

De la structuration des chaînes de valeur aux mécanismes de formation des prix : une analyse englobante des marchés des métaux de base

Par Patrice CHRISTMANN

Consultant et chercheur indépendant, société Krysmine

Et Yves JÉGOUREL

Maître de conférences à l'Université de Bordeaux, directeur-adjoint de Cyclope et Senior Fellow au Policy Center for the New South

Les matières premières minérales non énergétiques sont des intrants indispensables au fonctionnement des sociétés humaines. Cet article présente la structuration des chaînes de la valeur complexes et globalisées qui sont à l'origine de la production de la plupart des biens et services que les sociétés contemporaines utilisent au quotidien et illustre cette présentation par un descriptif des principaux flux mondiaux d'échange du cuivre, depuis la production et le négoce mondial des concentrés de minerai de cuivre jusqu'aux flux de cuivre contenus dans les biens de consommation objets d'un négoce mondial. Les produits miniers (concentrés) et métallurgiques (métaux raffinés, alliages) font l'objet d'un intense négoce international selon des modalités diversifiées, au sein duquel les principaux acteurs, souvent, ne sont pas les sociétés minières ou métallurgiques. Ces mécanismes de commercialisation, les divers processus de fixation des prix liant les acteurs industriels miniers ou métallurgiques aux industries manufacturières en aval de la chaîne de la valeur, le rôle central joué à cet égard par les négociants en matières premières, ainsi que les fonctions des marchés de produits dérivés sont présentés dans la seconde partie de cet article.

La globalisation des chaînes de la valeur, la standardisation des produits commercialisés et une définition des prix dépendant des spécifications techniques des matières premières ont permis une production de plus en plus massive des biens de consommation et services au cours de la période de soixante-dix ans ayant succédé à la Seconde Guerre mondiale. Contraignant tous les producteurs à maintenir, sous peine de faillite, leurs coûts de production en-dessous des prix, très volatils, du marché, ce modèle entraîne de graves externalités environnementales et sociales, dont les principales sont :

- les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie minière ⁽¹⁾, aujourd'hui estimées à 16 % des émissions

(1) Cette expression désigne l'ensemble des activités d'exploration minière, d'extraction et de transformation de matières premières minérales brutes en produits commercialisables servant généralement d'intrants pour des activités manufacturières en aval. Cette définition inclut, dans le cas des métaux, la métallurgie et le raffinage.

mondiales ;

- la production de volumes énormes de déchets solides, se chiffrant en milliards de tonnes, dont certains présentent des risques pour l'homme et l'environnement pendant des siècles après l'arrêt des activités de production de minéraux ou de métaux ;
- la multiplication des conflits opposant les populations riveraines affectées par les projets miniers aux entreprises les développant.

Les menaces d'effondrement de l'écosystème mondial et de nombreux écosystèmes locaux liées aux diverses activités humaines rendent impératifs le développement d'une gouvernance mondiale des ressources minérales, avec une intégration des externalités dans les prix, et la reconnaissance par les marchés des produits reposant pour leur fabrication sur une démarche transparente et vérifiable de développement durable.

Structuration des chaînes de la valeur dépendant des matières premières minérales ⁽²⁾

Les matières premières minérales sont des intrants indispensables à la plupart des activités humaines, notamment à la production d'innombrables produits et services, dans des domaines aussi variés que l'agriculture, l'aéronautique, le bâtiment et les travaux publics, la Défense, la production et la distribution de l'électricité et, plus généralement, le domaine de l'énergie, les technologies de l'information et de la communication, les transports de toutes natures, la santé ou les technologies spatiales. Sans elles, les services et les produits de ces domaines n'existeraient tout simplement pas (Christmann, 2016). Les premiers usages des matières premières minérales remontent aux origines de l'humanité, lorsque nos lointains ancêtres découvrirent les services que pouvaient leur rendre, pour la chasse ou la guerre, des pierres grossièrement taillées. L'industrie minérale était née, devenant ainsi la plus ancienne des industries humaines.

Elle allait se développer et se complexifier au cours de l'histoire, les grandes découvertes de la physique et de la chimie, et les innovations technologiques qu'elles ont permises (par exemple, la machine à vapeur ; la dynamite et autres explosifs modernes ; la production électrique industrielle ; le machinisme industriel, l'automatisation et la robotisation ; les technologies de l'information et de la communication, dont l'Internet des objets ; les procédés de traitement des minerais et d'extraction/raffinage des métaux) ont conduit à la croissance exponentielle de la production mondiale des minéraux et métaux, qui est particulièrement nette à partir de la fin de la Seconde Guerre mondiale (voir la Figure 1 de la page suivante). Les innovations technologiques, qui se sont succédé à un rythme de plus en plus rapide, ont également permis la production de quantités sans cesse croissantes de biens de consommation. 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 (GIER, 2010).

L'existence de très nombreux produits et services dépendant de la disponibilité des minéraux et/ou des métaux implique des chaînes de la valeur complexes et globalisées, que décrivent de manière synthétique, et donc simplifiée, les Figures 2 de la page suivante (principaux éléments d'une chaîne de la valeur impliquant un ou plusieurs métaux) et 3 de la page 11 (géographie d'une chaîne de la valeur : cas du cuivre, s'appuyant sur l'étude de Tercero Espinoza *et al.* (2016)). Les chaînes de la valeur

sont à la fois :

- des étapes liées entre elles par des flux, qui ont pour aboutissement la production d'un produit fini (par exemple, une voiture, un scanner médical ou un *smartphone*) ou d'un service (par exemple, dans le domaine de la santé, des services nécessitant la mise en œuvre de nombreux biens matériels) ;
- et des segments, chacun étant caractérisé par des savoirs, des savoir-faire et, souvent, par des acteurs économiques spécifiques.

La localisation des premières étapes, numérotées 1 à 5 dans la Figure 2, est conditionnée, d'une part, par la géologie, car elle détermine la localisation des gisements, et, d'autre part, par l'attractivité de l'État auprès des investisseurs. Cette attractivité est déterminée par de nombreux facteurs comme le montre le classement annuel des pays et États (dans le cas de pays à structure fédérale) publié par l'institut canadien Fraser (Stedman *et al.*, 2020).

L'histoire géologique de la planète se caractérise par une grande hétérogénéité dans la distribution géographique des concentrations économiquement exploitables de métaux ou de minéraux (= gisements), cette distribution étant différente selon les métaux ou les minéraux en fonction de la nature des phénomènes géologiques, très divers (Dill, 2009 ; Jébrak *et al.*, 2008), qui ont conduit à la formation des gisements.

La localisation des étapes suivantes est beaucoup plus diversifiée, car indépendante de la géologie mais conditionnée par la compétitivité économique des sites de production (disponibilité et coût de la main-d'œuvre et des intrants, dont le prix de l'énergie ; acceptabilité sociale (ou soumission organisée par des régimes autocratiques)), souvent dans une optique de rentabilité à court terme et au mépris du concept de développement durable. Les acteurs de ces différents segments sont des plus divers :

- Segment 1 : reconnaissance à grande échelle des ressources géologiques : les acteurs quasi-exclusifs de ce segment sont les États, à travers leurs services géologiques nationaux ou régionaux. Cette connaissance de leur patrimoine géologique est utile aux autorités pour élaborer leurs stratégies de développement économique et d'aménagement de leur territoire. Elle est aussi un outil de promotion indispensable pour attirer les investisseurs. Les grandes sociétés minières, actives dans les segments 2 et 3, utilisent souvent les données publiques pour effectuer leurs propres analyses du potentiel minéral de régions s'étendant sur plusieurs pays en recourant à des techniques élaborées de traitement des données numériques (utilisation de l'intelligence artificielle, modélisations et analyses prédictives...) ;
- Segments 2 et 3 : exploration détaillée et développement de projets miniers (aussi appelée « exploration avancée » dans le monde anglo-saxon). Les activités liées à ces segments visent à identifier des concentrations minérales d'intérêt économique potentiel, puis, si la découverte présente un tel intérêt, à engager la réalisation de l'ensemble des études permettant de démontrer la faisabilité du projet minier envisagé.

(2) Bien que le champ de cet article soit limité aux matières premières minérales non énergétiques, l'analyse relative au développement durable développée dans la seconde moitié de cet article, peut largement s'appliquer aux ressources minérales énergétiques.

