALL, 2022)

▪ [Cas de la catastrophe de Mariana, 2015] Almost six years after the dam collapse of Vale and BHP in Minas Gerais, **the Renova Foundation, created to repair the disaster, is forcing affected people to adhere to the simplified indemnity system** created by Federal Judge Mário de Paula Franco Júnior for the Rio Doce basin. Created to attend to situations in which it is difficult to prove the damage, in practice, the new system has been used as the only option offered to those who daily suffer the consequences of the biggest environmental disaster in Brazil. **After denying indemnity even to those who can prove the damage suffered, Renova has been sending letters "suggesting" that the person resorts to the system** created by the judge in the middle of the pandemic. **Embraced by the mining companies, this system requires that the affected person give full discharge to the companies, giving up claiming any other rights in Brazilian and foreign courts**. What should be an additional option becomes the only way. (Angelo, 2021)

▪ Roche, C., Thygesen, K., & Baker, E. (2017). Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident. *United Nations Environment Programme and GRID-Arendal*. [Lien](#).

▪ Motsau, B., & van Wyk, D. (2022). Report on the Jagersfontein Tailings Disaster. *Bench Marks Foundation*. [Lien](#).

▪ Gimenes, E. (26/01/2021). Two years on, "people are still dying", says Brumadinho dam collapse victim. *Brasil de Fato*. [Lien](#).

▪ IndustriALL. (24/01/2022). Trois ans après la tragédie de Brumadinho, ni justice ni reconnaissance pour les victimes. [Lien](#).

▪ Angelo, M. (24/08/2021). Vale and BHP use the Renova Foundation to impose a indemnity system across the Rio Doce basin. *Observatório da Mineração*. [Lien](#).

▪ Scarpelin, J., Agostinho, F. D. R., de Almeida, C. M. V. B., Giannetti, B. F., & Dias, L. C. P. (2022). Valuation of losses and damages resulting from the Fundão's dam failure: An emergy perspective. *Ecological Modelling*, 471, 110051. [Lien](#).

▪ Burritt, R. L., & Christ, K. L. (2021). Full cost accounting: A missing consideration in global tailings dam management. *Journal of Cleaner Production*, 321, 129016. [Lien](#).





### 3.3. Autres cas de ruptures de digue récents

#### 3.3.1. Jagersfontein, Afrique du Sud (diamants) · 11/09/2022



00:40:40



Le 11 septembre 2022 à Jagersfontein – une mine de diamants en Afrique du Sud –, une rupture de digue s'est produite. 5 millions de m<sup>3</sup> de résidus miniers ont été déversés, 2 villages ont été (tout ou partie) détruits, et 6 personnes sont décédées ou portées disparues.

- Le 11 septembre 2022, une rupture de digue minière s'est produite dans la mine de diamants de Jagersfontein, en Afrique du Sud, **libérant 5 millions de mètres cubes de résidus miniers** (Motsau & van Wyk, 2022 ; WISE Uranium Project). Cette vague de boue de 1,5 km de large a parcouru 8,5 km avant de rejoindre la rivière Prosesspruit. **Les villages de Charlesville and Itumeleng ont été particulièrement touchés, des dizaines d'habitations et de voitures et des infrastructures ayant été détruites ou endommagées** (Motsau & van Wyk, 2022 ; WISE Uranium Project). 6 personnes ont été tuées ou sont portées disparues et des dizaines d'autres ont été blessées, certaines très grièvement (Motsau & van Wyk, 2022 ; WISE Uranium Project). (SystExt, 2023, p. 28)

- [Extrait de la base de données du WISE Uranium Project] **2022, Sep. 11** [...] Jagersfontein, Kopanong, Xhariep, Free State, South Africa [...] Jagersfontein Developments (Pty) Ltd (then part of Superkolong Consortium) acquired the site in 2010 from De Beer; in April 2022, Jagersfontein Developments (Pty) Ltd became part of Stargems Group, Dubai; current ownership is disputed [...] diamond (recovery by processing of old spoil heaps) [...] tailings dam failure [...] **5.04 million m3** [...] The mud wave (up to 1.5 km wide) traveled approx. 8.5 km, sweeping away and/or destroying 51 houses and affecting another 103, sweeping away cars, disrupting power lines, killing two persons, injuring another 76, and displacing more than 300. One person is still missing. **At least 500 animals have died**. The mud then entered Wolwas Dam, then Prosesspruit, a tributary to Rietrivier, which flows into Kalkfontein Dam, located in a Nature Reserve. (WISE Uranium Project)

- The tailings burst between 14:00 and 17:00. Six houses in Charlesville have been completely swept away, and twenty-four others severely damaged. **Two people died, and four are still missing. The spill flooded down the valley for fifteen kilometres, and a farmer in Vlakkfontein lost 90% of his sheep.** (Motsau & van Wyk, 2022, p. 9)



- The breach in the dam is visible on its southern side, through which most of the tailings poured out. Analysis of satellite images by geologist Dave Petley indicated that **the plume reached up to 1.5 kilometers [...] wide and extended about 8.5 kilometers [...]** toward the southeast. **The sludge then turned north and entered several streams and rivers, including the Prosesspruit, and continued to at least Kalkfontein Dam [...]**. It reached water systems used for drinking water and for agriculture. (Hansen, 2022)

NASA Earth Observatory images by Lauren Dauphin, using Landsat data from the U.S. Geological Survey.



- SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).

- WISE Uranium Project. (last updated 11/04/2023). Chronology of major tailings dam failures. [Lien](#).

- Motsau, B., & van Wyk, D. (2022). Report on the Jagersfontein Tailings Disaster. *Bench Marks Foundation*. [Lien](#).

- Hansen, K. (10/09/2022). Jagersfontein Covered in Mining Waste. *NASA Earth Observatory*. [Lien](#).



### 3.3.2. Mariana, Brésil (fer) · 05/11/2015



00:42:30



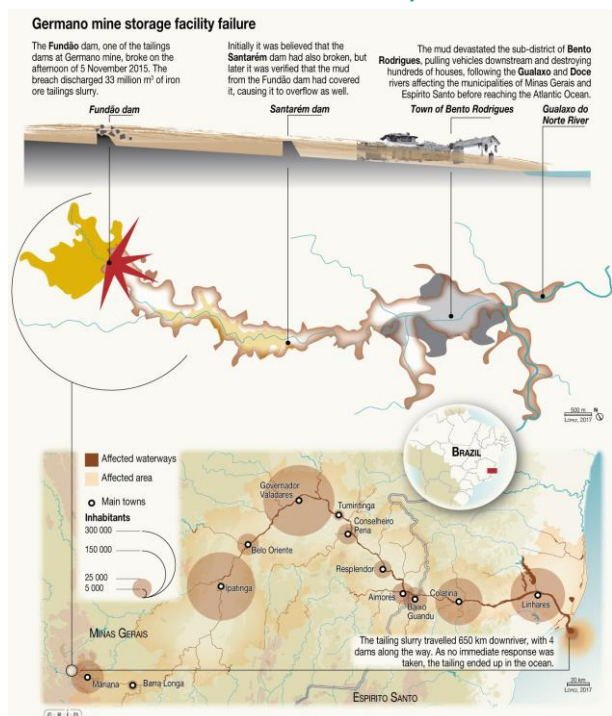
La rupture de digue de Brumadinho s'est déroulée 4 ans après une autre rupture du même type en novembre 2015. Il s'agit de la rupture de digue de Mariana, une autre mine de fer, également dans l'état du Minas Gerais, au Brésil.

▪ [Extrait de la base de données du WISE Uranium Project] 2015, Nov. 5 [...] Germano mine, Bento Rodrigues, distrito de Mariana, Região Central, Minas Gerais, Brazil [...] Samarco Mineração S.A. (50% BHP Billiton, 50% Vale) [...] iron [...] failure of the Fundão tailings dam due to insufficient drainage, leading to liquefaction of the tailings sands shortly after a small earthquake. [...] **32 million m3 [...] slurry wave flooded town of Bento Rodrigues, destroying 158 homes, at least 17 persons killed and 2 reported missing; slurry pollutes North Gualaxo River, Carmel River and Rio Doce over 663 km, destroying 15 square kilometers of land along the rivers and cutting residents off from potable water supply; the damage is at least US\$ 6.7 billion.** (WISE Uranium Project)

▪ On 5 November 2015, the mine's Fundão dam breached, releasing an estimated 33 million cubic metres of mine waste (Samarco 2015a; Grupo da Força-Tarefa 2016). **The tailings slurry flowed down the valley as a high-density mudflow and inundated parts of the village of Bento Rodrigues. Nineteen people were killed, including village residents and Samarco employees.** The slurry reached the Doce River Valley, the fifth largest river basin in Brazil, and **travelled for 650 kilometres until it reached the Atlantic coast 17 days later.** (GRID Arendal, 2017)

▪ **The Samarco tragedy, which helped prompt this assessment, demonstrates that despite these positive initiatives, more progress is needed to prevent tailings dam failures.** The Samarco mine is owned by two of the world's largest and most profitable mining companies, BHP Billiton and Vale SA. BHP Billiton is a long-term member of the ICM, while Vale SA, who were not a member at the time of the accident, have recently re-joined. **The inability of these industry giants, with their vast experience and expertise, to safely manage tailings demonstrates both how difficult tailings management is and the inadequacy of these initiatives in changing our approach to mine tailings.** (Roche, et al., 2017, p. 62)

Germano mine storage facility failure | Kristina Thygesen, GRID Arendal · Novembre 2017 · cc by-nc-sa 2.0



- WISE Uranium Project. (last updated 11/04/2023). Chronology of major tailings dam failures. [Lien.](#)
- GRID Arendal. (2017). Germano mine storage facility failure. [Lien.](#)
- Roche, C., Thygesen, K., & Baker, E. (2017). Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident. *United Nations Environment Programme and GRID-Arendal.* [Lien.](#)

- Morgenstern, N. R., Vick, S. G., Viotti, C. B., & Watts, B. D. (2016). Fundão tailings dam review panel. Report on the immediate causes of the failure of the Fundão dam. *Cleary Gottlieb Steen & Hamilton LLP.* [Lien.](#) [rapport complet de 1850 pages]
- do Carmo, F. F., Kamino, L. H. Y., Junior, R. T., de Campos, I. C., do Carmo, F. F., Silvino, G., ... & Pinto, C. E. F. (2017). Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. *Perspectives in ecology and conservation*, 15(3), 145-151. [Lien.](#)
- Phillips, D., & Brasileiro, D. (01/03/2018). Brazil dam disaster: firm knew of potential impact months in advance. *The Guardian.* [Lien.](#)



### 3.3.3. Williamson, Tanzanie (diamants) · 07/11/2022



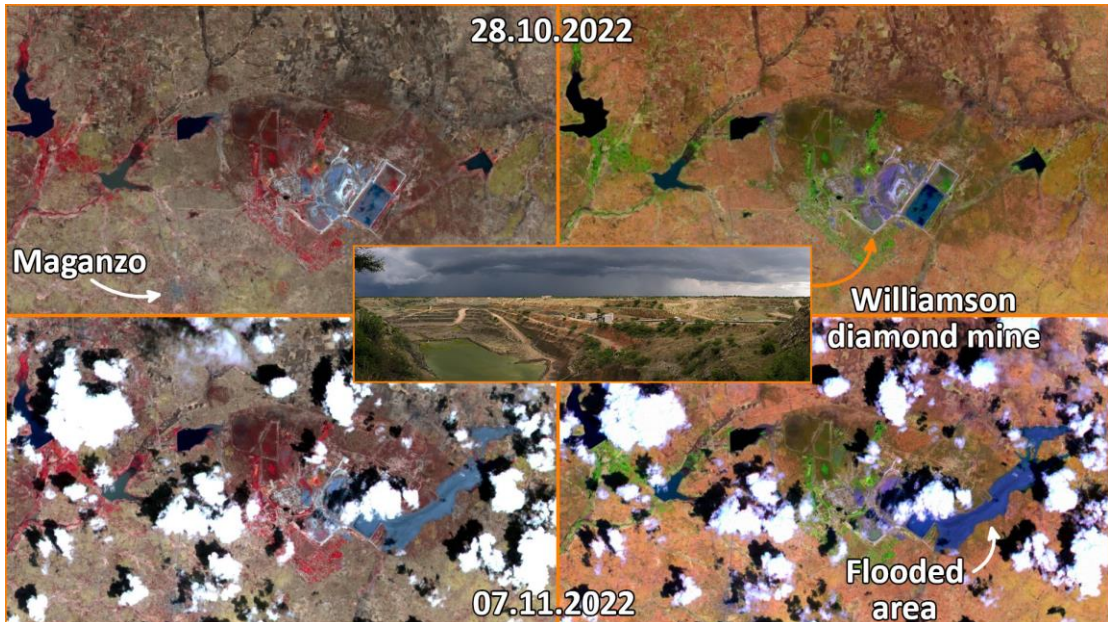
00:42:50



En novembre 2022, une autre rupture de digue a eu lieu dans la mine de diamants de Williamson, en Tanzanie.

▪ [Extrait de la base de données du WISE Uranium Project] 2022, Nov. 7 [...] Williamson Mine, Mwadui Lohumbo, Kishapu District, Shinyanga Province, Tanzania [...] Petra Diamonds Ltd (75%), Government of Tanzania (25%) [...] diamond [...] tailings dam failure: the tailings escaped through an approx. 150 m wide breach of the eastern wall of the impoundment; the outflow of tailings was still ongoing between Nov. 7 and Nov. 8 [...] **12.8 million m3 of water and tailings [...]** **The mud wave (up to 1.2 km wide) traveled over 8 km, covering 5.09 km2, damaging 13 houses and farmland. Three injuries have been reported. About 115 citizens of Ngw'wanholo village have been severely affected.** (WISE Uranium Project)

▪ The whitish plume is over 6 km long and has a maximum width of about 1.2 km. **A very rough estimate has a surface area of the plume at about 4.7 km<sup>2</sup>.** (Sentinel Vision team, VisioTerra, 2022)



- WISE Uranium Project. (last updated 11/04/2023). Chronology of major tailings dam failures. [Lien.](#)
- Sentinel Vision team, VisioTerra. (07/11/2022). A tailing dam fails at Williamson diamond mine, Tanzania. [Lien.](#)



According to the results presented in this article, it is possible to point out that one of the causes of dam failures in the Jagersfontain TSF in South Africa and Williamson TSF in Tanzania was **due to inadequate and nonconservative management of the supernatant water pond**, having areas of the reservoir with water in contact with the dam. This could have produced **phenomena such as the liquefaction and piping of the dam materials, causing their collapse.** (Cacciuttolo & Cano, 2023, p. 27)



Cacciuttolo, C., & Cano, D. (2023). Spatial and Temporal Study of Supernatant Process Water Pond in Tailings Storage Facilities: Use of Remote Sensing Techniques for Preventing Mine Tailings Dam Failures. *Sustainability*, 15(6), 4984. [Lien.](#)



00:42:58



Ces ruptures ne cessent pas. Les ruptures de digue ne sont pas du tout un phénomène rare. Elles sont très peu médiatisées alors qu'il s'agit de catastrophes humaines et environnementales gravissimes. Et de nombreux autres exemples pourraient être donnés au Brésil, au Canada, en Roumanie, en Hongrie, en Espagne, en Finlande... pays dans lequel une rupture de digue s'est produite en novembre 2012.

- Some historical examples are (i) Los Frailes, Spain, 1998, (ii) Baia Mare, Romania, 2000 (iii) Kolontar, Hungary, 2010, (iv) Mount Polley, Canada, 2014, (v) Fundao Samarco, Brazil, 2015, (vi) Brumadinho, Brazil, 2019, (vii) Jagersfontain, South Africa, 2022, and (viii) Williamson, Tanzania, 2022. (Cacciuttolo & Cano, 2023, p. 1)

- The comprehensive 2001 ICOLD report established an urgent need for the reform of tailings storage-facility planning, management and regulation. **The authors found that all 221 failures examined were avoidable** – that the technical knowledge to build and maintain tailings storage facilities existed, but that **an inadequate commitment to safe storage combined with poor management was the cause of most failures**. Unfortunately, **despite this realization and the development of many new measures, guidelines and improved practices, tailings storage facilities have continued to fail**. Furthermore, **the issue of safely storing tailings may become even more challenging** as the volume of waste from mines increases due to lower ore grades and as climate change brings about more intense and variable weather events. **An inadequate response will see failures continue**, impacting communities, human rights and environments, and the reputation and profitability of mining ventures. (Roche, et al., 2017, p. 10)

- Known mining accidents – 2007-2017 | Kristina Thygesen · Novembre 2017 · cc by-nc-sa 2.0



- [Extrait de la base de données du WISE Uranium Project] 2012, Nov. 4 [...] Sotkamo, Kainuu province, Finland [...] Talvivaara Mining Company Plc [...] nickel, (uranium by-product planned) [...] leak from gypsum pond through a "funnel-shaped hole" [...] **hundreds of thousands of cubic metres of contaminated waste water** [...] nickel and zinc concentrations in nearby Snow River exceeded the values that are harmful to organisms tenfold or even a hundredfold, uranium concentrations more than tenfold. (WISE Uranium Project)

- Cacciuttolo, C., & Cano, D. (2023). Spatial and Temporal Study of Supernatant Process Water Pond in Tailings Storage Facilities: Use of Remote Sensing Techniques for Preventing Mine Tailings Dam Failures. *Sustainability*, 15(6), 4984. [Lien](#).



- Roche, C., Thygesen, K., & Baker, E. (2017). Mine Tailings Storage: Safety Is No Accident. *United Nations Environment Programme and GRID-Arendal*. [Lien](#).

- GRID Arendal. (2017). Known mining accidents. [Lien](#). [Légende fournie et cartes également disponibles pour les périodes 1985-1996 et 1997-2006]

- WISE Uranium Project. (last updated 11/04/2023). Chronology of major tailings dam failures. [Lien](#).



- Bedford, T., & Lyseon, O. (2021, Mai 27). Talvivaara nickel mining company, Finland. *Environmental Justice Atlas*. [Lien](#).

- Lesser, P. (2021). The road to societal trust: implementation of Towards Sustainable Mining in Finland and Spain. *Mineral Economics*, 34(2), 175-186. [Lien](#).

## 4. Exploitation minière en eaux profondes

### 4.1. Caractéristiques des gisements marins profonds



01:05:30 (description des gisements de sulfures hydrothermaux)  
01:06:25 (profondeur)



- [En eaux profondes] il y a 3 types de gisements. [Le premier], les sulfures hydrothermaux, sont liés à des phénomènes de volcanisme sous-marin. De l'eau circule dans la croûte océanique, se charge en métaux puis remonte vers la surface. En sortant, ces métaux précipitent, une grande partie du panache se dispersant dans les eaux de mer, et une partie se déposant sous forme de cheminées (les "événements" volcaniques).
- Les gisements de sulfures hydrothermaux se situent à plusieurs milliers de mètres de profondeur.



Les sulfures hydrothermaux se mettent en place au niveau des **zones de volcanisme sous-marin** (dorsales, bassins d'arrière arc, arcs volcaniques) et plus particulièrement le long des dorsales [1] (Hannington, et al., 2011 ; Fouquet, 2013 ; Ecorys, 2014). Leur surface d'emprise sur les fonds marins s'étend généralement sur quelques hectares (Fouquet, 2013). **Si leur profondeur varie de 1 000 à 5 000 m, les principaux gisements se situent à des profondeurs comprises entre 2 000 et 3 000 m** [2] (Ecorys, 2014). Ces gisements sont liés aux **circulations d'eau de mer au sein de la croûte océanique, concentrant et transportant les métaux, qui précipitent sous la forme d'amas de sulfures métalliques au niveau des événements** ("cheminées volcaniques"). **Une grande partie du métal est cependant perdue dans le panache hydrothermal et dispersée loin des sites de l'événement** (Ecorys, 2014). Ces mécanismes de formation sont ainsi très lents : **il faut plusieurs dizaines de milliers d'années pour constituer les plus grands gisements** (Ecorys, 2014). **Ces derniers sont toutefois rares**, pas plus d'une dizaine de gisements (sur les 306 identifiés) présenteraient une taille et des teneurs métalliques suffisantes permettant d'envisager une exploitation future (Ecorys, 2014). [1] 65 % des gisements de sulfures hydrothermaux se trouvent le long des dorsales, 22 %, dans les bassins d'arrière-arc, 12 %, au niveau des arcs volcaniques (Hannington, et al., 2011). [2] Cela concerne les gisements situés au niveau des dorsales. Les gisements associés aux bassins d'arrière-arc et aux arcs volcaniques sont généralement situés à des profondeurs plus faibles (Ecorys, 2014). (SystExt, 2022, p. 18)

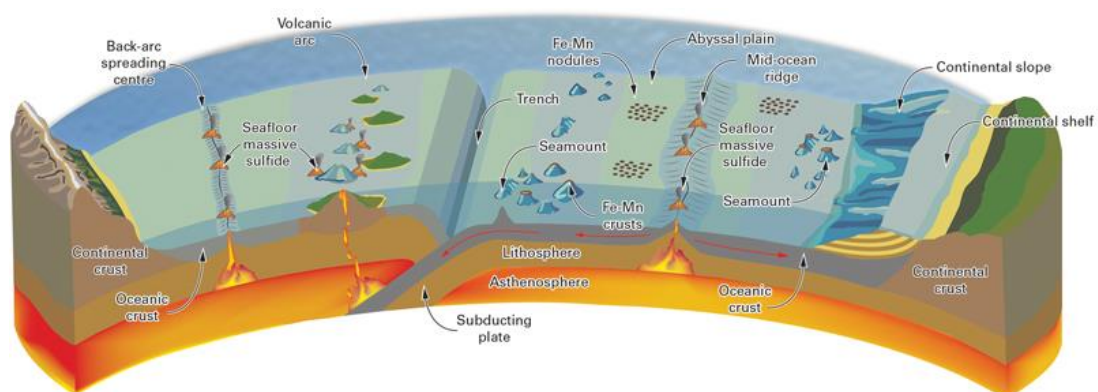


SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 1 - Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



- Hannington, M., Jamieson, J., Monecke, T., Petersen, S., & Beaulieu, S. (2011). The abundance of seafloor massive sulfide deposits. *Geology*, 39(12), 1155-1158. [Lien](#).
- Fouquet, Y. (2013). Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* (70), 49-56. [Lien](#).
- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels. [Lien](#).

