

GUILLAUME PITRON

LA GUERRE DES MÉTAUX RARES

**LA FACE CACHÉE DE LA TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE ET NUMÉRIQUE**

PRÉFACE D'HUBERT VÉDRINE



LLL

LES LIENS QUI LIBÈRENT

La guerre des métaux rares

Transition énergétique, révolution numérique, mutation écologique... Politiques, médias, industriels nous promettent en chœur un nouveau monde enfin affranchi du pétrole, des pollutions, des pénuries et des tensions militaires. Cet ouvrage, fruit de six années d'enquête dans une douzaine de pays, nous montre qu'il n'en est rien !

En nous émancipant des énergies fossiles, nous sombrons en réalité dans une nouvelle dépendance : celle aux métaux rares. Graphite, cobalt, indium, platinoïdes, tungstène, terres rares... ces ressources sont devenues indispensables à notre nouvelle société écologique (voitures électriques, éoliennes, panneaux solaires) et numérique (elles se nichent dans nos smartphones, nos ordinateurs, tablettes et autres objets connectés de notre quotidien). Or les coûts environnementaux, économiques et géopolitiques de cette dépendance pourraient se révéler encore plus dramatiques que ceux qui nous lient au pétrole.

Dès lors, c'est une contre-histoire de la transition énergétique que ce livre raconte – le récit clandestin d'une odyssée technologique qui a tant promis, et les coulisses d'une quête généreuse, ambitieuse, qui a jusqu'à maintenant charrié des périls aussi colossaux que ceux qu'elle s'était donné pour mission de résoudre.

Journaliste pour *Le Monde Diplomatique*, *Géo* ou *National Geographic* (il est notamment lauréat de l'édition 2017 de Prix Erik Izraelewicz de l'enquête économique, créé par *Le Monde*), Guillaume Pitron signe ici son premier ouvrage. La géopolitique des matières premières est un axe majeur de son travail. Il intervient régulièrement auprès du parlement français et de la Commission européenne sur le sujet des métaux rares.

Guillaume Pitron

LA GUERRE DES MÉTAUX RARES

La face cachée de la transition
énergétique et numérique

Préface d'HUBERT VÉDRINE

ÉDITIONS LES LIENS QUI LIBÈRENT

Cet ouvrage a reçu le soutien de *Brouillon d'un rêve* de la Scam et du dispositif
La Culture avec la Copie Privée.

Scam*



© Les Liens qui Libèrent, 2018

*À mon père,
à ma mère.*

*« Il y a deux tragédies dans la vie.
L'une est de perdre notre désir le plus cher. L'autre est
de l'acquérir. »*

George Bernard Shaw

Préface

Dans cet essai percutant et préoccupant, Guillaume Pitron lance un cri d'alarme et expose un sérieux dilemme.

Le cri d'alarme est géopolitique : le monde a de plus en plus besoin de terres rares, de « métaux rares », pour son développement numérique, et donc pour toutes les technologies de l'information et de la communication, pour fabriquer les portables entre autres. Les voitures électriques et hybrides en nécessitent deux fois plus que les voitures à essence, etc.

Ces métaux rares qui portent des noms non pas barbares, mais latins, tel le prométhium – une trentaine –, sont des métaux associés en proportion infime aux métaux abondants. Ils sont très chers à extraire et à purifier. Premier problème : c'est la Chine qui détient l'essentiel de ces ressources, ce dont elle est naturellement tentée d'abuser. Les autres pays qui en possèdent dans leur sous-sol en ont abandonné ou négligé l'exploitation pour diverses raisons, laissant la Chine, dans plusieurs cas, en situation de monopole, faisant de Pékin « le nouveau maître des métaux rares ». Guillaume Pitron cite à l'appui de sa thèse, et pour souligner le risque de cette dépendance, plusieurs cas d'incohérences ou de légèreté flagrante des Occidentaux, par exemple, le cas des super-aimants ou du perfectionnement de la technologie des missiles à longue portée. La réponse paraît évidente : relancer partout ailleurs la production de ces métaux rares, que ce soit aux États-Unis, au Brésil, en Russie, en Afrique du Sud, en Thaïlande, en Turquie, et même en France (« géant minier en sommeil »), etc.

Mais c'est là où cela se complique et où apparaît un dilemme : l'exploitation de ces minerais rares est tout sauf propre ! « Les énergies et ressources vertes recèlent une part d'ombre », souligne l'auteur. L'extraction et le raffinage de ces métaux rares nécessitent, en effet, des procédés très polluants. Leur recyclage a déçu. Et donc, paradoxalement, le monde des technologies les plus avancées, qui se veulent plus vertes, « écologisées » (ce qui

est vitalemment nécessaire pour stopper le compte à rebours écologique), serait lui-même en grande partie tributaire de métaux... « sales ». Le secteur des technologies de l'information et de la communication produit ainsi 50 % de plus de gaz à effet de serre que le transport aérien ! Cercle vicieux !

Alors, que faire pour dépasser de cette contradiction ?

Il faut bien sûr relancer l'exploitation des terres rares et, plus largement, des ressources minières (ce qui relance un bras de fer entre les gouvernements et les groupes miniers), mais il faut le faire de façon écologique, en s'en donnant les moyens économiques et technologiques, c'est-à-dire des financements et des innovations. Une part croissante des consommateurs mondiaux, estime l'auteur, serait prête à en payer le prix...

Arrivé à ce point de sa démonstration, celui-ci veut terminer quand même par une note encourageante : il cite des exemples de « sursauts de conscience dans l'industrie des métaux rares ».

Dans le contexte de la transition écologique de toutes les activités économiques humaines indispensables pour préserver non pas la « planète », mais la vie sur la planète, il y aura encore des centaines de cas comme celui-ci, de dilemmes à surmonter, de décisions difficiles à prendre, de succès scientifiques à obtenir, d'opinions à rassurer ou à convaincre, pour finalement accélérer le rythme de l'écologisation. Course de vitesse...

En focalisant son attention, et la nôtre, sur un sujet essentiel, pas assez pris en compte, l'essai de Guillaume Pitron nous alerte à point nommé.

Hubert Védrine, novembre 2017

Introduction

Pendant quatre cent mille ans, l'humanité n'a eu que le feu, l'impétuosité des vents et des torrents, son ardeur au travail et celle de ses cavaleries pour voyager, édifier des forteresses et labourer les prés. Dans ce monde d'énergie rare et précieuse, les gestes étaient lents, la croissance économique souvent en sommeil, tout progrès nécessairement singulier. L'histoire a souvent avancé à pas comptés.

Et puis, au ^{xix}^e siècle, les hommes déployèrent une invention : la machine à vapeur. Ils l'employèrent pour stimuler leurs tisseuses mécaniques, propulser des locomotives et mettre à flot des cuirassés qui régnèrent bientôt sur les océans. La machine à vapeur déclencha la première révolution industrielle, qui est aussi la première transition énergétique de l'histoire. Cette transition se fondait sur l'exploitation d'un indispensable combustible : une pierre noire appelée charbon.

Au ^{xx}^e siècle, les hommes délaissèrent la machine à vapeur pour une autre innovation : le moteur thermique (également appelé moteur à essence). Cette technologie permit d'accroître la puissance des véhicules, des bateaux, des chars et de nouveaux engins, les avions, désormais assez légers pour s'arracher du sol. La deuxième révolution industrielle, à laquelle elle contribua, fut tout autant une transition énergétique, fondée cette fois-ci sur l'extraction d'une autre ressource : une huile de roche nommée pétrole.

Depuis le début du ^{xxi}^e siècle, les hommes, inquiets des bouleversements climatiques générés par les énergies fossiles, ont mis au point de nouvelles inventions, réputées plus efficaces, plus propres, et reliées à des réseaux à haute tension ultra-performants : les éoliennes, les panneaux solaires, les batteries électriques. Après la machine à vapeur, après le moteur thermique, ces technologies dites « vertes » engagent l'humanité dans une troisième révolution énergétique, industrielle, qui est en train de transformer notre monde. Comme les deux précédentes, celle-ci

s'appuie sur une ressource primordiale. Une matière tellement vitale que les énergéticiens, les technoprophètes, les chefs d'État et même les stratèges militaires la surnomment déjà « *the next oil* », le pétrole du ^{xxi}^e siècle.

De quelle ressource s'agit-il ?

Le grand public n'en a pas la première idée.

Changer sa façon de produire de l'énergie (et donc ses habitudes de consommation) est la nouvelle grande aventure de l'humanité. Les responsables politiques, les entrepreneurs de la Silicon Valley, les théoriciens de la sobriété heureuse¹, le pape François et les associations écologistes appellent d'une seule voix à accomplir ce dessein, à contenir le réchauffement climatique – et à nous sauver d'un nouveau déluge. C'est un projet qui unit le monde comme jamais les empires, les religions ni les monnaies n'étaient parvenus à le faire jusqu'alors². La preuve : le « premier accord universel de notre histoire³ », selon les termes de l'ancien ministre des Affaires étrangères, Laurent Fabius, ne fut pas un traité de paix, de commerce ou relatif à la régulation financière ; ce fut l'accord de Paris, signé en 2015 à la suite de la COP 21⁴, c'est-à-dire... un traité sur l'énergie !

Cependant, si les technologies que nous utilisons au quotidien peuvent bien évoluer, le besoin primaire de ressources énergétiques, lui, demeure. Or, à la question de savoir par quelle ressource remplacer le pétrole et le charbon pour embrasser un nouveau monde plus vert, personne ne sait vraiment quoi répondre. Nos aïeux du ^{xix}^e siècle connaissaient l'importance du charbon, et l'honnête homme du ^{xx}^e siècle n'ignorait rien de la nécessité du pétrole. Au ^{xxi}^e siècle, nous ne savons même pas qu'un monde plus durable dépend en très grande partie de substances rocheuses nommées métaux rares.

Longtemps, les hommes ont exploité les principaux métaux connus de tous : le fer, l'or, l'argent, le cuivre, le plomb, l'aluminium... Mais, dès les années 1970, ils ont commencé à tirer parti des fabuleuses propriétés magnétiques et chimiques d'une multitude de petits métaux rares contenus dans les roches terrestres dans des proportions bien moindres. Cette grande fratrie unit des cousins affublés de noms aux consonances énigmatiques : terres rares, graphite, vanadium, germanium, platinoïdes, tungstène, antimoine, béryllium, fluorine, rhénium, prométhium... Ces métaux rares forment un sous-ensemble cohérent d'une trentaine de matières premières dont le point commun est d'être souvent asso-

ciées dans la nature aux métaux les plus abondants.

Comme tout ce qui s'extrait de la nature à doses infimes, les métaux rares sont des concentrés parés de fantastiques propriétés. Distiller une huile essentielle de fleur d'oranger est un processus long et fastidieux⁵, mais le parfum et les pouvoirs thérapeutiques d'une seule goutte de cet élixir étonnent encore les chercheurs. Produire de la cocaïne au fin fond de la jungle colombienne n'est pas tâche plus aisée⁶, mais les effets psychotropes d'un gramme de cette poudre vous dérèglent totalement un système nerveux central.

Or c'est pareil avec les métaux rares, très rares... Il faut purifier huit tonnes et demie de roche pour produire un kilo de vanadium, seize tonnes pour un kilo de cérium, cinquante tonnes pour l'équivalent en gallium, et le chiffre ahurissant de mille deux cents tonnes pour un malheureux kilo d'un métal encore plus rare, le lutécium⁷ (consulter le tableau périodique des éléments, annexe 1). Le résultat, c'est en quelque sorte le « principe actif » de l'écorce terrestre : un agglomérat d'atomes surpuissants, ce que des milliards d'années d'évolution peuvent nous offrir de mieux. Une infime dose de ces métaux, une fois industrialisée, émet un champ magnétique capable de générer davantage d'énergie que la même quantité de charbon ou de pétrole. C'est là la clé du « capitalisme vert » : nous remplaçons des ressources qui rejettent des millions de milliards de tonnes de gaz carbonique par d'autres qui ne brûlent pas – et ne génèrent donc pas le moindre gramme de CO₂.

Moins de pollution, mais beaucoup plus d'énergie dans le même temps. Ce n'est dès lors pas un hasard si l'un de ces éléments fut baptisé prométhium à sa découverte par le chimiste Charles Coryell dans les années 1940⁸ : c'est Grace Marie, son épouse, qui en souffla l'appellation à son mari, après s'être inspirée du mythe grec de Prométhée. Avec l'aide de la déesse Athéna, le Titan s'était en effet introduit secrètement dans le domaine des dieux, l'Olympe, pour en dérober le feu sacré... et l'offrir aux hommes.

Et ce nom en dit long sur le pouvoir prométhéen que l'homme a acquis en maîtrisant les métaux rares. Tels des démiurges, nous en avons multiplié les usages dans deux domaines qui sont des piliers essentiels de la transition énergétique : les technologies que nous avons baptisées « vertes » et le numérique. Car, nous explique-t-on aujourd'hui, c'est de la convergence des *green tech* et de l'informatique que va naître un monde meilleur. Les premières (éoliennes, panneaux solaires, véhicules électriques),

grâce aux métaux rares dont elles sont truffées, produisent une énergie décarbonée qui va transiter par des réseaux d'électricité dits « ultra-performants » qui permettent des économies d'énergie. Or ceux-ci sont pilotés par des technologies numériques, elles aussi farcies de tels métaux (consulter l'annexe 11 sur les principales utilisations industrielles des métaux rares).

