

Le nexus mine-énergie dans les territoires du Nord de l'Argentine

Marie FORGET

UMR CNRS EDYTEM, Université Savoie Mont Blanc

Silvina CARRIZO

CONICET, UNNOBA –
UNLP Universidad Nacional de La Plata

Introduction

MINES ET ÉNERGIES SONT DEVENUES deux sources de revenus économiques stratégiques pour les pays et pour le développement des territoires. La transition vers un modèle énergétique plus soutenable entraîne des changements au sein de ces deux activités de plus en plus reliées. La préoccupation mondiale pour augmenter la sécurité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre consolide l'intérêt pour les technologies d'énergie renouvelable et l'efficacité énergétique. Ces technologies énergétiques sont de plus en plus développées et utilisées par l'industrie minière, qui les introduit dans les sites d'exploitation et en promeut le développement.

En effet, l'industrie minière consomme des quantités d'énergie considérables, l'énergie étant indispensable pour alimenter les équipements de production et les processus de traitement des minéraux. Parallèlement, des minéraux de plus en plus nombreux et rares sont nécessaires pour la construction d'infrastructures et d'équipements énergétiques comme les panneaux solaires, les éoliennes ou le stockage de l'énergie produite. Actuellement, les exploitations minières de grande envergure se localisent de préférence dans des territoires de montagne isolés. L'accès fiable et soutenable à des sources d'énergie devient alors un enjeu. Le carburant diesel, qui doit être transporté sur de longues distances, est la source d'alimentation principale, faisant fonctionner des groupes électrogènes puissants. Cependant, dans les régions isolées (loin d'une côte, d'une ville ou dans les régions de montagne), les mines utilisent des énergies éolienne, solaire ou géothermique : ainsi, la mine de cuivre

Chuquicamata située à 1 650 km de Santiago de Chile, dans le désert d'Atacama ou la mine de cuivre et d'or DeGrussa à 900 km de Perth en Australie, alimentées par des systèmes photovoltaïques de 1 MW et 10 MW respectivement (Choi, Song 2017). Dans ces contextes d'isolement, les énergies renouvelables semblent être des alternatives dont le potentiel reste à développer.

Cet article vise ainsi à analyser les relations systémiques entre les activités minières et énergétiques. Le nexus mine-énergie que nous proposons de comprendre repose sur des études de cas dans le Nord des Andes argentines, dont les territoires connaissent une forte dynamique de déploiement énergétique et minier. Ce travail s'appuie sur une méthodologie fondée sur plusieurs campagnes de terrain en 2013, 2015 et 2016, durant lesquelles une trentaine d'entretiens semi-directifs ont été conduits. Des recherches et analyses bibliographiques sont venues compléter les entretiens et les observations de terrain. L'analyse cherche tout d'abord à montrer les changements dans les réseaux énergétiques entraînés par l'activité minière, puisque les très grandes exploitations ont besoin de quantités d'énergie élevées et d'un approvisionnement sécurisé. Elle tend ensuite à illustrer le développement des activités minières visant à satisfaire la demande en minéraux nécessaires à la production, au transport ou au stockage énergétique.

I- L'énergie pour la mine...

Les exploitations minières sont contraintes par la localisation des gisements. La demande croissante de certains minéraux sur les marchés internationaux provoque, à l'échelle du continent sud-américain, l'avancée de fronts miniers vers des espaces peu peuplés, peu ou pas aménagés et difficilement accessibles, dans les déserts, les forêts ou les montagnes. Dans de telles conditions, le carburant fossile est fondamental pour alimenter les moteurs à combustion et les générateurs électriques qui permettent de réaliser les opérations minières énergivores comme le forage, le dynamitage, l'excavation, la maintenance du puits, la ventilation des galeries souterraines, le transport du minerai et son traitement pour séparer les minerais valorisables. La logistique d'approvisionnement complique les opérations minières et le coût du carburant (volume consommé et transport jusqu'au site d'exploitation) représente un pourcentage important du coût minier global (Paraszczak et Fytas, 2012), diminuant d'autant la compétitivité sur les marchés internationaux. Le développement du réseau électrique permet, dans certains cas, de relier les mines au système interconnecté national (SIN). Dans d'autres cas et parfois de façon complémentaire, des installations d'énergie renouvelable (solaire, éolien, géothermie) permettent de réduire la « facture fossile ».