Figure 2. Geological and geographical settings of different types of mineral deposits in the ocean, including the distribution of the different deep-marine minerals. Reprinted with permission from [Lusty & Murton, 2018]. Copyright 2018 British Geological Survey materials © UKRI 2018 under the Creative Commons Attribution CC-BY 3.0 License. (Ochromowicz, et al., 2021, p. 3)



Ochromowicz, K., Aasly, K., & Kowalczyk, P. B. (2021). Recent Advancements in Metallurgical Processing of Marine Minerals. *Minerals*, 11(12), 1437. [Lien](#).





01:06:18



[Le deuxième type de gisement] Les nodules, se situent dans des plaines abyssales très profondes (plusieurs milliers de mètres de profondeur), plus particulièrement des zones avec très peu de sédimentation. On se situe à l'interface de l'eau de mer et de la vase/sable. Autour d'un nucléus, se mettent en place des phénomènes de concrétion d'oxydes de fer et d'oxydes de manganèse de taille nanométrique (millionième de millimètre). Ces oxydes s'agrègent progressivement les uns aux autres et "aspirent" les métaux de l'eau de mer et ceux de l'eau de porosité (eau présente dans les sédiments sous-jacents). Les métaux sont donc adsorbés ou incorporés sur les tous petits grains d'oxydes. Les nodules présentent une taille finale de 1 à 12 cm [de diamètre], pour un temps moyen de formation de **\*quelques (non quelques dizaines) millimètres à quelques centaines de millimètres** concrétionnés par million d'années.

▪ Les nodules se mettent en place dans les **plaines abyssales à faible taux de sédimentation**, inférieurs à 1 cm par millier d'années (Ecorys, 2014 ; Hein, et al., 2020). **Si leur profondeur varie de 3 500 à 6 500 m, la majorité des surfaces couvertes par des nodules se situent à des profondeurs comprises entre 4 100 et 4 200 m** (Ecorys, 2014). Les nodules se présentent sous la forme de **concrétions noirâtres d'un diamètre de 1 à 12 cm** (Hein, et al., 2013) et contenant environ 40 % d'eau (Fouquet, 2013). Elles se composent d'oxydes de manganèse et d'hydroxydes de fer, qui ont précipité autour d'un nucléus [1] pouvant être un fragment de roche ou un débris organique (Fouquet, 2013 ; Ecorys, 2014). **Les minéraux précipitent soit à partir d'eau de mer** (processus hydrogénétique), **soit à partir de l'eau incluse dans la porosité des sédiments** (processus diagénétique). La croissance de ces concrétions est particulièrement lente : **de quelques millimètres à quelques centaines de millimètres par million d'années** (Ecorys, 2014 ; Hein, et al., 2020). [1] En géologie, un nucléus est un fragment à l'origine d'une concrétion. (SystExt, 2022, p. 19)

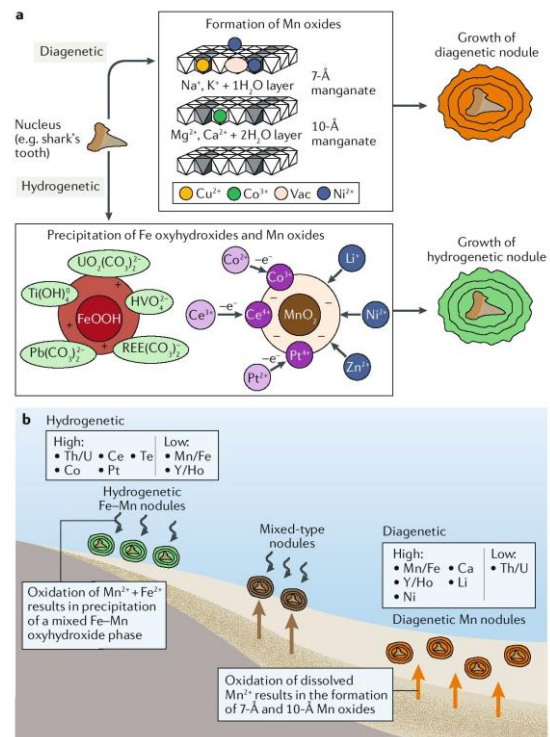


▪ Fig. 3 | **Formation mechanisms and environments for polymetallic nodules.**

a | Schematic showing the formation of  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> and ferrihydrite (bottom) and phyllosulfates (top), which precipitate around a nucleus to form hydrogenetic and diagenetic nodule layers, respectively. In addition to those shown here, many other anions and neutral complexes sorb onto the ferrihydrite and cations sorb onto the  $\delta$ -MnO<sub>2</sub> and other phyllosulfates.

b | Schematic showing the formation of hydrogenetic, mixed type and diagenetic nodules, with variations in chemistry shown.

Figure adapted with permission from REFS, Mineralogical Society of America. (Hein, et al., 2020, p. 162)



▪ SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 1 - Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).  
 ▪ Hein, J. R., Koschinsky, A., & Kuhn, T. (2020). Deep-ocean polymetallic nodules as a resource for critical materials. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(3), 158-169. [Lien](#).



▪ Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels. [Lien](#).  
 ▪ Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A., & Conrad, T. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14. [Lien](#).  
 ▪ Fouquet, Y. (2013). Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*(70), 49-56. [Lien](#).



01:08:27



[Le troisième type de gisement] Les encroûtements dont la formation se base sur le même principe que les nodules, non pas sous forme de concrétion mais en dépôt sur les fonds marins, au niveau de reliefs sous-marins. Se met alors en place une croûte présentant globalement la même composition que les nodules.



Les encroûtements se mettent en place au niveau de **reliefs sous-marins particuliers** (flancs de volcans, crêtes et plateaux) dans des zones où les taux de sédimentation sont quasiment nuls [1]. Ils recouvrent des surfaces de plusieurs dizaines de kilomètres carrés (Fouquet, 2013). **Si leur profondeur varie de 400 à 7 000 m, les encroûtements les plus riches en métaux et les plus épais se situent à des profondeurs comprises entre 800 et 2 500 m** (Hein, et al., 2013 ; Ecorys, 2014). Leur formation se base sur le même principe que celle des nodules (Bougault & Saget, 2011), elle consiste en une précipitation d'oxydes de manganèse et d'hydroxydes de fer à partir d'eau de mer (processus hydrogénétique), mais sur un substrat induré et sous la forme de croûtes noirâtres. Ces gisements se caractérisent par des **taux de croissance particulièrement lents, de 1 à 6 mm par million d'années** (Fouquet, 2013 ; Hein, et al., 2013 ; Ecorys, 2014). Ainsi, les encroûtements les plus épais peuvent être âgés de plus de 60 millions d'années (Fouquet, 2013). **Leur épaisseur, bien que variable, reste faible : de moins d'un 1 mm jusqu'à 260 mm** (Ecorys, 2014). [1] Zones sur lesquelles aucun phénomène de sédimentation ne s'est produit depuis des millions d'années (Hein, et al., 2013). (SystExt, 2022, p. 20)



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 1 - Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



- Fouquet, Y. (2013). Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* (70), 49-56. [Lien](#).
- Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A., & Conrad, T. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14. [Lien](#).
- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. *Final report Annex 1 Geological Analysis. FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien](#).
- Bougault, H., & Saget, P. (2011). Les encroûtements cobaltifères de Polynésie Française. *Mines & Carrières* (185), 70-75. [Lien](#).



01:10:31 (localisation dans tous les océans)  
01:12:45 (zone d'Atlantis)



Les gisements se trouvent globalement dans tous les océans (océan Indien, océan Pacifique, océan Atlantique...). Par contre, l'océan Pacifique est l'océan qui dispose des réserves les plus "prometteuses". Au sein de ce dernier, se trouvent les deux principaux gisements de nodules et d'encroûtements : la Zone de Clarion-Clipperton (pour les nodules) – qui se trouve entre le Mexique et Hawaï –, et la Prime Crust Zone (pour les encroûtements) au sud-ouest de cette dernière. Il a d'autres gisements ailleurs. Pour les sulfures hydrothermaux, l'une des zones les plus connues est la Zone d'Atlantis au niveau de la Mer Rouge.

La Figure 1 situe les zones d'intérêt pour les différents types de gisements en eaux profondes et met en évidence les **gisements majeurs : Atlantis dans la Mer Rouge pour les sulfures hydrothermaux ; la Zone de Clarion-Clipperton** (ou Clarion-Clipperton Zone (CCZ) en anglais), le Peru Basin (PB) et le Cook Islands ou Penrhyn Basin (PEN) **dans l'Océan Pacifique pour les nodules ; la Prime Crust Zone (PCZ) dans l'Océan Pacifique pour les encroûtements.** (SystExt, 2022, p. 16)

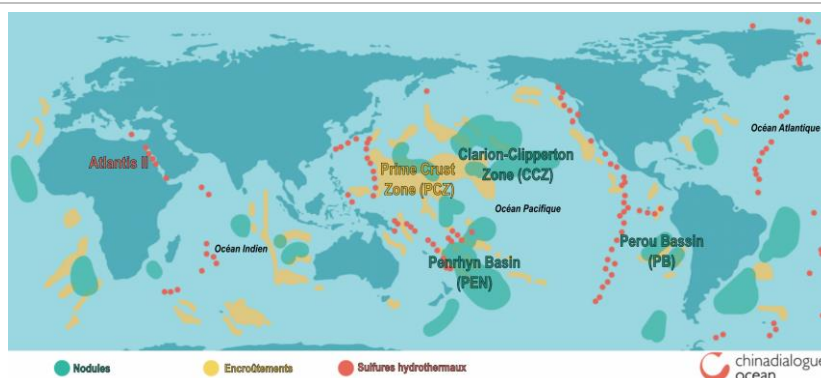


Figure 1 : Localisation des zones d'intérêt pour les trois types de gisements en eaux profondes et mise en évidence des sites majeurs ; traduit et adapté de (Woody, 07/05/2020, China Dialogue Ocean) (SystExt, 2022, p. 16)



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 1 · Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



Woody, T. (07/05/2020). Covid-19 throws seabed mining negotiations off track. *China Dialogue Ocean*. [Lien](#).

## 4.2. Évaluation des ressources minérales marines profondes

### 4.2.1. Teneurs faibles à moyennes par rapport aux gisements terrestres



01:14:05



Les métaux des gisements sous-marins sont des métaux on ne peut plus connus. Les principaux métaux d'intérêt pour les sulfures hydrothermaux sont : l'or, l'argent, le cuivre et le zinc. Pour les encroûtements et les nodules, il s'agit du manganèse, du nickel, du cobalt et du cuivre.



- **Les principaux métaux d'intérêt des gisements de sulfures hydrothermaux sont le cuivre (Cu), le zinc (Zn), l'or (Au) et l'argent (Ag)** (Ecorys, 2014). D'autres métaux et métalloïdes peuvent présenter un intérêt potentiel ; il s'agit de l'antimoine (Sb), du cadmium (Cd), du gallium (Ga), du germanium (Ge) et de l'indium (In) (Fouquet, 2013 ; Ecorys, 2014). Le bismuth (Bi), le mercure (Hg), le sélénium (Se), le tellure (Te) et le thallium (Th) sont également signalés (Fouquet, 2013 ; Ecorys, 2014). (SystExt, 2022, p. 18)

- Les nodules contiennent essentiellement du manganèse (Mn) et du fer (Fe). **Les principaux métaux d'intérêt de ces gisements sont le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le cobalt (Co) ainsi que le manganèse (Mn) dans une moindre mesure** (Ecorys, 2014). D'autres métaux peuvent présenter un intérêt potentiel ; il s'agit du lithium (Li), du molybdène (Mo) et du zirconium (Zr) (Fouquet, 2013 ; Ecorys, 2014). Le tellure (Te), le thallium (Th), le tungstène (W) et des terres rares sont également signalés (Fouquet, 2013). (SystExt, 2022, p. 19)

- Les encroûtements contiennent essentiellement du manganèse (Mn) et du fer (Fe). **Les principaux métaux d'intérêt de ces gisements sont le cuivre (Cu), le cobalt (Co), le nickel (Ni) ainsi que le manganèse (Mn) dans une moindre mesure** (Ecorys, 2014). D'autres métaux peuvent présenter un intérêt potentiel ; il s'agit du platine (Pt), du tellure (Te) et des terres rares (Fouquet, 2013 ; Ecorys, 2014). Le bismuth (Bi), le molybdène (Mo), le niobium (Nb), le phosphore (P), le thallium (Th), le titane (Ti), le tungstène (W) et le zirconium (Zr) sont également signalés (Fouquet, 2013 ; Ecorys, 2014). (SystExt, 2022, p. 20)



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 1 · Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. *FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien](#).
- Fouquet, Y. (2013). Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement (70)*, 49-56. [Lien](#).



01:14:27 (constat général et exemple du cobalt)  
 01:16:06 (métaux d'intérêt potentiel et exemples du lithium et des terres rares)  
 01:17:19 (exceptions du cuivre et du tellure)  
 01:18:02 (conclusion)



- Les concentrations des métaux d'intérêt sont soit dans la gamme des gisements terrestres, soit inférieure [à cette gamme]. Les concentrations sont extrêmement faibles. En prenant les exemples dans la Zone de Clarion-Clipperton (CCZ) et dans la Prime Crust Zone (PCZ), selon des données de (Hein, et al., 2013), pour le cobalt. Cobalt (CCZ) : 0,21 % ; Cobalt (PCZ) : 0,67 % ; Cobalt (gisements terrestres) : de 0,01 % à 1 %.
- D'autres métaux sont présents, il s'agit des métaux d'intérêt potentiel, c'est-à-dire qu'il est espéré pouvoir potentiellement les trouver. Il est par exemple beaucoup fait mention du lithium dans les nodules de la Zone de Clarion-Clipperton, dont la concentration y est estimée de 131 g/t, alors que les teneurs sont de 500 à 1 500 g/t dans les salars et jusqu'à 15 000 g/t dans les gisements primaires. En ce qui concerne les terres rares, dans la Prime Crust Zone (encroûtements) la teneur est estimée à 0,25 %, alors que la teneur des gisements **\*terrestres (non mondiaux)** est de 5 % à 10 %.
- Deux exceptions : du cuivre dans les sulfures hydrothermaux qui présente une teneur (moyenne internationale) de 5 %, alors qu'elle se situe entre 0,3 % et 2 % dans les gisements terrestres ; et du tellure dans les encroûtements de la PCZ qui présente une teneur estimée à 60 g/t, alors qu'elle se situe entre **\*0,1 g/t (\*et non 0,01 g/t)** à 1 g/t dans les gisements terrestres.
- Exception faite du cuivre et du tellure, force est de constater que l'intérêt [pour ces gisements] ne se situe pas au niveau de la teneur. Il faut donc compenser par des exploitations sur de grandes échelles.

[Comparaison des teneurs dans les gisements en eaux profondes par rapport à celles dans les gisements terrestres]

Tableau 2 : Teneurs moyennes pour les principaux métaux et métalloïdes d'intérêt et pour ceux d'intérêt potentiel, dans les gisements marins en eaux profondes (Hein, et al., 2013) [pour les données sur les nodules et les encroûtements] ; (Ecorys, 2014) [pour les données sur les sulfures hydrothermaux] et comparaison aux teneurs moyennes des gisements terrestres. (SystExt, 2022, p. 22)



	Sulfures hydrothermaux		Nodules	Encroûtements	Moyennes des gisements terrestres <sup>20</sup>
	Unité	Moyenne internationale	Dans la Zone de Clarion-Clipperton (CCZ)	Dans la Prime Crust Zone (PCZ)	
Manganèse (Mn)	%	-	28,4	22,8	30 à 50
Zinc (Zn)	%	10	0,14	0,07	4 à 20
Cuivre (Cu)	%	5	1,07	0,98	0,3 à 2
Nickel (Ni)	%	-	1,30	0,42	0,7 à 3
Cobalt (Co)	%	-	0,21	0,67	0,01 à 1
Terres rares <sup>21</sup>	%	-	0,08	0,25	5 à 10
Lithium (Li)	g/t	-	131	3	500 à 15 000
Molybdène (Mo)	g/t	-	590	463	200 à 3 000
Zirconium (Zr)	g/t	-	307	559	5 000 à 250 000
Tellure (Te)	g/t	5	4	60	0,1 à 1
Or (Au)	g/t	5	0,005	0,06	0,5 à 20
Argent (Ag)	g/t	200	0,2	0,1	10 à 1 000
Platine (Pt)	g/t	-	0,1	0,5	5 à 15

Légende :

• Principaux métaux d'intérêt (teneurs en gras)

• Comparaison des teneurs des gisements en eaux profondes par rapport à la moyenne des gisements terrestres en exploitation (couleurs uniquement pour les principaux métaux d'intérêt et pour les autres métaux d'intérêt potentiel de chaque type de gisement) :

	Teneur inférieure à la borne basse de la gamme
	Teneur dans la gamme
	Teneur supérieure à la borne haute de la gamme



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 1 · Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).





- Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A., & Conrad, T. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14. [Lien.](#)
- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. *FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien.](#)

[Données justifiant des gammes retenues par SystExt pour les gisements terrestres]



- [Cobalt] [...] **cobalt grades differ greatly - mostly low grades (0.01 to 0.2 percent cobalt)** for magmatic Ni-Cu(-Co-PGE) sulfide deposits, intermediate grades (0.03 to 0.2 percent cobalt) for the majority of lateritic Ni-Co deposits, **and relatively high grades (0.03 to 1.0 percent cobalt)** for most stratiform sediment-hosted Cu-Co deposits. The highest average grades (about 1.5 percent cobalt) are in relatively small cobalt-rich vein deposits of the Bou Azzer district in Morocco. (Slack, et al., 2017, p. F10)
- [Lithium] L'exploitation de saumures de lacs salés en partie asséchés, appelés "salars" [...]. La teneur en lithium de ces lacs salés **peut atteindre 0,16 % pour le "salar" d'Atacama**, 0,05 % pour celui de Zhabuye, au Tibet. [...] L'exploitation, généralement à ciel ouvert, de gisements de pegmatites granitiques, [...] Par exemple, pour le gisement de spodumène de Greenbushes, en Australie, qui a une **teneur de 1,43 % de Li<sub>2</sub>O**, [...]. Conversions : Teneurs salars = 500 à 1 600 ppm (ou g/t) ; Teneurs pegmatites = jusqu'à 14 300 ppm. (L'Élémentarium)
- [Lithium] Plots of lithium grade and tonnage for selected world deposits : [...] **Lithium resources in LCT pegmatites [...] Grade, in weight percent Li<sub>2</sub>O [de 1 % à 8 %] Lithium resources in closed-basin brines [...] Grade, in parts per million Li [de 900 à 4 000 ppm]**. Conversions : Teneurs pegmatites = de 1 à 8 % Li<sub>2</sub>O = de 0,18 à 1,43 % Li = de 1 800 ppm à 14 300 ppm (ou g/t). (Bradley, et al., 2017, p. K13)
- [Terres rares] Les concentrations en terres rares [...] sont sensiblement plus faibles que dans les mines terrestres (**> 5 %**), mais les tonnages peuvent être comparables. (Fouquet, 2013, p. 53)
- [Terres rares] Because of the low grades of economic deposits (**< 10 percent total REOs**) [...]. (Van Gosen, et al., 2017, pp. O22-O23)
- [Cuivre] Les teneurs des minerais exploités sont **généralement comprises entre 0,3 et 2 %**, exceptionnellement jusqu'à 5 % par exemple au début de l'exploitation de la mine de Neves Corvo, au Portugal. (L'Élémentarium)
- [Tellure] In large-tonnage mineral deposits, such as porphyry copper and sea-floor volcanogenic massive sulfide deposits, sulfide minerals may contain hundreds of parts per million tellurium, although the orebodies likely have overall **concentrations of 0.1 to 1.0 parts per million tellurium**. (Goldfarb, et al., 2017, p. R1)



- Slack, J. F., Kimball, B. E., & Shedd, K. B. (2017). Cobalt, Chapter F. Dans *K. J. Schulz, J. H. DeYoung, R. R. Seal, & D. C. Bradley, Critical mineral resources of the United States - Economic and environmental geology and prospects for future supply (pp. F1-F40)*. U.S. Geological Survey: Professional Paper 1802. [Lien.](#)
- L'Élémentarium. Fiche Lithium. [Lien.](#)
- Bradley, D. C., Stillings, L. L., Jaskula, B. W., Munk, L., & McCauley, A. D. (2017). Lithium, Chapter K. Dans *K. J. Schulz, J. H. DeYoung, R. R. Seal, & D. C. Bradley, Critical mineral resources of the United States - Economic and environmental geology and prospects for future supply (pp. K1-K21)*. U.S. Geological Survey: Professional Paper 1802. [Lien.](#)
- Fouquet, Y. (2013). Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement(70)*, 49-56. [Lien.](#)
- Van Gosen, B. S., Verplanck, P. L., Seal, R. R., Long, K. R., & Gambogi, J. (2017). Rare-earth elements, Chapter O. Dans *K. J. Schulz, J. H. DeYoung, R. R. Seal, & D. C. Bradley, Critical mineral resources of the United States - Economic and environmental geology and prospects for future supply (pp. O1-O31)*. U.S. Geological Survey: Professional Paper 1802. [Lien.](#)
- L'Élémentarium. Fiche Cuivre. [Lien.](#)
- Goldfarb, R. J., Berger, B. R., George, M. W., & Seal, R. R. (2017). Tellurium, Chapter R. Dans *K. J. Schulz, J. H. DeYoung, R. R. Seal, & D. C. Bradley, Critical mineral resources of the United States - Economic and environmental geology and prospects for future supply (pp. R1-R27)*. U.S. Geological Survey: Professional Paper 1802. [Lien.](#)



[...] la teneur en métaux des ressources minérales des grands fonds marins n'est **pas nécessairement significativement plus élevée que celle des mines terrestres**, à l'exception des sulfures hydrothermaux pour le cuivre et le zinc et des encroûtements cobaltifères pour le cobalt. (Sénat, 2022, p. 85)



Sénat. (2022). Rapport d'information fait au nom de la mission d'information sur "L'exploration, la protection et l'exploitation des fonds marins : quelle stratégie pour la France ?". [Lien.](#)



#### 4.2.2. Ressources minières probablement très surestimées



01:09:31



Un chiffre très souvent avancé dans les presses françaises : il y aurait 34 milliards de tonnes de nodules dans la Zone de Clarion-Clipperton.