L'Américain Jeremy Rifkin, grand théoricien de cette transition énergétique et de la troisième révolution industrielle qui l'accompagne, va même plus loin⁹. À le lire, le croisement des technologies vertes avec les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) permet déjà à chacun d'entre nous de produire et partager sa propre électricité « verte », abondante et bon marché. Autrement dit, les téléphones portables, iPad et ordinateurs que nous utilisons au quotidien sont devenus les acteurs indispensables d'un modèle économique plus respectueux de l'environnement. Les prophéties de M. Rifkin sont tellement enthousiasmantes qu'il chuchote aujourd'hui à l'oreille de nombreux chefs d'État et conseille la région Hauts-de-France pour l'agencement de nouveaux modèles énergétiques.¹⁰

De telles divinations épousent le sens de l'histoire : en dix ans, les énergies éoliennes ont été multipliées par sept, et le solaire photovoltaïque par quarante-quatre. Les énergies renouvelables représentent déjà 19 % de la consommation d'énergie finale dans le monde¹¹, et l'Europe prévoit pour elle-même de porter cette part à 27 % d'ici à 2030 ! Même les technologies qui ont recours aux moteurs thermiques dépendent de ces métaux, car ils permettent de concevoir des véhicules et des avions plus performants et plus légers, donc moins consommateurs de ressources fossiles.

Et voici que les armées accomplissent, elles aussi, leur transition énergétique. Ou, plutôt, une transition stratégique. Nous aurions tort de croire que les généraux se soucient franchement des émissions de carbone de leurs arsenaux. En revanche, avec des réserves d'or noir en déclin, les stratèges doivent anticiper la guerre sans pétrole. En 2010, un puissant *think tank* américain enjoignait déjà à la première armée du monde de faire en sorte de ne plus dépendre des énergies fossiles d'ici à 2040¹². Comment peut-on y parvenir ? En recourant notamment aux énergies renouvelables et en levant des légions de robots alimentés à l'électricité. Ces armes télécommandées, rechargeables grâce à des centrales à énergies renouvelables, concentreraient une puissance de destruction accrue et élimineraient le casse-tête que représente

l'acheminement du carburant jusqu'aux fronts¹³.

Par ailleurs, la guerre colonise déjà de nouveaux territoires, virtuels cette fois-ci : en ciblant les infrastructures numériques de l'ennemi et en altérant ses réseaux de télécommunication, les cyber-armées pourraient, à elles seules, remporter les conflits du futur¹⁴. À la suite des généraux, nous sommes donc engagés dans une transition vers un monde dématérialisé, puisque, en nous reposant sur le numérique, nous allons remplacer certaines ressources par... rien – de simples *clouds*, d'impalpables e-mails, du trafic Internet, plutôt que des embouteillages de véhicules. Cette digitalisation de l'économie serait la promesse d'une formidable diminution de l'empreinte physique de l'homme sur le vivant. Nous avons donc bien affaire à une révolution énergétique et numérique : ces deux familles de technologies marchent main dans la main et concourent à l'avènement d'un monde que l'on nous promet meilleur.

Les métaux rares modifient même la conduite des relations internationales. Grâce à eux, les diplomates effectuent une transition géopolitique. La part accrue des nouvelles énergies décarbonées, nous disent les géopoliticiens, va chambouler les rapports entre États producteurs et États consommateurs de ressources fossiles. Elle permettra aux États-Unis d'affecter à d'autres théâtres leurs armadas croisant aujourd'hui dans les détroits d'Ormuz et de Malacca, par lesquels transite une part considérable du pétrole mondial, et de réexaminer leur partenariat avec les pétromonarchies du Golfe. De plus, en rendant l'Union européenne moins dépendante des hydrocarbures russes, qataris et saoudiens, elle renforcera également la souveraineté énergétique de ses membres.

Pour toutes ces raisons, la transition énergétique se veut une transition optimiste. Sa mise en œuvre n'est pas une promenade de santé, le pétrole et le charbon n'ont pas dit leur dernier mot¹⁵, mais le monde qui s'éveille sous nos yeux nous donne du baume au cœur. La sobriété énergétique affaiblira nécessairement les tensions liées à l'appropriation des ressources fossiles, créera bien sûr des emplois verts dans les filières industrielles d'excellence et remettra les pays occidentaux en selle dans la rude bataille de la compétitivité¹⁶. Peu importe ce qu'en pense Donald Trump : cette transition est inéluctable, car elle est devenue une affaire de gros sous qui attire l'ensemble des acteurs de l'économie – y compris les groupes pétroliers.

Les prémices de la transition énergétique remontent aux années

1980, en Allemagne¹⁷. Mais c'est en 2015, à Paris, que 195 États ont approuvé en chœur l'accélération de cette formidable aventure. Objectif : contenir le réchauffement du climat en deçà de 2 degrés d'ici à la fin de ce siècle, grâce, notamment, au remplacement des énergies fossiles par leurs homologues vertes.

Les délégués étaient sur le point de signer l'accord de Paris lorsqu'un vieux sage à la barbe fournie et aux yeux d'un bleu évanescant, habillé tel un pèlerin descendant de sa montagne, a pénétré dans le vaste hall du Parc des expositions de Paris-Le Bourget. Un sourire énigmatique à la commissure des lèvres, il a traversé la foule des chefs d'État et, parvenu à la tribune, a pris la parole d'une voix grave et réfléchie : « Vos intentions sont charmantes, et le monde nouveau que vous êtes sur le point d'enfanter a de quoi tous nous réjouir. Mais vous ne soupçonnez pas les périls au-devant desquels votre audace vous projette ! »

Silence.

Le sage s'est ensuite tourné vers les délégations occidentales : « Cette transition va mettre à mal des pans entiers de vos économies, les plus stratégiques. Elle précipitera dans la détresse des hordes de licenciés qui, bientôt, provoqueront des troubles sociaux et réprouveront vos acquis démocratiques. Elle va même fragiliser votre souveraineté militaire. » S'adressant à l'ensemble de l'assistance, il a ajouté : « La transition énergétique et numérique dévastera l'environnement dans des proportions inégalées. En définitive, vos efforts et le tribut demandé à la Terre pour bâtir cette civilisation nouvelle sont si considérables qu'il n'est même pas certain que vous y parveniez. » Il a conclu par un message sibyllin : « Votre puissance vous a aveuglés à un tel point que vous ne savez plus l'humilité du marin à la vue de l'océan, ni celle de l'alpiniste au pied de la montagne. Or les éléments auront toujours le dernier mot ! »

Bien sûr, le vieux sage sort tout droit d'un conte. Il ne s'est jamais présenté à la tribune de la COP 21 et n'a pas davantage emprunté le RER B pour regagner son ermitage. Ce jour-là, en revanche, les 196¹⁸ délégations présentes au Bourget ont signé l'accord de Paris et se sont attelées au treizième travail d'Hercule... sans jamais se poser les questions cruciales : où et comment allons-nous nous procurer ces métaux rares sans lesquels ce traité est vain ? Y aura-t-il des vainqueurs et des vaincus sur le nouvel échiquier des métaux rares, comme il y en eut jadis avec le charbon et le pétrole ? À quel prix pour nos économies, les hommes et l'environ-

nement parviendrons-nous à en sécuriser l'approvisionnement ?¹⁹

Pendant six ans, nous avons mené l'enquête dans une douzaine de pays sur ces nouvelles matières rares qui bouleversent déjà le monde. Pour cela, il nous a fallu fréquenter les replis des mines de l'Asie tropicale, tendre l'oreille aux murmures des députés dans les couloirs du Palais-Bourbon, survoler les déserts de Californie en bimoteur, nous incliner devant la reine d'une tribu oubliée d'Afrique australe, nous rendre dans les « villages du cancer » de la Mongolie intérieure et dépoussiérer de vieux parchemins remisés dans de vénérables institutions londoniennes.

Sur quatre continents, des hommes et des femmes agissant dans le monde trouble, discret, des métaux rares nous ont révélé un tout autre récit, beaucoup plus sombre, de la transition énergétique et numérique. À les entendre, l'irruption de ces nouvelles matières dans le sillage des ressources fossiles n'a pas rendu à l'homme et à la planète les services que laissait augurer l'éclosion d'un monde supposément plus vert, plus fraternel, plus clairvoyant – loin de là.

La Grande-Bretagne a dominé le ^{xix}^e siècle grâce à son hégémonie sur la production mondiale de charbon ; une grande partie des événements du ^{xx}^e siècle peuvent se lire à travers le prisme de l'ascendant pris par les États-Unis et l'Arabie saoudite sur la production et la sécurisation des routes du pétrole ; au ^{xxi}^e siècle, un État est en train d'asseoir sa domination sur l'exportation et la consommation des métaux rares. Cet État, c'est la Chine.

Posons d'emblée ce premier constat, d'ordre économique et industriel : en nous engageant dans la transition énergétique, nous nous sommes tous jetés dans la gueule du dragon chinois. L'empire du Milieu détient en effet aujourd'hui le monopole d'une kyrielle de métaux rares indispensables aux énergies bas carbone et au numérique, ces deux piliers de la transition énergétique. Il est même devenu, dans des conditions rocambolesques que nous exposerons plus loin, le fournisseur unique du plus stratégique d'entre eux, un métal baptisé terres rares, sans substitut connu²⁰ et dont absolument personne ne peut se passer (consulter l'annexe 12 sur les principales utilisations industrielles des terres rares).

Ce faisant, l'Occident a remis le destin de ses technologies vertes et numériques – en un mot, de la crème de ses industries d'avenir – entre les mains d'une seule nation. En limitant l'exportation de ces ressources, l'empire du Milieu nourrit plutôt la crois-

sance de ses propres technologies et durcit l'affrontement avec le reste du monde. À la clé, de graves conséquences économiques et sociales à Paris, New York ou Tokyo.

Deuxième constat, d'ordre écologique : notre quête d'un modèle de croissance plus écologique a plutôt conduit à l'exploitation intensifiée de l'écorce terrestre pour en extraire le principe actif, à savoir les métaux rares, avec des impacts environnementaux encore plus importants que ceux générés par l'extraction pétrolière. Soutenir le changement de notre modèle énergétique exige déjà un doublement de la production de métaux rares tous les quinze ans environ, et nécessitera au cours des trente prochaines années d'extraire davantage de minerais que ce que l'humanité a prélevé depuis 70 000 ans. Or les pénuries qui se dessinent pourraient désillusionner Jeremy Rifkin, les industriels des *green tech* et le pape François – tout en donnant raison à notre ermite.

Troisième constat, d'ordre militaire et géopolitique : la pérennité des équipements les plus sophistiqués des armées occidentales (robots, cyberarmes, avions de combat tel le chasseur militaire américain vedette, le F-35) dépend également en partie du bon vouloir de la Chine. Ce qui, alors que l'entourage du président Trump a prédit « sans aucun doute » une guerre entre les États-Unis et la Chine en mer de Chine méridionale²¹, préoccupe jusqu'au sommet des agences de renseignement américaines.

D'ailleurs, cette nouvelle ruée accentue déjà les tensions pour l'appropriation des gisements les plus fertiles et porte les conflits territoriaux au cœur des sanctuaires que l'on pensait à l'abri de la convoitise. La soif de métaux rares est en effet stimulée par une population mondiale qui culminera à 8,5 milliards d'individus en 2030²², l'essor de nouveaux modes de consommation high-tech et une plus forte convergence économique entre pays occidentaux et pays émergents.

En voulant nous émanciper des énergies fossiles, en basculant d'un ordre ancien vers un monde nouveau, nous sombrons en réalité dans une nouvelle dépendance, plus forte encore. Robotique, intelligence artificielle, hôpital numérique, cybersécurité, biotechnologies médicales, objets connectés, nanoélectronique, voitures sans chauffeur... Tous les pans les plus stratégiques des économies du futur, toutes les technologies qui décupleront nos capacités de calcul et moderniseront notre façon de consommer de l'énergie, le moindre de nos gestes quotidien et même nos grands choix collectifs vont se révéler totalement tributaires des

métaux rares. Ces ressources vont devenir le socle élémentaire, tangible, palpable, du ^{xxi}^e siècle. Or, cette addiction esquisse déjà les contours d'un futur qu'aucun oracle n'avait prédit. Nous pensions nous affranchir des pénuries, des tensions et des crises créées par notre appétit de pétrole et de charbon ; nous sommes en train de leur substituer un monde nouveau de pénuries, de tensions et de crises inédites.

Du thé à l'or noir, de la muscade à la tulipe, du salpêtre au charbon, les matières premières ont toujours accompagné les grandes explorations, les empires et les guerres. Elles ont souvent contrarié le cours de l'histoire²³. Les métaux rares sont en train de changer le monde à leur tour. Non contents de polluer l'environnement, ils mettent les équilibres économiques et la sécurité de la planète en péril. Ils ont déjà conforté le nouveau magistère de la Chine sur le ^{xxi}^e siècle et accéléré l'affaiblissement de l'Occident initié au tournant du millénaire.

Pour autant, la guerre des métaux rares est loin d'être perdue. La Chine a fait des erreurs colossales ; l'Occident peut répliquer ; et des progrès techniques que nous ne soupçonnons pas encore transformeront à coup sûr notre façon de produire des richesses et de l'énergie.

En attendant, c'est une contre-histoire du monde qui vient que ce livre voudrait raconter – le récit clandestin d'une odyssée technologique qui a tant promis, et les coulisses d'une quête généreuse, ambitieuse, qui a jusqu'à maintenant charrié des périls aussi colossaux que ceux qu'elle s'était donné pour mission de résoudre.

1. L'expression vient de l'agriculteur, écrivain et penseur Pierre Rabhi. Celui-ci prône davantage de modération et de simplicité dans nos modes de consommation. Voir Pierre Rabhi, *Vers la sobriété heureuse*, Actes Sud, 2010.

2. Yuval Noah Harari, *Sapiens – Une brève histoire de l'humanité*, Albin Michel, 2015.

3. « COP 21 : Fabius présente un projet d'accord "juridiquement contraignant" », *Libération*, 12 décembre 2015.

4. Il s'agit de la 21^e Conférence des Parties de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.

5. Ainsi, une tonne de pétales de fleur d'oranger distillés ne produit qu'un seul kilo d'huile essentielle.

6. Il faut 500 kilos de feuilles de coca pour produire un kilo de cocaïne.

7. Un kilo de roche contient en moyenne 120 milligrammes de vanadium, 66,5 milligrammes de cérium, 19 milligrammes de gallium et 0,8 milligramme de lutécium.