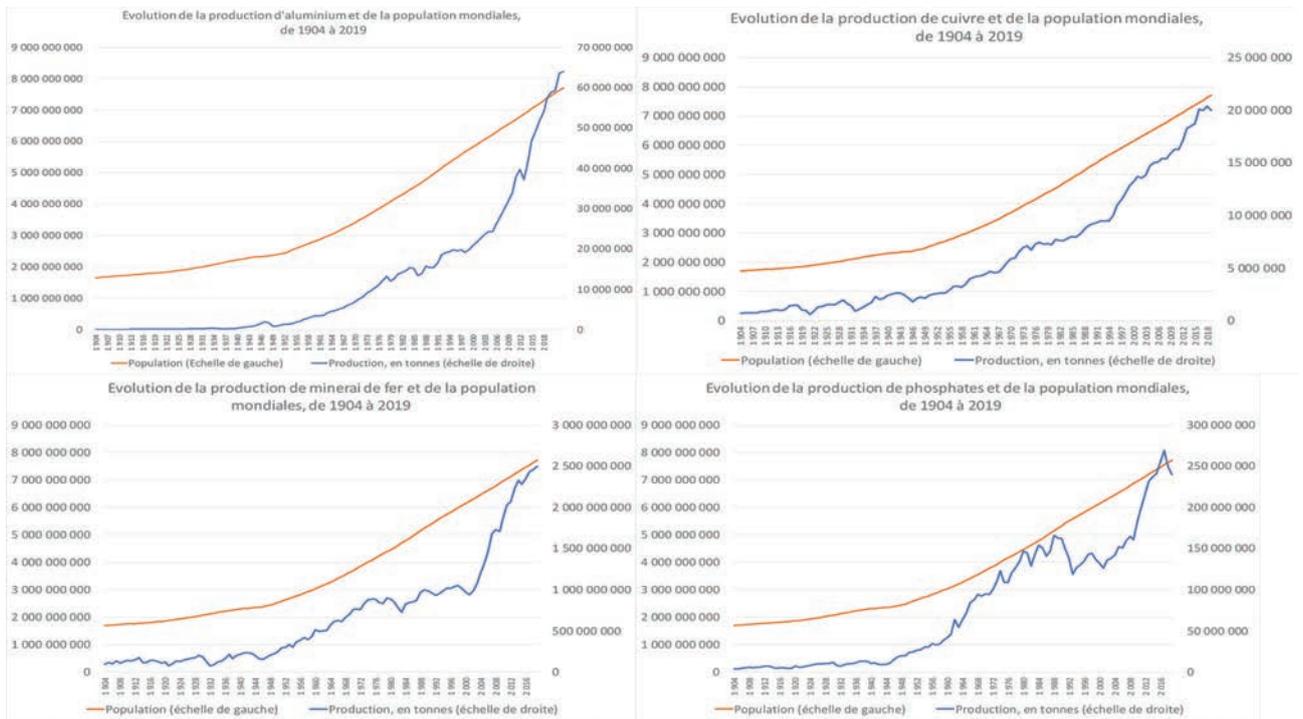


Figure 1 : Évolution de la production mondiale d'aluminium (en haut, à gauche), de cuivre contenu dans la production minière (en haut, à droite), de minerai de fer (en bas, à gauche) et de phosphates (en bas, à droite) entre 1904 et 2019 (sources : United States Geological Survey (USGS, données de production) ; Scott Manning et Nations Unies (données démographiques)).

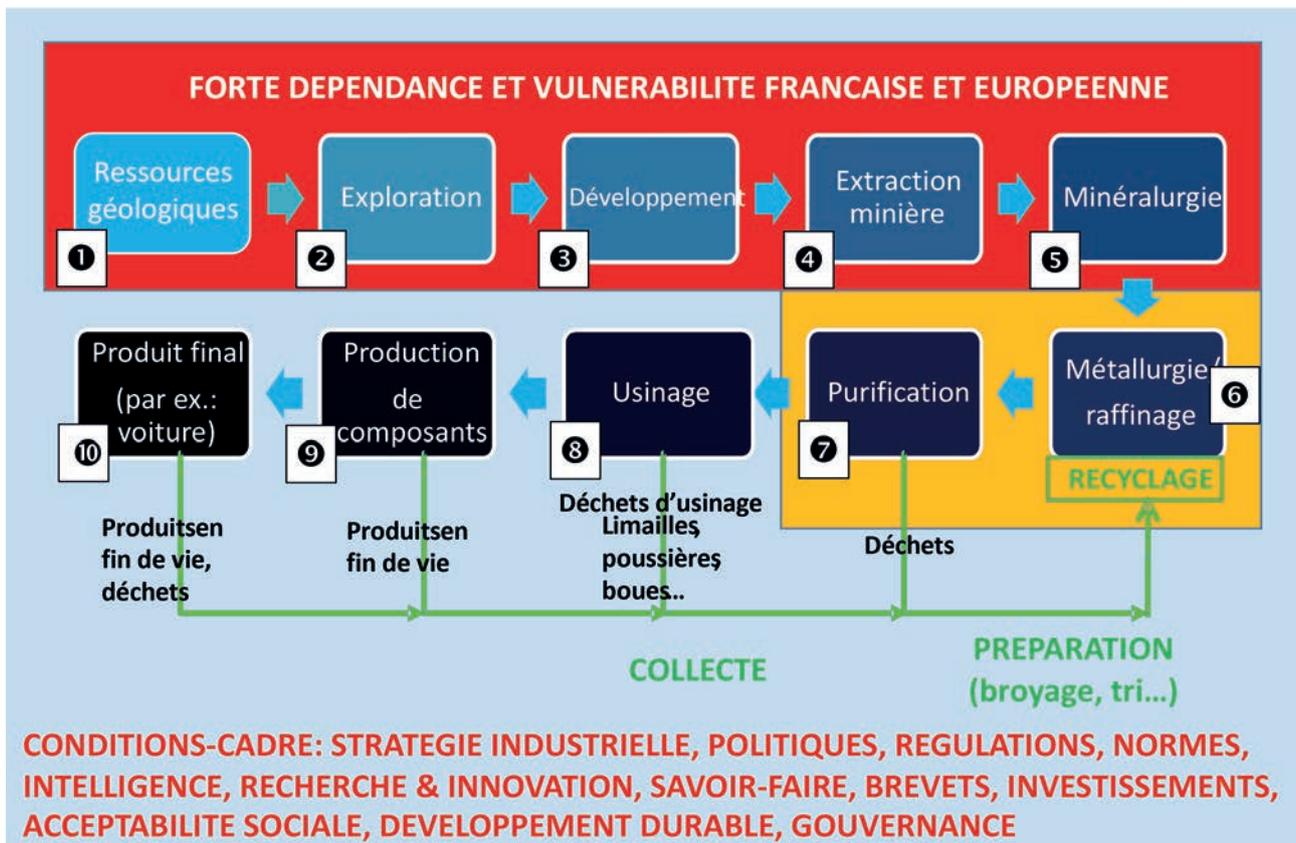


Figure 2 : Représentation schématique d'une chaîne de la valeur dépendant de la production de métaux.
 NB : Les étapes 1 à 5 (cadre rouge) sont sous-représentées au sein de l'Union européenne par rapport à sa consommation, d'où une forte dépendance par rapport aux importations et une soumission accrue aux aléas géopolitiques liés à la production et aux exportations par des pays producteurs de certaines matières premières jugées critiques pour l'UE (Commission européenne, 2017). Cette dépendance est un peu moins élevée pour les étapes 6 et 7, l'Union européenne disposant d'industries métallurgiques plus développées. Ces dernières jouent également un rôle déterminant dans le recyclage des métaux.

Ces deux étapes comportent d'importants risques économiques : en effet, peu de projets (moins de 1 %) d'exploration aboutissent à la mise en production d'une mine dont l'exploitation sera rentable. En 2019, selon le panorama de l'exploration minière mondiale ⁽³⁾ publié par Standard & Poor's, les principaux acteurs de ces deux segments de la chaîne de la valeur sont les grandes sociétés minières multinationales, essentiellement anglo-saxonnes (51 % des 9,8 Mds \$US d'investissements recensés en 2019), lesquelles recherchent essentiellement des extensions des gisements connus. Les États sont beaucoup plus rarement actifs sur ces segments, leurs activités se limitant le plus souvent à l'exploration d'indices prometteurs (segment 2), un effort supplémentaire consenti en vue d'attirer les entreprises privées. Ces sociétés figurent également parmi les principaux opérateurs des segments 4 et 5 et, plus rarement, des segments 6 et 7. Les segments 2 et 3 se distinguent aussi par la présence d'entreprises de très petite taille, souvent dénuées d'activités de production, les juniors minières. Elles représentent 11 % des investissements réalisés dans ces segments ; on en dénombre plus de 2 000 à l'échelle mondiale. Le plus souvent, ces sociétés financent leurs activités par l'émission d'actions cotées sur des bourses spécialisées dans le financement de ce type de sociétés (par exemple, Toronto et Vancouver au Canada, Sidney en Australie). S'apparentant à du capital-risque, elles peuvent être la source de très fortes plus-values en cas de découverte importante. Plus rarement, ces sociétés sont financées par des capitaux privés au travers de sociétés ou de fonds de capital-investissement (« *private equity* »).

- Segments 4 et 5 : extraction minière et minéralurgie. Il s'agit de l'ensemble des activités liées à l'extraction des ressources minérales brutes du sous-sol, qui, dans la plupart des cas, sont ensuite soumises à un ensemble de traitements physiques et/ou chimiques et/ou biologiques nécessaires pour aboutir à :
 - un produit directement commercialisable dans le cas des minéraux industriels (par exemple, du graphite industriel avec une certaine forme, une taille et un degré de pureté des paillettes, ou du talc présentant une granulométrie et un degré de pureté et de blancheur spécifiques),
 - un concentré de minéraux métallifères extraits du minerai répondant à des spécifications, notamment en termes de teneurs maximales en éléments pénalisants (par exemple, l'arsenic ou le mercure). Ces concentrés peuvent être des produits marchands vendus à des entreprises métallurgiques (étape 6).