1.1- Projets miniers et construction du système interconnecté national

L'ensemble de lignes de transport d'électricité, construites le long de la cordillère des Andes a été baptisée « ligne minière ». Ce réseau, facilitant le développement des

activités minières, a été construit durant tout le xx^e siècle. Il fait partie des travaux prioritaires prévus par l'État dans le plan de transport fédéral (Gayo, 2009). Il boucle le système interconnecté façonné par l'incorporation de lignes convergeant vers Buenos Aires, le plus grand centre de consommation¹. Ces lignes (construites au fil du temps par les sociétés d'État AyEE Agua y Energía Eléctrica et HIDRO-NOR ou par des initiatives privées), qui relient les centres de production avec la métropole, n'assuraient pas la sécurité des espaces en bout de ligne telles que les régions Centro, Noroeste et Cuyo. Pour des raisons d'échelle, les acteurs privés n'ont pas investi dans la construction de lignes de transport de 500 kV, nécessaires à la résolution des problèmes structurels du réseau à haute tension, qui fragilisent la fiabilité et l'équité du système.

L'État, par l'intermédiaire du Fond Fiduciaire Fédéral pour le Transport de l'Électricité (FFTEF), a entrepris ces travaux qui modifient la carte énergétique argentine et indirectement, viabilisent le développement des opérations minières et d'autres activités économiques. En 2007, la province de San Juan est reliée au système national par une ligne de 500 kV, longue de 135 km. Cette ligne est financée à 70 % par l'État national et à 30 % par la Province. En 2009, la section Recreo - La Rioja de la ligne minière a commencé à fonctionner, financée également à 70 % par l'État national et à 30 % par la province. En 2010, une autre ligne de 500 kV de 450 km relie les villes d'El Bracho dans la province de Tucumán, Cobos dans la province de Salta, Resistencia dans la province du Chaco et la ville de Formosa. En 2011, une ligne 500 kV longue de 51 km a été mise en service entre Cobos et San Juancito dans la province de Jujuy.

Ce système de lignes permet de renforcer le transport électrique dans des régions à fort potentiel minier. Il permet, par la suite, d'augmenter la production électrique et de développer les énergies renouvelables notamment solaires et éoliennes, au fort potentiel régional. Ainsi 1,2 million de panneaux solaires chinois seront installés à proximité du Salar de Cauchari, à plus de 4 000 m d'altitude, dans le département jujeño de Susques, où la ligne minière devrait arriver. Le parc aura une capacité installée de 300 MW correspondant à la consommation de 100 000 foyers. Le programme national RenovAR devrait assurer l'achat à long terme et à prix fixe de l'énergie produite. Les communautés indigènes devraient recevoir 2 % des revenus, puisque le projet se localise à Puesto Sey, sur des terres leur appartenant. L'investissement demandé est de 390 millions de dollars dont 331,5 seront apportés par la Chine, à travers l'*Export-Import Bank Eximbank of China*². Pour développer le projet l'entreprise provinciale « Jujuy Energía y Minería » s'associe à l'entreprise Talesun

1. CAMMESA Compañía administradora del mercado mayorista eléctrico, société créé en 1992 (LOI N° 24 065) lors de la réforme de l'État, coordonne les opérations et administre les transactions économiques réalisées à travers le Système Interconnecté national.

2. Sur le modèle de l'*Eximbank*, agence de crédit aux exportations américaines, l'*Eximbank of China* soutient et encourage les exportations des produits chinois vers les différents marchés mondiaux. Le prêt d'*Eximbank of China* a été accordé en mai 2017, lors du sommet tenu par le président Mauricio Macri avec son homologue chinois, Xi Jinping.

qui fournit les panneaux solaires montés à Shanghai et à la firme Shanghai Electric Power Construction Co, filière du groupe de construction Powerchina. On estime que les travaux devraient créer environ 600 emplois directs et 1 000 indirects. Les membres des communautés indigènes pourront prendre part à l'activité à travers la création de coopératives de services et participer à la construction.

Le gaz naturel – principale source d'énergie dans la matrice nationale – est une autre option valable pour l'approvisionnement des mines, particulièrement dans la Province de Salta où un gazoduc a été construit spécifiquement pour favoriser l'activité minière. Dans les sites isolés – éloignés du réseau de gaz – des « gazoducs virtuels³ » fonctionnent. Le gaz est alors transporté par camion. C'est l'option choisie par Minera del Altiplano S.A.⁴, filiale du groupe étatsunien FMC Corporation qui produit des dérivés de lithium depuis 1990 dans le Salar⁵ del Hombre Muerto, à 4 000 m d'altitude, dans les provinces de Catamarca et Salta.

1.2- Les mines isolées à la recherche de modes de production énergétique propres

L'intégration des énergies renouvelables représente une alternative favorable pour la réduction de l'empreinte carbone et des coûts opérationnels des mines. De plus, la Loi 27191/2015 exige des grands consommateurs d'utiliser une partie croissante d'énergie renouvelable, qui devrait passer de 8 % à 20 % entre 2017 et 2025. Les entreprises minières considèrent alors de plus en plus la possibilité d'en produire, particulièrement pour les mines éloignées du réseau interconnecté, par le biais de production d'énergie solaire et éolienne, accessibles économiquement et technologiquement.