8. Avec Jacob A. Marinsky et Lawrence E. Glendenin.

9. Jeremy Rifkin, *The Third Industrial Revolution : How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*, Palgrave Macmillan, 2011. En français : *La Troisième Révolution industrielle*, Les Liens qui Libèrent, 2012.

10. Depuis 2013, la région Nord-Pas-de-Calais (devenue aujourd'hui Hauts-de-France) s'offre les conseils de Jeremy Rifkin pour développer de nouveaux modèles de consommation d'énergie fondés sur le croisement des technologies vertes et digitales. Consulter le site rev3.fr.

11. Les énergies renouvelables englobent d'autres types d'énergie, tels l'hydraulique, les biocarburants et la biomasse. Voir le rapport « Renewables 2016 Global Status Report », Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2016.

12. Christine Parthemore et John Nagl, « Fueling the Future Force : Preparing the Department of Defense for a Post-Petroleum Era », Center for a New American Security, septembre 2010.

13. À la place, les armées s'appuieront sur de petites centrales d'énergies renouvelables, moins vulnérables aux bombardements ennemis. Voir Ugo Bardi, *Le Grand Pillage : comment nous épuisons les ressources de la planète*, Les Petits Matins, 2015.

14. Voir Hervé Juvin, *Le mur de l'Ouest n'est pas tombé*, Pierre-Guillaume de Roux, 2015.

15. « Trump a une vision rétrograde du monde et se fixe sur le siècle où le pétrole était roi », *Le Monde*, 28 janvier 2017.

16. L'économie des énergies renouvelables créera 24 millions d'emplois d'ici à 2030 dans les filières industrielles d'excellence à travers le monde, selon le rapport « Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2017 », International Renewable Energy Agency (IRENA), 2017.

17. Voir le « livre blanc » de Florentin Krause, Hartmut Bossel et Karl-Friedrich Müller-Reißmann, *Energie-Wende : Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran*, S. Fischer Verlag, 1980.

18. Les 196 délégations se composaient de 195 États et de l'Union européenne.

19. L'accord de Paris sur le changement climatique ne mentionne pas une seule fois les mots « métaux », « minerais » et « matières premières ».

20. La plupart des métaux rares ne sont pas substituables. Voir la communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions relative à la liste 2017 des matières premières critiques pour l'UE, 13 septembre 2017, p. 4 et suivantes. Consulter également les indices de substitution EI/SR dans la liste des matières premières critiques pour l'UE, à l'annexe 13 de cet ouvrage.

21. « Steve Bannon : “We’re going to war in the South China Sea... no doubt” », *The Guardian*, 1^{er} février 2017.

22. « World Population Prospects : The 2015 Revision », Department of Economic and Social Affairs Population Division, United Nations, New York, 2015.

23. Michèle Bilimoff, *Histoire des plantes qui ont changé le monde*, Albin Michel, 2011. Voir également Bill Laws, *50 plantes qui ont changé le cours de l'histoire*, Éditions Ouest-France, 2011.

La malédiction des métaux rares

« Pourquoi êtes-vous venu jusqu'ici ? Vous n'avez rien à faire là ! » Un homme, la quarantaine, a stoppé son Audi noire à notre niveau et nous dévisage d'un œil mauvais. Il est rejoint par l'un de ses acolytes. Puis par un motocycliste. « Vous devez partir, c'est dangereux ! On ne veut pas avoir de problèmes ! » Les trois hommes commencent à manifester une franche mauvaise humeur. La tension monte. « Dégagez ! » lance encore le conducteur du véhicule. Il a compris que nous cherchions à gagner du temps. Depuis le début de l'altercation, nous lançons des œillades répétées en direction d'un improbable chapiteau accroché à la colline.

« Il y a encore des gens qui s'activent ici, chuchote Wang Jing, un ancien mineur qui nous sert d'éclaireur. J'étais persuadé que ces carrières étaient fermées depuis longtemps ! » Le matériel et les tubes d'évacuation en parfait état que nous voyons un peu partout confirment nos doutes. À deux cents mètres de là s'élève le chapiteau, surplombant les bassins de décantation et des reliefs de roche éventrée. Ce campement abrite certainement des activités de raffinage de métaux rares. D'où les minerais sont-ils extraits ? « Des mines qui nous entourent, mais aussi des immenses carrières sauvages qui se prolongent sur le versant opposé de la butte », assure Wang Jing.

Deux jours plus tôt, en ce mois de juillet 2016, nous avons posé le pied sur le tarmac du petit aéroport de Ganzhou, une agglomération de la province chinoise du Jiangxi, à mille sept cents kilomètres au sud de Pékin. Nous avons ensuite roulé plein sud, des heures durant, pour gagner les mines. L'autoroute se fragmente alors en une chaussée vétuste bordée d'un dégradé de rizières. Encore quelques dizaines de kilomètres sur des lambeaux d'asphalte, à serpenter entre les pousse-pousse, les semi-remorques lestés de gravats et des femmes portant des *caomao* – les chapeaux pointus traditionnels. Sur les contreforts des montagnes de

Nan Kang dévalent des forêts de lotus et de palmiers. C'est un royaume organique généreux et somptueux qui oppresse de ses ramures jusqu'au bleu du ciel.

C'est surtout l'une des plus importantes zones d'extraction de métaux rares de la planète.

UNE DÉFINITION DES MÉTAUX RARES

En fait de matières premières, la nature peut se montrer tantôt étonnamment généreuse, tantôt très parcimonieuse. Aux côtés des essences populaires que sont le peuplier et le pin, il existe des arbres rares comme le bois de rose de Madagascar ou le bois d'ébène du Mozambique. Les tulipes peuvent bien envahir les champs de Hollande, d'autres fleurs, telle l'orchidée papillon des Pays-Bas, n'inondent guère les étals des bouquetiers. Beaucoup d'oiseaux pullulent ici-bas, comme le canard colvert, qui égaye les soirées des chasseurs d'Europe de l'Ouest. Mais il y en a de plus discrets, tels les cygnes chanteurs de Normandie.

De la même manière, les métaux abondants comme le fer, le cuivre, le zinc, l'aluminium ou le plomb coexistent avec une famille d'une trentaine de métaux rares¹. La Commission européenne nous en fournit une liste², et sa lecture nous laisse l'impression d'être franchement incultes : terres rares légères ou lourdes, germanium, tungstène, antimoine, niobium, béryllium, graphite, gallium, cobalt, vanadium, tantale...

Ces métaux sont unis par de nombreux points communs³.

- Il s'agit de métaux associés aux métaux abondants, mélangés à eux dans l'écorce terrestre, mais présents dans des proportions souvent infimes. Exemple : le sol recèle en moyenne 1 200 fois moins de néodyme et jusqu'à 2 650 fois moins de gallium que de fer.

- Forcément, les marchés s'en ressentent. Les métaux rares représentent de toutes petites productions annuelles, ignorées des grands médias : 130 000 tonnes de terres rares par an contre 2 milliards de tonnes de fer – soit quinze mille fois moins. *Idem* pour le gallium, dont on produit annuellement 600 tonnes, contre 15 millions de tonnes de cuivre – vingt-cinq mille fois moins (consulter la liste des métaux classés comme « critiques » par la Commission européenne, annexe 13).

- Dès lors, ces métaux rares sont chers : un kilo de gallium vaut environ 150 dollars, soit près de neuf mille fois plus que le fer, et le germanium coûte dix fois davantage que le gallium !

- Enfin, ces métaux possèdent des propriétés exceptionnelles dont raffolent les industriels des nouvelles technologies, en particulier celles dites « vertes », les *green tech*, qui œuvrent à limiter l'empreinte carbone de l'homme sur l'environnement.

LES MÉTAUX RARES, VECTEURS D'ÉNERGIES NOUVELLES

Depuis la nuit des temps, les sociétés humaines n'ont cessé de vouloir transformer les nombreuses sources d'énergie naturelles (éolien, thermique, solaire...) en énergie mécanique.

Ainsi, un moulin à vent est un outil au moyen duquel l'énergie éolienne actionne des ailes, un rouet, puis une meule mécanique qui écrasera olives ou grains. La machine à vapeur, quant à elle, est un moteur dans lequel l'énergie thermique véhiculée par la vapeur d'eau est transformée, grâce aux pistons, en énergie mécanique capable d'ébranler une locomotive. Dans un moteur à explosion, c'est encore une fois l'énergie thermique générée par la combustion de l'essence qui actionne des pistons – donc le véhicule. Au fond, cela fait des siècles que nous fabriquons des machines qui génèrent des mouvements⁴. Plus nous multiplions les possibilités de mouvements, plus nous pouvons nous déplacer et commercer rapidement, confier de nouvelles tâches à des engins et autres robots, générer des gains de productivité – et gagner beaucoup d'argent.

Pour assurer le fonctionnement optimal des machines, il faut les alimenter en énergie abondante et bon marché. C'est en relevant ce pari que nous pouvons satisfaire nos objectifs de croissance économique. Cela fait donc près de trois siècles que nous fabriquons sans arrêt de nouveaux moteurs dotés d'un rapport taille/puissance/prix toujours plus remarquable : plus ils sont compacts et économes en ressources, plus ils génèrent d'énergie mécanique.

Et c'est ici que les métaux rares entrent en scène. L'existence de ces éléments était connue des minéralogistes depuis le XVIII^e siècle, mais la plupart d'entre eux n'intéressaient personne, car on ne leur avait pas trouvé d'applications industrielles. Or, à partir des années 1970, les hommes se sont mis à exploiter les propriétés magnétiques exceptionnelles de certains de ces métaux⁵ et à les manipuler pour fabriquer des aimants ultra-puissants.

Lorsqu'une charge électrique rencontre le champ magnétique de deux aimants, cela génère une force qui les fait naturellement pi-

voter l'un par rapport à l'autre. En clair, ils génèrent des mouvements. Les plus petits font à peine la taille d'une tête d'épingle ; le plus gros électro-aimant jamais conçu mesure 4 mètres de haut, pèse 132 tonnes et se trouve au centre du Commissariat à l'énergie atomique de Saclay, dans l'Essonne⁶. Minuscules ou gigantesques, ces aimants sont désormais à une grande majorité de moteurs électriques ce qu'étaient jusqu'ici les pistons aux machines à vapeur et aux moteurs à essence. Ils ont permis de fabriquer des millions de milliards de grandes et petites motrices qui, au quotidien, répètent inlassablement certains mouvements à notre place – qu'il s'agisse de faire rouler une bicyclette à moteur, de propulser une foison de locomotives, de faire vibrer une brosse à dents électrique ou un téléphone mobile, d'actionner la vitre électrique de votre voiture ou de catapulter un ascenseur jusqu'au dernier étage d'un gratte-ciel.

Au fond, nos sociétés sont devenues, à leur insu, totalement magnétisées, et il n'est pas exagéré d'affirmer que le monde serait sacrament ralenti sans aimants contenant des métaux rares⁷. Songez-y la prochaine fois que vous jouerez avec les aimants colorés que vous collectionnez sur votre réfrigérateur !

UNE RÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE À L'ORIGINE D'UNE MUTATION ÉNERGÉTIQUE

Les moteurs électriques n'ont pas seulement rendu l'humanité infiniment plus prospère ; ils ont surtout fait de la transition énergétique une hypothèse plausible. Grâce à eux, nous nous sommes découverts capables de produire le maximum de mouvements et de richesses en nous passant totalement de charbon et de pétrole. Pas étonnant que les engins électriques soient programmés pour remplacer bientôt toutes les motrices conventionnelles. On les utilise d'ailleurs déjà pour propulser des navires, faire voler autour du monde l'avion solaire Solar Impulse, lancer des sondes spatiales et des satellites, et mettre en mouvement quantité de voitures qui bouleversent le marché de l'automobile⁸. Bien sûr, ces moteurs sont alimentés par des batteries électriques qui impulsent le courant nécessaire pour faire pivoter les aimants. Or les métaux rares permettent précisément de produire une électricité propre : ils font tourner les rotors de certaines éoliennes⁹ et transforment les rayons du soleil en courant par le biais des panneaux photovoltaïques. Parce qu'ils dépolluent la majeure partie du cycle de l'énergie, depuis sa fabrication jusqu'à sa consommation finale,

ils nous autorisent à rêver d'un monde sans centrales nucléaires, à charbon ou à pétrole.

Et ce n'est qu'un début¹⁰, puisque les métaux rares présentent également de nombreuses autres propriétés chimiques, catalytiques et optiques qui les rendent indispensables à une myriade de technologies vertes. Exposer ces caractéristiques dans le détail nécessiterait un ouvrage entier. Retenons que ces métaux permettent de piéger les gaz d'échappement des véhicules dans des pots catalytiques, d'embraser les lampes à basse consommation¹¹, de concevoir de nouveaux matériaux industriels plus légers et plus robustes, et d'améliorer par là même l'efficacité énergétique des véhicules et des avions. Il y a deux mille ans, les Hébreux ont pu traverser le désert du Sinaï grâce à la manne, une nourriture providentielle tombée du ciel ; aujourd'hui, une autre corne d'abondance – souterraine, celle-ci – nous est servie à la table du festin écologique. À chaque application verte son métal rare. Assurément, une bonne fée veille sur nous.

Le plus étonnant est que ces métaux se sont également révélés indispensables aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, puisque leurs propriétés semi-conductrices permettent de moduler les flux d'électricité transitant dans les appareils numériques. Or voici que les technologies vertes et les technologies digitales, autrefois assignées à des fonctions distinctes, sont en train de converger : des logiciels et des algorithmes toujours plus sophistiqués permettent d'ajuster les flux d'énergie transitant entre producteurs et consommateurs au sein de réseaux dits « intelligents ». C'est tout l'enjeu des compteurs Linky et Gazpar, dont de plus en plus de foyers sont équipés. Dans les villes intelligentes de demain, nous économiserons 65 % d'électricité en bardant les rues de capteurs qui adapteront l'éclairage à la fréquentation des trottoirs ; de même, les logiciels de prédiction météorologique amélioreront de 30 % les performances des panneaux photovoltaïques.