Dans le domaine de la production des minerais, sources de métaux, et de certains minéraux industriels (à l'instar des phosphates ou de la potasse), ces segments sont dominés par de grandes entreprises fortement capitalisées sur les marchés boursiers, souvent multinationales. Mais on y trouve également de petites et moyennes entreprises

(PME), des exploitations artisanales, souvent informelles ou illégales. À la fin 2019, les cinquante plus grandes entreprises minières mondiales cotées en bourse ⁽⁴⁾ avaient une valeur boursière proche d'un trillion de \$US, les sept principales sociétés représentant environ 50 % de cette capitalisation. Plus de la moitié des entreprises cotées avaient leur siège en Australie (32 % du total de la valeur boursière), au Canada (14 %) ou aux États-Unis (11 %), les entreprises chinoises ne représentant que 7 % de cet ensemble. Cependant ces statistiques sont trompeuses, car de nombreuses entreprises minières chinoises sont des entreprises publiques non cotées en bourse.

Les PME jouent un rôle important dans la production de certains matériaux de construction (sable et gravier, argiles, enrochements et pierres ornementales). Les activités artisanales, souvent informelles voire illégales, concernent la production de matières premières à forte valeur à la tonne, exploitables sans exiger d'investissements autres que l'achat d'équipements rudimentaires, et commercialisables sans nécessiter des traitements complexes préalables (notamment l'or, le minerai de tantale ou d'étain, et certains minerais de cobalt, ainsi que certaines pierres précieuses). L'activité artisanale, dont le moteur est la pauvreté, est une source de revenus pour plusieurs dizaines de millions de personnes vivant dans des pays pauvres (GIER, 2020). Le secteur artisanal informel produirait 10 % de l'or mondial, 15-20 % des diamants, 80 % des pierres gemmes de couleur, et 20-25 % de l'étain et du tantale.

- Segment 6 : métallurgie et raffinage. Ce segment est caractéristique de la production de métaux. Il s'agit de l'ensemble des procédés physiques, chimiques et/ou biologiques nécessaires à l'extraction du métal ou des métaux contenus dans les concentrés produits au cours de l'étape 5. Nombre de minerais comportent un métal principal (par exemple, l'aluminium, le cuivre, le nickel, le plomb ou le zinc) et divers autres métaux associés en tant que sous-produits, qui ne peuvent être récupérés qu'au cours de cette étape : par exemple, le gallium lors de la production de l'alumine, étape obligatoire dans la production de l'aluminium, ou l'indium lors de la production du zinc. Le raffinage est l'ensemble des procédés permettant de purifier le métal produit grâce à un processus métallurgique afin de répondre aux cahiers des charges normalisés appliqués aux différents métaux par les marchés mondiaux *ad hoc*. Métallurgie et raffinage sont généralement des opérations réalisées en un même lieu afin de réduire les coûts de manutention et de transport. La localisation des installations est souvent indépendante de celles des étapes 4 et 5 ; les acteurs économiques sont donc souvent différents, la situation variant selon les métaux : les acteurs de la sidérurgie ou de la production sont très différents de ceux de la production de minerais et de concentrés de fer, alors que certaines des très grandes mines de cuivre, de nickel, de plomb ou de zinc, du fait des tonnages produits, sont en capacité d'alimenter des fonderies qui leur sont géographiquement associées et exploitées par les mêmes entreprises.

(3) Basé sur l'analyse des données techniques et économiques des sociétés ayant accepté de les publier, ce qui exclut les entreprises financées sur fonds privés (« *private equity* ») ou domiciliées dans des États, dans lesquels prédomine l'opacité des données financières et techniques (notamment la Chine).

(4) <https://brasilminingsite.com.br/top-50-biggest-mining-companies/>

Lorsqu'elles sont indépendantes des entreprises minières intervenant au niveau des étapes 4 et 5, les entreprises métallurgiques peuvent acheter les concentrés dont elles ont besoin soit par le biais des contrats commerciaux à court terme (*spot*) qu'elles renouvelleront périodiquement en ayant éventuellement recours à des négociants (*traders* physiques) ou à des courtiers (*brokers*) spécialisés, soit dans le cadre de contrats d'enlèvement à long terme conclus avec ces mêmes entreprises minières. Leur modèle économique peut également être fondé sur le travail à façon pour des entreprises minières qui leur fournissent les concentrés et paient, selon un barème, pour la métallurgie et le raffinage de métaux qui leur sont ensuite restitués.

Certaines entreprises métallurgiques ont des activités de fabrication de semi-produits relevant de l'étape 8.

Pour certains métaux (notamment le chrome, le lithium, le manganèse, le nickel, le silicium, le titane ou le vanadium), la production de métal pur n'est pas ou n'est que peu développée, car leurs débouchés commerciaux sont soit des sels (carbonate ou hydroxyde de lithium, par exemple), soit des alliages (ferrochrome, ferronickel, ferromanganèse ou ferrovanadium). La demande des marchés évolue de manière continue en fonction des innovations technologiques intervenant en aval (segments 8 à 10), lesquelles nécessitent des intrants dérivés de matières premières minérales adaptés à leurs besoins.

- Segment 7 : la purification. Les métaux nécessaires à la production de composants électroniques, par exemple le gallium, exigent une ultra-purification pour atteindre une pureté de 99,9999%, voire de 99,99999 % (1 g ou 0,1 g d'impuretés résiduelles par tonne), justifiant la mise en œuvre de cette étape supplémentaire, dont les acteurs sont de rares sociétés ultraspécialisées, généralement différentes des précédentes. Cette étape est absente lors de la production des métaux ou des alliages usuels, que sont l'acier, le cuivre, le plomb ou le zinc.
- Segments 8 à 10 : ils forment l'aval industriel des produits de l'industrie minérale, avec sa myriade de produits finis et de services impliquant une organisation complexe et géographiquement très diversifiée de la production. La science des matériaux, et les nombreux brevets qui en découlent, sont le moteur commun des progrès enregistrés depuis l'étape de la métallurgie à celle du raffinage, une adaptation permanente qui est nécessaire pour répondre aux besoins du lointain aval industriel. Les performances des matériaux jouent un rôle clef dans l'innovation industrielle et les performances des produits finis. La science des matériaux joue, quant à elle, un rôle déterminant dans le développement des performances (par exemple, efficacité énergétique, taux de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique, puissance de calcul des micro-processeurs) de nombreux produits.

L'approvisionnement des industries des segments 8 à 10 peut se faire de nombreuses manières. Il peut se faire, selon la nature des matières premières minérales considérées, par des achats ponctuels (marché *spot*) ou sur la base de contrats à long terme conclus avec des sociétés

minières, un cas fréquent dans le domaine des matériaux de construction et les minéraux industriels, ou *via* des maisons de négoce, qu'il s'agisse de Glencore, Koch Metals, Mitsui ou Trafigura – parmi tant d'autres exemples – ou des courtiers spécialisés, dont le rôle économique est cependant bien plus réduit. La Figure 3 de la page suivante, dérivée de Tercero Espinoza *et al.* (2016), représente la cartographie des principaux flux mondiaux liés au cuivre. Elle montre la localisation, en 2014, pour les flux majeurs (> 100 kt de cuivre contenu), des zones géographiques concernées par :

- la production minière (voir la Figure 3.1 – chiffres indiqués en rouge), aboutissant à la production de concentrés de cuivre (étapes 4 et 5) et à l'exportation d'une part importante de cette production, notamment vers la Chine, un pays relativement mal doté en ressources en cuivre, bien qu'étant le leader mondial de la métallurgie et du raffinage de ce métal. Pour mémoire, en 2014, la production mondiale de cuivre contenu dans les minerais produits était de 18,4 Mt ;
- l'exportation et l'importation (voir la Figure 3.2) de cuivre métal (produit lors de l'étape 6), la Chine étant là aussi le premier importateur mondial ;
- l'exportation (voir la Figure 3.3) de produits semi-finis en cuivre, ou en alliages à base de cuivre. Elle ne représente que des flux assez modestes par rapport à la production minière de cuivre ou de cuivre métal ;
- l'exportation de cuivre (voir la Figure 3.4), ou d'alliages de cuivre, contenus dans des produits exportés, par exemple le bobinage en cuivre de moteurs électriques de machines à laver ou le cuivre contenu dans les transformateurs d'alimentation de nos ordinateurs portables. Cette activité montre la puissance manufacturière de la Chine : le cuivre contenu dans les exportations de biens de consommation de l'UE ou de l'Amérique ne représentent pas 10 % des exportations chinoises.

Ces figures montrent clairement la stratégie industrielle de la Chine qui vise, au niveau d'un pays, à créer une véritable intégration verticale allant de l'acquisition de productions minières et métallurgiques jusqu'à leur transformation en biens manufacturés à forte valeur ajoutée. Cette intégration ne se concrétise pas par l'existence d'un grand groupe industriel, mais s'opère grâce à une forte structuration, par l'État, à travers le financement des investissements, par :

- des prêts publics aux entreprises industrielles,
- un effort massif dans l'enseignement supérieur et la recherche dans les technologies innovantes et les matériaux qui sont nécessaires à leur développement,
- et un système complexe de règles restreignant les exportations de métaux non transformés (Korinek et Kim, 2013).