[Exemples de sources annonçant ou se basant sur la présence de 34 milliards de tonnes de nodules dans la Zone de Clarion-Clipperton] ▪ Vilaginés, Y. (07/07/2022). Le potentiel minier des fonds marins attise les convoitises. *Les Échos*. [Lien](#). ▪ Jeannin, A. (17/02/2023). Nickel des profondeurs : une publication scientifique conteste la ruée sur les métaux des abysses. *Franceinfo Nouvelle-Calédonie la 1ère*. [Lien](#). ▪ Delacroix, G. (06/01/2023). Métaux rares : ces entreprises lancées dans la course aux abysses. *Le Monde*. [Lien](#). ▪ Ferrarini, H. (08/06/2018). La ruée minière sur les océans s'amorce, au prix probable de l'environnement. *Reporterre*. [Lien](#). ▪ Ifremer. (s.d.). Les nodules polymétalliques, des galets de métaux dans les abysses. [Lien](#).



01:38:50



- Se pose la question de la quantité totale [de minerai ou de métal]. SystExt ne base pas sur la valeur des 34 milliards de tonnes de nodules dans la Zone de Clarion-Clipperton (CCZ) (qui est une valeur qui est plutôt utilisée en France) mais plutôt sur la valeur des 21,1 milliards de tonnes de nodules dans la CCZ, chiffre retenu par (Hein, et al., 2013) et qui fait fois à l'international [précisé ensuite].
- La zone de Clarion-Clipperton s'étend sur environ **6\*** (non 9) millions de kilomètres carrés, ce qui équivaut à **\*2** (non 3) fois la surface de l'Inde (de 3,29 millions de km<sup>2</sup>).



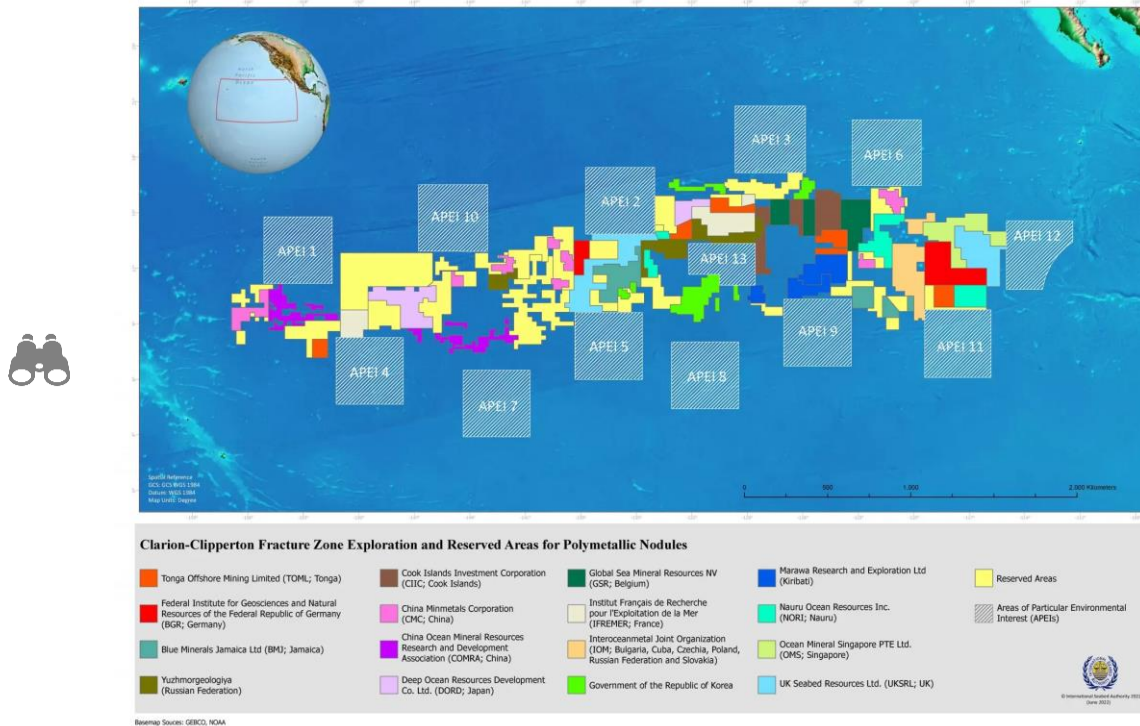
- 34 milliards de tonnes de nodules (Fouquet, 2013 ; Dymont, et al., 2014 ; valeur tirée de (Hoffert, 2008)) ou 21 milliards de tonnes de nodules dans la Zone de Clarion-Clipperton (CCZ) (Hein, et al., 2013 ; Ecorys, 2014 ; valeur tirée de (ISA, 2010)) [...]. (*SystExt, 2022, p.23*)
- A conservative estimate of the **dry tonnage of nodules in the CCZ is 21,100 million tonnes** (ISA, 2010) and for crusts in the PCZ is 7533 million tonnes [...]. (Hein, et al., 2013, p. 9)
- The abundance of nodules and, therefore, **the quantities of associated metals are moderately well known for the CCZ**, the Central Indian Ocean Basin and the Cook Islands EEZ, but poorly known for other areas of the global ocean. **A conservative calculation for the CCZ estimates there are about 21,100 million dry metric tonnes of nodules in the region.** (*Ecorys, 2014, p. 22*)
- **The Clarion–Clipperton Zone (CCZ) is an area of the seabed of about six million km<sup>2</sup>**, with water depths of between 4000 and 6000 m, located in the Eastern Central Pacific Ocean and bounded to the North and South by the Clarion and Clipperton Fracture Zones. It is considered to be a prime location for commercially viable deposits of polymetallic nodules and has been the subject of scientific investigation, mineral prospecting and exploration since the 1960s. (*Lodge, et al., 2014, p. 66*)



- SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 1 · Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).
- Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A., & Conrad, T. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14. [Lien](#).
- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. *FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien](#).
- Lodge, M., Johnson, D., Le Gurun, G., Wengler, M., Weaver, P., & Gunn, V. (2014). Seabed mining: International Seabed Authority environmental management plan for the Clarion–Clipperton Zone. A partnership approach. *Marine Policy*, 49, 66-72. [Lien](#).



- Fouquet, Y. (2013). Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* (70), 49-56. [Lien](#).
- Dymont, J., Lallier, F., Le Bris, N., Rouxel, O., Sarradin, P.-M., Lamare, S., . . . Tourolle, J. (2014). Impacts environnementaux de l'exploitation des ressources minérales marines profondes. Expertise scientifique collective. *CNRS et Ifremer*. [Lien](#).
- Hoffert, M. (2008). Les nodules polymétalliques dans les grands fonds océaniques - Une extraordinaire aventure minière et scientifique sous-marine. *Société géologique de France - Vuibert*.
- International Seabed Authority (ISA). (2010). A geological model of polymetallic nodule deposits in the Clarion-Clipperton Fracture Zone. Technical Study No. 6. [Lien](#).



International Seabed Authority (ISA). (Juin 2022). Clarion Clipperton Fracture Zone. [Lien](#).



01:40:25



Ces chiffres de 21,1 milliards de tonnes [de nodules dans la zone de Clarion-Clipperton] proviennent de l'International Seabed Authority (ISA) (l'Autorité internationale des fonds marins, en français) qui a mandaté une étude en 2010 pour évaluer la quantité de nodules présents dans la zone de Clarion-Clipperton. Ils ont réalisé un krigeage (un modèle mathématique, il s'agit d'une méthode géostatistique qui permet d'interpoler des données connues sur une zone où les données sont inconnues). La taille de la zone de Clarion-Clipperton a rendu cet exercice difficile. L'ISA a par conséquent réduit la taille [d'étude] à 3,83 millions de kilomètres carrés (superficie qui est toujours plus grande que celle de l'Inde) et ont estimé qu'il y avait 21,1 milliards de tonnes de nodules dans cette zone.

Several methods of estimating the quantities of polymetallic nodules and contained metals within portions of the study area were utilized. **These methods range from interpolations made using standard kriging methods to extrapolations from the existing data to predict quantities outside of the areas covered by the available data.** Table 1 lists representative values of these estimates. The first three rows of this table are derived from different interpolation schemes, while the last row uses extrapolations based on predictions from a linear regression model that uses specific proxy variables to predict metal content in the CCZ where no data are available. (ISA, 2010, p. vi)



Source	Included Area (km <sup>2</sup> X 10 <sup>6</sup> )	Estimated Tons (metric tons X 10 <sup>6</sup> )				
		Nodules	Mn	Co	Ni	Cu
<b>Total study area</b>	4.19	30,700	8,657*	67.5*	393*	341*
<b>Reduced area</b>	3.83	21,100	5,950*	46.4*	270*	234*
<b>Biogeochemical model</b>	4.85	27,100	7,300	58.0	340	290
<b>Potential resources of nodules</b>	12.57	62,000	17,500	134.0	761	669

\*Estimated using mean metal content values

Table 1. Inferred resources (ISA, 2010, p. vii)



International Seabed Authority (ISA). (2010). A geological model of polymetallic nodule deposits in the Clarion-Clipperton Fracture Zone. Technical Study No. 6. [Lien](#).



**Le krigeage est l'approche géostatistique la plus utilisée pour réaliser des interpolations spatiales.** Les techniques de krigeage sont basées sur la définition d'un modèle spatial entre les observations (défini par un variogramme) pour **prédire les valeurs attributaires d'une variable à des positions où aucun échantillon n'est disponible.** Une des spécificités du krigeage est qu'il ne considère pas seulement la distance entre les observations (comme pour les méthodes déterministes) mais qu'**il essaye aussi de capturer la structure spatiale des données** en comparant deux à deux les observations séparées par des distances spatiales spécifiques. L'objectif est de **comprendre les relations existantes entre les observations séparées par des distances différentes dans l'espace.** (Aspexit, 2018)



Aspexit. (16/08/2018). Interpolation de données spatiales : TIN, IDW, krigeage, krigeage en bloc, co-krigeage... Quelle est la différence ? [Lien](#).



01:41:52



Le krigeage reste un modèle mathématique. Il faut donc prendre cette valeur de 21,1 milliards de tonnes avec beaucoup de précaution. En termes de ressources minières, c'est ce qu'on appelle des ressources minières présumées [cf. tableau précédent "Inferred resources"], c'est à dire le niveau le plus faible de connaissance que l'on ait sur une ressource



- Une ressource minérale est **une concentration ou une occurrence de substance solide présentant un intérêt économique** dans ou sur la croûte terrestre dont la forme, la teneur (ou qualité) et la quantité sont telles qu'elles présentent des **perspectives raisonnables d'extraction rentable à terme.** (ICM, 2014, p. 4)

- Une **ressource minérale présumée** constitue la partie de la ressource minérale dont on peut estimer la quantité et la teneur (ou qualité) **sur la base de preuves géologiques et d'un échantillonnage restreint.** Les preuves géologiques suffisent à supposer, mais pas à vérifier, la continuité géologique et celle de la teneur (ou qualité). Le degré de confiance accordé à une ressource minérale présumée est inférieur à celui accordé à une ressource minérale indiquée ; **elle ne doit en aucun cas être convertie en réserve minérale.** (ICM, 2014, p. 4)



Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM). (2014). Normes de définitions de l'ICM pour les ressources minières et les réserves minières. *Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole (ICM)*. [Lien](#).



01:42:58



Il existe d'autres estimations, notamment une publication de (Fouquet, 2013) qui évalue à 3 milliards de tonnes la quantité de sulfures hydrothermaux au niveau des dorsales, en utilisant une règle de 3, avec des hypothèses très "optimistes". D'autres chercheurs, comme (Hannington, et al., 2011) ont justement proposé d'autres modèles, non pas à hauteur de 3 milliards de tonnes, mais plutôt autour de 600 millions de tonnes.

- La zone la mieux connue et la mieux explorée actuellement, à la fois pour les sites actifs et les sites inactifs, est celle étudiée par la Russie depuis plus d'une dizaine d'années [...] entre 13°N et 21°N sur la dorsale Atlantique. Une exploration systématique de cette portion de dorsale lente sur environ 1000 kilomètres de long et 20 kilomètres de large a permis de localiser sept champs hydrothermaux majeurs dont quatre dépôts inactifs. **L'ensemble de ces minéralisations totalise plus de 75 millions de tonnes de sulfures.** En considérant qu'environ 40 000 kilomètres des 60 000 kilomètres de dorsales sont des dorsales lentes, on peut estimer que la portion de ces dernières ayant moins d'un million d'années [...] **contient 40 X 75 millions de tonnes, soit environ 3 000 millions de tonnes de minéralisations sulfurées.** (Fouquet, 2013, p. 56)



- Cette estimation consiste donc en l'**application d'une simple règle de trois, basée sur deux hypothèses extrêmement fortes** : (1) 2/3 de toutes les dorsales sont lentes et s'étendent donc sur 20 km de large environ ; (2) Ces 40 000 km de dorsales sont autant minéralisés que la zone la plus connue située entre 13°N et 21°N sur la dorsale Atlantique. D'autres auteurs ont modélisé des scénarios beaucoup moins ambitieux, considérant par exemple 10 000 km de dorsales, d'arcs et de bassins d'arrière-arc pour un total de 600 millions de tonnes de sulfures massifs (Hannington, et al., 2011). Ces derniers considèrent **plutôt un tonnage 5 fois inférieur en prenant en compte dans leur évaluation tous les environnements de volcanisme sous-marins favorables (et pas seulement les dorsales).** **D'autres auteurs encore ne se risquent pas à évaluer le potentiel des sulfures hydrothermaux compte tenu du manque de données** : « *Due to lack of information about the important subsurface component of deposits, it is difficult to estimate the resource potential of most seafloor massive sulphides.* » (Ecorys, 2014, p. 14) ou « [...] *the tonnages of SMS in various environments throughout the global ocean are poorly known and grade/tonnage comparisons with land-based deposits have a high degree of uncertainty.* » (Hein, et al., 2013, p. 2). (SystExt, 2022, p. 25)

- More than 300 sites of high-temperature hydrothermal venting have been identified since the discovery of black smokers, but **significant massive sulfide accumulation has been found at only 165 of these sites.** Estimates of the total number of vent fields and associated mineral deposits, based on plume studies and deposit occurrence models, range from 500 to 5000. We have used **new deposit occurrence data from 10,000 km of ridge, arc, and backarc spreading centers** to estimate the amount of massive sulfide in the easily accessible neovolcanic zones of the global oceans. The total accumulation in these areas is estimated to be on the order of **6 × 10<sup>8</sup> tonnes**, containing ~3 × 10<sup>7</sup> tonnes of copper and zinc. This is similar to the total discovered copper and zinc in Cenozoic massive sulfide deposits mined on land but is insufficient to satisfy a growing global demand for these metals. (Hannington, et al., 2011, p. 1155)



- Fouquet, Y. (2013). Les ressources minérales marines. État des connaissances sur l'importance des dépôts. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* (70), 49-56. [Lien](#).
- SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 1 · Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).
- Hannington, M., Jamieson, J., Monecke, T., Petersen, S., & Beaulieu, S. (2011). The abundance of seafloor massive sulfide deposits. *Geology*, 39(12), 1155-1158. [Lien](#).



- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. *FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien](#).
- Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A., & Conrad, T. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14. [Lien](#).





01:43:52  
01:45:32



▪ Ce qui est inquiétant, c'est de prendre en l'état ces tonnages (comme les 21,1 milliards de tonnes de nodules dans la CCZ), de les multiplier par les teneurs estimées (même si elles sont faibles) puis de comparer les tonnages obtenus avec des quantités consommées ou encore avec les réserves terrestres.

▪ Les modèles des chercheurs ont des limites. Ils utilisent généralement des données publiques et peu nombreuses. Beaucoup de données acquises dans les cadres de plans d'exploration sont des données confidentielles par principe car ce sont des données acquises par des acteurs privés. Il n'y pas effectivement pas beaucoup de données, les chercheurs font ce qu'ils peuvent, d'autant qu'ils prennent un certain nombre de précautions. La problématique ne vient pas de là, elle vient du glissement entre ces évaluations hypothétiques et les annonces de que cela pourrait représenter en termes d'approvisionnement métallique.

**La multiplication des tonnages précédents par les concentrations moyennes permet aux auteurs de fournir des quantités totales de métaux qui s'avèrent particulièrement élevées, et de les comparer aux réserves terrestres**, tel qu'en attestent les exemples suivants : « *A conservative calculation for the CCZ [Clarion-Clipperton Zone] estimates there are about 21,100 million dry metric tonnes of nodules in the region. That would yield nearly 6,000 million tonnes of manganese, more than the entire land-based reserve base of manganese. Similarly, the amount of nickel (270 million tonnes) and cobalt (46 million tonnes) in those nodules would be two and three times greater than the entire land-based nickel and cobalt reserve bases, respectively.* » (Ecorys, 2014, p. 22), ou encore « [...] the potential resource for the PPCZ [Pacific Prime Crust Zone] alone is greater than the projected global land-based reserve base for Co [Cobalt], Y [Yttrium], and especially Te [Tellurium], but less for the other metals listed. » (Hein & Koschinsky, 2014, p. 287). SystExt s'est donc intéressée aux méthodes de calcul des tonnages, tel que détaillé [précédemment]. Il en ressort qu'il **s'agit au mieux de ressources présumées** (c'est-à-dire de l'estimation la plus incertaine des ressources minières) **au pire d'un potentiel entaché d'incertitudes majeures**. Les calculs de tonnages sont basés sur des **hypothèses controversées**, notamment : (1) l'assimilation des environnements favorables à la mise en place de minéralisations à des gisements potentiellement exploitables ; (2) l'homogénéité des gisements sur des distances de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres ou encore sur des surfaces de plusieurs millions de kilomètres carrés ; (3) la possibilité de récupérer la totalité du volume du gisement. [...]



À ces hypothèses, s'ajoutent les **très nombreuses incertitudes sur les données permettant d'établir les teneurs moyennes ou encore les dimensions des zones minéralisées** (Hannington, et al., 2011 ; Hein, et al., 2009 ; Hein, et al., 2013 ; Ecorys, 2014). Cela est notamment dû au fait que les modèles reposent sur les **données issues des sites les plus riches ou encore au fait que toutes les informations ne sont pas publiquement accessibles** (Ecorys, 2014). **L'utilisation de ces valeurs de tonnages et de quantités de métaux s'avère donc particulièrement discutable, d'autant plus lorsqu'elles sont comparées à des réserves terrestres** (correspondant à des ressources connues et exploitables) **ou encore à une consommation mondiale annuelle**. Selon SystExt, il ne suffit pas d'annoncer des quantités gigantesques de minerai et donc de métaux théoriquement présents, mais **bien de les mettre en parallèle des superficies à exploiter pour les récupérer** : presque 4 millions de km<sup>2</sup> (soit plus que la superficie de l'Inde) pour les 21 milliards de tonnes de nodules de la CCZ ou encore 50 000 km<sup>2</sup> pour les encroûtements de la Polynésie (soit l'équivalent de la superficie de la Slovaquie ou du Costa Rica). À titre de comparaison, dans le cas des exploitations terrestres, les emprises des sites miniers les plus grands s'élèvent à quelques dizaines de kilomètres carrés [...] jusqu'à quelques centaines de kilomètres carrés [...].

(SystExt, 2022, pp. 24-26)



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 1 - Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. *FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien](#).
- Hein, J. R., & Koschinsky, A. (2014). 13.11 - Deep-Ocean Ferromanganese Crusts and Nodules. Dans *H. D. Holland, & K. K. Turekian, Treatise on Geochemistry: Second Edition (Vol. 13, pp. 273-291)*. Elsevier. [Lien](#).
- Hannington, M., Jamieson, J., Monecke, T., Petersen, S., & Beaulieu, S. (2011). The abundance of seafloor massive sulfide deposits. *Geology*, 39(12), 1155-1158. [Lien](#).
- Hein, J. R., Conrad, T. A., & Dunham, R. E. (2009). Seamount characteristics and mine-site model applied to exploration-and mining-lease-block selection for cobalt-rich ferromanganese crusts. *Marine Georesources and Geotechnology*, 27(2), 160-176. [Lien](#).
- Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A., & Conrad, T. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14. [Lien](#).