Ainsi, chacune des deux transitions a besoin de l'autre¹². Le numérique accompagne et décuple les effets des *green tech*. Cette convergence amorce une ère inédite d'abondance énergétique, stimule de nouvelles filières industrielles et a déjà créé dix millions d'emplois à travers le monde¹³. C'est ce qu'on appelle une aubaine, et nos dirigeants politiques l'ont bien compris : pour accélérer l'éclosion de ces nouveaux marchés, l'Europe enjoint dorénavant à ses États membres, d'ici à 2030, de réduire leurs émissions

de CO₂ de 40 % par rapport au niveau de 1990 et de porter à 27 % la part des énergies renouvelables dans leur consommation d'énergie. Pourquoi, d'ailleurs, s'arrêter en si bon chemin ? Selon l'association française négaWatt, il serait même possible de « couvrir la totalité des besoins énergétiques de la France par des sources renouvelables à l'horizon 2050¹⁴».

UNE ACCÉLÉRATION DE LA CONSOMMATION DES MÉTAUX RARES

Cette diversification des inventions techniques a entraîné la multiplication des types de métaux exploités. Alors que l'humanité n'en a consommé que sept entre l'Antiquité et la Renaissance¹⁵, elle s'est mise à en utiliser une dizaine au cours du xx^e siècle, une vingtaine dès les années 1970, et exploite dorénavant la quasi-totalité des 86 métaux du tableau périodique des éléments de Mendeleïev (annexe 1).

Surtout, leur consommation a littéralement explosé – et ce n'est qu'un début. D'un côté, la consommation des trois principales sources d'énergie utilisées dans le monde (charbon, pétrole, gaz) est amenée à se stabiliser ou à décroître – ou, au mieux, à enregistrer une hausse modérée¹⁶. De l'autre, les perspectives de croissance de la demande de métaux rares sont fabuleuses. Nous consommons d'ores et déjà plus de deux milliards de tonnes de métaux divers chaque année, soit plus de cinq cents tours Eiffel par jour¹⁷ (consulter le schéma synthétisant l'évolution de la production primaire mondiale des métaux, annexe 2). Or les études prédisent que, à l'horizon 2030, la demande de germanium va doubler, celle de dysprosium et de tantale quadrupler, et celle de palladium quintupler. Le marché du scandium pourrait être multiplié par neuf, et celui du cobalt par... vingt-quatre¹⁸. En clair, ça va être la ruée. Le capitalisme, dont la résilience repose désormais sur l'avènement des technologies vertes et numériques, va devenir de moins en moins inféodé aux carburants des deux précédentes révolutions industrielles, et de plus en plus aux métaux de la transition qui vient.

L'unité de la Commission européenne en charge des matières premières dresse une carte des zones de production des métaux rares dans le monde. On y apprend que l'Afrique du Sud est un important producteur de platine et de rhodium, la Russie de palladium, les États-Unis de béryllium, le Brésil de niobium, la Turquie de borate, le Rwanda de tantale, la République démocratique du

Congo (RDC) de cobalt... Toutefois, c'est des mines chinoises que proviennent la majorité de ces métaux. C'est le cas de l'antimoine, du germanium, de l'indium, du gallium, du spath fluor, du graphite, du tungstène, et surtout des rois des métaux verts, ceux qui, à cause de leurs stupéfiantes propriétés électromagnétiques, optiques, catalytiques et chimiques, surpassent tous les autres en performance et en renommée : les terres rares. Il s'agit d'une grande cousinade de 17 éléments affublés de noms aussi exotiques que scandium, yttrium, lanthane, cérium, praséodyme, néodyme, samarium, europium, gadolinium, terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutécium et prométhium (consulter la carte des principaux pays producteurs de minerais rares, annexe 3).

TERRES RARES, MARCHÉ NOIR ET CATASTROPHES ÉCOLOGIQUES

C'est justement des entrailles du Jiangxi, au cœur de la Chine tropicale, qu'on extrait la plus grande quantité de terres rares.

Wang Jin le sait mieux que quiconque. C'est dans le village de Xing Quang que nous avons rencontré ce jeune homme de vingt-quatre ans au visage juvénile et aux yeux rieurs sous sa tignasse. Il connaît parfaitement cet ourlet de montagne et n'a guère eu de mal à nous y guider. En effet, il a travaillé des années dans cette mine clandestine enveloppée dans un écrin d'eucalyptus. Il nous raconte comment il y a déchiqueté les reliefs de roche aux teintes rouges et broyé de prodigieux agrégats de gravats aux côtés de centaines d'autres gueules noires, hommes et femmes confondus.

Vingt-quatre heures par jour, sept jours par semaine, la montagne vivait au rythme de cette fourmilière humaine. Les mineurs, payés quelques centaines d'euros par mois, dormaient à même la terre lacérée par l'acharnement des pioches et des pelles mécaniques. À cette folle cadence, des centaines de milliers de tonnes de minerais ont été extorquées de ces monts. Mais, il y a deux ans, les autorités chinoises ont interdit ces activités sauvages. De lourdes amendes ont été infligées aux mineurs illégaux. Des stocks entiers de métaux promis aux marchés étrangers ont été saisis dans le port de Canton, à quelques centaines de kilomètres au sud, et des dizaines de trafiquants jetés en prison.

Qu'importe : quelques zélés se sont retranchés dans les plissements de terrain les plus impénétrables. Ils prospèrent en secret, grâce, dit-on, à la complaisance intéressée de la police locale. De la sorte, ils alimentent un colossal marché noir de minerais en

Chine, lesquels, une fois transformés, vont être exportés dans le monde entier.

Ce sont ces agissements que nous venons d'entrevoir. Les trois clandestins le savent. Le motocycliste nous menace à nouveau. Il vaut mieux nous éloigner du chapiteau. Nous ne verrons pas ce que nous étions venus chercher : les preuves de l'énorme pollution générée par l'exploitation des terres rares.

« Un poison, assure Wang Jing. Une fois les minerais purifiés, les produits chimiques étaient directement déversés dans les sols. » Les acides sulfuriques et chlorhydriques polluaient les cours d'eau alentour, au point que « plus aucune plante ne pouvait pousser, poursuit-il. Comme les montages de Yaxi sont éloignées des premières maisons, les riverains n'étaient pas impactés. Mais ailleurs, les habitations étaient beaucoup plus proches ».

Les quelque dix mille mines¹⁹ éparpillées à travers le territoire chinois ont largement contribué à ruiner l'environnement du pays. Car il n'y a pas que l'extraction du charbon qui génère de la pollution, comme les médias s'en font largement l'écho ; c'est également le cas de l'extraction des métaux rares. Au point que, dans l'empire du Milieu, on ne compte plus les cas de contamination. En 2006, une soixantaine d'entreprises de production d'indium, un métal rare qui entre dans la fabrication des panneaux solaires, déversaient des tonnes de produits chimiques dans le fleuve Xiang, dans la province méridionale du Hunan²⁰, compromettant l'approvisionnement en eau potable des populations riveraines. En 2011, des journalistes ont rapporté les dégâts causés aux écosystèmes du fleuve Ting, dans la province côtière du Fujian, par l'exploitation d'une mine riche en gallium, un métal prometteur pour la fabrication d'ampoules à basse consommation²¹. Et, à Ganzhou, où nous avons atterri, la presse locale a récemment indiqué que des montagnes de déchets toxiques empilés par une société de production de tungstène, un métal indispensable aux pales des éoliennes, avaient obstrué plusieurs effluents du fleuve Bleu.

S'exprimant sous le sceau de l'anonymat, une journaliste chinoise décrit les conditions de travail dignes d'un autre âge qui subsistent dans les mines de graphite – un métal utilisé pour la fabrication des voitures électriques – du Dongbei, dans l'extrême nord-est du pays. Dans les usines de transformation qui s'élèvent au milieu des monticules sombres extirpés de la croûte terrestre, « des hommes et des femmes, nez et bouche recouverts de simples masques, travaillent dans une atmosphère saturée de

particules noircies et d'émanations acides. C'est l'enfer ». À ce tableau s'ajoutent les puits infestés par les rejets toxiques des usines, les champs de maïs empoisonnés, les pluies acides... « Les autorités locales ont bien tenté de contrôler les délits environnementaux, poursuit la journaliste, mais la pression des industriels de l'automobile était trop forte. »

UN MONDE PLUS VERT TRIBUTAIRE DE MÉTAUX SALES

Affirmer que la production de métaux indispensables à un monde plus propre est un processus polluant relève, à première vue, du contresens. C'est compréhensible : la plupart des consommateurs ont oublié ce qu'ils avaient appris, adolescents, durant leurs cours de sciences naturelles et de physique-chimie. Une actualisation de nos connaissances s'impose.

Pour cela, nul besoin de retourner sur les bancs de l'école. Il suffit de se rendre dans la boulangerie la plus proche et d'acheter une boule de pain. Tout le monde connaît les ingrédients nécessaires à sa préparation : une bonne dose de farine, de l'eau, un peu de levure et une pincée de sel. C'est un peu pareil pour une roche de taille similaire que l'on extrait d'une mine : elle contient plusieurs minerais, tels des ingrédients « mélangés » les uns aux autres.

Filons la métaphore. La farine correspond à la roche, qui finira au rebut. L'eau nous intéresse davantage : elle pourrait – toutes proportions gardées – être l'équivalent du fer, un minerai présent en abondance dans la croûte terrestre. Puis vient la levure, présente en plus petites doses : elle est comparable au nickel, un « sous-métal » plus rare que le fer. Reste la pincée de sel : ce sont les métaux rares. Leur concentration dans la croûte terrestre est si faible, si imperceptible, que, sans exagérer, on peut dire que l'on en trouve dans le morceau de roche tout au plus l'équivalent de la pincée de sel saupoudrée dans la boule de pain.

Or, la roche étant composée de minerais qui se sont agrégés il y a des milliards d'années, les métaux rares s'y sont totalement incorporés, comme les grains de sel dans le tourteau lors de son pétrissage et de sa cuisson. Les extraire paraît une tâche complètement folle. Pourtant, des décennies de recherches ont permis de mettre au point des procédés chimiques grâce auxquels c'est désormais possible. C'est ce à quoi s'attellent les apprentis sorciers chinois au fin fond des mines de la province du Jiangxi et d'ailleurs : ils parviennent à extraire les métaux rares du reste de

la roche.

Cette opération, dite de « raffinage », est, comme on peut s'en douter, tout sauf raffinée. Elle nécessite de broyer la caillasse, puis d'employer une kyrielle de réactifs chimiques, tels que des acides sulfuriques et nitriques. « C'est un procédé long et très répétitif », explique un spécialiste français. Il faut des dizaines d'opérations pour obtenir un concentré de terres rares pures à près de 100 %.

Et ce n'est pas tout : la purification de chaque tonne de terres rares requiert l'utilisation d'au moins 200 mètres cubes d'une eau qui, au passage, va se charger d'acides et de métaux lourds²²... Transite-t-elle par des stations de raffinage avant d'être évacuée dans les fleuves, les sols, les nappes phréatiques ? Très rarement. Les Chinois auraient pu faire le pari de la propreté, mais ce n'est pas l'option qui a été privilégiée. D'un bout à l'autre de la chaîne de production de métaux rares, quasiment rien en Chine n'a été fait selon les standards écologiques et sanitaires les plus élémentaires. En même temps qu'ils devenaient omniprésents dans les technologies vertes et numériques les plus enthousiasmantes qui soient, les métaux rares ont ainsi imprégné de leurs scories hautement toxiques l'eau, la terre, l'atmosphère et jusqu'aux flammes des hauts-fourneaux – les quatre éléments nécessaires à la vie. Conséquence : cette industrie est devenue l'une des plus polluantes en Chine – et l'une des plus secrètes. Nous allons tout de même tenter d'y voir plus clair.

Nous voici à Hanjiang, à quelques dizaines de kilomètres des mines de terres rares que nous avons arpentées avec Wang Jin. Le hameau se situe aux abords d'une autre de ces mines. Mais 90 % de ses habitants ont fui ce fatras de pierres revêtues de tuiles sombres. Du fait des activités d'exploitation incontrôlées, les villageois expliquent en effet : « Plus rien de ce que nous plantions ne poussait. Nos rizières étaient devenues infertiles ! » Les derniers habitants qui se refusent à partir sont résignés. « Que pouvons-nous faire ?, demande un vieil homme assommé par l'air épais et gluant. Ce n'est même pas la peine de nous plaindre. » Est-ce que les autorités locales sont au courant de la pollution ? « Évidemment ! Même vous, sans qu'on vous le dise, vous l'aviez deviné tout seul, non ? »

DE COLOSSALES RÉPERCUSSIONS SANITAIRES

Et tout cela n'est rien comparé à ce qui nous attend deux mille ki-

lomètres plus au nord, dans la capitale de la région autonome de Mongolie-Intérieure, Baotou. C'est une agglomération bien connue de tous les chasseurs de métaux rares, pour une raison simple : elle représente la plus importante zone de production de terres rares de la planète, loin devant la province du Jiangxi. En ville et dans les campagnes environnantes, des essaims de semi-remorques lestés de gravats se succèdent le long des routes poussiéreuses. Les cent mille tonnes de terres rares extraites chaque année par le géant minier Baogang – 75 % de la production mondiale – contribuent à la prospérité de cet ensemble urbain, qui compte près de trois millions d'habitants.

Il faut bien le reconnaître, Baotou nous est plutôt agréable, avec sa foison de drapeaux chinois sur les toits des immeubles et ses nuées de vélos allant et venant entre la ville et les zones industrielles. Il y a aussi les flots tumultueux du fleuve Jaune, deuxième plus long fleuve de Chine, qui caressent les portes de la cité. Et puis ces centaines d'affiches à l'entrée des parcs, qui mettent en scène un couple uni autour d'un enfant, sur fond de campagne vierge, avec ce slogan : « Construisons une ville propre pour notre pays ». Une vraie vision de carte postale.