La plupart des entreprises connectées choisissent de signer des contrats d'achat d'énergie au lieu d'installer un parc solaire ou éolien qui représente un investissement à plus long terme. Néanmoins, certaines envisagent la possibilité de posséder leur propre production d'énergie renouvelable. En effet, l'activité minière opère sur de longues périodes, la dépense énergétique représente une part importante de ses coûts, la connexion électrique avec le système national peut être insuffisante, et la responsabilité sociale des entreprises leur impose une consommation minimale d'énergie renouvelable. Par exemple, un système hybride-solaire au Nord du pays ou éolien en Patagonie représente une économie significative sur la durée de vie de la mine (Fraga, 2017).

En Argentine, la mine Veladero, située dans une zone isolée de la cordillère des Andes, est exploitée par Barrick Gold Corporation, le plus important producteur d'or au monde. Cette mine est considérée comme « de classe mondiale », c'est-à-dire ayant des pratiques ou des normes d'excellence au niveau international. La société

3. L'expression « gazoduc virtuel » est utilisée par les entreprises fournisseurs de gaz naturel pour souligner la fiabilité du transport et de la distribution par des convois de transport routier, tout en promouvant la plus grande flexibilité, l'investissement plus faible et la qualité de service en comparaison d'un gazoduc « classique ».

4. C'est également l'option choisie par Minera Triton, dans la Province de Santa Cruz, en Patagonie.

5. Un *salar* est un désert de sel. Il s'agit d'un lac plus ou moins temporaire aux rives changeantes dont les sédiments sont essentiellement constitués par des sels et dans lesquels se trouvent des concentrations importantes en lithium.

canadienne Barrick Gold explore et exploite les Andes en Argentine depuis 1993 et a ainsi choisi d'installer un aérogénérateur de 2 MW avec pour objectif une amélioration des impacts environnementaux et des retombées économiques positives. Elle est également propriétaire du projet binational Pascua-Lama. Plus grand et partagé avec le Chili, il est paralysé depuis 2013 des deux côtés de la limite internationale, mais sa réactivation est prévue du côté argentin. Le site de Veladero est localisé dans le département d'Iglesias dans la province de San Juan, à 350 km au nord de la capitale provinciale et à une altitude de 4 000 mètres. Sa localisation et la haute altitude impliquent des situations particulières, d'équipement, de logistique, d'approvisionnement, d'aptitude et d'adaptation physique pour le personnel.



Figure 1– La zone d'extraction à ciel ouvert de la mine de Veladero

Source : Carrizo, 2016.

Le site de Veladero est accessible depuis la route provinciale, à la hauteur de Tudcum, par une route privée, longue de 155 km. La route minière a été achevée en 2004, pour le démarrage de la mine en 2005. Construite et entretenue par Barrick Gold, elle traverse el Portezuelo de Conconta et la vallée Del Cura, qui relie différentes zones explorées pour l'exploitation minière. Cette zone a été identifiée comme celle ayant le plus grand potentiel dans le pays (CONAE 2014). De nombreuses entreprises y ont mené des études exploratoires.



Figure 2 – Installations pour la production thermique et le transport d'électricité

Source : Carrizo, 2016.



Figure 3 – Aérogénérateur de la mine de Veladero

Source : Carrizo, 2016.

On estime que la durée de vie utile de la mine de Veladero est de 14 ans et que seront produites, à ciel ouvert, environ 2 800 onces d'or par jour avec une activité en continu. Ce projet gigantesque compte un puits (« pit ») avec des berges de 11 m de haut et des angles de repos d'environ 15°, surveillé en permanence. Les jours sont

comptés en périodes de 12 h, pour une excavation estimée de 120 000 tonnes en jour A et autant en jour B (12 h chacun)⁶. Ce taux d'activité demande la rotation d'une quarantaine de camions de 200 tonnes pouvant charger, chacun, en continu, 240 tonnes de matière extraite par les pelles de 4 000 tonnes par heure. Chaque niveau est excavé grâce à des explosions effectuées tous les deux jours A ce rythme, en 2014, la mine a produit 722 000 onces d'or (Figure 1).

L'État et les acteurs miniers ont financé les 640 millions de pesos nécessaires à la création de la station de transformation Nueva San Juan (ET) 500/132 kV, dans la ville de Rivadavia, à l'ouest de la capitale de San Juan (inaugurée en novembre 2016). À partir de cette station de transformation, une ligne de 500 kV peut être tendue jusqu'à Rodéo dans le département d'Iglesias (Diario de Cuyo, 2016).

Toutefois, l'énergie consommée par la mine est principalement thermique. YPF⁷ fournit du diesel minier haute performance avec des additifs qui empêchent la congélation, pour les gros véhicules et les machines dans des conditions extrêmes de température et d'altitude. Barrick Gold est le deuxième plus gros consommateur de diesel d'YPF. Il dispose d'une centrale thermique et a construit sa propre ligne 230 kV, qui devait être connectée aux installations du Chili (Figure 2).