## 4.3. Viabilités technique et économique controversées

### 4.3.1. Difficultés intrinsèques dues aux caractéristiques des gisements



00:18:17



Les sulfures hydrothermaux sont des cheminées isolées, de maximum 45 m, certaines mesurant 1 m ou 2 m. Il s'agit de petits amas ponctuels. Les gisements les plus importants, selon des données d'Ecorys (2014) se forment sur plusieurs dizaines de milliers d'années. Concernant les nodules, le taux de formation est de quelques millimètres à quelques centaines de millimètres par million d'années. S'agissant des encroûtements, le taux de formation est de 1 à 6 mm par million d'années. In fine, cela donne une couche possible de nodule sur 12 cm ou une croûte de 1 mm à 260 mm sur des reliefs sous-marins [pour les encroûtements]. Que ce soit les cheminées qui peuvent être grandes mais qui sont plutôt isolées, que ce soit les nodules qui forment une couche de maximum 12 cm qu'il faut récupérer à 4 000 m de profondeur, que ce soit les encroûtements qui sont sur des reliefs, des flancs de volcan, des monts, etc. pour une épaisseur de 26 cm... [l'exploitation] sera nécessairement très compliquée.

- While the number of discoveries of seafloor massive sulphides occurrences is steadily rising, **most deposits are small in size and tonnage of contained sulphide**. Hydrothermal vent systems do not generally incorporate metals into sulphide deposits efficiently. Much of the metal is lost to the hydrothermal plume and dispersed away from the vent sites. **Large deposits form only where sediments allow for efficient trapping of the metals due to metal-precipitation below the sea floor [...]** or where hydrothermal activity occurs **for long periods of time**, as with sulphide mineralization related to large detachment faults. Based on information about the age of the sulphides and the underlying volcanic crust, **it appears that tens of thousands of years are needed to form the largest known deposits.** (Ecorys, 2014, p. 13)



- The main styles of deposits are sulphate and sulphide chimneys and mounds. Individual chimneys can vary in size **from only a few centimetres to up to 45m**. It is important to note, that up to 90% of the metals carried by the fluids through chimneys is eventually lost to seawater where it is dispersed as a plume. (Ecorys, 2014, p. 17)

- **The largest deposits currently known are all at least 100,000 years old**, implying that sustained hydrothermal venting over long periods is required to produce significant accumulations of massive sulphide at the seafloor. (Ecorys, 2014, p. 18)

- **An analysis of the 306 known deposits**, notwithstanding the limited information on the grade and the lack of data from the interior of the occurrences, **allows the speculation that probably no more than ten individual deposits may have sufficient size and grade to be considered for future mining**. So far, only the Atlantis II Deep and Solwara 1 have sufficient grade and tonnage to be of interest, however, smaller, metal-rich deposits could be incorporated into a single mining operation, making mining of these smaller SMS deposits viable. (Ecorys, 2014, p. 14)

- [Pour les nodules et les encroûtements : d'autres données et sources ont été fournies en 4.1 p. 53]



Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 1 Geological Analysis. FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels. [Lien](#).



01:20:25



Il n'y a actuellement pas de technique d'exploitation possible connue pour les encroûtements. Il s'agit en effet d'une couche indurée reposant sur un substrat rocheux, il est de fait très compliqué de les séparer.

- **No feasibility concept for mining FeMn crusts has been made public to date.** (Koschinsky, et al., 2018, p. 3)



- Fe-Mn crusts have two major technological hurdles to overcome, one for exploration and mine-site characterization and one for exploitation. [...]. A second issue is **the development of a mining tool that will be able to separate the Fe-Mn crust from the substrate rock on which it is attached without collecting the substrate rock itself**, which would significantly dilute the ore grade. This removal must take place on an irregular and often rough seabed at 1500-2500 m water depths, and with crusts attached with variable tenacity depending on the type of substrate rock, which will require significant technological innovations. (Hein, et al., 2013, p. 13)



- Koschinsky, A., Heinrich, L., Boehnke, K., Cohrs, J. C., Markus, T., Shani, M., . . . Werner, W. (2018). Deep-sea mining: Interdisciplinary research on potential environmental, legal, economic, and societal implications. *Integrated environmental assessment and management*, 14(6), 672-691. [Lien](#).
- Hein, J. R., Mizell, K., Koschinsky, A., & Conrad, T. (2013). Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based resources. *Ore Geology Reviews*, 51, 1-14. [Lien](#).

### 4.3.2. Méthodes d'exploitation invasives et énergivores



01:21:57



À l'échelle internationale, il n'existe pas de projet minier en exploitation dans les fonds marins, y compris dans les zones économiques exclusives.



- [Selon l'Autorité internationale des fonds marins, aucun permis d'exploitation n'a été accordé à date dans la Zone (ou eaux internationales)]. (ISA, 2022)
- Hormis des projets d'exploitation d'hydrocarbures offshore, aucun pays n'a délivré de permis d'exploitation concernant des ressources minérales sous-marines. (Sénat, 2022, p. 182)



- International Seabed Authority (ISA). (2022). The International Seabed Authority (ISA). [Lien](#).
- Sénat. (2022). Rapport d'information fait au nom de la mission d'information sur "L'exploration, la protection et l'exploitation des fonds marins : quelle stratégie pour la France ?". [Lien](#).



01:22:20



[À défaut de projet en exploitation], il est possible de se reposer sur un projet d'exploration qui était bien avancé, le projet Solwara 1. Ce dernier devait avoir lieu dans la zone économique exclusive de la Papouasie-Nouvelle-Guinée, plus particulièrement dans la Mer de Bismarck. Il s'agissait d'un projet d'exploitation de sulfures hydrothermaux.



Le projet Solwara 1 est connu comme la **première tentative d'exploitation en eaux profondes**. Il porte sur un gisement de sulfures hydrothermaux situé dans la **zone économique exclusive (ZEE) de la Papouasie Nouvelle-Guinée, et plus particulièrement dans la Mer de Bismarck**. Le premier permis d'exploration fut accordé en 2011 à l'entreprise d'exploration canadienne Nautilus Minerals (Roche & Bice, 2013 ; Read, 2022). Il couvre une surface de 11,2 hectares et est localisé à une profondeur de 1 600 m (Nautilus Minerals Niugini, 2008). Le gouvernement papouasien détenait 15 % du projet (Ochoa, 2021) et avait investi 375 millions de kina, soit plus de 100 millions d'euros (Doherty, 2019). (SystExt, 2022, p. 73)



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minières - Volet 2 - Tome 1 - Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



- Roche, C., & Bice, S. (2013). Anticipating Social and Community Impacts of Deep Sea Mining. Dans *Secretariat of the Pacific Community (SPC), Deep Sea Minerals: Deep Sea Minerals and the Green Economy (pp. 59-80)*. Baker, E., and Beaudoin, Y. (Eds.). Vol. 2. Secretariat of the Pacific Community (SPC). [Lien](#).
- Read, A. W. (2022). Unilateral and Multilateral Deep-Sea Mineral Mining Regulations: Why an Effective Enforcement Mechanism is Needed in Order to Promote Responsible Mining Practices in the Future. *Ocean and Coastal Law Journal*, 27(1), 187-232. [Lien](#).
- Nautilus Minerals Niugini. (2008). Environmental Impact Statement - Solwara 1 Project - Executive Summary. [Lien](#).
- Ochoa, C. (2021). Contracts on the Seabed. *The Yale Journal of International Law*, 46, 103-153. [Lien](#).
- Doherty, B. (2019, Septembre 15). Collapse of PNG deep-sea mining venture sparks calls for moratorium. *The Guardian*. [Lien](#).



01:22:39



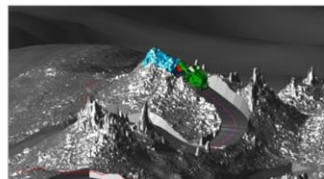
- Pour les sulfures hydrothermaux, il y a trois machines : (1) un Auxiliary Cutter (ou découpeur auxiliaire) dont le rôle est de découper grossièrement le gisement ; (2) un Bulk Cutter (ou découpeur en masse) dont le rôle est de découper avec précision le gisement ; (3) un \*Collection Machine (non Collect Machine) (ou appareil de collecte) dont le rôle est d'aspirer le minerai avant de la ramener vers la conduite de levage, qui rejoint les navires de soutien à la production en surface.
- Dans le cas du projet de Solwara, ces machines font entre 180 tonnes et 280 tonnes, pour une puissance installée de 1,8 à 2,5 MW, d'après les données de (Parianos, 2016).

▪ Dans le cas des gisements de sulfures hydrothermaux, les dispositifs de collecte sont issus de l'adaptation de ceux utilisés dans l'exploitation pétrolière en eaux profondes et dans l'exploitation des placers diamantifères en eaux peu profondes (Ecorys, 2014). Ils consistent en un ensemble de trois véhicules sous-marins télécommandés (Ecorys, 2014 ; Denègre, 2017) : (1) **le découpeur auxiliaire ou Auxiliary Cutter (AC), qui prépare les fonds marins en découpant le gisement grossièrement pour que les autres engins puissent intervenir ;** (2) **le découpeur en masse ou Bulk Cutter (BC), qui poursuit la découpe du gisement de manière plus précise que l'AC ;** (3) **l'appareil de collecte ou Collection Machine (CM), qui recueille le minerai préalablement découpé par l'AC et le BC en l'aspirant à travers un système de pompage.** Ce triptyque devait être mis en œuvre dans le cadre du projet Solwara 1, situé dans la zone économique exclusive (ZEE) de la Papouasie Nouvelle-Guinée (Parianos, 2016). (SystExt, 2022, p. 32)

▪ Figure 9 : Caractéristiques des véhicules sous-marins télécommandés destinés à l'exploitation des sulfures hydrothermaux | Création : SystExt · Août 2022 ; figures et données tirées de (Parianos, 2016, pp. 14-16) (SystExt, 2022, p. 33)

#### Auxiliary Cutter (AC) ou découpeur auxiliaire

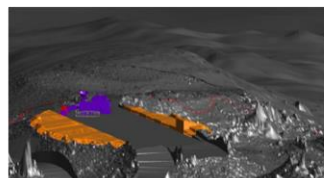
Préparation du fond marin par la découpe grossière du gisement



Longueur	16 m
Largeur	6 m
Hauteur	8 m
Poids	240 tonnes
Puissance installée	2 MW

#### Bulk Cutter (BC) ou découpeur en masse

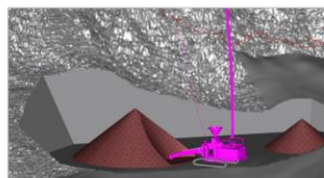
Poursuite de la découpe du gisement avec précision



Longueur	14 m
Largeur	4 m
Hauteur	7 m
Poids	280 tonnes
Puissance installée	2,5 MW

#### Collection Machine (CM) ou appareil de collecte

Recueil du minerai découpé par aspiration



Longueur	17 m
Largeur	6 m
Hauteur	8 m
Poids	180 tonnes
Puissance installée	1,8 MW



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 1 · Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 4 Technology Analysis. FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels. [Lien](#).
- Denègre, J. (2017). Un état de l'art de l'exploitation minière sous-marine. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* (85), 75-79. [Lien](#).
- Parianos, J. (2016). Nautilus Minerals - General Update. [Lien](#).



01:25:00



- Le Liebherr T282B est l'un des plus grands et des plus puissants tombereaux (ou dumper) au monde. Il a été conçu pour l'industrie minière. Pour se rendre compte de sa taille : Longueur = 14 m ; Largeur = 8,8 m ; Hauteur = 7 m ; Poids charge vide = 200 tonnes ; **\*Masse maximum en service (non capacité de charge maximale) = 600 tonnes** ; Puissance installée = 2,7 MW, soit **\*3 700 ch (non 3 650 ch, valeur en chevaux impériaux)**. Si l'on compare ces spécifications avec celles du Bulk Cutter, elles sont quasiment similaires.
- Il est donc prévu d'envoyer ces machines autour de 1 500 m à 3 000 m de profondeur (puisqu'il s'agit de gisements de sulfures hydrothermaux).

	Bulk Cutter	Liebherr T282B
Longueur	14.2 m	14.5 m
Largeur	4.2 m	8.8 m
Hauteur	6.8 m	7.4 m
Poids	280 t	203 t (à vide)   592 t (masse maximum en service)
Puissance installée	2.5 MW	2,7 MW (3 650 hp ou 3700 ch)
Source	(Parianos, 2016)	(Liebherr, 2007)



(Parianos, 2016, p.15)



Lidingo · Avril 2004 · cc by-sa 3.0

Comparaison des caractéristiques techniques d'un Bulk Cutter et d'un Liebherr T282B | Création : SystExt · Avril 2023 · cc by-nc-sa 3.0



- Parianos, J. (2016). Nautilus Minerals - General Update. [Lien](#).
- Liebherr. (2007). Mining Truck T 282 B. [Lien](#).
- Wikipédia. Liebherr T 282B. [Lien](#). [dont est notamment tirée la figure Lidingo · Avril 2004 · cc by-sa 3.0]



01:26:45



Pour les nodules, un collecteur actif est utilisé pour aspirer les nodules, il est relié à la conduite de levage. On parle de collecteur actif et non de collecteur passif. En effet, les collecteurs passifs ont été essayés, il s'agit schématiquement de "bennes" tirées au fond de l'eau. Mais ces dispositifs ne fonctionnaient pas bien, on récupérait beaucoup de trop de sédiments. C'est la raison pour laquelle on a mis en place des collecteurs actifs, pour lesquels le pré-traitement débute au sein de la machine (séparation de l'eau, des sédiments et des nodules) ; les nodules étant aspirés automatiquement vers le navire de soutien à la production.



Deux voies ont été étudiées dans le cas des gisements de nodules : la collecte passive et la collecte active. **Le collecteur passif est remorqué le long des fonds marins et recueille ainsi les nodules et les sédiments** (Agarwal, et al., 2012 ; Ecorys, 2014). **Des désavantages importants ont conduit à leur abandon progressif par l'industrie**, notamment : l'impossibilité de contrôler la quantité et la qualité des nodules collectés et la grande quantité de sédiments rejoignant la conduite de levage (Agarwal, et al., 2012 ; Ecorys, 2014). **Le collecteur actif répond à ces problématiques en aspirant et séparant les nodules des sédiments avant le transport vertical**. Il peut même intégrer un système de concassage afin de collecter les nodules surdimensionnés par rapport à la taille prédéfinie (Agarwal, et al., 2012 ; Ecorys, 2014). Ces collecteurs nécessitent cependant une source d'énergie supplémentaire et sont plus complexes que leurs équivalents passifs. (SystExt, 2022, p. 33)



SystExt. (2022). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 1 · Exploration et exploitation minières en eaux profondes. [Lien](#).



- Agarwal, B., Hu, P., Placidi, M., Santo, H., & Zhou, J. J. (2012). Feasibility study on manganese nodules recovery in the Clarion-Clipperton Zone. *The LRET Collegium 2012 Series. Vol. 2. University of Southampton*. [Lien](#).
- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 4 Technology Analysis. *FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien](#).



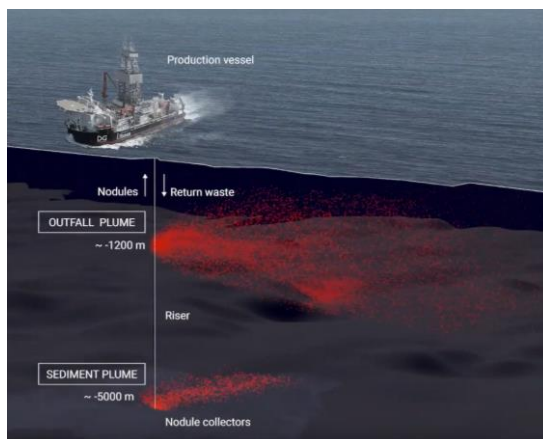
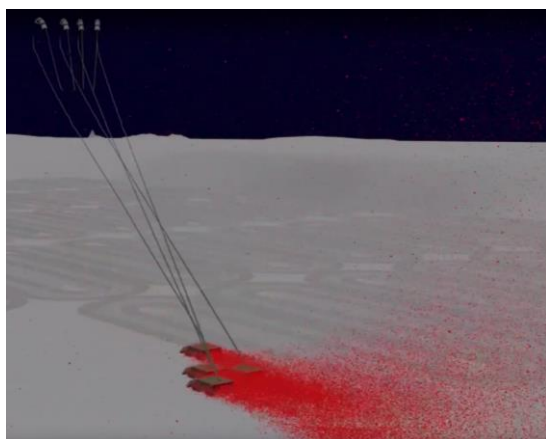
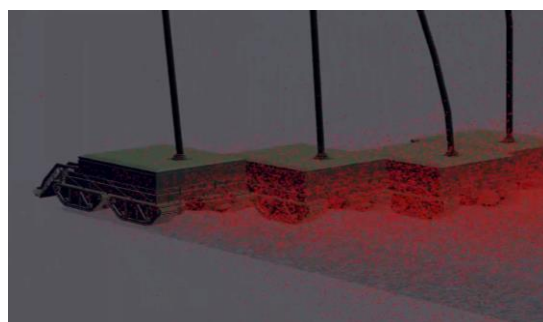
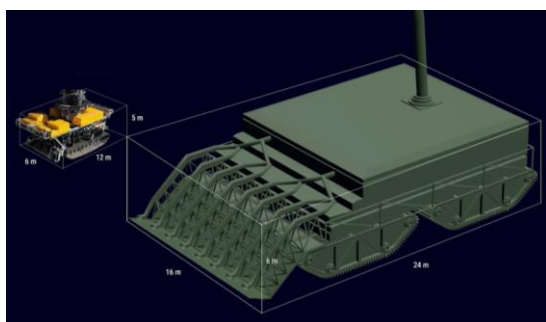


01:26:47



L'énergie nécessaire au fonctionnement des machines est considérable, et est produite essentiellement à partir d'hydrocarbures. Le navire, d'après les travaux de (Agarwal, et al., 2012), fonctionnera principalement avec des génératrices à diesel. Le système de levage devrait être alimenté aussi avec des hydrocarbures, car il est extrêmement difficile de faire monter une masse, même faible, en continu, de plusieurs milliers de mètres de profondeur.

- [Étude de faisabilité de l'exploitation de nodules] There has been significantly less discussion on the environmental impacts associated with the lifting and separation process compared to the collection activity. **To be economically feasible, a mining unit (single mining ship or platform) must harvest enormous amounts of nodules per day.** After the nodules have been collected from the sea floor, they are transported through more than 4,000 metres of a water column to the surface-mining vessel. **Substantial amount of energy is required to lift up the nodules from the sea floor. Despite the continuous efforts in exploring various renewables to supply the energy demand for lifting, fossil fuels remain the dominant source.** Therefore, **the major concern with the lifting process is not the resultant impacts on the water column, but more about the air emissions associated with fossil fuel combustion**, such as carbon dioxide, sulphur dioxide, nitrogen oxides, hydrocarbon compounds, carbon monoxides, and particular matters. (Agarwal, et al., 2012, p. 63)
- The total power requirement for a single system of three collectors is approximately 11.5 MW for the collectors and the riser system plus 4.7 MW for the PSV, which yields 16.2 MW per system. **For the proposed three multiple systems of three collectors each, the total power requirement is about 50 MW. The power source on-board is from diesel generators placed on each PSV, and each of them is expected to run continuously by burning fuel throughout the recovery operation.** (Agarwal, et al., 2012, p. 91)
- [Modélisation du fonctionnement envisagé pour les exploitations de nodules] Simulation des panaches de sédiments et de particules, exploitation de nodule dans le Pacifique ; captures d'écran (Projet Blue Peril, 2022)



- Agarwal, B., Hu, P., Placidi, M., Santo, H., & Zhou, J. J. (2012). Feasibility study on manganese nodules recovery in the Clarion-Clipperton Zone. *The LRET Collegium 2012 Series. Vol. 2. University of Southampton*. [Lien](#).
- Projet Blue Peril. (Septembre 2022). A visual investigation of deep sea mining in the Pacific. [Lien](#).

### 4.3.3. Traitement du minerai hypothétique et laborieux



01:29:41



▪ Dans tous les cas, quel que soit le type de gisement, il faut réaliser un pré-traitement par déshydratation pour retirer l'eau présente et séparer autant que possible le minerai du sable, de la vase, etc. Pour ce faire, un certain nombre de propositions ont été faites, notamment par (Ochromowicz, et al., 2021) et (Agarwal, et al., 2012) afin de prétraiter le minerai directement au fond de l'eau. Autrement dit, les machines de collecte feraient le prétraitement par déshydratation. Une autre possibilité consiste à remonter la masse en entier (ce qui nécessite un plus grand apport énergétique) et à réaliser le prétraitement sur le navire de soutien à la production. Dans tous les cas, le prétraitement sera fait en mer. Par conséquent, s'il est fait par les machines de collecte, les rejets issus de cette séparation seront faits au fond de l'eau, s'il est fait sur le bateau, les rejets seront faits via une conduite de réinjection pour "réintroduire" les matériaux.

▪ Pour cette dernière technique, les chercheurs recommandent de l'effectuer de préférence à plus de 1 000 m de profondeur plutôt qu'en surface, mais in fine les dommages engendrés seront similaires.