Impossible, en revanche, de nous approcher des mines de Baogang, situées à une centaine de kilomètres du centre-ville. Nous nous sommes déjà fait conduire au poste, la veille, par un duo de policiers zélés, et nous nous passerions volontiers d'une seconde garde à vue. Notre « fixe » (accompagnateur) chinois pense néanmoins que, en allant à une dizaine de kilomètres à l'ouest de la ville, nous pourrions lever un coin du voile sur les coulisses de l'industrie.

Une fois passés les faubourgs de Baotou, un sentier oublié, en contrebas d'une autoroute à quatre voies, nous conduit vers une digue en ciment hérissée de pylônes. Sur chacun d'eux, une caméra détecte les allées et venues des importuns. Nous voilà aux abords du Weikuang Dam, un gigantesque réservoir artificiel au creux duquel des dizaines de boyaux métalliques vomissent des torrents d'eau noirâtre en provenance des raffineries attenantes. Dix kilomètres carrés d'effluents toxiques dont le trop-plein déborde par intermittence dans le fleuve Jaune.

C'est ici que bat le cœur de la transition énergétique et numérique.

Sidérés, nous restons une bonne heure à observer ces immensités lunaires, ces paysages désagréés. Mais il vaut mieux déguer-

pir avant que la maréchaussée, alertée par les caméras, ne débarque. Nous reprenons la route.

Quelques minutes plus tard, nous voici sur l'autre rive du lac artificiel, à Dalahai. Dans ce village aux maisons de brique rouge, où les taux de thorium dans le sol seraient, en certains endroits, trente-six fois plus élevés qu'à Baotou, le millier d'habitants qui ne se sont pas résolus à partir respirent, boivent, mangent les rejets toxiques du réservoir. Li Xinxia, cinquante-quatre ans, est de ceux-là. Cette dame aux traits magnifiques et au regard évanescent sait que le sujet est sensible. Elle confie néanmoins : « Il y a eu beaucoup de malades. Des cancers, des accidents vasculaires, de l'hypertension... Cela a touché presque tout le monde. C'est très grave, ce qui se passe ici. Nous avons effectué des tests, et notre village a été surnommé "le village du cancer". Nous savons que nous respirons un air toxique et que nous n'en avons plus pour longtemps à vivre. »

Quelle échappatoire pour Li Xinxia et les siens ? Les autorités provinciales ont bien proposé aux villageois 60 000 yuans par mu de terre (8 000 euros pour 666 mètres carrés) pour qu'ils s'installent dans de grands ensembles immobiliers édifiés dans un village mitoyen. Mais cette somme – considérable dans une région rurale où le revenu annuel avoisine les 1 500 euros – ne satisfait pas les agriculteurs. Car le prix des appartements reste largement prohibitif pour qui ne peut plus vivre de la terre arable devenue infertile.

La communauté a payé un lourd tribut aux terres rares. Des hommes d'à peine trente ans voient leurs cheveux soudainement blanchir. Des enfants grandissent sans qu'aucune dent ne leur pousse. En 2010, les médias chinois rapportaient que soixante-six habitants de Dalahai avaient déjà succombé à un cancer. « Le peuple chinois a sacrifié son environnement pour nourrir la planète entière avec des terres rares, admet avec gravité Vivian Wu, une experte chinoise reconnue des métaux rares. Le prix à payer pour développer notre industrie s'est révélé bien trop élevé. »

Comment Pékin a-t-il pu enfanter un tel désastre ?

UNE SOIF DE RATRAPAGE, AU RISQUE DE L'ANARCHIE

Pour répondre à cette question, il faut remonter un peu dans le temps. Le XIX^e et le XX^e siècle ont été pour l'empire du Milieu une période de déchéance et d'humiliation. Quand l'empereur Qianlong, le « Louis XIV chinois », meurt en 1799, la Chine est la pre-

mière puissance mondiale. Les frontières de l'empire s'étendent jusqu'aux confins de la Mongolie, du Tibet et de la Birmanie. Sous l'effet d'un léger réchauffement climatique et de meilleures récoltes, la population croît fortement. Le système politique est stable, avec l'apogée de la dynastie Qing, et la production économique du pays représente un tiers du PIB mondial. L'empire du Milieu est à la mode jusqu'en Europe : Voltaire vante les mérites de l'autocratie mandchoue, on collectionne les chinoiseries, et les Anglais se découvrent une passion pour le thé.

Mais, bientôt, ce bel édifice s'effondre, et les désastres se succèdent : guerres de l'opium²³, traités inégaux, humiliation du traité de Versailles en 1919²⁴ (alors même que la Chine compte parmi les États vainqueurs de la Première Guerre mondiale), échecs du Guomindang²⁵, ravages du maoïsme. En 1976, quand meurt Mao Zedong, le poids de la Chine dans l'économie mondiale est dix fois moindre qu'à la fin du XVIII^e siècle. Le pays a connu plusieurs guerres civiles, et les Chinois qui n'ont pas été tués au cours de la sanglante Révolution culturelle²⁶ (responsable de plusieurs millions de morts) ont subi un effroyable lavage de cerveau. Cependant, le peuple chinois est résilient, et sa soif de regagner son prestige perdu est insatiable. Après tout, entre l'an 960 et aujourd'hui, la Chine n'a-t-elle pas été la première puissance mondiale pendant près de neuf siècles ? L'empire du Milieu doit réoccuper le rang qui fut le sien – quoi qu'il en coûte.

Obnubilée par l'idée d'effacer au plus vite la parenthèse des XIX^e et XX^e siècles, la Chine se lance dès lors dans une course effrénée, réalisant en trois décennies les progrès économiques que les Européens ont mis trois siècles à accomplir. Sous la houlette de Deng Xiaoping, le Parti communiste, à partir de 1976, ouvre le pays au capitalisme et à la mondialisation des échanges. Grâce à une politique économique mêlant dumping social et dumping environnemental afin de générer des avantages compétitifs par rapport aux pays occidentaux, il fait de la Chine l'usine du monde et le fournisseur officiel de l'Occident en produits de consommation à bas prix. Enfin et surtout, Pékin devient le principal producteur de tous les minerais dont la planète a besoin pour soutenir sa croissance économique. L'empire du Milieu est aujourd'hui le premier producteur de 28 ressources minérales indispensables à nos économies, avec souvent une part supérieure à 50 % de la production mondiale²⁷. Et il produit au moins 15 % de toutes les ressources minérales, sauf pour le platine et le nickel²⁸. (Consulter l'annexe 4

sur la part relative de la Chine dans la production minière et métallurgique mondiale en 2011).

Contrecoup logique de ce fulgurant succès : les conséquences écologiques de ces arbitrages économiques ont été largement ignorées. Les industriels ont pu polluer sans vergogne l'atmosphère des grandes agglomérations, contaminer les sols par des métaux lourds et déverser leurs déchets miniers dans la plupart des fleuves. Tous les dispositifs de croissance ont été conçus pour que règne la loi de la jungle. En clair, les Chinois ont fait n'importe quoi.

Et le coût environnemental est exorbitant, inhumain, insupportable²⁹. Devenue le premier émetteur de gaz à effet de serre (28 % des émissions de CO₂ dans le monde en 2015), la Chine multiplie aujourd'hui les données alarmantes. Ainsi, 10 % de ses terres arables sont contaminées par des métaux lourds et 80 % des eaux de ses puits souterrains sont impropres à la consommation. Par ailleurs, à peine 5 des 500 plus grandes villes du pays enregistrent une qualité de l'air conforme aux standards internationaux, portant à près de trois millions³⁰ par an le nombre de décès dus à la seule pollution atmosphérique. « Ce fut une erreur monumentale », reconnaît le célèbre activiste environnemental chinois Ma Jun, rencontré à Pékin.

LES MÉTAUX RARES, UN FLÉAU DEVENU MONDIAL

La pollution occasionnée par les métaux rares n'est pas circonscrite à la Chine. Elle concerne tous les pays producteurs, à l'image, par exemple, de la République démocratique du Congo, qui satisfait plus de la moitié des besoins de la planète en cobalt. L'extraction de cette ressource, indispensable à la fabrication de nombreux types de batteries lithium-ion utilisées dans les véhicules électriques, s'opère dans des conditions moyenâgeuses. Cent mille mineurs équipés de pelles et de pioches transpercent la terre toute l'année pour se procurer le minerai, particulièrement dans la région méridionale de Lualaba. Compte tenu de l'incapacité de l'État à réguler les activités minières, les cas de pollution des fleuves alentour et de détraquement des écosystèmes sont légion. Selon des études réalisées par des médecins congolais, les concentrations de cobalt dans les urines de populations riveraines des mines de la ville de Lubumbashi, dans la province du Katanga, seraient jusqu'à 43 fois supérieures à un échantillon témoin³¹.

Idem au Kazakhstan, pays d'Asie centrale qui produit 14 % de la consommation mondiale de chrome³² – un minerai prisé des industriels de l'aéronautique, puisqu'il permet d'usiner des superalliages, et donc d'améliorer la performance énergétique des avions. Or des chercheurs de l'Université d'État du Sud du Kazakhstan ont révélé en 2015 que son extraction était notamment responsable de la très forte pollution du plus long fleuve d'Asie centrale, le Syr-Daria. Ces travaux soulignaient que l'eau était devenue tout bonnement impropre à la consommation pour les centaines de milliers de riverains, et déconseillaient même son usage pour l'irrigation des cultures³³.

Des problèmes similaires se posent d'ores et déjà en Amérique latine, en particulier du fait de l'extraction du lithium, un métal blanc gisant dans les sous-sols des déserts de sel boliviens, chiliens et argentins. Le lithium n'est pas considéré comme rare, mais sa production mondiale, dopée par la forte croissance du marché des voitures électriques, va exploser dans les prochaines années. Et l'Argentine se voit bien devenir le géant de ce métal. Le pays pourrait, d'ici à 2025, produire 165 000 tonnes de lithium par an, soit 45 % de la demande mondiale – à condition de parvenir à attirer les investisseurs étrangers.

En mai 2017, tout ce que l'Amérique latine compte de compagnies d'exploration, d'entreprises minières et de groupes de raffinage de métaux rares a convergé vers Buenos Aires, sur les rives du Rio Plata, pour participer à la grande foire minière, Arminera. Au milieu des tractopelles, bennes, tours d'éclairage et autres matériels de traitement des eaux usées exposés sur les stands, le ministre argentin des Mines, Daniel Meilán, a vanté « les dizaines de missions d'exploration de gisements de lithium actuellement engagées » dans le pays, promettant l'avènement d'un secteur minier responsable et respectueux des standards écologiques internationaux. Sous les applaudissements et avant de déboucher le champagne, tous les acteurs miniers argentins ont ensuite été invités à signer une charte éthique.

Pendant ce temps, une trentaine de militants de Greenpeace bloquaient l'entrée du salon, brandissant des banderoles qui dénonçaient les mensonges de l'industrie minière. « Tous ces discours n'étaient qu'une pure opération de *greenwashing*, explique Gonzalo Strano, membre de l'ONG. Selon nous, la mine durable n'existe pas. Non seulement son objet est par essence de vider le sol, mais en plus le recours à des produits chimiques et l'utilisation de

grandes quantités d'eau posent problème. »

En Amérique latine, le secteur minier jouit d'une réputation sulfureuse. Du Mexique au Chili, de la Colombie au Pérou, l'opposition des communautés locales a gagné du terrain ces dernières années. La mine d'or et d'argent de Pascua-Lama, opérée par le groupe minier canadien Barrick Gold au nord de Santiago du Chili, est emblématique de cette profonde méfiance. L'extraction des minerais implique de faire disparaître le glacier qui recouvre le trésor – une perspective qui a suscité une levée de boucliers au sein des populations riveraines, contraignant Barrick Gold à suspendre ses activités en 2013³⁴.

L'or et l'argent ne sont pas des métaux rares, mais l'exemple de Pascua-Lama inspire l'ensemble du secteur minier latino-américain. Dès lors, l'extraction du lithium à grande échelle fédère à son tour les mouvements écologistes. Comme toute activité minière, elle nécessite en effet des quantités d'eau colossales, raréfiant les ressources disponibles pour les communautés locales, alors que les salars sont déjà soumis à un stress hydrique important. Les populations riveraines du salar del Hombre Muerto, en Argentine, accusent déjà l'exploitation du lithium d'avoir pollué des cours d'eau alentour³⁵.

Extraire des minerais du sol est une activité intrinsèquement sale, et elle a jusqu'ici été conduite d'une façon si peu responsable et éthique dans les États miniers les plus dynamiques que le dessein vertueux de la transition énergétique et numérique s'en trouve nécessairement remis en cause. Selon un récent rapport du Blacksmith Institute³⁶, l'industrie minière est la deuxième industrie la plus polluante au monde³⁷. Elle a gagné une place depuis un précédent classement de 2013, cependant que l'industrie pétrochimique, dont tout le monde essaie de se débarrasser, ne figure même pas dans le *top ten*. Compte tenu du rôle prépondérant que joue la Chine dans les approvisionnements mondiaux en métaux rares, il est impossible d'évaluer correctement les progrès réalisés dans la lutte contre le réchauffement climatique sans prendre en compte plus particulièrement les performances écologiques de Pékin. Or celles-ci sont désastreuses.

Ce panorama des impacts environnementaux de l'extraction des métaux rares nous astreint, d'un coup, à poser un regard beaucoup plus sceptique sur le processus de fabrication des technologies vertes. Avant même leur mise en service, un panneau solaire,

une éolienne, une voiture électrique ou une lampe à basse consommation portent le péché originel de leur déplorable bilan énergétique et environnemental. C'est bien le coût écologique de l'ensemble du cycle de vie des *green tech* qu'il nous faut mesurer – un coût qui a été précisément calculé.

1. Par exemple, le gallium est un sous-produit de l'aluminium. Le sélénium et le tellure sont associés au cuivre. L'indium et le germanium sont des sous-produits du zinc. Pour aller plus loin, voir Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société*, EDP Sciences, 2010, p. 33.