Ce mode d'organisation, piloté par l'État depuis plusieurs décennies, contraste fortement avec la dépendance de l'Union européenne (UE) et des autres économies de type libéral par rapport à des importations de matières premières et des productions industrielles qu'elles maîtrisent de moins en moins. L'UE, mosaïque fragile d'États aux intérêts tantôt divergents, tantôt concurrents, ne dispose

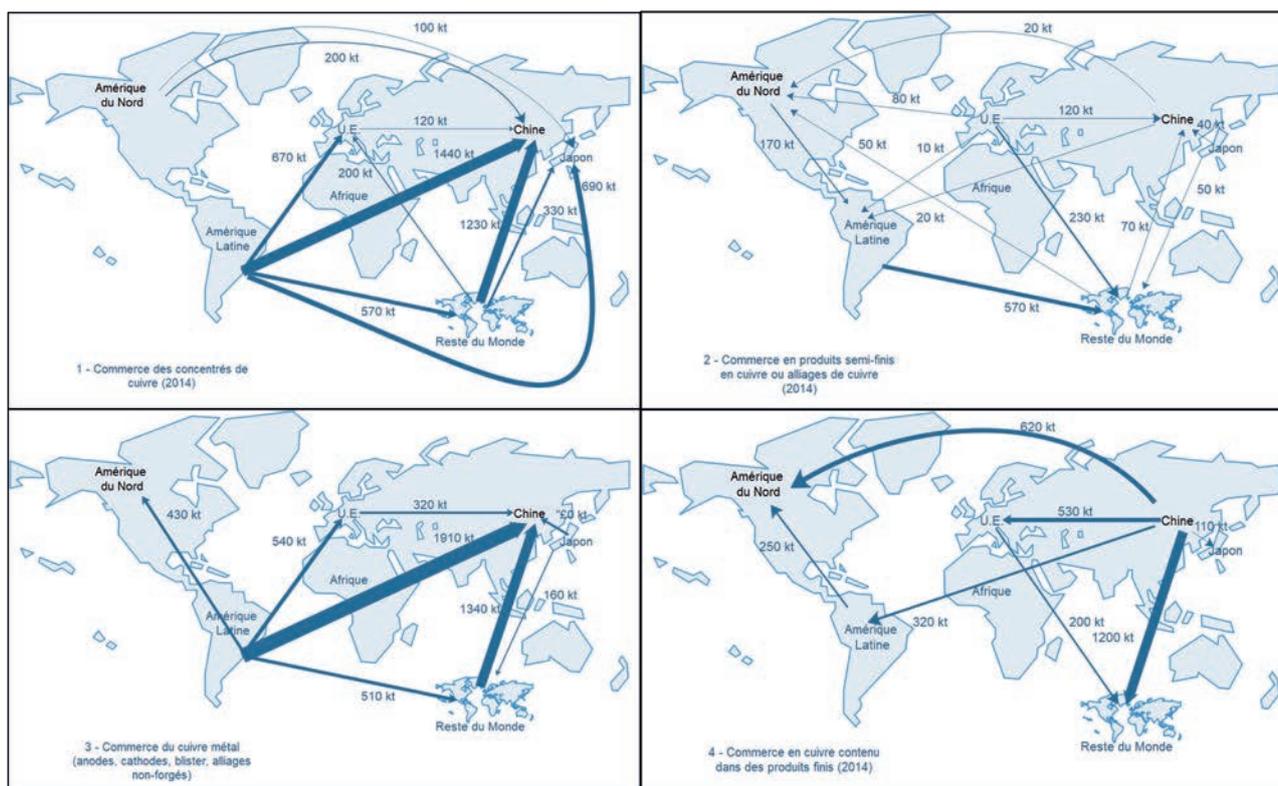


Figure 3 : Représentation simplifiée des flux commerciaux mondiaux de cuivre (d'après Tercero Spinoza et al. (2016)). Les chiffres en rouge de la carte n°1 indiquent les productions minières ; les chiffres en bleu, les flux échangés (ensemble des cartes).

pas des instruments juridiques nécessaires pour développer une stratégie industrielle incluant une politique d'approvisionnements sécurisés en matières premières minérales. Après des décennies d'une négligence sur le plan stratégique, une prise de conscience a cependant eu lieu, conduisant au lancement, en 2008, de l'Initiative Matières premières (Commission européenne) et à un premier effort dans le domaine de la recherche et de l'innovation au travers d'un investissement d'environ un milliard d'euros, réparti sur la période 2014-2020.

Des mécanismes de formation des prix aux fonctions des marchés dérivés sur matières premières

La section précédente a rappelé de manière extensive comment les chaînes de valeur des minerais et des métaux s'organisaient, privilégiant une approche majoritairement industrielle et globalisée. La question de la réalité des relations commerciales unissant les acteurs économiques de ces chaînes de valeur a également été évoquée et celle-ci est tout aussi fondamentale pour comprendre comment les filières vivent, de la mine à la production métallurgique.

Prix de transfert vs prix de marché

De manière schématique, deux grands modes d'organisation de ces filières peuvent être distingués : le premier privilégie le recours au « marché » pour échanger la matière

considérée. Les contreparties à l'échange sont alors des entités économiques distinctes et le transfert de la matière impose la rédaction de contrats commerciaux fixant les droits et obligations des co-contractants, au regard, de manière non exhaustive, de la quantité et de la qualité de la ressource, de son conditionnement, de son prix, de la date, de la période et des lieux de son embarquement/débarquement/déchargement, du partage des responsabilités ou des procédures arbitrales et juridiques en vigueur.

Le second mode d'organisation des échanges est, à l'inverse, un processus « hors marché », dans le sens où les échanges se font entre filiales d'un même groupe intégré verticalement. Le prix utilisé pour la transaction est alors qualifié de « prix de transfert » et échappe aux strictes logiques de l'offre et de la demande. Comprendre le fonctionnement des filières métallurgiques impose dès lors de comprendre les raisons pouvant expliquer le passage d'une situation où les mécanismes de marché prévalent à celle de l'intégration verticale, qu'elle soit initiée vers l'aval de la filière par un groupe minier ou, symétriquement, vers l'amont par une entreprise métallurgique ou sidérurgique⁽⁵⁾.

Une première réponse simple peut être apportée à ce questionnement dans le cas des processus d'intégration en amont. Lorsqu'il existe une tension sur l'offre d'un minerai, la sécurisation des approvisionnements physiques

(5) Comprendre la dynamique inverse étant tout aussi essentiel.

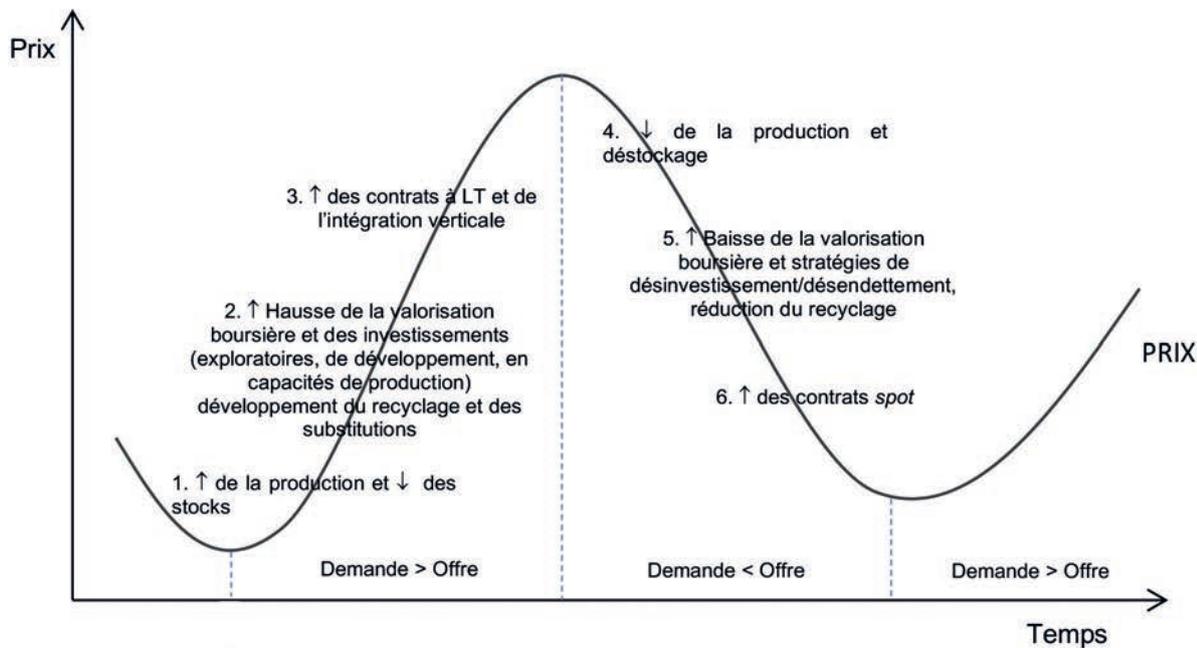


Figure 4 : Dynamique du prix d'une matière première et stratégies des firmes.

est, pour une entreprise métallurgique, une condition *sine qua non* de la pérennité de son activité industrielle. Prenant la forme d'une prise de participation majoritaire, le contrôle d'une entreprise minière exploitant une ressource est, de ce point de vue, la forme la plus aboutie de cette stratégie. Elle permet notamment de garantir l'accès physique aux ressources minérales, et ce, à un coût potentiellement inférieur à celui du marché, tout en étant plus stable. Il importe à cet égard de remarquer que cette « réorganisation » n'est pas toujours la conséquence de choix opérés par des acteurs privés. Certains États (comme la Chine ou le Japon) peuvent, par leurs politiques publiques, organiser des formes d'intégration verticale en encadrant le jeu de leurs acteurs économiques par des systèmes d'interventions publiques et/ou de prêts, éventuellement bonifiés. Par des interventions indirectes, ils peuvent, en outre, largement contribuer à l'émergence et à l'affirmation de géants nationaux sur les marchés de commodités. En Chine, le soutien public aux activités de recherche et développement dans le domaine des procédés électrolytiques conjugué à des tarifs d'électricité préférentiels a notamment été une des conditions permettant la domination des entreprises de ce pays sur le segment de l'aluminium primaire.