Afin de promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables et de profiter des vents du site, qui dépassent les 200 km/h, Barrick Gold a installé une éolienne expérimentale d'une puissance de 2 MW, représentant un investissement de 8 millions de dollars (Figure 3). L'acheminement, par la route de montagne, des différents tronçons et des pales de l'éolienne importés d'Allemagne a représenté une véritable odyssee. Elle figure au Guinness des records par son altitude (4 110 m). Elle couvre environ 20 % de l'électricité consommée dans la mine, mais son fonctionnement est difficile du fait de la faible densité de l'air lié à l'altitude. Barrick Gold a également réalisé une étude de faisabilité pour mettre en fonctionnement une installation solaire de 11 MW (Barrick Gold, 2012).

Pour compléter ce potentiel énergétique, l'entreprise envisage de profiter du potentiel géothermique del Valle del Cura. La possibilité d'accès et l'activité minière actuelle permettraient de valoriser la ressource géothermique du champ thermique « Despoblados » situé dans le secteur nord de la vallée de la Cura, à côté de la route minière (CONAE 2014). Le projet est en développement depuis 2010, faisant intervenir la EPSE (Energía Provincial Sociedad del Estado) et des entreprises privées. Il existe donc dans la province des formes de coopération public-privé dans des projets innovants tels que celui-ci, qui permettrait également de connecter les communautés isolées.

6. La somme des jours A et des jours B correspond à une journée de 24 h.

7. Yacimientos Petrolíferos Fiscales (gisements pétroliers d'État), est une entreprise spécialisée dans l'exploitation, l'exploration, la distillation, la distribution et la vente de pétrole ainsi que ses dérivés.

II- La mine pour l'énergie

Différents minéraux sont utilisés dans les systèmes énergétiques pour la production, le transport et le stockage énergétique. Leur exploitation engendre la mise en activité de nouveaux sites miniers et la configuration d'un système productif impactant les territoires et les réseaux d'acteurs.

2.1- Du silicium pour la production et du cuivre par sa conductivité

La production de cellules photovoltaïques demande du silicium raffiné. À l'échelle mondiale, l'industrie de l'énergie solaire ne représente qu'une petite partie de la demande en silicium très pur. Les réserves mondiales sont largement suffisantes pour répondre à la demande, le silicium étant le deuxième élément le plus abondant sur terre après l'oxygène. Les réserves mondiales sont estimées à 1 milliard de tonnes et la production mondiale en 2016 à 7,2 millions de tonnes (Schnebele, 2016). Les données de consommation de silicium ne sont pas disponibles étant donné la grande variété de types de silicium utilisés, mais le USGS⁸ ne considère pas le silicium comme un minéral en tension. L'étape stratégique n'est donc pas l'extraction, mais son raffinage.

La disponibilité de cette ressource permet à la province de San Juan, qui se veut une des provinces minières les plus actives, d'envisager sa mise en valeur. Un plan provincial a développé la carte solaire de la province dans le but d'identifier et de mesurer la ressource disponible. Elle a également investi dans le premier parc de génération solaire du pays, installé dans le département d'Ullúm, expérimentant les trois technologies de silice – monocristallin, polycristallin et amorphe – sur des structures diverses⁹. Ces structures tests ont facilité l'adaptation aux conditions climatiques et à celles de radiations locales des projets postérieurs comme celui de Veladero (Barrick Gold, 2012). L'objectif du plan est plus ambitieux car il cherche à développer la fabrication de lingots de silicium solaire, de cellules photovoltaïques et de panneaux solaires. À l'heure actuelle, ce projet d'intégration verticale a été approuvé et l'usine est en construction. Cette usine serait la première en Amérique latine et permettrait de répondre à une demande croissante à l'échelle du continent.

Le cuivre est historiquement utilisé pour la fabrication des lignes de transport électrique du fait de son excellente conductivité électrique, ce qui permet de réduire la section du câble et de le rendre plus léger. La production mondiale de cuivre a atteint 20,6 millions de tonnes en 2016, avec le Chili qui produit environ un quart de la production mondiale, suivi par le Pérou et la Chine. Cette production est en constante augmentation depuis 2013 (ICSG). 60 % du cuivre produit mondiale-

8. L'*United States Geologic Survey* est un organisme gouvernemental américain qui se consacre aux sciences de la Terre. Il est notamment chargé des statistiques sur l'offre et la demande des minéraux et minerais sur les marchés mondiaux.

9. De plus, la province accueille à Cañada Honda le premier parc de génération solaire connecté au SIN, prévu à 20 MW et qui a une capacité installée de 7 MW. D'autres projets existent pour une capacité installée de 40 MW.

ment est utilisé pour l'électricité et, globalement, il manque sur le marché quelque 400 000 tonnes selon le Groupe d'études international du cuivre (ICSG), une organisation intergouvernementale d'Etats producteurs.