2. Cette liste englobe 27 matières premières : antimoine, baryte, béryllium, bismuth, borate, cobalt, charbon à coke, spath fluor, gallium, germanium, hafnium, hélium, indium, magnésium, graphite naturel, caoutchouc naturel, niobium, phosphate naturel, phosphore, scandium, silicium métal, tantale, tungstène, vanadium, platinoïdes, terres rares lourdes et légères. Voir la liste des métaux classés comme « critiques » par la Commission européenne, annexe 13.

3. Voir les critères énoncés dans le rapport n° 782 « Les enjeux des métaux stratégiques : le cas des terres rares », par les députés MM. Claude Birraux et Christian Kert, au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), déposé le 23 août 2011.

4. Yuval Noah Harari, *Sapiens – Une brève histoire de l'humanité*, op. cit.

5. Parmi eux, citons le praséodyme et le néodyme.

6. « Un aimant géant pour lire dans notre cerveau », *Le Monde*, 17 juin 2017.

7. Ces aimants ultra-puissants sont en particulier produits avec des terres rares appelées néodyme et samarium, alliées à d'autres métaux tels que le fer, le bore et le cobalt. Les aimants contiennent généralement 30 % de néodyme et 35 % de samarium. Recourant à un abus de langage, la communauté scientifique les appelle plus communément « aimants de terres rares ».

8. Les véhicules des constructeurs Toyota, Nissan, Mitsubishi, General Motors, PSA ou encore BMW contiennent des aimants de métaux rares. Mais d'autres en sont délestés, tels que la voiture Zoé de la marque Renault (moteur synchrone à rotor bobiné) et les véhicules du constructeur américain Tesla (rotor à cage d'écureuil). Il faut néanmoins noter que ces moteurs sont plus gros et plus lourds que les moteurs avec aimants de terres rares. Entretien avec Philippe Degobert, maître de conférences en génie électrique à l'École nationale supérieure d'arts et métiers, directeur du master Mobilités et véhicules électriques, 2017.

9. En 2016, sur les 10 plus puissantes turbines éoliennes, 7 utilisaient des aimants de métaux rares (modèle V164 du fabricant Vestas, AD-180 et ADS-135 d'Adwen, SWT 8.0 de Siemens, Haliade 6 MW de General Electric, SCD 6.0 de Ming Yang et enfin le modèle Dong Fang/Hyundai 5.5 MW). Le groupe allemand de fabrication d'éoliennes Enercon a choisi l'excitation indépendante du générateur annulaire, car il revendique qu'il est possible de renoncer à l'usage d'aimants permanents. Les champs magnétiques nécessaires à la production de courant sont engendrés par voie électrique. Entretien avec Philippe Degobert, maître de conférences en génie électrique à l'École nationale supérieure d'arts et métiers, directeur du master Mobilités et véhicules électriques, 2017. Pour plus d'informations, voir l'« Analyse du marché, des emplois et du futur de l'éolien en France », Observatoire de l'éolien 2017, septembre 2017.

10. Selon John Ormerod, spécialiste des aimants et fondateur de l'entreprise de conseil JOC LLC, « la majorité des moteurs électriques en fonctionnement aujourd'hui dans le monde sont des machines à induction, et n'utilisent dès lors pas d'aimants de métaux rares. Ces moteurs, utilisés en particulier dans les appareils de chauffage, de ventilation et de climatisation, sont bon marché mais peu performants. En revanche, l'in-

dustrialisation de moteurs performants nécessite le recours à des aimants de métaux rares : c'est le cas des motrices utilisées par les véhicules électriques et certaines éoliennes. La hausse de la demande de voitures électriques conduira, à l'avenir, à une hausse de la présence des aimants de métaux rares dans les moteurs ». Entretien avec John Ormerod, JOC LLC, 2017.

11. Les lampes à diode électroluminescente ou lampes à LED (Light-Emitting Diode).

12. Voir le rapport « Pour une convergence des transitions écologique et numérique. Appel à engagement », Conseil national du numérique, novembre 2015.

13. « Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2017 », International Renewable Energy Agency (IRENA).

14. « Scénario négaWatt 2017-2050 : les 12 points clés », négaWatt, 2017.

15. L'or, le cuivre, le plomb, l'argent, l'étain, le mercure et le fer.

16. La demande de pétrole progressera à un rythme très lent jusqu'en 2035 ; celle de gaz devrait croître d'environ 2,4 % par an, tandis que celle de charbon risque même de décroître. Voir « L'énergie dans le monde en 2035 : à quoi faut-il s'attendre ? », *Connaissance des Énergies*, 25 février 2015.

17. « Quand le monde manquera de métaux », *Basta Mag*, 26 septembre 2012.

18. Voir Frank Marscheider-Weidemann, Sabine Langkau, Torsten Hummen, Lorenz Erdmann, Luis Tercero Espinoza, « Raw Materials for Emerging Technologies 2016 », German Mineral Resources Agency (DERA) at the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), mars 2016.

19. Ce chiffre, très approximatif, constitue une estimation haute.

20. « Environmental disaster strains China's social fabric », *The Financial Times*, 26 avril 2006.

21. « Toxic mine spill was only latest in long history of Chinese pollution », *The Guardian*, 14 avril 2011.

22. « Dwindling Supplies of Rare Earth Metals Hinder China's Shift from Coal », *TrendinTech*, 7 septembre 2016.

23. La première guerre de l'opium opposa la Chine au Royaume-Uni de 1839 à 1842. Menée par la France, le Royaume-Uni, la Russie et les États-Unis, la seconde dura de 1856 à 1860.

24. Les concessions allemandes du Shandong, une province du nord de la Chine, furent livrées au Japon.

25. Fondé par Sun Yat-sen, le Guomindang est renversé par le régime communiste en 1949.

26. Voir Philippe Chalmin (dir.), *Des ressources et des hommes*, Nouvelles Éditions François Bourin, 2016.

27. Voir l'intervention de Patrice Christmann, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), dans le compte rendu de l'audition publique du 6 juillet 2015 sur la mise en place d'une politique des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST).

28. Entretien avec Thomas Kruemmer, directeur général du groupe Kloeckner Metals, 2016.

29. Entretien avec le consultant Bruno Gensburger, cabinet de conseil Mutandis, 2016.

30. « En Chine, trois millions de décès prématurés par an à cause de la pollution », *Les Échos*, 15 mars 2017.

31. « The Cobalt Pipeline : Tracing the path from deadly hand-dug mines in Congo to consumers' phones and laptops », *The Washington Post*, 30 septembre 2016.

32. Voir « Le chrome (Cr) – éléments de criticité », BRGM, juillet 2017. En 2017, le chrome n'est plus considéré comme un métal rare par la Commission européenne.

33. « Kazakh ecologists : Syr Darya waters poisonous », Ferghana News Agency, 9 avril 2015.

34. « Chile's Supreme Court casts shadow over Barrick's plans to restart Pascua-Lama », *Mining.com*, 15 mars 2017.

35. « Lithium : nécessité et urgence d'introduire de nouveaux processus de collecte et de recyclage », Les Amis de la Terre, février 2013.

36. « The World's Worst Pollution Problems 2016 : The Toxics Beneath Our Feet »,

Green Cross Switzerland and Pure Earth, 2016.

37. Derrière le recyclage des batteries au plomb et devant les teintureries, les décharges industrielles ou les tanneries.

La part d'ombre des technologies vertes et numériques

Les technologies que nous nous plaisons à qualifier de « vertes » ne le sont peut-être pas tant que cela. Leur impact écologique serait même considérable. Et c'est à Toronto, où nous nous rendons au printemps 2016, que nous allons nous en rendre compte.

Au cœur du Financial District, tout ce que le monde minier nord-américain compte de compagnies d'exploration, d'experts, d'autorités publiques, de capital-risqueurs, de sociétés de conseil et d'universitaires s'est rassemblé dans l'atmosphère ouatée d'un grand hôtel à l'occasion d'une conférence consacrée à la ruée vers les métaux rares¹. On y parle investissements, trésorerie, marge brute, levées de fonds, structures de coûts, capitalisation boursière, production moyenne annuelle... Les perspectives de croissance des technologies vertes sont mirobolantes. À l'horizon 2040, prophétise l'Agence internationale de l'énergie (IEA), la part des énergies renouvelables dans la production mondiale d'électricité sera portée à 33 %, contre 21 % en 2012².

Mais, au milieu de ce grand théâtre de la mine, majoritairement masculin et bien mis, se trouvent deux personnages qui empêchent tout ce petit monde de creuser en rond.

LES GREEN TECH : UN BILAN ÉCOLOGIQUE ACCABLANTE

Le premier est le Canadien Bernard Tourillon. Il dirige Uragold, une entreprise qui produit les matériaux nécessaires à l'industrie solaire. Et il a minutieusement calculé l'impact écologique des panneaux photovoltaïques. La seule production d'un panneau solaire, compte tenu en particulier du silicium qu'il contient, génère, avance-t-il, plus de 70 kilos de CO₂. Or, avec un nombre de panneaux photovoltaïques qui va augmenter de 23 % par an dans les années à venir, cela signifie que les installations solaires produi-

ront chaque année dix gigawatts d'électricité supplémentaires. Cela représente 2,7 milliards de tonnes de carbone rejetées dans l'atmosphère, soit l'équivalent de la pollution générée pendant un an par l'activité de près de 600 000 automobiles³.

Ces impacts s'alourdissent encore lorsqu'on se penche sur les panneaux qui fonctionnent à l'énergie solaire thermique⁴ : certaines de ces technologies consomment jusqu'à 3 500 litres d'eau par mégawattheure. C'est 50 % de plus que l'eau dont a besoin une centrale à charbon⁵. Et c'est d'autant plus problématique que les fermes solaires sont le plus souvent situées dans des zones arides, où les ressources en eau, précisément, sont rares.

Le second trouble-fête est John Petersen, un avocat texan qui a longtemps travaillé dans le secteur des batteries électriques. Après avoir retourné les chiffres dans tous les sens, consulté de nombreuses études universitaires et conduit ses propres recherches, il est parvenu à une conclusion singulière. Remontons à 2012 : des chercheurs de l'université de Californie à Los Angeles (UCLA)⁶ entreprennent de comparer l'impact carbone d'une voiture classique roulant au pétrole et celui d'un véhicule électrique. Première découverte : la fabrication d'une voiture électrique, censée consommer moins d'énergie, requiert beaucoup plus d'énergie que l'usinage d'une voiture classique. Cela s'explique notamment par leur batterie, généralement une batterie lithium-ion, qui est lourde, très lourde... Songez que celle utilisée pour un véhicule électrique modèle S de la célèbre marque américaine Tesla pèse, à elle seule, 25 % du poids total de la voiture : 544 kilos – la moitié du poids d'une Renault Clio⁷ (consulter l'aperçu des métaux rares contenus dans une voiture électrique, annexe 5).

Or les batteries lithium-ion sont composées à 80 % de nickel, à 15 % de cobalt, à 5 % d'aluminium, mais aussi de lithium, de cuivre, de manganèse, d'acier ou encore de graphite⁸. Nous savons déjà dans quelles conditions ces minerais sont extraits en Chine, au Kazakhstan et en RDC, à quoi il faut ajouter leur raffinage et toute la logistique nécessaire à leur transport et à leur assemblage. Conclusion des chercheurs de l'UCLA : la seule industrialisation d'une voiture électrique consomme trois à quatre fois plus d'énergie que celle d'un véhicule conventionnel.

Au niveau du cycle de vie complet, en revanche, les avantages d'un véhicule électrique sont réels. Puisqu'il ne nécessite pas de pétrole, les rejets de carbone dans l'atmosphère sont bien moindres : 32 tonnes de carbone depuis l'usine jusqu'à la dé-

charge, contre près du double pour une voiture conventionnelle. Attention, cependant : l'étude universitaire portait sur la batterie électrique d'un véhicule de taille moyenne doté d'une autonomie de 120 kilomètres. Or le marché des véhicules électriques progresse à un rythme tel qu'aujourd'hui aucune voiture commercialisée n'a une autonomie inférieure à 300 kilomètres. Une batterie suffisamment puissante pour faire rouler une voiture durant 300 kilomètres correspond dès lors, selon John Petersen, à un doublement des émissions de carbone générées au cours de la phase d'usinage du véhicule. Et, dans le cas d'une batterie affichant une autonomie de 500 kilomètres, il faudrait même les tripler !

Résultat : une voiture électrique générerait, durant l'ensemble de son cycle de vie, trois quarts des émissions carbone d'une voiture carburant au pétrole. Et plus les capacités des voitures électriques vont augmenter, plus l'énergie nécessaire à leur fabrication et les gaz à effet de serre générés lors du processus vont croître. Or le groupe Tesla vient d'annoncer que ses modèles S seraient dorénavant dotés de batteries dépassant 600 kilomètres d'autonomie⁹. Et Elon Musk, son patron, promet pour bientôt des batteries dotées d'une autonomie de 800 kilomètres¹⁰.

Conclusion de John Petersen : « Les véhicules électriques peuvent être techniquement possibles, mais leur production ne sera jamais soutenable d'un point de vue environnemental¹¹. » De nombreuses études qui se sont attelées au même exercice aboutissent d'ailleurs à des conclusions assez proches : ainsi un rapport de l'ADEME publié en 2016 conclut-il que « sur l'ensemble de son cycle de vie, la consommation énergétique d'un VE [véhicule électrique] est globalement proche de celle d'un véhicule diesel »¹². Il pourrait même émettre davantage de CO₂ si l'électricité qu'il consomme provient majoritairement de centrales à charbon, tel que cela est le cas dans des États comme la Chine, l'Australie, l'Inde, Taïwan ou encore l'Afrique du Sud. Enfin, de multiples questions restent en suspens : le remplacement de la batterie du véhicule, qui souvent s'use vite, a-t-il été pris en compte ? Connaît-on précisément les coûts écologiques de toute l'électronique et autres objets connectés dont ces véhicules sont truffés ? Et que dire de l'impact environnemental du recyclage futur de ces voitures, encore neuves pour la plupart ? Quelle énergie, enfin, faudra-t-il consommer pour construire les réseaux et centrales électriques nécessaires à ces nouveaux besoins ?¹³ En définitive, comme l'admet un expert américain des métaux rares interrogé à

Toronto, « il n'est dans l'intérêt d'aucun professionnel des énergies vertes de communiquer là-dessus... Tout le monde veut croire que nous améliorons les choses, pas que nous régressons, n'est-ce pas ? ».