▪ The current processing tests have been performed on the land. However, future preprocessing such as pre-grinding [...] and **preconcentration (e.g., sensor-based sorting) might take place on the seabed [...]. Such pre-processing might reduce the quantity of waste material lifted from the ocean bed and then reported to the next processing stage.** [...] Enrichment by pre-concentration on the seabed and processing on the vessel would significantly decrease the operational costs. (Ochromowicz, et al., 2021, pp. 25-26)

▪ **Nodules brought up to the PSV need to be pre-processed** before being offloaded to shuttle barges and shipped for on-shore metallurgical processing. Two pre-processing activities have to be performed: dewatering and drying. The **dewatering of nodules** can be performed in a dewatering plant. The main functions of this module are to dewater nodules, to provide sampling for grade control, **to return excess water to the wastewater riser**, and to provide a transitional platform for nodule-drying processes later on. **Dewatered nodules need to undergo a drying process as the final pre-processing stage.** The aim is to bring the moisture content below the TML and also to reduce their weight contribution from water content, thus increasing the net amount of nodules that can be transported in a given size of the chosen shuttle barge. The TML defines the highest moisture content of a bulk solid granular ore material for safe transport [...]. **Various methods can be applied in the dewatering plant, such as vibrating screens, a centrifugal pump, hydro-cyclone,** etc. (Agarwal, et al., 2012, pp. 86-87)



▪ **As a first processing step the ore needs to be separated from the loose sediments that may have been excavated together with the ore and sucked into the collector.** Already proposed for the mining of polymetallic nodules **the separation of ore and sediments can be applied in the mining process of other deep-sea deposits and already takes place at the seafloor.** This reduces the dilution in the ore stream before expensive vertical transportation or shipping to shore takes place. **To remove the fine sediments from the ore stream one can think of using screens or hydro cyclones.** Separation of ore and sediments on the seabed has been tested for polymetallic nodules mining and is necessary to avoid excessive ore dilution. **Besides diluting the ore, sediments transported to surface in the ore stream need to be separated and transported back to the seafloor, which increases operating expenses.** Finally, too much fines in the riser system increases the risk of clogging up the riser pipe and could shut down the whole operation. (Ecorys, 2014, p. 53)

▪ In addition, water and particles from the mining vessel (**originating from the dewatering process of the ore on board**) **will be discharged back into the ocean.** By **general consensus, such disposal must not take place in surface or shallow waters** to avoid interference with biological productivity in the photic zone or redissolution of material in the oxygen minimum zone, but **should, instead, be confined to a water depth of at least 1,000 m, preferably close to the ocean floor.** (Hein, et al., 2020, p. 9)



- Ochromowicz, K., Aasly, K., & Kowalczyk, P. B. (2021). Recent Advancements in Metallurgical Processing of Marine Minerals. *Minerals*, 11(12), 1437. [Lien](#).
- Agarwal, B., Hu, P., Placidi, M., Santo, H., & Zhou, J. J. (2012). Feasibility study on manganese nodules recovery in the Clarion-Clipperton Zone. *The LRET Collegium 2012 Series. Vol. 2. University of Southampton*. [Lien](#).
- Ecorys. (2014). Study to investigate state of knowledge of deep sea mining. Final report Annex 4 Technology Analysis. *FWC MARE/2012/06 - SCE1/2013/04. Rotterdam/Brussels*. [Lien](#).
- Hein, J. R., Koschinsky, A., & Kuhn, T. (2020). Deep-ocean polymetallic nodules as a resource for critical materials. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(3), 158-169. [Lien](#)



01:31:01



Si l'on veut produire des voitures, ou d'autres machines, on a besoin d'étapes ultérieures [de traitement]. Celles-ci sont complètement passées sous silence.



01:31:40 (pas d'équivalent terrestre en termes de forme et de texture)  
01:33:05 (pas de traitement à ce jour)



Il n'y a pas d'équivalent terrestre de ces minerais, en particulier en type, c'est-à-dire notamment en termes de texture. En effet, les minerais sont particulièrement fins, pour rappel. Il s'agit de grains de taille nanométrique (millionième de millimètre) collés les uns aux autres, finement imbriqués, et sur lesquels les métaux [d'intérêt] sont adsorbés sous forme d'ions (c'est-à-dire sous forme d'atomes ou de molécules chargés).

Certains auteurs affirment – tels que **\*Koschinsky, et al. (non Hein & Koschinsky)** en 2018 – que l'on ne sait pas traiter ces minerais, bien qu'il y ait des tests en cours. Ce qu'il est normal, d'autant que la forte porosité [des minerais] ou encore le fort taux d'humidité rendent le traitement très compliqué. Il y a des possibilités, il y a des pilotes, mais rien d'établi actuellement.

Marine minerals (PMN, CRC, SMS), however, due to their complex mineralogy, high porosity and water content, **differ significantly from the land resources**, and thus their processing will be different as well. (Ochromowicz, 2021, p. 10)

**Because polymetallic nodules are a special type of oxide deposit that do not possess a terrestrial analogue**, the development of new and green methods for metallurgical processing of polymetallic nodules is necessary and has been the subject of considerable research during the past few decades [...]. (Hein, et al., 2020, p. 7)

However, once retrieved from the seafloor, deep-sea mineral ores will need to be treated on land similarly to those retrieved from terrestrial mines. **Because processing plants for the beneficiation and refinery of deep-sea resources do not yet exist and processing routes have not yet been tested on a commercial scale, it remains unclear which types and quantities of chemicals** (e.g., acids, solvents) **and other resources** (e.g., energy, water, space) will be required and whether and to what extent their use will be associated with adverse consequences. (Koschinsky, et al., 2018, p. 9)

Currently proposed mineral processing operations are based on metallurgical approaches applied to terrestrial (land) deposits; **however, development of marine minerals processing technology is underway**. Recent extensive reviews on processing of [Polymetallic manganese nodules (PMN)] can be found elsewhere; however, to the best of the authors' knowledge, **there is a lack of thorough review on advancements in processing of [cobalt-rich manganese crusts (CRC)] and [seafloor massive sulfides (SMS)]**. (Ochromowicz, et al., 2021, p. 2)

Processing involves separating an ore from a waste and transforming it into a product (e.g., metal). The number and type of steps involved in a particular process may vary significantly depending on the physical, chemical, and mineralogical properties of the processed ore. For terrestrial (land) ores, the processing takes place on land and includes a wide range of techniques. **Marine minerals (PMN, CRC, SMS), however, due to their complex mineralogy, high porosity and water content, differ significantly from the land resources**, and thus their processing will be different as well. Recovery of metals from the marine minerals might take place either on land or the seabed; **however, the processing routes have not been elaborated yet**. (Ochromowicz, et al., 2021, p. 10)

Ochromowicz, K., Aasly, K., & Kowalczyk, P. B. (2021). Recent Advancements in Metallurgical Processing of Marine Minerals. *Minerals*, 11(12), 1437. [Lien](#).

Hein, J. R., Koschinsky, A., & Kuhn, T. (2020). Deep-ocean polymetallic nodules as a resource for critical materials. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(3), 158-169. [Lien](#)

Koschinsky, A., Heinrich, L., Boehnke, K., Cohrs, J. C., Markus, T., Shani, M., . . . Werner, W. (2018). Deep-sea mining: Interdisciplinary research on potential environmental, legal, economic, and societal implications. *Integrated environmental assessment and management*, 14(6), 672-691. [Lien](#).





01:34:45 (insuffisance des méthodes conventionnelles et nécessité de briser le réseau cristallin)  
 01:35:42 (extraction des métaux par voie hydrométallurgique et/ou pyrométallurgique)

- Les nodules ne peuvent pas être traités par des méthodes conventionnelles, même celles qui permettent de récupérer des minerais très fins. La gravimétrie (c'est à dire les méthodes de séparation [par densité]), les méthodes magnétiques, la flottation (méthode qui consiste à recouvrir les minéraux d'intérêt d'une petite pellicule d'huile pour les faire flotter, schématiquement) ne fonctionnent pas. Il faut complètement briser le réseau cristallin.

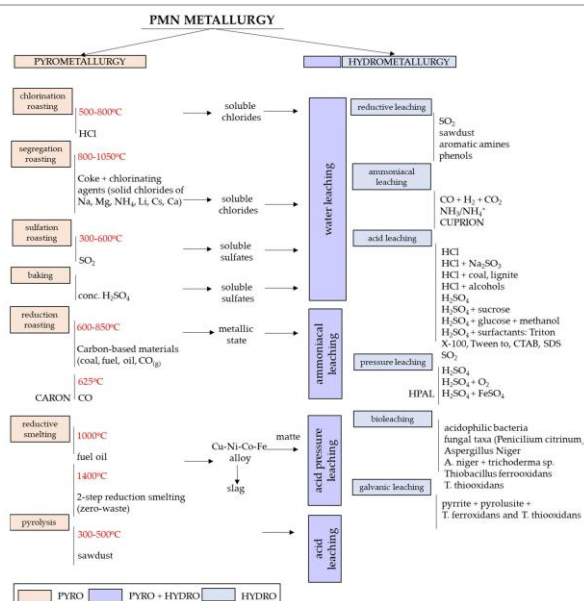


- Bien que ces procédés soient encore à l'état de test, il est fait mention pour les nodules, de combinaisons de : voies pyrométallurgiques (fonte du minerai à des températures autour de \*1 400-1 500°C (non 1 300-1 400°C)) et de voies hydrométallurgiques (séchage, broyage à des tailles inférieures à 100 µm puis lixiviation dans des bains d'acide sulfurique ou acide chlorhydrique ou un acide à base d'ammonium et de carbonate (acides actuellement privilégiés)).
- La méthode privilégiée est d'avoir recourt à ces deux voies, ce qui représente des quantités d'énergie considérables, tant pour la fonte que pour la lixiviation. Sans la mise en œuvre de ces méthodes, il n'est pas possible de récupérer les métaux.

- Since nodules are built up of nanometre-scale manganese oxides and iron oxyhydroxides that are epitaxially intergrown (crystallographically aligned FeOOH and MnO<sub>2</sub> laminae), it is not possible to separate and enrich the metals of interest from the other nodule components by conventional beneficiation methods, such as flotation, density separation or magnetic separation. **The polymetallic-nodule matrix has to be completely destroyed to release the metals.** This destruction can be accomplished by one of several methods: **pyrometallurgy, which involves smelting the nodules at 1,400-1,500°C; hydrometallurgy, the chemical dissolution of nodules in sulfuric or hydrochloric acid or in ammonium sulfate and carbonate solutions;** and microbiological treatment, such as dissolution by microorganism. [...] New approaches include the application of microbiological methods based on the use of bacteria or fungi to dissolve and release metals from the oxide lattice but such methods have, so far, been confined to laboratory-scale experiments. (Hein, et al., 2020, p. 8)

- High porosities, with pore size diameters in the range 0.01 µm to 0.1 µm, result in a high moisture content (30-40%). This is a major disadvantage in high-temperature metallurgical treatment because it forces the use of a **drying operation**, and thus it is energetically inefficient. **The complex oxidic mineral composition of PMN (a very fine-grained admixture) makes the application of methods of physical beneficiation such as gravity, electrostatic and magnetic separation or flotation to produce concentrates of the valuable metals economically inefficient;** instead, either hydro- or pyrometallurgical processing has to be used. (Ochromowicz, et al., 2021, p. 17)

Figure 11. Metallurgical processes for manganese nodules (Ochromowicz, et al., 2021, p. 20)



- To obtain high recoveries of valuable metals from PMN, it is necessary to release them by **breaking the crystal lattices of the manganese oxides**. [...]. This can be accomplished either **pyrometallurgically by smelting** with gaseous, liquid, or solid reducing agents, or **with hydrometallurgy**, where the reduction is carried out either before or during a leaching operation, **or by a combination of both**. Regardless of the approach used for metals recovery, the most common method of PMN pretreatment used to be air drying followed by crushing and grinding to reduce the size of nodules. **Usually, the powdered nodules size fractions are less than 100 µm.** (Ochromowicz, et al., 2021, p. 17)

- Currently, the most effective method of polymetallic marine minerals treatment is a **combination of pyro- and hydrometallurgical methods**. However, the development of new and green methods for metallurgical processing of PMN and CRC is necessary. (Ochromowicz, et al., 2021, p. 25)



- Hein, J. R., Koschinsky, A., & Kuhn, T. (2020). Deep-ocean polymetallic nodules as a resource for critical materials. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(3), 158-169. [Lien](#).
- Ochromowicz, K., Aasly, K., & Kowalczyk, P. B. (2021). Recent Advancements in Metallurgical Processing of Marine Minerals. *Minerals*, 11(12), 1437. [Lien](#).





01:37:45



Il faut absolument parler du processus de récupération du métal. Bien que les processus ne soient pas encore bien mis en place (on manque encore de visibilité), on sait déjà que ces processus seront plus énergivores que les traitements **\*terrestres (non précisé durant l'entretien)** actuels, qui sont déjà particulièrement énergivores. Pour faire fonctionner ce type d'installations de traitement du minerai, il faudrait disposer d'une d'énergie en très grande quantité et à bas coût.



Due to the complex mineralogy of polymetallic nodules and polymetallic crusts, separation and enrichment of metals of interest from the other components by **physical beneficiation methods would tend to be energy intensive in comparison with the terrestrial resources**. Thus, PMN and CRC would be treated either hydrometallurgically or pyrometallurgically, or a combination of both. Currently, the most effective method of polymetallic marine minerals treatment is a combination of pyro- and hydrometallurgical methods. (Ochromowicz, et al., 2021, p. 25)



Ochromowicz, K., Aasly, K., & Kowalczuk, P. B. (2021). Recent Advancements in Metallurgical Processing of Marine Minerals. *Minerals*, 11(12), 1437. [Lien](#).

## 5. Meilleures pratiques et mine "responsable"

### 5.1. Mésinterprétation des concepts

#### 5.1.1. Usage prolifique malgré des définitions ambiguës



02:24:31  
02:26:28



▪ Question du fait que l'on soit capable de mener des projets de mines "durables" ou de mines "responsables". Ce sont des termes qui sont très souvent employés dans la presse, mais aussi par toutes les instances (gouvernementales, européennes, etc.). À ce titre, en mars 2023, la Commission européenne devrait étudier un "projet" pour définir ce que serait la mine responsable selon elle. Il s'agit d'un vocabulaire très récurrent, pour parler de quelque chose qui n'existe pas, d'après les conclusions d'une étude publiée par SystExt en février 2023, étayée notamment par les travaux de 253 auteurs et chercheurs cités.

▪ Il est fréquemment évoqué les "bonnes" et "meilleures" pratiques, ou encore le respect de principes, de standard ou de guides. Ce sont des terminologies très rassurantes. Compte-tenu du vocabulaire choisi il serait difficile de ne pas avoir une bonne appréciation de ces pratiques.

▪ En mars, la Commission tentera de définir le concept de mine "responsable", dont personne ne sait bien ce qu'il recouvre, sinon l'autorisation de creuser. (Corlin, 2023)

▪ Face aux inquiétudes des écologistes, Rolf Kuby n'a que des mots rassurants. Lorsque nous l'interrogeons, **le directeur général du lobby minier Euromines, à Bruxelles**, s'installe devant le poster d'une éolienne plantée au beau milieu d'une forêt verte et drue, sur un ancien site minier en Suède : la restauration pratiquée aujourd'hui par son industrie, explique-t-il, permet de rétablir les cours d'eau, la faune et la flore, après le passage des pelleteuses. « **Une mine doit être "responsable". Cette philosophie doit irriguer tout le projet minier, du dirigeant de l'entreprise aux installations du site et à ce que l'on en fait après.** » (Corlin, 2023)

▪ La société française TUNGSTÈNE DU NARBONNAIS a fait la demande, en août 2018, d'un "permis exclusif de recherches" (PER) auprès du ministre de l'Économie, en charge des mines. La surface sollicitée est de 4,5 km<sup>2</sup> au niveau des hameaux de la Fumade, La Fédial et La Fabrié. [...] Quoi qu'il en soit, **nous mettrons tout en œuvre pour développer un projet de mine responsable**. En effet, notre objectif premier est de parvenir à créer les conditions d'implantation d'une activité d'extraction de tungstène en France qui soit **exemplaire d'un point de vue environnemental et social** et s'insère dans un projet territorial. Nous espérons montrer **qu'une exploitation minière responsable** peut fonctionner dans le monde d'aujourd'hui et qu'elle a le potentiel de réaliser un développement significatif sans atteintes, ni destruction de tout ce qui doit être protégé. (Tungstène du Narbonnais, 2019, p. 1)

▪ We are committed to upholding the **highest environmental standards** and **building sustainable futures** for the communities where we operate. We recognise that in progressing this project, we must listen to and respect the views of all stakeholders. (Rio Tinto, 2021)

▪ Our business is focused on breaking new ground at every stage in the mining life cycle. From the initial relationships we build with local communities to **implementing socially and environmentally responsible closure practices**, we seek to find new ways to create value for our stakeholders. From our corporate vision to our management systems, **we are committed to responsible mining as the foundation of our business**. [...] We report in **alignment with the following**: Global Reporting Initiative Standards ; Sustainability Accounting Standards Board – Metals and Mining Standard ; United Nations Global Compact - Communication on Progress ; CDP Climate Change, Water Security and Forests. [...] **Our requirements are guided by the following**: International Finance Corporation's Performance Standards on Environmental and Social Sustainability ; Mining Association of Canada's Towards Sustainable Mining Framework ; Task Force on Climate-related Financial Disclosures ; United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples ; United Nations Guiding Principles on Business and Human Rights ; United Nations Sustainable Development Goals ; Voluntary Principles on Security and Human Rights ; World Gold Council's Responsible Gold Mining Principles. [...]. (Eldorado Gold)



- Corlin, P. (15/02/2023). Comment l'Europe compte retourner à la mine. *Slate*. [Lien](#).
- Tungstène du Narbonnais. (Août 2019). Plaquette d'information d'août 2019. [Lien](#).
- Rio Tinto. (27/02/2021). Rio Tinto commits funding for Jadar lithium project. [Lien](#).
- Eldorado Gold. (s.d.). Our Approach to Responsible Mining. [Lien](#).



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



02:27:53



Même s'il n'y a pas de définition qui fasse consensus, d'après les chercheurs étudiés par SystExt, dans le domaine minier, une bonne pratique peut être définie comme : "une manière de conduire une activité à l'image de ce qui peut raisonnablement être attendu de la part de professionnels expérimentés." Autrement dit, ce n'est pas nécessairement "faire de son mieux", mais c'est "ce qui est censé être fait, ce qui peut être attendu d'un industriel de poids".



- Pour l'industrie minière, une bonne pratique peut être définie comme une **manière de conduire une activité à l'image de ce qui peut raisonnablement être attendu de la part de professionnels expérimentés** (Government of New Zealand, 1991 ; International Seabed Authority (ISA), 2019 ; Gerber & Grogan, 2020). L'Association internationale du barreau propose ainsi la définition suivante (International Bar Association (IBA), 2011, p. 16) : « *"Bonnes Pratiques Industrielles" désigne l'exercice d'un degré de compétence, de diligence, de prudence et de prévoyance qui serait d'ordinaire raisonnablement attendu d'une personne compétente et expérimentée exerçant son activité dans l'industrie minière incluant, mais sans limitation, les directives recommandées par le Conseil International des Mines et Métaux, par les critères de performance de la SFI [Société financière internationale] et par la norme ISO 14001, lorsque celles-ci sont applicables.* » (SystExt, 2023, p. 18)

- En résumé, une bonne pratique peut se définir selon trois caractéristiques principales : (1) Manière de conduire une activité **à l'image de ce qui peut raisonnablement être attendu de la part de professionnels expérimentés** ; (2) Relative à une **activité spécifique** et ne pouvant être comparée qu'à des pratiques exercées dans des circonstances similaires ; (3) Dont le niveau d'exigence dépend du processus de mise en place, depuis les bonnes pratiques auto-proclamées (nombreuses) jusqu'aux bonnes pratiques validées (rares). (SystExt, 2023, p. 19)



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



- Government of New Zealand. (1991). Crown Minerals Act 1991. Version as at 12 April 2022. *Ministry of Business, Innovation, and Employment*. [Lien](#).
- International Seabed Authority (ISA). (2019). Bonne pratique du secteur et meilleures pratiques : quelles différences entre ces termes clés dans le projet de règlement relatif à l'exploitation des ressources minérales dans la Zone ? *Note du Secrétariat. ISBA/25/C/11*.
- Gerber, L. J., & Grogan, R. L. (2020). Challenges of operationalising good industry practice and best environmental practice in deep seabed mining regulation. *Marine Policy, 114*. [Lien](#).
- International Bar Association (IBA). (2011). MMDA 1.0 - Modèle de Convention d'Exploitation Minière. Model Mining Development Agreement Project (MMDA). [Lien](#).



02:28:55



Une meilleure pratique est "une manière de conduire une activité de la façon la plus avancée possible dans des conditions techniques et économiques données".



- Dans l'industrie minière, une meilleure pratique peut être définie comme une manière de conduire une activité de la façon la plus avancée possible, compte tenu de conditions techniques et économiques données (Walker & Howard, 2002 ; Williams, 2008 ; Australian Centre for Sustainable Mining Practices (ACSMP), 2011 ; Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA), 2018 ; International Seabed Authority (ISA), 2019 ; Tuokuu, et al., 2019). (SystExt, 2023, p. 19)

- En résumé, une meilleure pratique peut se définir selon trois caractéristiques principales : (1) Manière de conduire une activité, **de la façon la plus avancée possible, compte tenu de conditions techniques et économiques données** ; (2) Associée à un processus itératif qui dépend des conditions spécifiques du site minier, **au cas par cas** ; (3) Correspondant à ce qui est **le plus adapté et accepté**. (SystExt, 2023, p. 21)



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



- Walker, J., & Howard, S. (2002). Finding a way forward: how could voluntary action move mining towards sustainable development? *International Institute for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*. [Lien](#).
- Williams, J. P. (2008). International Best Practice in Mining Who Decides and How - And How Does It Impact Law Development. *Georgetown Journal of International Law*, 39(4), 693-708. [Lien](#).
- Australian Centre for Sustainable Mining Practices. (2011). A Guide to Leading Practice Sustainable Development in Mining. *Australian Government Department of Resources, Energy and Tourism*. [Lien](#).
- Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA). (2018). IRMA Standard for Responsible Mining. IRMA-STD-001. [Lien](#).
- International Seabed Authority (ISA). (2019). Bonne pratique du secteur et meilleures pratiques : quelles différences entre ces termes clés dans le projet de règlement relatif à l'exploitation des ressources minérales dans la Zone ? *Note du Secrétariat*. ISBA/25/C/11.
- Tuokuu, F. X., Idemudia, U., Gruber, J. S., & Kayira, J. (2019). Identifying and clarifying environmental policy best practices for the mining industry - A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 222, 922-933. [Lien](#).