À titre d'illustration, l'essor de l'électromobilité a créé une forte tension sur l'offre de cobalt, ce qui a expliqué le développement de stratégies visant à sécuriser les approvisionnements des acteurs manufacturiers (constructeurs de batteries au lithium, constructeurs automobiles) situés en aval. Alors que les prix du cobalt oscillaient depuis le début de la dernière décennie au sein d'une bande comprise entre 20 000 et 40 000 \$US/t, les prix ont commencé, en 2017, à s'emballer devant la crainte suscitée par de possibles problèmes d'approvisionnement, un pic à plus de 90 000 \$US/t étant atteint en mars 2017.

Le positionnement stratégique des industriels chinois sur les segments à fort potentiel de développement de la batterie Li-ion et de l'électromobilité (dont la batterie est un

composant vital) leur imposait de disposer d'hydroxyde de cobalt en quantités suffisantes, et donc d'être présents dans les pays disposant de réserves intéressantes, notamment la République démocratique du Congo (Jégourel, 2020). La stratégie industrielle chinoise a non seulement consisté à maîtriser l'intégralité des étapes de production présentées ci-dessus, mais aussi à développer un nouveau matériau nickel-manganèse-cobalt (NMC 811) pour la production des cathodes, en substitution du matériau NMC 111, permettant ainsi une réduction d'environ 70 % de la quantité nécessaire de cobalt. Cette stratégie de substitution a contribué à la forte baisse du prix du cobalt, lequel est repassé sous la barre des 40 000 \$US/t depuis décembre 2018.

Lorsque cette stratégie porte sur une intégration en aval, l'exploitation de la ressource « en tension » offre à l'entreprise minière à la fois des revenus accrus et un avantage comparatif indéniable par rapport aux entreprises situées en aval. Le développement de la substitution et du recyclage peuvent néanmoins réduire la durée de cet avantage stratégique.

Cela peut alors légitimer un développement de la transformation de cette même ressource au sein des pays producteurs, perçu comme une opportunité de capter une part croissante de la valeur ajoutée au sein de la filière. C'est une des raisons fondamentales expliquant pourquoi nombre de pays miniers – de la Guinée (Conakry) à l'Indonésie, en passant par le Royaume du Maroc – se sont engagés dans des stratégies ambitieuses de transformation locale de leurs ressources minérales⁽⁶⁾.

Une seconde explication, plus élaborée, a été apportée par la théorie économique dans le cadre de la théorie dite « des contrats » visant à analyser, en fonction du contexte

(6) Cette même ambition se retrouve également dans certains secteurs agricoles, même si l'analyse qui doit en être faite diffère sensiblement.

informationnel, les déterminants de l'organisation industrielle optimale d'une chaîne de valeur ⁽⁷⁾. Initiée par le prix Nobel d'économie R. H. Coase dans un article désormais célèbre datant de 1937 ⁽⁸⁾, cette approche considère que l'entreprise peut être une solution alternative aux échanges de biens. Tandis que les transactions au sein d'un même groupe imposent une coordination administrative, celles utilisant de purs mécanismes de marché génèrent des coûts de transaction (Galiègue, 2012). Un arbitrage simple peut alors être fait : lorsque les coûts de coordination intra-firme sont supposément inférieurs à ces coûts de transaction, l'intégration verticale doit être privilégiée, la coordination marchande s'imposant dans le cas symétrique.

S'inscrivant dans le prolongement des travaux de Coase, O. Williamson (1979) précisera amplement la notion de coût de transaction, et partant, les déterminants de l'intégration en y adjoignant des hypothèses relatives au degré de rationalité et d'opportunisme des agents économiques. Il dépassera par ailleurs la simple opposition entre les échanges par le marché et ceux intra-firmes à travers la prise en compte d'organisations hybrides, telles que la négociation de contrats de long terme. Parmi les déterminants identifiés figurent la fréquence des transactions, l'ampleur des incertitudes qui les entourent, ainsi que ce que Williamson appelle la « spécificité des actifs ». Cette dernière notion est fondamentale. Comme le rappelle Ghertman (2006), « un actif est dit spécifique, lorsqu'un agent économique y aura investi d'une façon volontaire pour une transaction donnée et [que cet actif] ne pourra être redéployé pour une autre transaction sans un coût élevé » (p. 195).

Pouvant donc être assimilée au degré de « redéployabilité » de l'actif, cette spécificité peut être dite « de site », « de destination » ou être relative à des actifs physiques ou humains, tels que la connaissance. Il s'agit, en cela, d'une notion inter-temporelle. Si elle s'applique à une grande diversité de secteurs, elle demeure très pertinente pour comprendre la spécificité de l'organisation de certaines filières de matières premières. De la localisation d'une centrale électrique dédiée à l'approvisionnement énergétique d'une aluminerie (spécificité de site) aux entités de liquéfaction propres à l'exportation de gaz naturel liquéfié (GNL), qui, *de facto*, imposent de disposer, en aval, d'une usine de regazéification dans le pays importateur (spécificité de destination) ; les exemples de ces actifs difficilement redéployables sont nombreux. Ainsi, « plus les biens échangés sont standards, c'est-à-dire ayant un très faible niveau de spécificité des actifs, et d'incertitude interne, plus les transactions seront fréquentes, et plus le marché sera le mode de gouvernance choisi. Par contre, plus la spécificité des actifs et l'incertitude interne seront élevées et la fréquence des transactions sera faible, et plus on aura affaire à un contrat ou à une opération interne au sein d'une hiérarchie » (Ghertman, 2006, p. 196).

Cela explique, en particulier, pourquoi la plupart des industries de « commodités », notamment celles des minerais et des métaux, sont très largement organisées autour de mécanismes purs de marché. La qualité d'un minerai ou d'un concentré est certes essentielle, mais elle n'est pas suffisante pour justifier, de la part des producteurs, des stratégies de différenciation par la qualité leur permettant d'être protégés de la concurrence ou de chocs négatifs d'offre ou de demande. Ainsi, un minerai de fer d'une teneur de 65 % en provenance du Brésil ne peut être assimilé à ce même minerai, mais titrant à 62 % ou 58 %, issu des mines australiennes. Pourtant, toute baisse significative de la demande, telle que celle observée lors de la crise financière de 2008, de l'érosion de la croissance économique chinoise à partir de 2014 ou, plus récemment, de la pandémie de Covid-19, affectera de façon peu différenciée le prix de l'ensemble de ces minerais. Une des particularités de ces marchés de commodités est en effet la structuration autour d'un prix de référence mondial ⁽⁹⁾, sur la base duquel sont appliqués des mécanismes de primes et de décotes variant selon les conditions de marché. Il faut, par ailleurs, rappeler que les marchés de matières premières sont caractérisés par une forte volatilité des prix et que, dans un tel contexte d'incertitude, le besoin de flexibilité peut imposer le recours à des contrats au comptant (spot), ou tout du moins, à court-terme, laissant intacte la capacité de renégociation à une date ultérieure. Cependant, dans des configurations particulières, le recours à d'autres formes d'organisation peut être privilégié, à l'instar de l'industrie du GNL, voire gazière, historiquement structurée autour de contrats de très long terme, à prix indexés néanmoins (Ruester, 2009). Cette approche explique également pourquoi un certain nombre de producteurs chinois d'aluminium primaire sont également producteurs d'électricité, l'électrolyse étant une étape tout aussi centrale qu'énergivore (consommation d'environ 14 000 kWh par tonne d'aluminium) de la transformation d'alumine en aluminium.

Le rôle prépondérant du négociant dans l'organisation des filières de matières premières

L'abondance et la solidité des travaux scientifiques découlant des théories de Coase et Williamson n'empêchent pas que certaines interrogations spécifiques aux matières premières restent en suspens. La première, et probablement la plus importante d'entre elles, tient à la justification de l'existence et du rôle quasi incontournable dans les filières agricoles, minérales ou énergétiques, des « grandes maisons de négoce » ou, selon l'anglicisme consacré, les *traders* physiques. Les échanges commerciaux de matières premières sont en effet trop souvent vus au travers du prisme du producteur et de l'utilisateur, reléguant alors le négociant à un simple rôle d'intermédiaire que la théorie économique peut ignorer. Un seul regard sur les volumes physiques et financiers traités par les entreprises précédemment citées permet pourtant de comprendre

(7) L'analyse n'est en rien spécifique aux industries extractives.

(8) COASE R. H. (1937), "The Nature of the Firm", *Economica* 4, pp. 386-405.