L'Argentine possède de grandes réserves de cuivre non encore exploitées, puisque seule la multinationale suisse Glencore exploite ce minéral dans la mine de Bajo la Alumbrera dans la province de Catamarca. Sa fin de vie utile est estimée à décembre 2018. Sept projets de grande taille d'exploitation du cuivre existent en Argentine: Taca Taca (Salata), Agua Rica y Cerro Atajo (Catamarca), El Pachón, El Altar, Josemaría et Los Azules (San Juan), San Jorge (Mendoza). Les plus avancés sont ceux d'or et de cuivre de Taca Taca et le projet de cuivre et de molybdène el Pachón et le projet Agua Rica, continuité de l'exploitation actuelle de la Alumbrera.

La mise en exploitation de nouveaux gisements se heurte toutefois aux résistances locales. En effet, le projet Agua Rica a été arrêté suite à l'ordonnance interdisant les activités minières à ciel ouvert dans la commune de Andalgalá. Cette commune a été le théâtre de nombreux conflits sociaux et environnementaux liés à l'activité minière, auxquels répond cette ordonnance (Coria, 2007, Misoczky et Böhm, 2013, Lamalice et Klein, 2016).

La localisation des autres projets, à la frontière chilienne, à l'ultra-périphérie de l'Argentine, oblige les investisseurs à envisager une meilleure intégration avec le Chili pour l'exportation de la production par la route, mais également pour l'approvisionnement en électricité (Carrizo, Forget y Jacinto, 2014). À titre d'exemple, pour le développement du projet Pachón, un des arguments est sa localisation à une centaine de kilomètres à vol d'oiseau de Escondida (Chili), la plus grande mine de cuivre au monde. Il serait possible d'interconnecter ces deux mines, l'Escondida étant pourvue de toutes les infrastructures énergétiques et routières permettant le fonctionnement de l'installation et l'export des minéraux extraits via les ports de la côte pacifique.

2.2- Du lithium pour le stockage

La production mondiale de lithium a augmenté d'environ 12 % en 2016 pour répondre à la demande de fabrication de batteries ions-lithium qui en consomme 40 %, notamment pour les appareils électroniques portables, mais également les véhicules électriques et les applications de stockage (Jaskula, 2017). En effet, dans les approches de la transition énergétique, l'accent est mis sur le rôle et l'importance des véhicules électriques, pour répondre à la fois aux engagements de diminution des gaz à effet de serre et à la fois comme un nouveau dispositif de stockage intelligent de l'énergie (McManus, 2012).

La mise en valeur de sources d'énergie renouvelables locales, de petite envergure, se couple à ces systèmes de stockage. Par exemple, les bornes de recharge de véhicule, sur le lieu de travail, alimentées par des panneaux solaires peuvent recharger les batteries des modèles électriques et pourraient également servir de stockage temporaire lors des pics de production, permettant de réinjecter cette électricité verte

au bon moment. L'usage de ces systèmes énergétiques, qui se veulent vertueux, a néanmoins des impacts importants sur les territoires d'extraction du lithium.

L'Argentine, la Bolivie et le Chili se répartissent 70 % des réserves mondiales de lithium en saumure localisées dans une région dénommée « Triangle du lithium ». Le Chili est le premier producteur mondial avec 40 % de la production grâce à l'exploitation du Salar d'Atacama. L'Argentine est le quatrième producteur mondial et elle possède un important potentiel de développement.



En Argentine, les réserves sont localisées dans les provinces de Jujuy, Salta et Catamarca. Les territoires du Nord du pays ont été affectés par la production du lithium qui a augmenté de 60 % entre 2015 et 2016, du fait de la mise en route de nouvelles opérations d'exploitation dans les salars des provinces de Salta et de Catamarca¹⁰. Cette activité est amenée à croître, les projections positionnant l'Argentine comme le premier producteur mondial en 2020 (COCHILCO, 2013).

10. La production chilienne a, elle aussi, augmenté de 20 % dans la même période du fait d'une amélioration des procédés.

Il y a actuellement plus de 30 projets en cours, dans différentes phases de développement, mais seulement deux sont entrés dans l'étape de production: FMC Minera del Altiplano sur le Salar del Hombre Muerto entre Catamarca et Salta, et le projet de Olaroz de Sales de Jujuy S.A. Six projets réalisent les études de faisabilité économiques et environnementales ou cherchent des investisseurs (Clarín, 2017).