02:29:30



- Le problème est qu'il ne faut pas en attendre plus que ce que c'est. Et ce que c'est, ce n'est que les définitions présentées précédemment. D'après les travaux de (Miranda, et al., 2005), les meilleures pratiques sont le minimum d'efforts, voire souvent le plus d'efforts possibles qu'une entreprise minière peut faire sur un site.
- De fait, l'appel à des bonnes et meilleures pratiques peut être vu comme un gage ou la garantie d'une conduite respectueuse, voire vertueuse. À ce titre, les travaux de Laforest et Berthéas montrent que les meilleures techniques disponibles (ces dernières étant un type de meilleures pratiques) et les techniques propres n'ont rien à voir. Il ne faut donc pas attendre de ces pratiques qu'elles puissent "révolutionner" quoi que ce soit.



- **Many mining companies [use] the phrase “best practices” to describe those practices they consider to be the minimum (and sometimes maximum) effort required to operate a mine.** However, the industry’s use of the term is rarely accompanied by a detailed definition of such practices. [...] There is no universal agreement among governments, industry, and NGOs as to what constitutes “best practices” [...]. (Miranda, et al., 2005, p. 5)
- Autrement dit, **il s'agit de "la meilleure façon" de mener une activité dans les conditions techniques et économiques du moment, que la pratique soit "propre" ou non** (Laforest & Berthéas, 2005). Ces derniers auteurs étudient ainsi l'**ambiguïté entre les termes "meilleure technique disponible (MTD)" et "technologie propre (TP)"**, entretenue par le contexte réglementaire, normatif et discursif (Laforest & Berthéas, 2005). Ils rappellent les différences importantes entre ces deux derniers concepts (Laforest & Berthéas, 2005) : « *Malgré les ambiguïtés existantes, la distinction entre MTD et technologie propre se situe à plusieurs niveaux. Les MTD sont issues d'une approche préventive au plus près de la source. Elles peuvent concerner aussi bien des techniques curatives que préventives alors que les technologies propres sont exclusivement des techniques préventives. Les MTD sont une sorte de "photographie" du panel de technologies les moins polluantes et éprouvées industriellement, c'est-à-dire les plus éco-efficaces, d'une période donnée. L'équivalence entre MTD et TP est donc seulement valable pour une période donnée et une région donnée.* » (SystExt, 2023, p. 23)



- Miranda, M., Chambers, D., & Coumans, C. (2005). Framework for Responsible Mining: A Guide to Evolving Standards. *Center for Science in Public Participation, World Resources Institute & World Wildlife Fund*. [Lien](#).
- SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).
- Laforest, V., & Berthéas, R. (2005). Ambiguïté entre technologies propres et meilleures techniques disponibles. *VertigO - La revue électronique en sciences de l'environnement*, 6(2). [Lien](#).



## 5.1.2. Insuffisances des bonnes et des meilleures pratiques



02:30:55



- Sous la direction du Ministère de l'économie et des finances, une collection est sortie en France en 2017 intitulée "La mine en France" contenant un certain nombre de tomes sur la mine, issu d'un groupe de travail dit sur la "Mine responsable" (mis en place en 2015). Le tome 12 de cette collection est consacré à un recueil de bonnes pratiques dans la mine. Il contient 174 pratiques. Les auteurs les organisent comme suit : (1) Exigences réglementaires : elles n'ont pas un grand intérêt car il peut être attendu d'une bonne pratique qu'elle aille au-delà de la réglementation ; (2) Exigences réglementaires bonifiées : il n'est pas très clair de ce qui est entendu par cette appellation ; (3) Bonnes pratiques en tant que tel.

- SystExt a travaillé sur une classification de ces bonnes pratiques (dernière catégorie). Les pratiques de type "informer", "faire part des résultats", "communiquer les résultats", etc. n'ont pas été considérées par SystExt comme des bonnes pratiques. De fait, sur les 174 bonnes pratiques annoncées, il n'en reste plus que 77 qui peuvent être considérées comme tel (soit 44 %), si on retire les réglementaires, les réglementaires bonifiées et celles qui relèvent de l'information et de la communication.

- SystExt a analysé le tome 12 de la « Collection "La mine en France" » réalisé sous la direction du ministère de l'Économie et des Finances (Collectif, 2017). Ce document liste **174 pratiques réparties en 3 catégories** (Collectif, 2017, p. 7) : (1) **exigences réglementaire (R)** « *dont la mise en œuvre relève du simple respect de la réglementation* » [1] ; (2) **exigences dites "réglementaires bonifiées" (RB)** pour lesquelles il est précisé : « [...] en fonction de la manière dont elles sont mises en œuvre et de la communication dont elles font l'objet, certaines bonnes pratiques réglementaires peuvent faire l'objet d'une bonification par l'opérateur minier. » ; (3) **bonnes pratiques (BP)** définies uniquement par opposition aux dispositions légales : « **Leur mise en œuvre n'est pas prévue par la réglementation en vigueur actuellement et résulte d'une action volontaire de l'industriel, lorsque cela est pertinent.** » [1] Les auteurs précisent à cet effet : « [...] les points d'exigence d'ordre réglementaire ayant le plus d'importance vis-à-vis de l'environnement et des parties-prenantes, ils sont également listés, sans que l'exhaustivité soit visée. Etant donné que ces points sont d'application obligatoire, ils ne peuvent pas, à proprement parler, être considérés comme des bonnes pratiques. » (Collectif, 2017, p. 7) (SystExt, 2023, p. 35)



- Parmi ces dernières, SystExt a pu en identifier certaines qui ne relèvent que de l'information et de la communication auprès des parties prenantes (dénommées par la suite BPi). Celles-ci sont notamment formulées de la façon suivante : « *Informer les parties prenantes des actions entreprises dans ce domaine* » (11 occurrences) ou « *Communiquer et rendre compte auprès des parties prenantes sur [...]* » (11 occurrences). Au total, le tome énumère : **33 exigences réglementaires (R), 13 exigences réglementaires bonifiées (RB), 51 bonnes pratiques relevant de l'information et de la communication (BPi) et 77 autres bonnes pratiques [...].** L'information et la communication auprès des parties prenantes doivent nécessairement être menées à toutes les étapes d'un projet minier et **ne relèvent pas véritablement d'une bonne pratique, au sens attendu du terme.** C'est la raison pour laquelle SystExt a dissocié les BPi et les BP, bien que les BPi s'inscrivent effectivement dans la définition des bonnes pratiques proposées dans le document. Ainsi, selon SystExt, **moins de la moitié des pratiques listées (77 des 174 pratiques, soit 44 %) pourraient s'apparenter à une bonne pratique.** (SystExt, 2023, pp. 35-36)

- Figure 7 : Répartition des pratiques référencées dans le tome 12 de la « Collection "La mine en France" » | Création : SystExt · Janvier 2023 (SystExt, 2023, p. 35)



- SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).
- Collectif. (2017). Bonnes pratiques de l'activité minière. *Collection "La mine en France". Tome 12.* [Lien](#).



02:33:20



Sur ces 44 % (ou 77) bonnes pratiques restantes, celles-ci sont parfois élémentaires, par exemple : « \*prendre préalablement contact (non prévenir préalablement) et informer les propriétaires des parcelles concernées par les travaux d'exploration. » Encore heureux que l'on prenne contact préalablement avec les propriétaires ! Un autre exemple concerne le fait de prendre connaissance des autres activités qui se tiennent sur le territoire au moment des travaux d'exploitation.

▪ De plus, **les bonnes pratiques (BP) sont rédigées de façon imprécise et équivoque**, en incluant des expressions comme : « limiter au strict minimum », « dispositif approprié », « favoriser dans la mesure du possible », « privilégier les techniques et les installations minimisant », « préférer les méthodes », « utiliser préférentiellement », « étudier les opportunités » ou encore « lorsque c'est possible ». (SystExt, 2023, p. 36)



▪ [...] **certaines bonnes pratiques sont "élémentaires" et ne relèvent pas d'une démarche visant à limiter les impacts humains, sociaux et environnementaux des activités minières**, comme, par exemple : « Prendre en compte les autres activités économiques présentes sur le territoire lors de la mise en œuvre des travaux miniers » (Collectif, 2017, p. 9) ; « Prendre préalablement contact et informer les propriétaires des parcelles concernées par les travaux d'exploration » (Collectif, 2017, p. 11) ; « Définir les actions de réhabilitation en concertation avec les parties-prenantes. Intégrer ce coût dans le business plan du projet [...] » (Collectif, 2017, p. 13). Selon SystExt, ces pratiques devraient être indissociables de tout projet minier ; il est donc déconcertant que des pratiques aussi "élémentaires" puissent être définies comme des bonnes pratiques. (SystExt, 2023, p. 36)

▪ Le recours à des énoncés imprécis et à des exigences « élémentaires » est habituel dans les documents afférents aux bonnes et meilleures pratiques. Cependant, **ce référentiel confirme le faible niveau d'ambition des bonnes pratiques et la grande latitude qu'elles permettent**. (SystExt, 2023, p. 36)



- SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).
- Collectif. (2017). Bonnes pratiques de l'activité minière. *Collection "La mine en France". Tome 12.* [Lien](#).



02:36:45



L'International Council **\*on (non of) Mining and Metals (ICMM)** ou Conseil international **\*des mines (non sur la mine)** et des métaux, est l'association des 26 plus grosses entreprises minières mondiales. Les Principes de l'ICMM comprennent des attentes de performances, comparables à des bonnes et meilleures pratiques. Les principes de l'ICMM ont été mis à jour en 2020 et sont un peu "le graal", beaucoup d'acteurs s'engagent à les respecter. Ils comprennent donc 10 principes, répartis en 39 attentes de performance.

- Company Members [...] ICMM members recognise that they have an active role to play in creating a safer and more sustainable mining and metals industry. **Through their commitments, company members work together, alongside governments and local communities, to improve quality of life beyond the provision of the minerals and metals that sustain modern living.** All company members are represented on ICMM's Council by their CEOs and on various committees by nominated representatives. [...] African Rainbow Minerals; Alcoa; Anglo American; AngloGold Ashanti; Antofagasta Minerals; Barrick; BHP; Boliden; Codelco; Freeport-McMoRan; Glencore; Gold Fields; Hydro; JX Nippon\*; Minera San Cristóbal; Minsur; MMG; Newcrest Mining; Newmont; Orano; Rio Tinto; Sibanye-Stillwater; South32; Sumitomo Metal Mining; Teck; Vale. **(ICMMa)** [*Liste vérifiée par SystExt en date du 07/05/2023 ; \*JX Nippon ne serait a priori plus membre de l'ICMM depuis fin avril 2023 ; [page désactivée](#) entre le 17/04/2023 et le 07/05/2023*]

- La majorité des entreprises de grande envergure publient des rapports de DD [durabilité durable] qui sont ou non inclus dans leurs rapports annuels ou financiers [...]. Certains publient sur leur site web des informations de durabilité. **Les cadres de DD les plus utilisés sont ceux du Global Reporting Initiative et du Conseil International des Mines et Métaux [...].** (Villeneuve, et al., 2017, p. 16)



- Most initiatives that address exploration and mining have general, not commodity-specific, requirements and refer to industrial mining. **The most prominent being ICMM [Sustainable Development Framework (SDF), International Council on Mining and Metals (ICMM)],** GRI [Global Reporting Initiative], IFC [Environmental and Social Performance Standards, International Finance Corporation (IFC)], MAC [Toward Sustainable Mining, Mining Association of Canada (MAC)], and IRMA [Initiative for Responsible Mining Assurance]. These initiatives cover a broad range of sustainability issues whereas the Cyanide Code and the WGC Standards address only selected issues (cyanide management or conflict-related issues, respectively). (Franken, et al., 2020, p. 174)

- Our Principles [...] **ICMM's Mining Principles define the good practice environmental, social and governance requirements of company members through a comprehensive set of 39 Performance Expectations** and eight related position statements on a number of critical industry challenges. Implementation of the Mining Principles will support progress towards the global targets of the UN Sustainable Development Goals and the Paris Agreement on climate change. Incorporating robust site-level validation of performance expectations and credible assurance of corporate sustainability reports, **ICMM's Mining Principles seek to maximise the industry's benefits to host communities, while minimising negative impacts to effectively manage issues of concern to society.** (ICMMb)



- International Council on Mining and Metals (ICMM)a. (s.d.). Our Members. [Lien](#).
- Villeneuve, C., Riffon, O., Segers, I., & Tremblay, D. (2017). Mines et développement durable, comment aborder la quadrature du cercle ? Dans A. Rouleau, & D. Gasquet, *L'industrie minière et le développement durable : une perspective internationale francophone* (pp. 5-29). Université du Québec à Chicoutimi, Centre d'étude sur les ressources minérales, Organisation internationale de la francophonie, Institut de la francophonie pour le développement durable. [Lien](#).
- Franken, G., Turley, L., & Kickler, K. (2020). Voluntary sustainability initiatives: An approach to make mining more responsible? Dans A. Bleicher, & A. Pehlken, *The material basis of energy transitions* (pp. 169-186). Academic Press. [Lien](#).
- International Council on Mining and Metals (ICMM)b. (s.d.). Our Principles. [Lien](#).



02:38:10  
02:39:20



- À titre illustratif, dans la catégorie "droits humains", l'attente de performance 3.4 : « *Respecter les droits des travailleurs : en ne recourant pas au travail des enfants ni au travail forcé ; en évitant la traite des êtres humains ; en ne confiant pas de tâches risquées et dangereuses à des personnes de moins de 18 ans [...]* ». L'attente de performance se poursuit avec d'autres considérations.
- SystExt a passé en revue les 39 [attentes de performance des principes de l'ICMM], ainsi que les 8 documents de positionnement associés [aux Principes]. C'est vide ; les exigences sont extrêmement faibles.



- **3.4 Respecter les droits des travailleurs en : ne recourant pas au travail des enfants ni au travail forcé ; évitant la traite des êtres humains ; ne confiant pas de tâches risquées/dangereuses aux personnes de moins de 18 ans** ; éradiquant le harcèlement et la discrimination ; respectant la liberté d'association et de négociation collective ; prévoyant un dispositif de traitement des réclamations des travailleurs. (ICMM, 2020, p. 4)
- [...] **les Principes de l'ICMM se caractérisent par leur faible niveau d'exigence**. Les recommandations des Principes de l'ICMM sont **imprécises et relèvent plus de l'aspiration que de la mise en application** (MacInnes, et al., 2017, pp. 153-154) : « *The ten principles in the the code are phrased in aspirational terms, with heavy emphasis on "intent" on the part of the member companies to improve their performance [...]*. » Il devient dès lors **difficile de comprendre ce qui est véritablement attendu et atteignable en termes de performances sociale et environnementale** (Sethi & Emelianova, 2006 ; Hart & Coumans, 2014 ; Kickler & Franken, 2017 ; MacInnes, et al., 2017). Le fait de ne fournir aucune déclinaison factuelle de ce que représentent les recommandations et de ne pas proposer d'indicateur mesurable permet d'apporter une légitimité morale aux sociétés minières, sans qu'il puisse leur être reproché de ne pas répondre aux dites recommandations (MacInnes, et al., 2017 ; Banerjee, 2018). De plus, **cette approche offre une garantie aux entreprises qui tardent à respecter les dispositions minimales** (Sethi & Emelianova, 2006, p. 233) : « *The current approach provides a "safe harbor" for the companies who are lagging in meeting the minimal standards of performance simply because the "minimum level" has not been specified. Under these conditions, "continual improvement" is a meaningless standard and may end-up misleading the public as to a company's performance on this issue.* » (SystExt, 2023, pp. 75-76)



- International Council on Mining and Metals (ICMM). (2020). Principes miniers. Attentes de performance. [Lien](#).
- SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



- MacInnes, A., Colchester, M., & Whitmore, A. (2017). Free, prior and informed consent: how to rectify the devastating consequences of harmful mining for indigenous peoples'. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(3), 152-160. [Lien](#).
- Sethi, P. S., & Emelianova, O. (2006). A failed strategy of using voluntary codes of conduct by the global mining industry. *Corporate Governance*, 6(3), 226-238. [Lien](#).
- Hart, R., & Coumans, C. (2014). Evolving Standards and Expectations for Responsible Mining, a Civil Society Perspective. Dans N. Irina, & C. Stückelberger, *Mining Ethics and Sustainability. Papers from the World Mining Congress 2013* (pp. 41-62). Globethics.net. [Lien](#).
- Kickler, K., & Franken, G. (2017). Sustainability schemes for mineral resources: a comparative overview. *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)*. [Lien](#).
- Banerjee, S. B. (2018). Transnational power and translocal governance: The politics of corporate responsibility. *Human relations*, 71(6), 796-821. [Lien](#).



## 5.2. Inefficacité des initiatives et des démarches de RSE

### 5.2.1. Pas d'amélioration tangible sur le terrain et aggravation de certains constats



02:39:41



SystExt a travaillé pendant 2 ans [et a publié en février 2023] une étude sur les bonnes pratiques et les meilleures pratiques. Le constat est sensiblement le même pour les standards, les codes de bonnes conduites, les normes, les principes, les lignes directrices, les index, etc. qui ont également été analysés en détail dans cette étude. Tous les auteurs s'accordent globalement (même s'il y a des différences dans les analyses) sur le fait que tout ceci n'est pas efficace et que cela n'a pas conduit à l'amélioration de la situation environnementale, sociale et humaine sur le terrain. Certes, cela a peut-être conduit à une prise de conscience de certains acteurs dans le secteur minier sur les impacts graves. Mais cela n'a pas dépassé une prise conscience et une sensibilisation des acteurs miniers ; dans tous les cas, pas à l'échelle sectorielle (peut-être pour des actions ponctuelles).



- Abbi Buxton (2012) a réalisé une analyse de la situation 10 ans après le MMSD [1], et le bilan est tout aussi mitigé (Buxton, 2012). **Si des bonnes et meilleures pratiques ont effectivement émergé depuis, elles se traduisent peu par une amélioration de la situation sur le terrain, du fait du manque de mise en application des engagements ainsi que de la faiblesse des mesures en cas de non-conformité** (Buxton, 2012). L'autrice conclut ainsi (Buxton, 2012, p. 2) : « *In short, the past 10 years have seen a valuable increase in the number of standards and best practice guidance, helping stakeholders to understand what sustainable development means. **But despite good intentions at the strategy level and examples of good practice, the complexity of situations at the mine site means implementation across the sector is highly variable.** Questions remain as to whether current verification and reporting regimes are sufficient to meet the needs of key stakeholders – from investors to communities.* » [1] Le Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) (2000-2002) consistait en un projet de consultation lancé à l'initiative de l'industrie minière, il s'agit de l'une des initiatives les plus connues. (SystExt, 2023, p. 27)

- Ce constat est partagé par de nombreux autres chercheurs qui décrivent et illustrent le fait que **le développement des bonnes et meilleures pratiques n'est pas synonyme de prise en charge efficace des impacts humains, sociaux et environnementaux de l'industrie minière**. Il s'agit notamment de travaux de recherche portant sur : les démarches générales de responsabilité sociale des entreprises (RSE) (Slack, 2012 ; Vivoda & Kemp, 2019), en particulier dans l'appréhension des conflits socio-environnementaux (Banerjee, 2018) ou encore dans la reconnaissance et le respect des droits des peuples autochtones (MacInnes, et al., 2017 ; Finn & Stanton, 2022) ; les standards et guides de bonnes et meilleures pratiques (Miranda, et al., 2005 ; Schiavi & Solomon, 2007 ; Vogel, 2010 ; Börzel & Hönke, 2011 ; Hart & Coumans, 2014) [...] ; l'approvisionnement "responsable" des filières dont les minerais sont issus de zones de conflit (Matthysen, et al., 2019). (SystExt, 2023, p. 27)



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minières - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



- Buxton, A. (2012). MMSD+ 10: Reflecting on a decade of mining and sustainable development. *International Institute for Environment and Development (IIED)*. [Lien](#).
- Slack, K. (2012). Mission impossible?: Adopting a CSR-based business model for extractive industries in developing countries. *Resources Policy*, 37(2), 179-184. [Lien](#).
- Vivoda, V., & Kemp, D. (2019). How do national mining industry associations compare on sustainable development? *The Extractive Industries and Society*, 6(1), 22-28. [Lien](#).
- Banerjee, S. B. (2018). Transnational power and translocal governance: The politics of corporate responsibility. *Human relations*, 71(6), 796-821. [Lien](#).
- MacInnes, A., Colchester, M., & Whitmore, A. (2017). Free, prior and informed consent: how to rectify the devastating consequences of harmful mining for indigenous peoples'. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(3), 152-160. [Lien](#).
- Finn, K. R., & Stanton, C. A. (2022). The (un)just use of transition minerals: how efforts to achieve low-carbon economy continue to violate indigenous rights. *Colorado Environmental Law Journal*, 33(2), 341-378. [Lien](#).
- Miranda, M., Chambers, D., & Coumans, C. (2005). Framework for Responsible Mining: A Guide to Evolving Standards. *Center for Science in Public Participation, World Resources Institute & World Wildlife Fund*. [Lien](#).
- Schiavi, P., & Solomon, F. (2007). Voluntary initiatives in the mining industry: do they work? *Greener Management International* (53), 27-41. [Lien](#).
- Vogel, D. (2010). The private regulation of global corporate conduct: Achievements and limitations. *Business & Society*, 49(1), 68-87. [Lien](#).