LA MATÉRIALITÉ DE L'INVISIBLE

Ce n'est pas tout : nous savons que les technologies vertes convergent progressivement avec les technologies numériques, lesquelles, nous promettent leurs hérauts, vont en décupler les effets. Dès lors, osons cette question parfaitement scandaleuse : ces dernières ne vont-elles pas plutôt aggraver la pollution générée par les *green tech* ? Tel n'est pas le discours des prophètes de la transition énergétique, bien au contraire. Le numérique, nous assurent-ils, va nous permettre d'accéder à rien de moins que la sobriété énergétique. C'est la rhétorique dominante – qu'il nous faut détricoter minutieusement.

- Tout d'abord, le numérique permet de concevoir des réseaux électriques « intelligents » qui sont censés optimiser notre consommation d'électricité. Entre les panneaux solaires qui génèrent de l'énergie propre et les voitures « zéro émission » qui la consomment sans polluer, il faut en effet un réseau pour acheminer l'énergie. Jusqu'alors, l'électricité produite par les centrales à charbon, à pétrole et les installations nucléaires affluait en continu dans le réseau : nous connaissions précisément la quantité d'énergie qui allait transiter à quelle heure et en quel point précis du réseau, puisque c'était nous qui décidions de l'activité de nos centrales. Rien de tel avec l'actuelle transition énergétique, qui se fonde sur des sources d'énergie dites « intermittentes ». En effet, personne n'a encore trouvé le moyen de commander le soleil et le vent... L'électricité produite par les panneaux solaires et les éoliennes irrigue le réseau électrique de manière saccadée. Toute la tâche des gestionnaires de réseaux consiste donc à acheminer la quantité exacte d'électricité au bon endroit au bon moment. Pas assez d'électricité, et c'est la panne. Trop d'électricité, et le surplus est gaspillé. Les énergéticiens s'emballent donc pour une nouvelle génération de réseaux électriques qui optimisent ce savant dosage en adaptant en permanence la fourniture d'électricité aux besoins réels – et donc limitent les gaspillages – grâce à des algorithmes de plus en plus élaborés.

- Ensuite, le numérique est supposé atténuer l'impact carbone des activités humaines. Il faut lire les thèses optimistes et revigo-

rantes essaimées par les papes des nouvelles technologies, tel Jeremy Rifkin. Ce penseur américain s'est fait connaître dans le monde entier en 2011 en popularisant le concept de « troisième révolution industrielle¹⁴ ». Il postule justement que le croisement des technologies numériques et des énergies vertes permettra à tout un chacun de produire soi-même de l'électricité propre, bon marché et en abondance. Quelques années plus tard, le technoprophète récidivait avec une idée formidable, celle de « nouvelle société du coût marginal zéro¹⁵ » : les technologies de l'Internet, en créant une nouvelle génération de « communaux collaboratifs » s'échangeant tout via le réseau Internet, vont nous faire basculer de l'âge de la propriété à celui de l'accès. Nous n'aurons plus besoin de posséder quoi que ce soit, puisqu'il nous sera loisible, en surfant sur le Web, de partager n'importe quel produit moyennant finances. Nous vivons déjà cette révolution culturelle au niveau du transport en voiture (Blablacar, Drivy, Autolib...), avec des effets qui pourraient fortement impacter l'industrie automobile. Ainsi, selon M. Rifkin, 80 % des utilisateurs de sites d'autopartage auraient déjà vendu leur véhicule. Imaginez la chute vertigineuse du nombre de voitures dans ce nouvel âge de l'accès – et les économies de matières premières et d'émissions carbone qui iront avec ¹⁶ !

- En 2013, Eric Schmidt, alors président du conseil d'administration de Google, et Jared Cohen, ancien conseiller d'Hillary Clinton au département d'État et père autoproclamé de la « diplomatie numérique », ont poussé la logique un cran plus loin en publiant *The New Digital Age*¹⁷. Ce best-seller mondial a contribué à nous ouvrir les yeux sur le rôle croissant de la sphère virtuelle. Par la grâce de l'Internet, annoncent les deux gourous, « l'immense majorité d'entre nous sera amenée à vivre, à travailler et à être gouvernée dans deux mondes à la fois » : le monde physique et le monde virtuel. À l'avenir, un nombre croissant de cyber-États mèneront toujours plus de cyber-guerres contre des réseaux criminels virtuels perpétrant des attaques informatiques toujours plus puissantes¹⁸. Cet oracle porte une formidable utopie : celle selon laquelle nous allons nous affranchir de la matière. D'ailleurs, la dématérialisation est déjà synonyme de télétravail, de commerce électronique, de téléprocédures, de stockage numérique des données... En limitant le transport physique des informations, en migrant du papier à l'analogique, nous sommes dorénavant en mesure d'abjurer notre civilisation consommatrice de ressources et,

par exemple, de freiner la déforestation de l'Amazonie et du bassin du Congo¹⁹ – bref, de pénétrer de plain-pied dans un nouvel âge empreint de sobriété et de sagesse.

Or le digital nécessite l'exploitation de quantités considérables de métaux : chaque année, l'industrie de l'électronique consomme 320 tonnes d'or et 7 500 tonnes d'argent, accapare 22 % de la consommation mondiale de mercure (soit 514 tonnes) et jusqu'à 2,5 % de la consommation de plomb. La fabrication des seuls ordinateurs et téléphones portables engloutit 19 % de la production globale de métaux rares tels que le palladium et 23 % du cobalt. Sans compter la quarantaine d'autres métaux en moyenne contenus dans les téléphones mobiles (consulter l'annexe 6 sur la composition en métaux rares d'un iPhone). Et encore, « le produit dont dispose le consommateur ne représente que 2 % de la masse totale des déchets générés tout au long du cycle de vie », expliquent les auteurs d'un ouvrage consacré à la face cachée du numérique²⁰. Un exemple suffit : « La seule fabrication d'une puce de deux grammes implique le rejet de deux kilogrammes de matériaux environ », soit un ratio de 1 à 1 000 entre la matière produite et les rejets générés²¹.

Et l'on ne parle ici que de la production des outils digitaux... En effet, le fonctionnement des réseaux électriques va logiquement générer une activité numérique additionnelle – donc une pollution supplémentaire, dont les effets commencent à être connus. Un documentaire consacré aux impacts environnementaux d'Internet retrace ainsi le parcours d'un banal e-mail : parti de l'ordinateur, il parvient à la box, descend de l'immeuble, rejoint un centre de raccordement, transite d'un câble individuel vers des échangeurs nationaux et internationaux, puis passe par l'hébergeur de la messagerie (généralement basé aux États-Unis). Dans les centres de stockage de données de Google, Microsoft ou Facebook, le courriel est traité, stocké, puis envoyé en direction de son destinataire. Résultat : il a parcouru environ 15 000 kilomètres à la vitesse de la lumière²².

Tout cela a un coût environnemental. « L'ADEME a calculé le coût électrique de nos actions digitales : un mail avec une pièce jointe utilise l'électricité d'une ampoule à basse consommation de forte puissance pendant une heure », précise le documentaire. Or, chaque heure, ce sont dix milliards d'e-mails qui sont envoyés à travers le monde, « donc 50 gigawatts/heure, l'équivalent de la production électrique de quinze centrales nucléaires pendant une

heure ». Et, pour gérer les données qui transitent et faire fonctionner les systèmes de refroidissement, un seul *data center* consomme chaque jour autant d'énergie qu'une ville de 30 000 habitants²³...

De manière plus générale, une étude américaine a estimé que le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC) consommait 10 % de l'électricité mondiale et produisait chaque année 50 % de plus de gaz à effet de serre que le transport aérien²⁴. « Si le *cloud* était un pays, il se classerait au cinquième rang mondial en termes de demande en électricité²⁵ », précise d'ailleurs l'organisation Greenpeace dans une étude. Et ce n'est bien entendu qu'un début : la transition énergétique et numérique va encore nécessiter la mise en service de constellations de satellites, déjà promises par les géants de la Silicon Valley pour connecter la totalité de la planète à Internet, des fusées pour les propulser dans l'espace, une armada d'ordinateurs pour identifier la bonne orbite, émettre sur les bonnes fréquences et crypter les communications avec des outils digitaux adaptés, des légions de supercalculateurs pour analyser le déluge de données, et, pour acheminer l'information en temps réel, une toile planétaire de câbles sous-marins, un dédale de réseaux électriques aériens et souterrains, des millions de terminaux informatiques, quantité de centres de stockage de données, des milliards de tablettes, smartphones et autres objets connectés dont il faudra recharger les batteries... La prétendue marche heureuse vers l'âge de la dématérialisation n'est donc qu'une vaste tromperie, puisqu'elle génère, en réalité, un impact physique toujours plus considérable²⁶. Et, pour ce Léviathan numérique, nous aurons besoin de centrales à charbon, à pétrole, à gaz et nucléaires, de champs éoliens, de fermes solaires et de réseaux intelligents – autant d'infrastructures pour lesquelles il nous faudra des métaux rares.

De tout cela, Jeremy Rifkin ne souffle pas un seul mot.

Nous nous sommes donc rapprochés du grand homme afin d'engager une discussion sur la matérialité de l'invisible et le paradoxe des énergies vertes. Nous avons, à de nombreuses reprises, contacté la Foundation on Economic Trends (FOET), l'organisme à travers lequel il propose ses services de conférencier et d'émittance grise. Et avons envoyé des courriers – électroniques – pour motiver notre demande, formulant cette contradiction que nous voudrions tirer au clair. Nous avons également proposé à M. Rifkin de le rencontrer brièvement lors d'un de ses voyages en France,

et même de nous entretenir quelques instants de visu avec lui dans la banlieue de Washington, où se trouvent ses bureaux.

Nous n'avons jamais reçu de réponse. Peut-être à cause de la formidable erreur originelle dont nous semble pâtir la transition énergétique et numérique : elle a été pensée hors sol. Les *green tech* peuvent bien naître dans la tête d'un chercheur en sciences fondamentales, connaître une application concrète grâce à la persévérance d'un entrepreneur, être favorisées par une fiscalité attrayante et des réglementations flexibles, portées par des investisseurs audacieux et des *business angels* bienveillants, il n'empêche : chacune d'elles, quelle qu'elle soit, procède d'abord beaucoup plus prosaïquement d'un cratère entaillé dans le sol. En exigeant de la terre un nouveau tribut, nous remplaçons notre dépendance au pétrole par une autre accoutumance, celle aux métaux rares. Nous contrebalançons une privation par un excès. Un peu à la manière d'un toxicomane qui, pour stopper son addiction à la cocaïne, sombrerait dans l'héroïne... Au fond, nous ne réglons en rien le défi de l'impact de l'activité humaine sur les écosystèmes ; nous ne faisons que le déplacer. La ferveur avec laquelle nous domptons les périls environnementaux présents pourrait bien nous conduire au-devant de graves crises écologiques.

LES PROMESSES DÉÇUES DU RECYCLAGE

À moins que la sobriété énergétique ne soit rendue possible par le recyclage des métaux rares à grande échelle, lequel atténuerait dès lors les impacts écologiques de leur exploitation ?

L'idée est si séduisante que les Japonais ont commencé à la mettre en œuvre. Dans le quartier d'Adachi, dans le nord de Tokyo, un ballet de camionnettes bleutées vient perturber la quiétude de cet après-midi de l'automne 2011. L'éboueur Massaki Nakamura entreprend une tournée consacrée à la collecte des déchets électroniques : vieilles consoles de jeu, téléphones mobiles, écrans de télévision... Le tout est entassé à l'arrière d'un pick-up. Sa tournée terminée, M. Nakamura va déverser sa récolte à quelques encablures de là, dans la décharge d'une entreprise de tri et de recyclage, Kaname Kogyo. Voici d'ailleurs son président, Matsuura Yoshitaka, complet sombre et cravate assortie, en train d'enjamber les monticules de petit électroménager que ses employés trient avec minutie. « De nos jours, les gens jettent tous ces appareils sans trop y réfléchir, observe-t-il entre deux crissemments, ceux des métaux passant de benne en benne. Or ils

contiennent beaucoup de métaux rares ! »

La mondialisation nous plonge décidément dans une époque formidable : elle a rendu les pays occidentaux tellement prospères que nous sommes même devenus riches de nos déchets, qu'ils soient alimentaires, de maison, industriels, nucléaires ou électroniques. Nous sommes passés d'un monde – pas si lointain – où nos grands-parents tentaient encore de surmonter les privations quotidiennes à une civilisation nouvelle qui ne sait que faire des immenses surplus qu'elle produit. Nous nous creusons la tête pour savoir non plus comment gérer nos marchandises à consommer, mais comment stocker nos produits déjà consommés²⁷. À commencer par les rebuts métalliques : chaque année, en France, un habitant produit en moyenne jusqu'à 23 kilos de déchets électroniques²⁸. Et, dans le monde, ceux-ci s'accroissent chaque année à une vitesse affolante : 20 % de hausse rien qu'au cours des trois dernières années²⁹.

Jusqu'à maintenant, les industriels se contentaient de recycler les grands métaux, avec un certain succès : plus de 50 % de l'or, de l'argent, de l'aluminium ou du cuivre sont déjà retraités dans le monde⁹⁰. Mais personne ne s'était vraiment intéressé aux petits métaux, plus discrets. En cela, le Japon a franchi une étape importante : il a pris conscience avant tout le monde que les milliers de « mines urbaines » (les décharges de produits électroniques) éparpillées dans l'archipel regorgent de terres rares⁹¹. Par exemple, chacun des deux cents millions de smartphones usagés que compterait le Japon contient quelques dixièmes de gramme de métaux rares qu'il est possible d'isoler. Au total, trois cent mille tonnes de terres rares dormiraient à travers le pays – de quoi assurer son autosuffisance pour les trois prochaines décennies.