Les investissements consentis par les entreprises transnationales sont de taille: le groupe chilien Luksic propose d'exploiter les gisements de Sal de Vida et le Salar del Hombre Muerto à Salta (Figure 2), avec des investissements supérieurs à 200 millions de dollars dans chacun des deux sites ; l'entreprise canadienne Enirgi Group a, par exemple annoncé un investissement de 300 millions de dollars dans le projet Salar del Rincón à Salta, alors que Minera Exxar (consortium entre les entreprises canadienne Lithium Americas et chilienne Sociedad Química y Minera SQM) a consenti 500 millions de dollars dans le Salar Caucharí-Olaroz, dans la province de Jujuy.

À l'heure actuelle, l'Argentine a peu développé la chaîne productive et exporte le lithium sans transformation ; les batteries au lithium qui en dérivent sont importées. Pour inverser la situation, le gouvernement argentin finance un projet appelé « Du salar à la batterie » à travers le Bureau National du Lithium émanant des ministères des Sciences et Technologie, de l'Industrie et de l'Économie, en collaboration avec des universités argentines.

En Argentine, les ressources minières, comme les hydrocarbures, sont du domaine des Provinces, habilitées à donner les lots d'exploitation en concession. Dans ce contexte, le gouverneur de la Province de Salta, Juan Manuel Urtubey (en fonction depuis 2007), a initié le rapprochement entre le Chili et l'Argentine pour l'exploitation du lithium en invitant officiellement les représentants de la société chilienne SQM à explorer les salars. Il convient de noter que l'entreprise SQM est le plus grand producteur mondial de ce minéral grâce à l'exploitation de gisements localisés dans le nord du Chili, à proximité d'Antofagasta (Figure 4). D'autres entreprises chiliennes se sont positionnées, proposant des offres d'investissement à la Province de Salta, soumises à des conditions telles que la réactivation du chemin de fer unissant Antofagasta (Chili) à Salta (Argentine) et l'amélioration des routes d'accès pour faciliter l'exportation du minerai vers les marchés asiatiques. La voie d'accès et de sortie se fait par le Nord du salar au moyen de la route provinciale N° 17 dans la Province de Salta (qui prolonge au Nord la route provinciale N° 43 reliant le salar à la ville d'Antofagasta de la Sierra). Par cette route de 100 km, les sels de lithium seraient acheminés vers le chemin de fer reliant San Antonio de los Cobres au col frontière du Paso Socompa et au port d'Antofagasta (Figure 4).

Les négociations à l'œuvre autour d'une exploitation chilienne des salars du Nord argentin permettraient de renforcer le positionnement des pays de la région dans les secteurs stratégiques comme le lithium, qui sont aujourd'hui détenus dans leur grande majorité par des sociétés du Nord (Tableau n° 1).

Nationalité	Entreprise exploitante	Nom du gisement	Province	Superficie	Superficie octroyée	Altitude moyenne
Australie	Orocobre/ Toyota	Salar de Olaroz	Jujuy	320	230	3 800
Australie	Ady Resources	Salar del Rincón	Salta	420	363	3 660
Australie	South American Salars (Orocobre)	Salinas Grandes	Salta / Jujuy	220	385	3 520
Canada	Rodinia Lithi	Salar de Diablillos	Salta	40	56	4 000
Canada	Lithium One	Salar del Hombre Muerto	Catamarca / Salta	588	133	3 750
Canada	Minera Solitario Argentina (TNR Gold)	Salar de Llullaillaco	Salta	130	154	3 750
Canada	Lithium Américas Corporation	Salar Cauchari	Jujuy	350	436	3 850
Canada	Minera Exar / Mitsubishi	Salares Incahuasi, Pocitos y Arizano	Salta	2 135	2 687	3 750
Canada	Minera Exar / Mitsubishi	Salar de Olaroz	Jujuy	320	160	3 800
Corée du Sud	Ekeko	Salar de Pozuelos	Salta	80	110	3 710
Etats-Unis	FMC Lithium Corp	Salar del Hombre Muerto	Catamarca / Salta	588	300	3 750
France	Bolera Minera (Bolloré)	Salar Centenario	Salta	85	67	3 760

Tableau 1 – Concessions d'exploitation du lithium dans les provinces argentines :
une majorité de transnationales au siège social situé dans les pays du Nord
Source : El Inversor energético y minero, 2013.

L'augmentation des échanges, des investissements et la mise en connexion d'infrastructures fait place à une régionalisation dans ce « Triangle du lithium » entre pays d'Amérique du Sud. L'approvisionnement en lithium est devenu une des principales priorités pour les compagnies technologiques. Elles créent de plus en plus de joint-ventures stratégiques avec les compagnies minières (Jaskula, 2017). Ce type de coopération se développe en Argentine tel que le montre le tableau 1 avec la présence de Toyota et Mitsubishi dans les *salars* de Olaroz et Pocitos.