- Börzel, T. A., & Hönke, J. (2011). From compliance to practice: mining companies and the Voluntary Principles on Security and Human rights in the Democratic Republic of Congo. *SFB-Governance Working Paper Series*, 25, 1-40. [Lien](#).
- Hart, R., & Coumans, C. (2014). Evolving Standards and Expectations for Responsible Mining, a Civil Society Perspective. Dans *N. Irina, & C. Stückelberger, Mining Ethics and Sustainability. Papers from the World Mining Congress 2013 (pp. 41-62)*. Globethics.net. [Lien](#).
- Matthysen, K., Spittaels, S., & Schouten, P. (2019). Mapping artisanal mining areas and mineral supply chains in eastern DR Congo: Impact of armed interference & responsible sourcing. *International Peace Information Service (IPIS) et Danish Institute for International Studies (DIIS)*. [Lien](#).



02:52:59  
02:53:44



- Parallèlement, une aggravation des questions environnementales, sociales et humaines est constatée, alors même qu'il n'y a jamais eu autant d'initiatives et de démarches mises en place (leur développement est exponentiel). Il n'y a jamais eu autant d'initiatives proposées pour faire de la responsabilité sociale des entreprises et il n'y a jamais eu autant de problèmes, en particulier en termes de droits fondamentaux. Ce point est d'autant plus intéressant que la plupart des initiatives de RSE liées aux entreprises minières concernent prioritairement les droits humains.
- À ce titre, une publication de Finn et Stanton montre le développement parallèle de nouveaux projets miniers dits liés à la transition et des violations de droits humains (toutes catégories confondues).



- [Les droits fondamentaux représentent] la **thématique la plus abordée dans les bonnes et meilleures pratiques promues et mises en place par et pour ce secteur**. Cette prédominance se reflète dans les guides, les principes, les standards et toutes les autres initiatives volontaires relatives à l'industrie minière et minérale [...] (Kickler & Franken, 2017 ; Rüttinger & Scholl, 2017 ; International Resource Panel (IRP), 2020). ([SystExt, 2023, p. 31](#))
- Étant donné qu'il s'agit de la thématique sur laquelle les bonnes et meilleures pratiques se concentrent le plus, il serait logique que cela conduise aux meilleures performances de l'industrie minière. **Paradoxalement, c'est l'inverse qui est constaté** (Hart & Coumans, 2014, p. 59) : « *Although it is hard to quantify, we do not see any real indication that the number of on-the ground social conflicts are decreasing, suggesting that the performance of the sector still has a long-way to improve. Associated with these conflicts, we have observed a disturbing increase in the criminalization of those who oppose mining projects for a variety of legitimate reasons.* » Tel que soulevé par Hart et Coumans (2014), **le nombre de conflits socio-environnementaux ne cesse d'augmenter, le secteur minier étant historiquement à l'origine de la majorité d'entre eux** (Butt, et al., 2019 ; Scheidel, et al., 2020). Au 06/02/2023, 3 804 cas de conflits socio-environnementaux étaient recensés dans la base de données internationale EJAtlas37 qui concerne tous les secteurs industriels (hydrocarbures, agroalimentaire, bois, eau, déchets, nucléaire, etc.). **L'industrie minière et minérale était responsable du plus grand nombre de conflits (1 044 cas, soit plus d'un quart du nombre total de cas)**. En parallèle, le nombre d'attaques et de meurtres perpétrés sur des défenseurs des droits humains et de l'environnement croît également (Butt, et al., 2019 ; Scheidel, et al., 2020). **Le secteur minier et celui des ressources énergétiques fossiles sont responsables du plus grand nombre d'assassinats** (Butt, et al., 2019 ; Scheidel, et al., 2020), soit 27 des 200 meurtres recensés en 2021 (Global Witness, 2022). ([SystExt, 2023, p. 32](#))
- Ces constats préoccupants peuvent être généralisés à toutes les violations de droits fondamentaux [...]. Finn et Stanton (2022) mettent ainsi en évidence le **lien entre l'augmentation des violations de droits humains et le développement des projets miniers associés aux substances principalement concernées par les plans de transition "métalliques" actuels**. Ils s'appuient notamment sur les travaux du Business and Human Rights Resource Centre qui a créé une base de données spécialisée (Business & Human Rights Resource Centre (BHRRC)). Au 06/02/2023, celle-ci référençait 495 allégations de violation des droits humains sur la période 2010-2021, impliquant 103 entreprises (BHRRC). ([SystExt, 2023, p. 32](#))



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



- Kickler, K., & Franken, G. (2017). Sustainability schemes for mineral resources: a comparative overview. *Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)*. [Lien](#).
- Rüttinger, L., & Scholl, C. (2017). Responsible mining? Challenges, perspectives and approaches. Summary of the findings of the research project "Approaches to reducing negative environmental and social impacts in the production of raw materials (UmSoRes)". *Umweltbundesamt*. [Lien](#).
- International Resource Panel (IRP). (2020). Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing Extractive Industries towards Sustainable Development. *United Nations Environment Programme*. [Lien](#).

- Hart, R., & Coumans, C. (2014). Evolving Standards and Expectations for Responsible Mining, a Civil Society Perspective. Dans *N. Irina, & C. Stückelberger, Mining Ethics and Sustainability. Papers from the World Mining Congress 2013* (pp. 41-62). Globethics.net. [Lien](#).
- Butt, N., Lambrick, F., Menton, M., & Renwick, A. (2019). The supply chain of violence. *Nature sustainability*, 2, 742-747. [Lien](#).
- Scheidel, A., Del Bene, D., Liu, J., Nava, G., Mingorría, S., Demaria, F., . . . Martínez-Alier, J. (2020). Environmental conflicts and defenders: A global overview. *Global Environmental Change*, 63, 1-12. [Lien](#).
- Global Witness. (2022). Decade of defiance - Ten years of reporting land and environmental activism worldwide. *Global Witness*. [Lien](#).
- Finn, K. R., & Stanton, C. A. (2022). The (un)just use of transition minerals: how efforts to achieve low-carbon economy continue to violate indigenous rights. *Colorado Environmental Law Journal*, 33(2), 341-378. [Lien](#).
- Business & Human Rights Resource Centre (BHRRC). (s.d.). Transition Minerals Tracker - Tracking the human rights implications of the mineral boom powering the transition to a net-zero carbon economy. [Lien](#).



### 5.2.2. Stratégie de légitimation et de gestion des risques



02:41:31



Tous ces outils, qui sont rassurants, ne sont pas des outils pour "bien faire". Les moteurs de création des initiatives et les moteurs d'adhésion des entreprises sont à peu près les mêmes : ce sont principalement des enjeux de réputation (ceci fait consensus chez tous les auteurs). Les entreprises adhèrent à ces initiatives (codes de bonne conduite, guides, recueils de bonnes pratiques, etc.) en tout premier lieu pour des enjeux de réputation, d'une part, et pour une question de gestion des risques, d'autre part.

- L'implication du secteur minier dans ces initiatives trouve également son **origine dans l'augmentation des conflits avec les communautés, ainsi que des campagnes menées par les groupes environnementaux et politiques non gouvernementaux** (Starke, 2002 ; Vogel, 2010 ; Tuokuu, et al., 2019). Vogel (2010) considère d'ailleurs ces dernières pressions comme une forme à part entière de "régulation" (Vogel, 2010, p. 70) : « *Civil regulations are distinctive from traditional forms of industry self-regulation [...]. They have typically emerged in response to political and social pressures on business, often spearheaded by national and transnational activists who have embarrassed global firms by publicizing the shortcomings of their social and environmental practices.* » (SystExt, 2023, p. 66)



- Ces enjeux [de réputation] constituent également le **principal moteur d'adhésion des entreprises minières à ces initiatives** (Sethi & Emelianova, 2006 ; Schiavi & Solomon, 2007 ; Hart, 2012 ; Dashwood, 2014 ; Ortas, et al., 2015 ; Franken, et al., 2020 ; Laurent & Merlin, 2021). L'adhésion aux initiatives a donc pour objectif premier d'**améliorer l'image des entreprises au regard des impacts sociaux et environnementaux majeurs qu'elles peuvent engendrer** (Dashwood, 2014, p. 552) : « *Mining companies face difficult social issues in their operations, as well as intractable environmental problems that are technically difficult to resolve. A history of environmental devastation and negative social externalities left the entire industry with a very bad reputation and threats to its very legitimacy. Voluntary reporting has become an important mechanism for mining companies to demonstrate their resolve to improve their environmental and social performance, with a view to improving the industry's reputation.* » Des cadres de l'industrie minière interrogés par Schiavi et Solomon (2007) témoignent d'ailleurs qu'ils prêtent davantage d'attention au renforcement de leur réputation qu'aux changements que ces initiatives pourraient apporter dans leurs pratiques (Schiavi & Solomon, 2007, p. 33) : « *[Mine site certification is] all about reinforcing our reputation, which therefore opens opportunities. [...] If the scheme has credibility, then people will feel more comfortable with us [...], so it provides again another benchmark of credibility and performance I think. So it is really about reputation, I'm not sure there's anything else* (Executive #1). *Voluntary things, like membership of EITI and the voluntary principles on security [and human rights], I think they have a lot more to do with your global reputation than anything else. For some companies they are drivers, maybe they are to some degree for [this company], I don't know – but I don't really see them as a driver because I don't feel driven by those* (Executive #11) » (SystExt, 2023, p. 68)



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).

- Starke, L. (2002). Breaking new ground: the report of the Mining, Minerals, and Sustainable Development Project. *International Institute for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*. [Lien](#).
- Vogel, D. (2010). The private regulation of global corporate conduct: Achievements and limitations. *Business & Society*, 49(1), 68-87. [Lien](#).
- Tuokuu, F. X., Idemudia, U., Gruber, J. S., & Kayira, J. (2019). Identifying and clarifying environmental policy best practices for the mining industry - A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 222, 922-933. [Lien](#).
- Sethi, P. S., & Emelianova, O. (2006). A failed strategy of using voluntary codes of conduct by the global mining industry. *Corporate Governance*, 6(3), 226-238. [Lien](#).
- Schiavi, P., & Solomon, F. (2007). Voluntary initiatives in the mining industry: do they work? *Greener Management International* (53), 27-41. [Lien](#).
- Hart, R. (2012). Green Mining or Green Washing? Corporate Social Responsibility and the Mining Sector in Canada. *MiningWatch Canada*. [Lien](#).
- Dashwood, H. S. (2014). Sustainable development and industry self-regulation: developments in the global mining sector. *Business & Society*, 53(4), 551-582. [Lien](#).
- Ortas, E., Álvarez, I., Jaussaud, J., & Garayar, A. (2015). The impact of institutional and social context on corporate environmental, social and governance performance of companies committed to voluntary corporate social responsibility initiatives. *Journal of Cleaner Production*, 108, 673-684. [Lien](#).
- Franken, G., Turley, L., & Kickler, K. (2020). Voluntary sustainability initiatives: An approach to make mining more responsible? Dans A. Bleicher, & A. Pehlken, *The material basis of energy transitions* (pp. 169-186). Academic Press. [Lien](#).
- Laurent, B., & Merlin, J. (2021). Investissement, anticipation, planification : la politique temporelle des activités extractives. *Revue Gouvernance*, 18(2), 42-62. [Lien](#).



02:43:34



Ces outils ont été conçus comme une réponse à la gestion des risques, risques de réputation, risques financiers, tant directs qu'indirects. Ces risques ont été internalisés et sont considérés comme des risques majeurs. Les entreprises minières considèrent qu'il faut absolument qu'elles s'assurent de leur capacité à limiter les risques "d'inacceptabilité" (SystExt réfute néanmoins le terme "acceptabilité" d'un projet). C'est la même gestion du risque que ce qui peut être vu dans le monde des investissements, comme en font le parallèle (Laurent & Merlin, 2021). Finalement, on ne fait qu'internaliser le risque, schématiquement que le projet rencontre des difficultés et que cela ait des implications financières et économiques importantes. Pour gérer cela, ont été mis en place un certain nombre d'outils, et parmi les outils les plus mis en œuvre, il y a les démarches de responsabilité sociale et environnementale, parmi lesquelles les initiatives, les codes de bonne conduite, les bonnes pratiques, etc.



Face à la multiplication des conflits socio-environnementaux et aux pressions grandissantes de la part de la société civile, des institutions et des investisseurs, tant dans les pays où sont extraits les minerais que dans ceux vers lesquels ils sont exportés (Deshaies, 2016), « les compagnies minières ont [...] progressivement développé toute une stratégie visant à obtenir une "licence sociale d'opération" [...]. Les grandes compagnies minières ont en effet compris que la réussite de leurs projets reposait de plus en plus sur l'obtention d'une acceptation de leur activité par les communautés affectées ; les conflits miniers pouvant rapidement ternir leur image et même leur coûter très cher, avec dans le pire des cas une annulation du projet. ». Bien que ce concept soit particulièrement controversé et débattu, la "licence sociale d'opérer" (ou Social License to Operate (SLO) en anglais) peut être définie comme une pratique de consultation des populations locales, censée conduire à leur acceptation d'un projet (Lhuillier & Thibault, 2020). En accord avec Deshaies (2016), Franken, et al., (2020) considèrent que **la non obtention de cette licence constitue désormais un risque majeur pour les entreprises minières partout dans le monde** (Franken, et al., 2020, p. 181) : « *Maintaining the social license to operate and social acceptance is one of the major business risks in mining [...].* » Laurent et Merlin (2021) mettent ainsi en évidence **comment les initiatives volontaires et les instruments associés (normes, standards, lignes directrices, etc.) s'inscrivent dans une stratégie de gestion des risques économiques et commerciaux de l'industrie minière**. Cette analyse est partagée par tous les auteurs consultés par SystExt, qu'ils promeuvent le développement des initiatives volontaires ou non. **L'adhésion aux initiatives volontaires constitue une stratégie essentielle pour maîtriser les risques des entreprises et obtenir la licence sociale d'opérer** (Schiavi & Solomon, 2007 ; Vogel, 2010 ; Coumans, 2012 ; Dashwood, 2014 ; Franken, et al., 2020 ; International Resource Panel (IRP), 2020 ; Laurent & Merlin, 2021). (SystExt, 2023, p. 69)



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



- Deshaies, M. (2016). Mines et environnement dans les Amériques : les paradoxes de l'exploitation minière. *IdeAs [Online]*. [Lien](#).
- Lhuillier, G., & Thibault, C. (2020). La méthode de la Licence Sociale et Environnementale d'Opérer (SDLO) : le cas de la participation des populations locales au projet "Montagne d'or" en Guyane. *Revue Politiques et Management Public*, 37(1), 103-128. [Lien](#).
- Franken, G., Turley, L., & Kickler, K. (2020). Voluntary sustainability initiatives: An approach to make mining more responsible? Dans A. Bleicher, & A. Pehlken, *The material basis of energy transitions* (pp. 169-186). Academic Press. [Lien](#).
- Laurent, B., & Merlin, J. (2021). Investissement, anticipation, planification : la politique temporelle des activités extractives. *Revue Gouvernance*, 18(2), 42-62. [Lien](#).
- Schiavi, P., & Solomon, F. (2007). Voluntary initiatives in the mining industry: do they work? *Greener Management International* (53), 27-41. [Lien](#).
- Vogel, D. (2010). The private regulation of global corporate conduct: Achievements and limitations. *Business & Society*, 49(1), 68-87. [Lien](#).
- Coumans, C. (2012). Mining, human rights and the socially responsible investment industry: considering community opposition to shareholder resolutions and implications of collaboration. Dans W. Cragg, *Business and Human Rights* (pp. 243-275). Edward Elgar Publishing. [Lien](#).
- Dashwood, H. S. (2014). Sustainable development and industry self-regulation: developments in the global mining sector. *Business & Society*, 53(4), 551-582. [Lien](#).
- International Resource Panel (IRP). (2020). Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing Extractive Industries towards Sustainable Development. *United Nations Environment Programme*. [Lien](#).



02:45:36

▪ Il y a deux écoles de recherche – schématiquement (car dans les faits il y a plus d'écoles) : (1) Des chercheurs plutôt favorables aux initiatives (Bridge, 2004 ; Franks, 2015 ; Villeneuve, et al., 2017 ; Moomen, et al., 2020 ; Fraiser, 2021). Les chercheurs de cette école estiment que ces démarches de RSE ont conduit à une sensibilisation et qu'il faut poursuivre les efforts dans un objectif d'amélioration continue. (2) Des chercheurs plutôt défavorables aux initiatives (Sethi & Emelianova, 2006 ; Schiavi & Solomon, 2007 ; Vogel, 2010 ; Tuokuu, et al., 2019). Ces chercheurs estiment qu'il n'y a pas d'effets sur le terrain, que c'est une catastrophe et que ça sert un discours.



▪ Néanmoins, ce qui fait consensus auprès de ces deux écoles, est que le premier enjeu est celui de la réputation et de la gestion des risques. Même ceux qui espèrent que la RSE puisse aider ou permettre une amélioration des pratiques dans l'industrie minière ne nient pas que la raison pour laquelle [une entreprise] adhère n'est pas de résoudre des problèmes de performances sociales et environnementales. Cependant ils estiment que c'est normal, car c'est dans le cadre d'un projet minier, donc un projet économique-technique et financier, et que, par conséquent, il est légitime que la première chose à assurer soit la bonne tenue du projet en tant que tel et sa rentabilité.

▪ Depuis la publication des recommandations du Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) il y a deux décennies, l'amélioration des performances des industriels s'est avérée particulièrement modeste (Franks, 2015, p. 143) : « *There is no escaping the fact that for many of the issues addressed in detail by the MMSD, tangible improvements have been painfully slow. [...] The issues raised by civil society and affected communities today are the same issues that were recorded then.* » **Selon certains chercheurs, les programmes et initiatives volontaires ont participé à une prise de conscience de la part des industriels, qui ont pour certains mis en place des actions ponctuelles, mais, à l'échelle du secteur dans son ensemble, de nombreux efforts doivent encore être réalisés** (Bebbington, et al., 2008 ; Buxton, 2012 ; Franks, 2015 ; Ventura & Saenz, 2015 ; Villeneuve, et al., 2017 ; De Vries, 2019 ; Mudd, 2021). **Selon d'autres chercheurs, les programmes et initiatives volontaires n'ont eu que trop peu, voire aucun, effet sur le terrain** (Walker & Howard, 2002 ; Sethi & Emelianova, 2006 ; Schiavi & Solomon, 2007 ; Hart & Coumans, 2014 ; Banerjee, 2018 ; Matthyssen, et al., 2019 ; Tuokuu, et al., 2019). ([SystExt, 2023, p. 70](#))



[Autres références citées] ▪ Bridge, G. (2004). Contested terrain: mining and the environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 29, 205-259. [Lien](#). ▪ Moomen, A.-W., Lacroix, P., Bertolotto, M., & Jensen, D. (2020). The Drive towards Consensual Perspectives for Enhancing Sustainable Mining. *Resources*, 9(12), 147. [Lien](#). ▪ Fraser, J. (2021). Mining companies and communities: Collaborative approaches to reduce social risk and advance sustainable development. *Resources Policy*, 74, 101144. [Lien](#). ▪ Vogel, D. (2010). The private regulation of global corporate conduct: Achievements and limitations. *Business & Society*, 49(1), 68-87. [Lien](#).



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).

- Franks, D. M. (2015). Mountain movers: Mining, sustainability and the agents of change. *Routledge*.
- Bebbington, A., Hinojosa, L., Humphreys Bebbington, D., Burneo, M. L., & Warnaars, X. (2008). Contention and Ambiguity: Mining and the Possibilities of Development. *Brooks World Poverty Institute (BWPI) Working Paper*, 57, 1-31. [Lien](#).
- Buxton, A. (2012). MMSD+ 10: Reflecting on a decade of mining and sustainable development. *International Institute for Environment and Development (IIED)*. [Lien](#).
- Ventura, J., & Saenz, C. S. (2015). Beyond corporate social responsibility. Towards a model for managing sustainable mining operations. Qualitative research based upon best practices. *Social Responsibility Journal*, 11(3), 605-621. [Lien](#).
- Villeneuve, C., Riffon, O., Segers, I., & Tremblay, D. (2017). Mines et développement durable, comment aborder la quadrature du cercle ? Dans A. Rouleau, & D. Gasquet, *L'industrie minière et le développement durable : une perspective internationale francophone* (pp. 5-29). Université du Québec à Chicoutimi, Centre d'étude sur les ressources minérales, Organisation internationale de la francophonie, Institut de la francophonie pour le développement durable. [Lien](#).
- De Vries, M. (2019). International Mining Regulations Through A Constructivist Paradigm. *Mapping Politics*, 10, 20-31. [Lien](#).
- Mudd, G. M. (2021). Sustainable/responsible mining and ethical issues related to the Sustainable Development Goals. *Geological Society, London, Special Publications*, 508(1), 187-199. [Lien](#).
- Walker, J., & Howard, S. (2002). Finding a way forward: how could voluntary action move mining towards sustainable development? *International Institute for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*. [Lien](#).
- Sethi, P. S., & Emelianova, O. (2006). A failed strategy of using voluntary codes of conduct by the global mining industry. *Corporate Governance*, 6(3), 226-238. [Lien](#).
- Schiavi, P., & Solomon, F. (2007). Voluntary initiatives in the mining industry: do they work? *Greener Management International* (53), 27-41. [Lien](#).
- Hart, R., & Coumans, C. (2014). Evolving Standards and Expectations for Responsible Mining, a Civil Society Perspective. Dans N. Irina, & C. Stückelberger, *Mining Ethics and Sustainability. Papers from the World Mining Congress 2013* (pp. 41-62). Globethics.net. [Lien](#).
- Banerjee, S. B. (2018). Transnational power and translocal governance: The politics of corporate responsibility. *Human relations*, 71(6), 796-821. [Lien](#).
- Matthysen, K., Spittaels, S., & Schouten, P. (2019). Mapping artisanal mining areas and mineral supply chains in eastern DR Congo: Impact of armed interference & responsible sourcing. *International Peace Information Service (IPIS) et Danish Institute for International Studies (DIIS)*. [Lien](#).
- Tuokuu, F. X., Idemudia, U., Gruber, J. S., & Kayira, J. (2019). Identifying and clarifying environmental policy best practices for the mining industry - A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 222, 922-933. [Lien](#).