(9) Celui formé sur le London Metal Exchange pour la plupart des métaux de base, sur le Shanghai Futures Exchange pour les barres d'armature en acier ou celui du port chinois de Qingdao en référence « coût, assurance, fret » pour le minerai de fer.

le rôle stratégique qu'elles remplissent (voir le Tableau 1 ci-après). Alors qu'un courtier (*broker*) n'a pour seule ambition que de trouver une demande à l'offre qui lui est adressée, le négociant (*trader*) achète la matière première pour la revendre. Il prend donc un risque de prix considérable, ce qui n'est pas le cas du courtier. Il faut, pour comprendre la centralité de cette fonction économique, rappeler que producteurs et utilisateurs de matières premières n'ont *a priori* aucune raison de s'entendre commercialement. Ces deux opérateurs doivent chacun répondre à une problématique de gestion des flux et à une problématique de prix, celles-ci étant en opposition. Le producteur est en effet « condamné » à produire et recherche, en conséquence, un *timing* de vente, et ce aux prix les plus élevés possibles. Symétriquement, l'acheteur doit s'assurer de ses approvisionnements en fonction de ses propres ventes et rechercher un *timing* d'achat qui lui soit propre, pour des prix cette fois les plus faibles possibles. Il n'y a dès lors pas de raison de penser que ces « exigences » respectives soient par nature compatibles (Marquet, 1993). Cela est d'autant plus vrai que les commodités, qu'elles soient minérales ou non, sont échangées sur des marchés mondiaux présentant de fortes asymétries d'information entre acheteurs et vendeurs. Le rôle d'un *trader* va être dès lors de réconcilier, dans le temps et dans l'espace, vendeurs et acheteurs en achetant aux conditions de temps et de prix souhaitées par les premiers, puis en revendant aux conditions de temps et de prix souhaitées par les seconds. Il pourra même, de façon contre-intuitive de prime abord, acheter à un prix élevé et revendre à un prix plus faible, tout en s'assurant d'une marge commerciale positive en recourant aux produits dérivés financiers, notamment aux contrats à terme (*futures*).

Classement	Entreprise	Revenus	Profits nets
1	Vitol	231	1,7 (estimé)
2	Glencore	219	3,4
3	Trafigura	180,7	0,868
4	Mercuria	122	0,419
5	Cargill	114,7	3,1
6	Koch Industries	110	ND
7	Archer Daniel Midlands	64,34	1,81
8	Gunvor	63	-0,33
9	Bunge	45,7	0,267
10	Louis Dreyfus Commodities	43	0,357

Tableau 1 : Les plus grandes entreprises de négoce de matières premières, classées en fonction de leurs revenus ⁽¹⁰⁾ (2018, en milliards d'USD).

À l'instar des stratégies d'intégration verticale, l'importance du *trader* n'est pas permanente et est intrinsèquement dépendante du degré de disponibilité de la ressource, et donc du niveau des cours. Comme le rappelle Marquet

(2013), « en situation de tension sur les ressources, il s'agit pour l'essentiel de s'assurer, par la force ou la négociation, l'accès aux sources d'approvisionnement et/ou d'administrer des règles de répartition et de rationnement. Dans ce contexte, la place laissée au négoce est faible ; le stratégique domine l'économique et les monopoles prévalent sur la concurrence. En situation de surplus et donc d'accès facile aux ressources, les enjeux stratégiques perdent de leur importance. Les contrôles s'avèrent très onéreux et leurs coûts ne sont plus compensés par les rentes de monopole. Triomphent alors les marchés concurrentiels, et le négoce en charge de gérer les interfaces complexes entre producteurs et utilisateurs occupe une place privilégiée ». Cela ne signifie naturellement pas qu'un négociant subit nécessairement le contexte des marchés de matières premières. Au contraire, il s'y adapte, et peut, à l'instar des producteurs et des utilisateurs, s'engager sur la base de contrats commerciaux à long terme, voire s'intégrer lui-même verticalement, en amont ou en aval, si cela lui est profitable (Pirrong, 2014), comme ce fut le cas de Glencore, la plus grande maison mondiale de négoce de minéraux et de métaux, devenue une entreprise minière par sa fusion avec XStrata en 2012 et le premier producteur minier mondial de cobalt et un acteur majeur de la métallurgie de ce métal. De ce point de vue, force est de constater que, dans la chaîne de valeur du cobalt où le besoin de flexibilité dans la gestion des flux physiques est peu présent, tant du côté de l'offre de cobalt que de la demande, Glencore se positionne comme un producteur et non comme un négociant *stricto sensu*, le recours à l'activité de *trading* faisant peu sens dans un tel contexte.

Bien que considérant des organisations hybrides, l'approche développée par Williamson tend par ailleurs à opposer la coordination intra-firme (administrative) aux mécanismes de marché et n'interroge probablement pas suffisamment, au sein de ces derniers, sur les déterminants de l'arbitrage entre contrats au comptant et contrats de long terme. Peut-être n'est-il d'ailleurs guère pertinent de les comparer, les contrats à long terme pouvant être de différents types. Si l'on s'affranchit des garanties spécifiques qui les définissent (telles que celles propres aux clauses de « *take or pay* »), ou des différences d'échéance (annuelle, pluriannuelle), ceux-ci peuvent être soit « à prix fixe », soit « en prix à fixer ». Dans le second cas, les quantités échangées périodiquement sont fixées à la signature du contrat, tandis qu'une formule de prix est définie.

À titre d'exemple, un contrat annuel en prix à fixer portant sur le concentré de cuivre pourra spécifier que le prix payable lors des différentes livraisons mensuelles sera la somme des valeurs de chaque métal valorisable présent dans le concentré – celles-ci étant définies à leur tour comme la moyenne des cours journaliers de référence sur la période de cotation (ici, le mois) –, à laquelle un certain nombre de déductions et de pénalités pourront être appliquées. Le prix est donc variable, alors que les quantités livrées ne le sont pas. De ce point de vue, il convient plutôt d'opérer une distinction entre les transactions laissant subsister un risque de prix (opération *spot* et contrat à long terme en prix à fixer) et celles préservées de ce risque

(10) Ce classement est établi sur la base des bilans financiers de ces entreprises, lorsqu'ils sont disponibles, et d'informations relayées par la presse. Il doit en cela être considéré avec prudence.

(opération à terme, contrat à prix fixe) que d'opposer les contrats en fonction de leur durée (*spot* vs contrat à long terme). Cela soulève cependant de nouvelles questions : pour quelles raisons un acteur d'une filière de matières premières peut-il opter pour un contrat où ce risque de prix perdure et pourquoi ces contrats sont-ils, en définitive, majoritairement privilégiés ? Y répondre impose de rappeler les fonctions qu'assument les marchés de produits dérivés sur matières premières, tels que le London Metal Exchange (LME) – place boursière historique pour les métaux de base –, le Comex, filiale du Chicago Mercantile Exchange (CME), le Shanghai Futures Exchange (SHFE) où est notamment coté l'acier (fer ou rond à béton pour le secteur BTP), le Singapore Exchange (SGX), mais aussi, parmi tant d'autres exemples, le Jakarta Futures Exchange, une bourse moins emblématique mais désormais essentielle pour le commerce mondial de l'étain.

Marchés de produits dérivés, fixation des prix et spéculation

L'analyse précédente pourrait laisser à penser que les contrats en prix à fixer sont risqués, alors que les contrats à prix fixe ne le sont pas. Tel n'est pas le cas. Tout contrat commercial est porteur d'un nombre important de risques (sur la qualité, sur les délais de livraison, le transport maritime et la livraison effective si un sinistre survient), supportés par chaque co-contractant, selon des schémas de répartition en partie définis par les *incoterms*. Ainsi, si les contrats à prix fixe ne sont pas, par définition, exposés au risque de prix, ils subissent un risque de contrepartie d'autant plus élevé que la volatilité des cours du minerai ou du métal est importante. En effet, alors même que l'opportunité des agents évoqué par Williamson doit être prise en compte, tout écart important et durable entre le prix contractuel et le prix de marché peut conduire l'une ou l'autre des contreparties à ne pas respecter ses engagements afin de profiter d'un prix de marché plus favorable. Un contrat en prix à fixer est, symétriquement, exempt de ce type de risque, le prix contractuel étant peu ou prou celui du marché. Choisir entre un contrat en prix à fixer et un contrat à prix fixe revient donc en réalité à faire un arbitrage entre ces deux types de risques, et ceux-ci seront notamment fonction du degré de proximité entre les co-contractants et de l'ampleur de la volatilité du cours de la matière première considérée. Il dépendra également de l'existence, au sein de la filière, d'un marché de produits dérivés et de la capacité des co-contractants à y accéder. Le risque de prix est en effet d'autant plus facile à accepter qu'il existe des produits, tels que les *futures* ou – dans une moindre mesure⁽¹¹⁾ – les options, permettant de le gérer. La financiarisation, qui doit être fondamentalement définie comme l'affirmation de ces marchés de produits dérivés (Jégourel, 2018) – et non, au sens étroit,

comme la présence croissante de fonds d'investissement et autres acteurs financiers sur les marchés des matières premières –, explique alors pourquoi une grande majorité des opérations commerciales sur matières premières sont de type *spot* ou en prix à fixer.