Conclusion

Dans un pays comme l'Argentine où les activités minières se développent rapidement depuis les années 2000, le nexus mine-énergie interroge dialectiquement le rôle des activités minières dans le déploiement de différents systèmes énergétiques. Ces transformations menées par des acteurs différents remettent en question le développement des territoires. Le lithium et le cuivre sont considérés comme les ressources minières les plus stratégiques pour les investisseurs transnationaux. Pour

sa part, l'industrialisation du silicium, son traitement dans les chaînes de production photovoltaïque, constituent un défi pour les acteurs locaux. L'État est, lui, beaucoup plus actif dans le développement des réseaux énergétiques.

L'exploitation minière et les énergies renouvelables se renforcent mutuellement. D'une part, le développement du réseau électrique permet de relier, dans certains cas, les mines au système interconnecté national tout en soutenant l'électrification plus générale des territoires. La demande minière a par ailleurs été un argument dans la priorisation des travaux de bouclage des lignes à haute tension. D'autre part, l'exploitation minière, en tant que grand consommateur d'énergie, est mobilisée pour le développement de projets d'énergies renouvelables sur des sites éloignés des réseaux, souvent riches en ressources énergétiques telles que l'irradiation ou le vent. Le temps requis pour le développement des opérations minières permet l'implantation de centrales de production ou la mise en place d'accords d'achat d'électricité à long terme. L'acquisition d'énergie renouvelable par les mines favorise la réduction des émissions à effet de serre. Elles sécurisent ainsi une partie de leur approvisionnement et utilisent cet argument dans leur discours institutionnel pour améliorer leur image. Enfin, le secteur énergétique est un client important sur le marché des produits miniers nécessaires à la construction des infrastructures de transport et de stockage – en particulier le cuivre et le lithium. L'activité minière est aussi nécessaire à la fabrication des supports de production des énergies renouvelables, comme l'extraction de silicium pour fabriquer les panneaux solaires. Le développement des réseaux d'énergie et des énergies renouvelables ont donc besoin de l'exploitation de nouveaux sites miniers. Le nexus mine-énergie est de ce fait un système de plus en plus complexe qui monte en puissance.

Bibliographie

Carrizo, Silvina, Forget, Marie, Jacinto, Guillermina, « Redes de energía y cohesión territorial. Conformación de los sistemas de transporte de electricidad y gas en Argentina », *Transporte y Territorios* n° 11, 2014, p. 53-69.

Clarín, « Mineral para baterías. Litio: muchos proyectos y poca producción », 30/04/2017, [https://www.clarin.com/economia/economia/litio-proyectos-poca-produccion_0_Byk-5hmy-.html (consulté le 21/11/2018)].

COCHILCO, « Mercado Internacional del Litio », *Comisión Chilena del Cobre Dirección de Estudios*, 2013.

CONAE, Valle del Cura, San Juan – Landsat 8 OLI – 17 de mayo de 2014 [<https://2mp.conae.gov.ar/index.php/materiales-educativos/material-educativo/imagenes-destacadas/1156-valle-del-cura-san-juan-landsat-8-oli-17-de-mayo-de-2014> (consulté le 22/11/2018)].

Coria, Lorena, « Desarrollo local y actividad minera en la provincia de Catamarca. Compatibilidades e incompatibilidades para la configuración de la micro-región

de Andalgalá Poma », *OIDLES*, vol. 1, n° 0, 2007, [<http://www.eumed.net/rev/oidles/00/Coria.htm> (consulté le 22/11/2018)].

Diario de Cuyo, Ya está en operación la ET que costó 640 millones de pesos, 15/11/2016, [<http://www.diariodecuyo.com.ar/politica/Ya-esta-en-operacion-la-ET-quecosto-640-millones-de-pesos--20161114-0132.html> (consulté le 11/11/2018)].

Forget, Marie, Carrizo, Silvina, « L'Argentine à la croisée des investissements énergétiques et miniers Sud-Sud » *Autrepart*, n° 76, 2015, p. 147-159.

Fraga, Fernanda, « La minería argentina en el año de las energías renovables », *Panorama Minero*, 2017 [<http://panorama-minero.com/ediciones-panorama-minero/lamineria-argentina-en-el-ano-de-las-energias-renovables> (consulté le 11/11/2018)].

Gayo, Ricardo, « Sistema Interconectado Nacional (SIN) en 500 kV », *Petrotecnia*, n° 4, 2009, p. 76-82.

Jaskula, Brian, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*, 2017 [<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2017/mcs2017.pdf> (consulté le 01/08/2018)].

Krom, Andrés, « Así será la “megaplanta” solar de Jujuy, que costará US\$ 390 millones y será la más grande de América latina », *La Nación*, 6/10/2017 [<http://www.lanacion.com.ar/2069865-planta-solar-cauchari-asi-sera-megaplanta-solar-de-jujuy-que-costara-us-390-millones-y-sera-la-mas-grande-de-america-latina>].

Lamallice, Annie, Klein, Juan Luis, « Efectos socio-territoriales de la mega minería y reacción social: el caso de Minera Alumbrera en la provincia de Catamarca, Argentina », *Norte Grande*, n° 6, 2016, p. 155-177.