## 5.3. Mythe de la mine "durable" ou "responsable" à l'épreuve des faits

### 5.3.1. Traduction de démarches RSE et outil de légitimation



02:47:43



SystExt entend beaucoup parler de mine responsable ("responsible mining"). Il faut noter que ce terme est plutôt employé par les Européens et Français. À l'international on parle plutôt de mine durable ("sustainable mining"). D'après l'étude de SystExt, mine responsable est synonyme de mine durable. Ces derniers concepts se résument à des principes généraux, que l'on aimerait atteindre. Même lorsqu'il y a mise en place de bonnes et de meilleures pratiques, celles-ci reposent sur des énoncés extrêmement imprécis, sur des concepts généralement évasifs, avec des exigences généralement très faibles. Il y a beaucoup de principes à l'international (y compris les principes de l'ICMM) où tout est très évasif, relativement peu engageant, avec une très forte latitude. Il faut plutôt conceptualiser la mine responsable, et la mine durable (dont elle est une émanation), comme des principes généraux qu'on aimerait atteindre, tels que : "réduire ses émissions de gaz à effet de serre", "consommer moins de ressources lorsqu'on réalise le traitement de minerai", "permettre la participation des populations locales dans les processus décisionnels afférents aux activités minières", etc. C'est une espèce de "guide de principes généraux", mais il n'y a rien de concret ou de tangible. Le rapport de SystExt analyse et montre à quel point tous ces mécanismes de RSE sont faibles, ne sont pas mis en application, sans vérification de la conformité, ni de sanction en cas de non-conformité.

▪ Les controverses précédentes [voir chapitre consacré à la mine "durable" dans l'étude de SystExt (SystExt, 2023, pp. 85-92)] empêchent toute conceptualisation consensuelle de la mine "durable", entre ceux qui défendent la compatibilité de l'industrie minière avec le développement durable et ceux qui la réfutent. À défaut donc de définition reconnue, **la notion de mine "durable" est réduite à des objectifs généraux à atteindre** (Ivic, et al., 2021, p. 3) : « *Sustainable mining includes the implementation of activities in mining operations to reduce negative impacts and addresses stakeholders' interests and concerns.* » Dans son volet environnemental, elle comprend le plus souvent une consommation limitée de ressources (eau, énergies fossiles), une réduction des émissions de gaz à effet de serre ou encore une limitation de la pollution des eaux et des sols (Laurence, 2011 ; Onn & Woodley, 2014 ; Ivic, et al., 2021). Dans son volet social, elle promeut principalement des bonnes conditions de travail, des opportunités de développement économique et une participation "effective" des communautés autochtones et locales (Laurence, 2011 ; Onn & Woodley, 2014 ; Ivic, et al., 2021). Dans ce contexte controversé, la notion de mine "durable" a évolué vers celle de la mine "responsable" (Aye & Bleicher, 2021, p. 1) : « **Broadly speaking, the term responsible mining relates to changes in global mining practices and norms that have recently come to the fore. [...] While large-scale mining practices can hardly be environmentally sustainable in the pure sense of the concept [...], some argue that they still can be responsible [...].** » (SystExt, 2023, p. 93)

▪ La mine "responsable" n'est jamais définie de façon précise dans les sources étudiées par SystExt. **Les rares descriptions afférentes à cette notion consistent, comme pour la mine "durable", à des objectifs généraux à atteindre.** [...] Ainsi, la mine "responsable" couvre elle aussi un large spectre de questions allant des relations communautaires et de l'emploi à la transparence des contributions économiques et la responsabilité environnementale (Goodland, 2012 ; Broad, 2014 ; Aye & Bleicher, 2021). Toutes ces questions sont d'ailleurs rarement appréhendées de façon holistique (Gorman & Dzombak, 2018 ; Tost, et al., 2018 ; Ivic, et al., 2021). Elles sont traitées de façon isolée, **en sous-estimant l'interdépendance entre les problématiques humaines, environnementales, sanitaires, sociales et politiques** (SystExt, 2021). Finalement, la mine "responsable" s'apparente à la traduction des démarches de RSE (Aye & Bleicher, 2021, p. 1) : « **Responsible mining can thus be described as the expression of the CSR movement within the global mining economy, representing a contested field of discourses, practices, and institutional frameworks, still evolving, flexible, and overlapping, which is used by business to display itself as an ethical actor [...].** » Elle se matérialise sous la forme d'un nombre incalculable d'initiatives, de guides, de codes de conduite, etc. (Hart & Coumans, 2014 ; Aye & Bleicher, 2021). (SystExt, 2023, pp. 93-94)



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).

- Ivic, A., Saviolidis, N. M., & Johannsdottir, L. (2021). Drivers of sustainability practices and contributions to sustainable development evident in sustainability reports of European mining companies. *Discover Sustainability*, 2, 1-20. [Lien](#).
- Laurence, D. (2011). Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 278-284. [Lien](#).
- Onn, A. H., & Woodley, A. (2014). A discourse analysis on how the sustainability agenda is defined within the mining industry. *Journal of Cleaner Production*, 84, 116-127. [Lien](#).
- Aye, D., & Bleicher, A. (2021). One concept fits it all? On the relationship between geoethics and responsible mining. *The Extractive Industries and Society*, 8(3), 100934. [Lien](#).
- Goodland, R. (2012). Responsible Mining: The Key to Profitable Resource. *Sustainability*, 2099-2126. [Lien](#).



- Broad, R. (2014). Responsible mining: Moving from a buzzword to real responsibility. *The Extractive Industries and Society*, 1(1), 4-6. [Lien](#).
- Gorman, M. R., & Dzombak, D. A. (2018). A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle of the mineral. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 281-291. [Lien](#).
- Tost, M., Hitch, M., Chandurkar, V., Moser, P., & Feiel, S. (2018). The state of environmental sustainability considerations in mining. *Journal of Cleaner Production*, 182, 969-977. [Lien](#).
- SystExt. (2021). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 1 - Caractère prédateur et dangereux - Techniques minières - Déversements volontaires en milieux aquatiques - Anciens sites miniers. [Lien](#).
- Hart, R., & Coumans, C. (2014). Evolving Standards and Expectations for Responsible Mining, a Civil Society Perspective. Dans N. Irina, & C. Stückelberger, *Mining Ethics and Sustainability. Papers from the World Mining Congress 2013* (pp. 41-62). Globethics.net. [Lien](#).



02:55:10



De plus en plus d'observateurs et de chercheurs mettent en évidence que la mine durable ou responsable et les démarches de RSE sont des outils au service de la légitimation d'un secteur. Beaucoup d'auteurs, tels que : Bebbington, et al., 2008 ; Banerjee, 2018 ; Verweijen & Dunlap, 2021 ; Voskoboynik & Andreucci, 2022, expliquent que ces démarches sont des instruments discursifs utilisés pour légitimer l'activité minière (sur des enjeux de réputation et de risques, tels que décrit précédemment) mais aussi pour poursuivre les activités minières.



- Avec la prise de conscience croissante, au niveau mondial, des impacts humains, sociaux et environnementaux des filières minérales, **les entreprises minières et les acteurs institutionnels qui les soutiennent ont progressivement ancré leur légitimité dans un discours de "durabilité" et de "responsabilité"** (Bebbington, et al., 2008 ; Kirsch, 2010 ; Buu-Sao, 2021 ; Massé, 2021 ; Verweijen & Dunlap, 2021 ; Voskoboynik & Andreucci, 2022). La mine "durable", la mine "responsable" et les démarches de RSE sont désormais considérées par un nombre croissant d'observateurs et de chercheurs internationaux comme des **instruments discursifs et normatifs qui permettent de neutraliser la critique et de dépolitiser les luttes** (Verweijen & Dunlap, 2021, p. e5) : « [...] CSR is increasingly seen as a corporate method to pre-empt and neutralize criticism, without fundamental changes to corporate operations [...]. It does this by depoliticizing struggles and [...], mitigate conflict intensity to keep it within manageable boundaries. » Parmi ces instruments discursifs, **l'un des plus révélateurs est le discours de la modernisation écologique de l'industrie minière** (Whitmore, 2006 ; Bebbington, et al., 2008 ; Buu-Sao, 2021 ; Massé, 2021 ; Verweijen & Dunlap, 2021 ; Voskoboynik & Andreucci, 2022). Celui-ci établit une dichotomie entre une exploitation minière "ancienne" et une exploitation minière "nouvelle". (SystExt, 2023, p. 95)
- [Voskoboynik & Andreucci (2022)] mettent ainsi en évidence comment les pratiques discursives permettent de rendre "acceptables" certaines activités des entreprises minières. Ces pratiques s'inscrivent dans un **processus plus large, par lequel les démarches de RSE servent la poursuite des activités minières, même lorsque celles-ci sont à l'origine d'impacts graves** (Bebbington, et al., 2008 ; Himley, 2010 ; Kirsch, 2010 ; Banerjee, 2018 ; Böhling, et al., 2019 ; Verweijen & Dunlap, 2021 ; Voskoboynik & Andreucci, 2022). (SystExt, 2023, p. 96)



SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales · Volet 2 - Tome 2 · Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



- Bebbington, A., Hinojosa, L., Humphreys Bebbington, D., Burneo, M. L., & Warnaars, X. (2008). Contention and Ambiguity: Mining and the Possibilities of Development. *Brooks World Poverty Institute (BWPI) Working Paper*, 57, 1-31. [Lien](#).
- Kirsch, S. (2010). Sustainable mining. *Dialectical anthropology*, 34(1), 87-93. [Lien](#).
- Buu-Sao, D. (2021). Politique des (sous-)sols de l'Andalousie en transition : promouvoir l'extractivisme vert, de la relance minière à la bulle solaire, communication présentée au colloque Sols et sous-sols de la transition socio-écologique. *Perspectives interdisciplinaires pour les sciences humaines et sociales, Pacte-INRAE, Grenoble, 10-11 juin 2021*.
- Massé, P. (2021). Des instruments (insuffisants) pour gouverner les critiques adressées au "renouveau minier" en France métropolitaine. Une articulation autour des référentiels de l'environnement et du territoire. *Revue Gouvernance/Governance Review*, 18(2), 110-135. [Lien](#).
- Verweijen, J., & Dunlap, A. (2021). The evolving techniques of the social engineering of extraction: Introducing political (re) actions from above' in large-scale mining and energy projects. *Political Geography*, 88, 102342. [Lien](#).
- Voskoboynik, D. M., & Andreucci, D. (2022). Greening extractivism: Environmental discourses and resource governance in the 'Lithium Triangle'. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 5(2), 787-809. [Lien](#).
- Whitmore, A. (2006). The emperors new clothes: Sustainable mining? *Journal of Cleaner Production*, 14(3-4), 309-314. [Lien](#).
- Himley, M. (2010). Global mining and the uneasy neoliberalization of sustainable development. *Sustainability*, 2(10), 3270-3290. [Lien](#).
- Banerjee, S. B. (2018). Transnational power and translocal governance: The politics of corporate responsibility. *Human relations*, 71(6), 796-821. [Lien](#).
- Böhling, K., Murguía, D. I., & Godfrid, J. (2019). Sustainability reporting in the mining sector: Exploring its symbolic nature. *Business & Society*, 58(1), 191-225. [Lien](#).



### 5.3.2. Articulation difficile et néfaste avec le droit



02:49:55



Si ça n'avait pas d'effets, ça ne poserait pas de problèmes. Cependant, ces initiatives entrent en conflit avec le droit. Comme le montrent Järvelä & Aho (2022), quelque chose d'autre est créé : la régulation volontaire.



When discussing the limits of voluntary regulation vis-à-vis hard law regulation, it seems that the former works when the sustainability or responsibility objectives support the win-win ideology. Whereas, **when the objectives do not have a direct link to profit margin, or if the possible improvement of the company overall performance looms far in the future, the incentives of companies to operate in a sustainable manner diminish [...].** Moreover, CSR might work best as a value adding tool between the companies and its stakeholders in strong western states with strong institutions, solid protection of people and environmental laws. Paradoxically, in those states of weak law and governance where CSR is mostly "needed" according to the proponents, **it is not nearly enough [...].** The inability of the weak state to govern, the lack of knowledge, professionalism, etc., which is many times used as legitimation for voluntary regulation regimes is actually a process of mutual enforcement. **Voluntary regulation slows the development of laws and regulations by offering something instead, and, with industry heavily lobbying for voluntarism and against the hard law, it at the same time erodes the democratic legitimacy of states and/or its institutions.** (Järvelä & Aho, 2022, p. 19)



Järvelä, J., & Aho, L. (2022). Going Against the Tide: Towards Binding Environmental Regulation of Mining in Chile. *Copenhagen Business School: CBDS Working Paper No. 2022/1*. [Lien](#).



02:50:25



- Certains affirment, tels que Bice (2016) ou Potts et al. (2018) que la régulation volontaire permet de compléter et d'alimenter le droit contraignant.
- Cependant, cette affirmation est largement infirmée, notamment par Gibson, 2000 ; Campbell & Laforce, 2010 ; et au moins 10 autres chercheurs que SystExt a cité sur ce sujet. Les initiatives volontaires contribuent à l'affaiblissement des réglementations contraignantes par le fait qu'elles proposent quelque chose d'autre. Pire encore, elles proposent quelque chose permettant, pour celui qui s'engage à y adhérer, de ne pas risquer les sanctions financières, juridiques et pénales en cas de non-conformité puisque, pour rappel, la très grande majorité de la RSE ne dispose de quasiment aucun mécanisme de sanctions. Tout est fait pour ne pas respecter la réglementation. C'est une stratégie sur laquelle on se repose pour contourner la réglementation.



- [Exemples de positionnements considérant que la régulation volontaire complète la régulation contraignante] Where good policy or regulation is taken away, or where none exists to begin with, there is an opportunity for VSIs [Voluntary Sustainability Initiative] to fill the void, advancing sustainable development goals and acting as de facto regulators, establishing rules and monitoring actions and performance. Among other things, this report aims to help public sector officials understand how to take advantage of VSIs in the mining sector to advance their sustainable development goals. (Potts, et al., 2018, p. viii). Good governance incorporates an appropriate regulatory mix of soft and hard regulation. It accommodates transnational resource governance initiatives while encouraging legislation where necessary, especially where the rule of law is currently lacking. (Bice, 2016, p. 173)
- Gibson (2000) reconnaît que les initiatives volontaires sont plus souples que les obligations réglementaires. Cependant, il met en garde sur **quatre limites importantes** (Gibson, 2000) : (1) il est difficile de mesurer l'efficacité des initiatives par rapport aux dispositions réglementaires ; (2) elles ont tendance à être proposées et adoptées comme des substituts à la réglementation et utilisées pour justifier le démantèlement des capacités réglementaires ; (3) elles ont tendance à être moins participatives et moins ouvertes à un contrôle public efficace que les processus réglementaires ; (4) elles peuvent renforcer la motivation des entreprises à éviter la réglementation. (SystExt, 2023, p. 80)
- La limite (1) remet fortement en cause la pertinence des initiatives volontaires. Le manque d'engagement et d'efficacité qui les caractérisent communément renforce d'ailleurs cette remise en cause. Les limites (2) et (3) nuancent les positionnements de Potts, et al., (2018) et de Bice (2016) précédemment cités. **De nombreux autres chercheurs démontrent en effet que les initiatives volontaires n'auraient pas d'effets positifs sur la réglementation, voire l'affaiblirait** (Belem, et al., 2008 ; Williams, 2008 ; Campbell & Laforce, 2010 ; Vogel, 2010 ; MacInnes, et al., 2017 ; Rüttinger & Scholl, 2017 ; Järvelä & Aho, 2022). (SystExt, 2023, p. 80)

▪ S'agissant de l'assertion selon laquelle les initiatives volontaires compenseraient les capacités réglementaires affaiblies de certains pays, Campbell et Laforce (2010) démontrent qu'elle est fautive à plus d'un titre, en se basant sur l'exemple du continent africain (Campbell & Laforce, 2010, pp. 79-81) : « En Afrique, parallèlement à l'apparition de ces nouveaux régimes transnationaux et locaux [1] pour compenser notamment les capacités politiques et institutionnelles affaiblies des gouvernements, on a observé une autre tendance qui consiste, pour les institutions financières multilatérales et certains gouvernements occidentaux, à suggérer que les problèmes de régulation du secteur peuvent être traités comme des symptômes de "faible gouvernance" des pays en question. [...] L'expérience de plusieurs pays africains illustre les risques associés à l'institutionnalisation, par les régimes miniers, de rapports de pouvoir ayant des implications concrètes sur les capacités de régulation de l'État. Nous avons constaté que ces capacités se trouvaient en effet souvent soit davantage affaiblies (par la signature de contrats de stabilité fiscale verrouillant les conditions de taxation pour plusieurs années, par exemple) ou contournées (par la création des "nouveaux régimes locaux ou transnationaux" [...]). » [1] Les régimes transnationaux et nationaux définis ici correspondent aux initiatives volontaires et autres démarches de RSE. (SystExt, 2023, p. 80)



▪ La limite (4) est considérée par Gibson (2000) comme l'un des principaux moteurs d'adhésion aux initiatives volontaires. Celles-ci représentent effectivement une opportunité pour les entreprises minières de s'inscrire dans une forme de "régulation" sans avoir à supporter les contraintes et sanctions financières, juridiques, voire pénales, qui leur seraient imposées dans le cadre légal (Sethi & Emelianova, 2006 ; Belem, et al., 2008 ; Sawyer & Gomez, 2008 ; Coumans, 2012). Cette approche utilitariste est développée par Belem, et al., (2008, p. 64) : « D'un point de vue stratégique, la responsabilité sociale est associée à l'utilisation profitable des revendications sociales dans le but d'améliorer le niveau de performance de l'entreprise, mais surtout d'éviter une solution imposée à travers la réglementation. [...] [Les entreprises] prônent de ce fait le volontariat et non la réglementation comme la meilleure façon de mettre en pratique la responsabilité sociale corporative. Pour les entreprises minières, une approche fondée sur les meilleures pratiques est donc préférée à une réglementation internationale qui imposerait des normes universelles. Cette attitude confine les pratiques de RSE à des approches d'évitement de la réglementation et de légitimation de l'entreprise dans un contexte changeant et conflictuel. » (SystExt, 2023, p. 80)



▪ Potts, J., Wenban-Smith, M., Turley, L., & Lynch, M. (2018). State of Sustainability Initiatives Review: Standards and the Extractive Economy. *International Institute for Sustainable Development (IISD) et Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development (IGF)*. [Lien](#).

▪ Bice, S. (2016). Responsible mining: Key principles for industry integrity. *Routledge*.

▪ SystExt. (2023). Controverses minières - Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales - Volet 2 - Tome 2 - Meilleures pratiques et mine "responsable". [Lien](#).



▪ Gibson, R. B. (2000). Encouraging Voluntary Initiatives for Corporate Greening: Some Considerations for More Systematic Design of Supporting Frameworks at the National and Global Levels. *Environment and Resource Studies, prepared for Environment and Resource Studies*. [Lien](#).

▪ Belem, G., Champion, E., & Gendron, C. (2008). La régulation de l'industrie minière canadienne dans les pays en développement : Quel potentiel pour la responsabilité sociale des entreprises ? *McGill International Journal of Sustainable Development Law and Policy*, 4, 51-76. [Lien](#).

▪ Williams, J. P. (2008). International Best Practice in Mining Who Decides and How - And How Does It Impact Law Development. *Georgetown Journal of International Law*, 39(4), 693-708. [Lien](#).

▪ Campbell, B., & Laforce, M. (2010). La réforme des cadres réglementaires dans le secteur minier : les expériences canadienne et africaine mises en perspective. *Recherches amérindiennes au Québec*, 40(3), 69-84. [Lien](#).

▪ Vogel, D. (2010). The private regulation of global corporate conduct: Achievements and limitations. *Business & Society*, 49(1), 68-87. [Lien](#).

▪ MacInnes, A., Colchester, M., & Whitmore, A. (2017). Free, prior and informed consent: how to rectify the devastating consequences of harmful mining for indigenous peoples'. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(3), 152-160. [Lien](#).

▪ Rüttinger, L., & Scholl, C. (2017). Responsible mining? Challenges, perspectives and approaches. Summary of the findings of the research project "Approaches to reducing negative environmental and social impacts in the production of raw materials (UmSoRes)". *Umweltbundesamt*. [Lien](#).

▪ Järvelä, J., & Aho, L. (2022). Going Against the Tide: Towards Binding Environmental Regulation of Mining in Chile. *Copenhagen Business School: CBDS Working Paper No. 2022/1*. [Lien](#).

▪ Sethi, P. S., & Emelianova, O. (2006). A failed strategy of using voluntary codes of conduct by the global mining industry. *Corporate Governance*, 6(3), 226-238. [Lien](#).

▪ Sawyer, S., & Gomez, E. T. (2008). Transnational Governmentality and Resource Extraction: Indigenous Peoples, Multinational Corporations, Multilateral Institutions and the State. *United Nations Research Institute for Social Development (UNRISD)*. [Lien](#).

▪ Coumans, C. (2012). Mining, human rights and the socially responsible investment industry: considering community opposition to shareholder resolutions and implications of collaboration. Dans *W. Cragg, Business and Human Rights* (pp. 243-275). Edward Elgar Publishing. [Lien](#).