Un marché de *futures* n'a pas pour seule – et première – fonction de produire des mécanismes de gestion du risque de prix (ou *hedging*). Il offre, avant toute chose, une référence de prix, observable par tous les opérateurs de la filière, sans coût et sans délai. Considéré comme non manipulable⁽¹²⁾ et donc, dans une logique libérale, comme « juste », puisque soumis à la seule loi de l'offre et de la demande, ce prix pourra être utilisé comme base de négociation dans les contrats commerciaux. Cela est d'autant plus vrai que l'efficacité d'une stratégie de *hedging* repose sur l'adossement entre ce qu'il est convenu d'appeler la position physique (dite longue pour le producteur, *short* pour l'acheteur) et la position financière constituée par l'achat (vente) et la revente (rachat) des *futures*. Pour l'agent engagé dans cette stratégie, cet adossement doit permettre que les pertes (ou gains) réalisé(e)s sur la position physique soient compensées par les gains (ou pertes) sur la position financière, ce qui revient à s'assurer d'une corrélation élevée et stable entre les prix commerciaux et les prix *futures*. Utiliser ces prix *futures* comme prix de référence au sein des contrats commerciaux est, naturellement, la meilleure façon de faire. Cela fait de la financiarisation un processus autoréférentiel, l'ambition fondamentale d'une bourse étant, comme pour toute entreprise, d'accroître ses parts de marché. Toutes les filières ne disposent cependant pas de contrats à terme, un certain nombre de conditions devant être vérifiées pour qu'une bourse décide de les proposer (voir le Tableau 2 ci-après). Par ailleurs, un contrat à terme peut exister sans que celui-ci ne soit fondamentalement utilisé comme une référence de prix et un instrument de *hedging* par les opérateurs, tel est notamment le cas, jusqu'à présent, pour le *future* sur le cobalt échangé sur le LME.

Conditions de lancement	Conditions de succès
Un produit homogène et faisant l'objet d'importants flux d'échanges.	Un contrat correctement défini au regard des critères de référence.
Un marché fonctionnant en continu.	Un risque de base faible.
Une prévalence des opérations commerciales au comptant.	Une spéculation active et un marché équilibré.
Un besoin de transparence de la part des opérateurs de la filière.	Une connaissance par les opérateurs de la filière des techniques de <i>hedging</i> .
Une volatilité des prix synonyme de risque de prix à court terme pour les opérateurs de la filière.	Une stratégie de promotion de la part du <i>commodity exchange</i> .
Une absence de « substitut » au <i>hedging</i> .	Un <i>commodity exchange</i> disposant d'un pouvoir de marché à l'international.
Une demande solvable et des perspectives de rentabilité pour le <i>commodity exchange</i> .	
Un intérêt des spéculateurs permettant de garantir, sur le long terme, l'équilibre des positions <i>shorts</i> et longues.	

Tableau 2 : Critères de lancement et de succès d'un marché de *futures* (source : Jégourel, 2020a).

(11) Bien que disponibles pour gérer le risque de prix sur matières premières, les options sont en effet particulièrement coûteuses, la prime payée étant fonction de la volatilité du cours du sous-jacent (qui est elle-même forte sur les marchés de commodités). Il s'agit d'ailleurs bien souvent d'options sur *futures* de matières premières. Pour une présentation exhaustive de ces différents produits, voir notamment JÉGOUREL Y. (2017), *Les produits dérivés financiers*, coll. « Repères », Éd. La Découverte.

(12) Cette notion devant être appréhendée avec prudence, les marchés de matières premières « étroits » ayant souvent fait l'objet de tentatives de manipulation de leurs cours au travers de stratégies dites de « *squeeze* ».

L'analyse précédente ne saurait laisser à penser que la financiarisation est par nature souhaitable, l'ambition développée dans cette section n'étant pas normative. Si financiarisation et spéculation ne peuvent en rien être assimilées, force est néanmoins de rappeler qu'un marché de *futures* ne peut durablement fonctionner s'il ne suscite pas l'intérêt des spéculateurs, ceux-ci permettant d'accroître la liquidité du marché et de corriger ce qu'il est convenu d'appeler l'asymétrie du *hedging* (Gray, 1961, 1966). La spéculation financière⁽¹³⁾ peut néanmoins avoir pour conséquence d'accroître l'instabilité des cours en renforçant le poids des anticipations, celles-ci pouvant être irrationnelles.

Alors que la quasi-totalité des grands métaux industriels ont été financiarisés, cela n'a pas été le cas des minerais ou des produits intermédiaires. En effet, seul le minerai de fer fait l'objet de contrats à terme, l'essentiel des autres minerais étant échangés *via* des contrats à long terme ou au sein d'un même groupe. À l'image des contrats sur l'alumine lancés depuis 2018 par le CME, le LME et le SHFE, cette situation pourrait cependant être amenée à évoluer au cours de la prochaine décennie, les bourses s'employant à étendre leurs activités. Si cette financiarisation « en amont » venait à se diffuser, les conséquences pourraient être considérables pour les pays en développement exportateurs de produits miniers, africains notamment. Alors que la transformation sur le sol national des ressources extractives est devenue une priorité nationale pour nombre d'entre eux, la volatilité accrue qui pourrait découler du lancement d'un contrat *future* serait de nature à rendre instable la marge de transformation des industriels impliqués dans cette stratégie. Cela limiterait alors sa capacité à financer les politiques de développement du pays considéré.

Conclusion

Le modèle économique décrit dans cet article à travers les chaînes de la valeur et les mécanismes de marché spécifiques aux matières premières, y compris les matières premières minérales, a joué un rôle clef dans le développement, d'une intensité sans précédent dans l'histoire de l'humanité, de la production mondiale de matières premières minérales non énergétiques au cours des soixante-dix dernières années. Conjugué, d'une part, à l'accélération des innovations technologiques dans les domaines miniers, métallurgiques, de la science des matériaux et dans les technologies industrielles et, d'autre part, à la normalisation⁽¹⁴⁾ des produits minéraux commercialisés, ce modèle a permis à beaucoup d'êtres humains de bénéficier d'un niveau de services et d'un confort matériel inconnus jusqu'ici. Ils ont amélioré les conditions de vie de milliards de personnes, sans que le rôle joué par les matières premières minérales en appui à l'atteinte des Objectifs de développement durable des Nations Unies (Columbia Center on Sustainable Development,

(13) La spéculation physique étant également possible, notamment dans le domaine des matières premières.

(14) Cette norme peut être publique, comme dans le cas du cuivre (voir : <https://www.lme.com/en-GB/Metals/Non-ferrous/Copper/Physical>) ou contractuelle, entre un fournisseur et son client, ce dernier imposant des spécifications décrivant les propriétés physiques et chimiques des produits minéraux ou des métaux objets du contrat.

2016 ; ICMM, 2016 ; GIER, 2020) soit connu et reconnu par le grand public.

La transition vers des pratiques industrielles et des modes de consommation conformes au principe d'économie circulaire, telles que l'écoconception des produits, la lutte contre l'obsolescence programmée des produits, le développement de la maintenabilité des produits, la réutilisation de composants contenus dans les produits en fin de vie, le recyclage ou la substitution de l'usage de ressources rares par celui de ressources plus courantes offrent de nombreuses possibilités de réduire la demande en ressources minérales primaires, c'est-à-dire extraites d'une mine. Mais malgré ces progrès nécessaires, la demande mondiale en matières premières minérales primaires demeurera élevée au cours des décennies à venir, notamment du fait de la croissance démographique, de l'élévation du niveau de vie d'une portion de plus en plus importante de la population mondiale et de l'urbanisation croissante de cette même population (Christmann, 2018 ; OCDE, 2019 ; GIER, 2020). Le développement de l'électromobilité et la transition de la production énergétique vers l'usage de sources d'énergie renouvelables contribueront également à stimuler la demande en matières premières minérales primaires.

Cependant, dans un marché de commodités, seuls le prix de vente et le coût complet de production déterminent la compétitivité de la production des matières premières minérales. Un producteur de matières premières minérales peut chercher à concilier des Objectifs de développement durable (réduction de la consommation d'intrants, meilleure intégration des intérêts des populations riveraines et prévention des conflits...) avec les objectifs de rentabilité de sa production. Mais la pleine intégration des Objectifs de développement durable dans la conception et la gestion des projets miniers se heurte aux limites imposées par les prix de marché.

Cette limite introduit des compromis, voire des compromissions en matière de développement durable. Plusieurs problématiques illustrent cela : les contributions de l'industrie de production des matières premières minérales aux émissions mondiales de gaz à effet de serre (16 % des émissions en 2018, selon l'OCDE), la sécurité du stockage à long terme de déchets miniers (ruptures à répétition de digues de retenue de résidus miniers – dont la catastrophe de Brumadinho, qui, survenue au Brésil en janvier 2019, a fait 270 morts⁽¹⁵⁾ –, risques de pollutions

(15) Cette catastrophe est symptomatique des dérives d'une industrie mondiale du minerai de fer dont l'ambition fondamentale a été de rationaliser les coûts de production dans le cadre d'une concurrence par les prix extrêmement forte – prenant la forme d'une guerre des prix entre 2014 et 2016 – entre les quatre plus grands producteurs, que sont Vale, Rio Tinto, BHP Billiton et Fortescue Metals Group (FMG). À titre d'illustration, Vale ambitionnait d'abaisser les coûts de production de sa mine emblématique S11D à moins de 11 US\$/t. Cela l'a amenée à la non-prise en compte de dépenses fondamentales au regard du *monitoring* des barrages de déchets miniers, ce qui a entraîné, suite à la catastrophe de Brumadinho, l'engagement de la responsabilité pénale de Vale et de ses dirigeants, ainsi que de celle de l'entreprise en charge de la certification. Outre son coût humain et environnemental considérable, la rupture de ce barrage a, dans un absurde paradoxe, favorisé les concurrents australiens du géant minier qui ont pu tirer profit de la hausse des cours consécutive à la diminution des exportations de minerai de fer brésilien.