McManus, Marcelle, « Environmental consequences of the use of batteries in low carbon systems: the impact of battery production », *Applied Energy*, n° 93, 2012, p. 288-295.

Misoczky, Maria Ceci, Böhm, Steffen, « Resisting neocolonial development: Andalgalá's people struggle against mega-mining projects », *Cuadernos EBAPE.BR*, vol. 11, n° 2, paper 1, Rio de Janeiro, 2013, p. 311-319.

Notter, Dominic *et al.*, « Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles », *Environmental Science Technologies*, vol. 44, n° 17, 2010, p. 6550-6556.

Paraszczak, Jacek, Fytas, Kostas, « Renewable energy sources – a promising opportunity for remote mine sites? », *Renewable Energy & Power Quality Journal*, vol. 1, n° 10, 2012, p. 251-256.

Perotti, Remco, Coviello, Manlio, « Governance of strategic minerals in Latin America: the case of Litio », *United Nations*, 2015, 56 p.

Schnebele, Emily, K., *U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries*, January 2016, p. 150-151.

Yosoon, Choi, Jinyoung, Song, « Review of photovoltaic and wind power systems utilized in the mining industry », *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n° 75, 2017, p. 1386-1391.

RÉSUMÉ/MOTS-CLÉS

En l'Argentine, l'activité minière a connu une croissance rapide depuis les années 2000, tout comme les réseaux énergétiques qui ont subi des changements considérables. L'exploitation minière et l'expansion énergétique se renforcent mutuellement, étant chacune dépendante de l'autre. Le nexus mine-énergie permet d'analyser le déploiement dialectique de ces deux secteurs, stratégiques pour le pays et pour les transformations territoriales.

Lithium, Cuivre, Silice, Énergies, Argentine

RESUMEN/PALABRAS CLAVES

En Argentina, la actividad minera ha crecido rápidamente desde los años 2000, y las redes de energía también experimentan cambios considerables. La explotación minera y la expansión energética se refuerzan mutuamente, siendo cada una dependiente de la otra. El nexu mina-energía permite analizar el despliegue dialéctico de estos dos sectores, estratégicos para el país y en las transformaciones territoriales.

Litio, Cobre, Silicio, Energías, Argentina

ABSTRACT/KEYWORDS

In Argentina, mining activity has grown rapidly since the 2000s, as have energy networks that have undergone considerable change. Mining and energy expansion are mutually reinforcing each other by their dependency. The nexus mine-energy enables to analyze the dialectical deployment of these two sectors, strategic for the country including territorial transformations.

Lithium, Copper, Silica, Energies, Argentina

CARAVELLE

DÉCEMBRE 2018

Dossier – La mine hier et aujourd’hui en Amérique latine	5
Martine GUIBERT : Présentation	7
Inés HERRERA, Alma PARRA : <i>La actividad minera y el lugar que ocupa en la economía mexicana del siglo XIX</i>	11
Milton GODOY ORELLANA, Manuel MÉNDEZ : “Apenas tenemos el agua suficiente para nuestras máquinas” : <i>Estado, minería y tecnologías hídricas en el desierto de Atacama: Taltal, 1870-1930</i>	25
Claude LE GOUILL : <i>Du paternalisme industriel des company towns à la politique de Responsabilité Sociale des Entreprises : le cas de La Oroya (Pérou)</i>	41
Vincent BOS, Kyra GRIECO : <i>L’eau : ressource naturelle, ressource politique ? Reconstruction de la ressource hydrique en contexte d’opposition au secteur minier dans le nord du Pérou</i>	59
Marie FORGET, Silvina CARRIZO : <i>Le nexus mine-énergie dans les territoires du Nord de l’Argentine</i>	79
Mathilde DENOËL, Martine GUIBERT : <i>Co-gestion public-privé de l’activité minière : quel développement local dans la « province modèle » de San Juan (Argentine) ?...</i>	95
Marion GAUTREAU : <i>Le regard de Sebastião Salgado sur les travailleurs de la mine de Serra Pelada (1986) : esthétique d’une servitude moderne</i>	111
Mélanges	127
Jean-Pierre TARDIEU : <i>De l’évolution de l’esclavage à Cuba : La rhétorique de José Agustín Caballero (1791-1798)</i>	129
Victor BRANGIER : <i>Intermediación y Grado en una red de venta de tierras: Valle de Pichidegua, Chile, 1820-1835</i>	147
Morgana HERRERA : <i>La revista Trocha (1941-1944) y la constitución de una intelectualidad amazónica peruana</i>	163
Entretien	177
Nicolas LICATA, Tamara CONROD : <i>Entre Francia y Colombia: entrevista a Pablo Montoya</i>	179
Comptes rendus	187
(voir détail p. 205)	