Matière première minérale	Part de la Chine dans la production métallurgique mondiale 2017	Matière première minérale	Part de la Chine dans la production métallurgique mondiale 2017
Gallium métal	94%	Aluminium métal	54%
Germanium métal	89%	Phosphate	54%
Magnésium métal	82%	Alumine	53%
Bismuth métal	82%	Plomb métal	53%
Tungstène MI	82%	Acier brut	50%
Terres rares MI	80%	Charbon à vapeur	48%
Mercurure (minerai)	73%	Zinc Métal ME	45%
Antimoine (minerai)	72%	Indium métal	45%
Graphite	70%	Molybdène (minerai)	42%
Arsenic métal	69%	Perlite	42%
Wollastonite MI	65%	Fer (minerai)	39%
Magnésite	65%	Cuivre métal	38%
Fluorine	62%	Barytine	37%
Silicon ME	61%	Zéolites MI	37%
Cobalt métal	60%	Titane ME	36%
Chaux	60%	Zinc MI	35%
Ciment	57%	Selenium ME	34%
Vanadium ME	56%	Cadmium métal	32%
Coke	55%	Etain (minerai)	30%

Tableau 3 : Part de la Chine dans la production mondiale 2017 de matières premières minérales (ne sont représentées ici que les matières premières minérales dont la Chine assure au moins 30 % de la production mondiale (sources des données : USGS, World Mining Data, Groupes internationaux pour l'étude des métaux (cuivre, plomb et zinc)).

sur des siècles) sont des problèmes majeurs de l'industrie minérale.

Ils contribuent à la menace que représente le changement climatique et peuvent localement menacer les populations et les écosystèmes impactés par l'industrie minérale, les impacts environnementaux négatifs pouvant dans certains cas se faire ressentir pendant des siècles après l'arrêt des exploitations, à charge pour des populations qui n'auront pas bénéficié des retombées économiques de l'activité minière d'en assumer les conséquences.

En outre, certains États, au premier rang desquels figure la Chine, utilisent de manière délibérée leur position dominante acquise dans la production de certaines matières premières minérales pour réduire la concurrence des autres pays producteurs, par exemple au travers de pratiques de *dumping* plusieurs fois condamnées par l'Organe de règlement des différends (ORD) de l'Organisation mondiale du commerce (OMC). La Chine est le premier producteur mondial de plus de 40 métaux ou minéraux, le Tableau 3 ci-dessus comporte 38 minéraux ou métaux dont la Chine est le premier producteur mondial, assurant au moins 30 % de la production mondiale, alors que sa population représente environ 20 % de la population mondiale. Cette domination est aussi un puissant outil géopolitique en appui à son agenda politique, riche de conflits territoriaux non résolus (Pitron, 2018). Elle pèse sur l'Union européenne, dont l'industrie manufacturière est invitée à s'installer en Chine, ce qui garantit à l'UE notamment l'accès aux matières premières dont elle a besoin, mais au prix d'une perte de ses avantages technologiques. Faute d'un accord entre les États membres pour

déléguer à l'Union européenne la compétence de développer une politique européenne des matières premières, ses efforts demeurent concentrés sur le développement de la recherche et de l'innovation liées aux matières premières : ainsi, près d'un milliard d'euros ont été investis entre 2014 et 2020 dans le cadre du programme européen Horizon 2020.

Ces diverses raisons, ainsi que les impératifs du développement durable, rendent nécessaire le développement d'une gouvernance mondiale des matières premières minérales basée sur la notion de permis d'exploiter intégrant les quatre dimensions du développement durable : économique, environnementale, gouvernance et sociale (GIER, 2020). S'il existe aujourd'hui près de 90 initiatives visant à améliorer la transparence et les pratiques de l'industrie mondiale, l'étude citée *supra* montre qu'aucune d'elles n'intègre ces quatre dimensions et, par ailleurs, ces initiatives relèvent le plus souvent du volontariat et/ou sont géographiquement limitées.

L'abandon de la notion de commodité est important dans ce contexte. Des processus d'écologisation des produits de l'industrie minérale, basés sur la technologie *blockchain* et la notation des produits en fonction de leurs performances environnementales, de gouvernance et sociales en sus de leurs spécifications chimiques et/ou physiques usuelles, constituent un cadre incitatif devant permettre de renforcer de manière significative la contribution de l'industrie minérale à l'atteinte des Objectifs de développement durable, dans le cadre d'un champ concurrentiel redéfini, équitable et durable, et où s'impose la transparence des projets et des activités de production.

Bibliographie

- CHRISTMANN P. (2016), « Développement économique et croissance des usages des métaux », *Annales des Mines, Série Responsabilité et Environnement*, n°82, pp. 8-15.
- CHRISTMANN P. (2018), « Vers une utilisation durable des ressources minérales », in JACQUET H. (2018), *Savoir & Faire : le métal*, Paris, Actes Sud/Fondation d'entreprise Hermès.
- COMMISSION EUROPÉENNE (2008), « Initiative Matières premières – Répondre à nos besoins fondamentaux pour assurer la croissance et créer des emplois en Europe », Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, 4 novembre 2008, COM(2008)699.
- COMMISSION EUROPÉENNE (2017), *Study on the review of the list of Critical Raw Materials: Critical Raw Materials Factsheets*, Bruxelles, European Commission – DG Growth.
- COLUMBIA CENTER ON SUSTAINABLE INVESTMENT (2016), *Mapping Mining to the Sustainable Development Goals: An Atlas*, United Nations Development Programme, United Nations Sustainable Development Solutions Network, World Economic Forum, rapport, 77 pages.
- DILLI H. (2009), "The chessboard classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium", *Earth Science Reviews* 100(1), pp. 1-420.
- GALIÈGUE X. (2012), « L'approche de la firme par les coûts de transaction », *Idées économiques et sociales*, n°170, pp. 16-24.
- GHERTMAN M. (2006), « Oliver Williamson et la théorie des coûts de transaction », *Revue française de gestion*, n°16, pp. 191-213.
- GRAY R. (1961), "The Relationship among Three Futures Markets: An Example of the Importance of Speculation", *Food Research Institute Studies*, pp. 21-32.
- GRAY R. (1966), "Why does futures trading succeed or fail: an analysis of selected commodities", *Food Research Institute Studies*, pp. 115-136.
- GROUPEMENT INTERNATIONAL POUR L'ÉTUDE DES RESSOURCES NATURELLES (2010), "Metal stocks in society", GRAEDEL T. E., Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi (Kenya), rapport, 52 pages.
- GROUPEMENT INTERNATIONAL POUR L'ÉTUDE DES RESSOURCES NATURELLES (2020), *Mineral Resource Governance in the 21st Century: Gearing extractive industries towards sustainable development*, rapport, 374 pages.
- INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS (2016), *Making a positive contribution to the SDGs – Online interactive guidance document on how mining and metals connect with the SDGs*.
- JEBRAK M., MARCOUX E. & LAITHIER M. (2008), *Géologie des ressources minérales*, ministère des Ressources naturelles et de la faune, Québec.
- JÉGOUREL Y. (2020a), « La financiarisation du marché des minerais et des métaux : origine, enjeux et perspectives », in FIZAINÉ F. & GALIÈGUE X. (eds), *Économie des ressources minérales : le défi de la soutenabilité*, Éditions ISTE (à paraître).
- JÉGOUREL Y. (2020b), « Du rôle du trader physique dans la chaîne de valeur des minerais et des métaux : le cas du cobalt », *Géologues* (à paraître).
- KORINEK J. & KIM J. (2013), "Export Restrictions on Strategic Raw Materials and Their Impact on Trade", *OECD Trade Policy Working Papers*, n°95.
- MARQUET Y. (1993), *Négoce international de matières premières*, Paris, Eyrolles.
- OCDE (2019), *Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences*, Paris, OECD Publishing, 214 pages.
- RUESTER S. (2009), "Changing Contract Structures in the International Liquefied Natural Gas Market: A First Empirical Analysis", *Revue d'économie industrielle*, n°127, pp. 89-112.
- PIRRONG C. (2014), *The Economics of Commodity Trading Firms*, Éditions Trafigura.
- STEDMAN A., YUNIS J. & ALIAKBARI E. (2020), *Fraser Institute Annual Survey of Mining Companies*, rapport, 76 pages.
- PITRON G. (2018), *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique*, Paris, Les Liens qui Libèrent.
- TERCERO ESPINOZA L., SOULIER M. & HAAG S. (2016), "Visualizing global trade flows of copper, An examination of copper contained in international trade flows in 2014", *Working Paper Sustainability and Innovation*, n°S 03/2016.
- WILLIAMSON O. E. (1979), "Transaction Cost Economics: the Governance of contractual relations", *Journal of Law and Economics* 22, pp. 233-261.