Cette politique stimule une économie circulaire des déchets électroniques des plus innovantes (consulter l'annexe 10 sur le cycle de vie des métaux). De vastes campagnes de collecte sont organisées afin que les 650 000 tonnes de petit électronique jetées chaque année à travers le pays retournent dans les circuits de consommation. La mobilisation est telle que même des stars virtuelles – vénérées au Japon – ont été engagées. Courtement vêtue, entonnant un refrain gracile sur fond de dessins mangas représentant des « *Keitai* » (des téléphones portables), la chanteuse Hatsune Miku a pour mission de convaincre ses compatriotes qu'ils sont assis sur un pactole.

Mais la collecte ne suffit pas : Tokyo a aussi investi des centaines

de millions de dollars dans des programmes scientifiques visant à remplacer certains métaux par d'autres⁹² et à diminuer les quantités de terres rares contenues dans les aimants⁹³.

À la suite du Japon, plusieurs États occidentaux commencent à prendre le pli. Citons l'exemple de l'armée américaine, grande consommatrice de métaux rares. Il existe, aux abords de la ville de Tucson, dans l'Arizona, des entrepôts militaires truffés de milliers d'avions hors d'usage. Ceux-ci recèleraient des tonnes d'aimants de terres rares que les généraux ne savent pas extraire ni réutiliser⁹⁴. Plus grave : à mesure qu'elle se retirait d'Afghanistan, l'armée la plus puissante du monde aurait abandonné six milliards de dollars d'équipements militaires bourrés d'aimants – laissant n'importe quel ennemi en disposer comme il l'entend⁹⁵... Aux États-Unis, beaucoup ont mesuré l'ampleur de ce nouveau défi et proposent de munir les soldats de manuels leur expliquant comment extraire les produits contenant des terres rares des équipements avant de lever le camp.

Pour les industriels, c'est une autre paire de manches, car l'économie circulaire induit un renversement complet des chaînes d'approvisionnement traditionnelles. En effet, elle n'exige plus seulement de connaître ses fournisseurs habituels de matières premières, en amont de la chaîne de fabrication d'un produit, mais de localiser aussi les utilisateurs à qui ces produits ont été vendus, en aval du cycle de consommation. Selon ce schéma, les firmes Apple et H&M, qui savent déjà où se procurer les minerais de terres rares et les balles de coton, doivent dorénavant tracer les milliards d'iPhones et de vieux jeans qui se sont éparpillés aux quatre coins du monde. En d'autres termes, l'expéditeur et le destinataire intervertissent leurs rôles⁹⁶.

Parvenir au même résultat en faisant les choses à l'envers : pour beaucoup, c'est une révolution copernicienne... Cependant, à cette condition, les métaux recyclés pourraient représenter une part croissante des approvisionnements. Nous entrevoyons peut-être le futur des métaux rares. Dans ce monde d'après, les grandes puissances minières ne seront pas les États qui concentreront les plus fabuleux gisements de minerais, mais ceux qui disposeront des poubelles les plus prodigieuses. Nous dessinerons des cartes au trésor recensant les plus grosses montagnes de rebuts, avec des mentions spéciales pour les décombres « de classe mondiale », comme on désigne aujourd'hui certains gisements. Nos poubelles seront un pactole convoité.

Ainsi, le Japon n'extraît pratiquement pas un gramme de métaux rares de son sous-sol, mais, en imposant sa prééminence dans l'économie circulaire de ces métaux, il pourrait – qui sait ? – se muer en puissance exportatrice et rendre d'autres nations dépendantes de ses procédés de récupération. Il existerait donc bien une géopolitique du recyclage – du moins le Japon en est-il fermement persuadé. Et puis on peut aisément imaginer les fabuleux progrès écologiques d'un mode de production qui aurait pour effet de limiter l'exploitation des mines et de diminuer l'exportation de vieux téléviseurs vers les décharges électroniques du Ghana ou du Nigeria.

Si cette ambition tient la route sur le papier, elle se révèle fort complexe à mettre en œuvre. En effet, les métaux rares présentent une différence majeure avec les grands métaux traditionnels tels que le fer, l'argent ou aluminium : ils n'entrent pas à l'état pur dans la composition des technologies vertes. Les industriels de la transition énergétique et numérique sont de plus en plus friands d'alliages pour concevoir leurs produits. En fusionnant plusieurs métaux, ils parviennent à créer des matériaux dits « composites », aux propriétés démultipliées par rapport aux métaux « simples ». Tout le monde sait par exemple que l'assemblage du fer et du carbone produit l'acier, sans lequel la tour Eiffel ne tiendrait pas debout. De même, une partie du fuselage d'un Airbus A380 est composée de GLARE (Glass Laminate Aluminium Reinforced Epoxy), un matériau robuste à base d'aluminium et de fibres de verre qui allège l'aéronef. Quant aux aimants contenus dans les moteurs des éoliennes et des véhicules électriques, ils sont un panaché de fer, de bore et de terres rares qui permet d'optimiser leur puissance.

Bétons translucides, briques en papier, gels isolants, bois renforcés... Nous sommes dorénavant envahis de nouveaux matériaux qui transforment les propriétés de la matière. Ces alliages sont si prometteurs que les technologies vertes vont s'en trouver de plus en plus tributaires. Or, comme leur nom le dit bien, il va falloir, au moment de leur recyclage, « dés-allier » les matières premières.

En ce qui concerne les métaux rares, de nombreuses technologies existent déjà pour ce faire. Celle de Toru Okabe, par exemple. Dans son atelier de l'université de Tokyo, ce chercheur expose le fonctionnement de sa dernière invention : un four à haute température utilisant du sel de montagne prélevé sur les hauts plateaux boliviens. « Les terres rares sont séparées des

autres métaux grâce au sel, et on peut ainsi les récupérer », explique-t-il au milieu d'un méli-mélo de fils électriques, de tuyaux et de thermomètres.

À première vue, le recyclage d'un alliage n'est pas des plus simples. Revenons à la métaphore du pain. Si le boulanger veut éviter de jeter la boule de pain restée sur son étal, il va lui falloir tenter de séparer les ingrédients qui ont été préalablement assemblés – un processus d'une complexité folle, chronophage, énergivore. Le procédé n'est pas beaucoup plus aisé avec les aimants de métaux rares contenus dans les éoliennes, les voitures électriques ou les smartphones : pour dissocier les terres rares des autres métaux, les industriels doivent recourir à des techniques longues et coûteuses, employant force produits chimiques.

Il en va du recyclage comme des affaires matrimoniales : tout divorce a un prix. « La technologie que je vous présente est vraiment prometteuse, mais, en termes de coût, ce n'est pas du tout rentable », admet Toru Okabe. Les métaux rares contenus dans les décharges japonaises sont donc des trésors qu'aucun modèle économique ne permet, à ce jour, de récupérer. Le problème des industriels est bien la cherté de la récupération des métaux rares – un coût aujourd'hui supérieur à leur valeur. Le prix des métaux recyclés pourrait être compétitif si les cours des matières premières étaient eux-mêmes élevés. Las ! Ils sont structurellement bas depuis fin 2014⁹⁷.

Par conséquent, à l'heure actuelle, aucun industriel n'a intérêt à recycler le premier gramme de métaux rares. Il est infiniment moins cher de s'en procurer à la mine que de se lancer à l'assaut des poubelles électroniques. Ainsi, 18 des 60 métaux les plus utilisés dans l'industrie sont recyclés à plus de 50 %⁹⁸. Trois de plus le sont à plus de 25 %⁹⁹, et trois autres au-delà de 10 %⁴⁰. Pour les 36 métaux restants, le taux de recyclage est inférieur à 10 %⁴¹. Et, pour des métaux rares tels que l'indium, le germanium, le tantale, le gallium et certaines terres rares, il varie de zéro à 3 % seulement⁴² (consulter le tableau récapitulatif des taux de recyclage des métaux rares, annexe 7). Pour les industriels, atteindre un jour le seuil de 10 % de terres rares recyclées, comme l'espère le groupe électronique japonais Hitachi⁴³, constituerait donc une sacrée prouesse. Cela n'empêchera pas que les volumes de métaux recyclés resteront insuffisants par rapport à nos besoins. Même le recyclage à près de 100 % du plomb n'a pas eu raison de son extraction minière, puisque les besoins vont toujours crois-

sant⁴⁴. L'enfer est décidément pavé de bonnes intentions...

RETOUR À L'ENVOYEUR

Les industriels en conviennent pourtant : une façon de rentabiliser le recyclage des métaux rares serait d'accumuler des volumes de déchets suffisamment importants pour générer des économies d'échelle. Or ceux-ci, bien qu'irrécupérables, n'ont pas fini de voyager... Les tours de Manhattan se dressent avec majesté de l'autre côté de la baie de Newark, dans l'État du New Jersey : c'est là que se concentrent un grand nombre de sociétés américaines de recyclage de déchets électroniques – ou plutôt d'export... Car leur proximité avec les ports de la côte n'a pas échappé à Lauren Roman, militante au sein de l'association américaine Basel Action Network. Depuis plusieurs années, elle sillonne le New Jersey pour photographier les numéros de suivi inscrits sur les conteneurs chargés de déchets informatiques. Cette référence lui permet ensuite de retracer leur cheminement à travers le monde.

L'écrasante majorité des industriels du recyclage ont l'obligation de traiter les déchets électroniques dans le pays où ils sont collectés. C'est tout l'enjeu de la convention de Bâle⁴⁵. Adoptée en 1989, celle-ci prohibe le transfert de ces déchets considérés comme dangereux, car ils recèlent souvent des métaux lourds et toxiques, des pays développés vers des États moins regardants sur les standards environnementaux⁴⁶. Elle a été ratifiée à ce jour par 185 pays, mais une poignée s'y sont refusés – dont les États-Unis. Les recycleurs américains sont donc encouragés à exporter ces déchets électroniques inutilisables. Après des années d'enquête, Lauren Roman est d'ailleurs formelle : 80 % des déchets électroniques produits aux États-Unis sont expédiés vers l'Asie.

Cette situation n'est pas propre aux États-Unis. Les recycleurs japonais exportent eux aussi leurs déchets électroniques à destination de la Chine, alors même que le Japon est signataire de la convention de Bâle. Un commerce trouble de la récupération a pignon sur rue, celui des *Kaitori*, qui contournent les réglementations internationales en chargeant les conteneurs de vieux matériels estampillés « Aide humanitaire ».

L'Europe ne fait pas mieux : un nombre incalculable de véhicules bourrés de terres rares quittent les docks d'Amsterdam sous le label « Occasion ». Et cette déperdition vaudrait aussi pour 50 % des catalyseurs hors d'usage, de gigantesques stocks de batteries

d'éoliennes, plus de 50 % des cartes électroniques usagées et un million de tonnes de cuivre par an. Europol a eu beau classer, en 2013, le commerce illicite de déchets parmi les principales menaces à l'environnement⁴⁷, rien n'y fait : les autorités européennes estiment que jusqu'à 1,3 million de tonnes de déchets électroniques seraient exportées chaque année de notre continent vers l'Afrique et l'Asie⁴⁸.

La Chine est une importante destination de ces déchets électroniques. La main-d'œuvre y est si peu chère que le coût du recyclage est jusqu'à dix fois moindre que dans les pays développés⁴⁹. Quant aux aimants qu'ils ne peuvent pas recycler à des coûts satisfaisants, nos interlocuteurs chinois prétendent les stocker en attendant le jour où un modèle économique viable permettra de les réutiliser – sans qu'il soit possible de vérifier leurs dires...

Que pouvons-nous conclure ?

- Les énergies dites « propres » nécessitent le recours à des minerais rares dont l'exploitation est tout sauf propre. C'est même un cauchemar environnemental où se côtoient – pour ne citer qu'eux – rejets de métaux lourds, pluies acides et eaux contaminées. Autrement dit, pour faire du propre, il faut faire du sale. Mais nous feignons de l'ignorer, puisque nous refusons d'apprécier l'ensemble du cycle de fabrication des éoliennes et des panneaux solaires. « Il ne faut plus se contenter d'apprécier les produits finis qui sont verts, sains et non polluants, mais examiner si le processus d'extraction de leurs composants et celui de leur fabrication industrielle sont respectueux ou non de l'environnement », souligne l'activiste environnemental chinois Ma Jun.

- Ces mêmes énergies – que l'on appelle également « renouvelables », puisqu'elles captent des sources dont nous pouvons disposer à l'infini, tels les rayons solaires ou la force du vent et des marées – se fondent sur l'exploitation de matières premières qui, elles, ne sont pas renouvelables. Les richesses du sous-sol sont finies, et le temps nécessaire à leur formation, qui se compte en milliards d'années, pourrait ne pas permettre de faire face à l'accroissement exponentiel de nos besoins – nous y reviendrons.

- Ces énergies – encore qualifiées de « vertes » ou de « décarbonées », car elles nous permettent de nous désaccoutumer des énergies fossiles – reposent en réalité sur des activités génératrices de gaz à effet de serre. Il faut des quantités considérables d'énergie issue des centrales électriques pour exploiter une mine,

raffiner les minerais, puis les acheminer vers un centre de production où ils seront incorporés dans une éolienne ou un panneau solaire. N'y a-t-il pas une ironie tragique à ce que la pollution qui n'est plus émise dans les agglomérations grâce aux voitures électriques soit simplement déplacée dans les zones minières où l'on extrait les ressources indispensables à la fabrication de ces dernières ? En ce sens, la transition énergétique et numérique est une transition pour les classes les plus aisées : elle dépollue les centres-villes, plus huppés, pour mieux lester de ses impacts réels les zones plus miséreuses et éloignées des regards. Or comment agir quand on ne sait pas qu'il y a un problème ? Notre nouveau modèle énergétique est donc terriblement pernicieux : autant les acteurs de l'économie du carbone ne pouvaient nier qu'ils polluaient, autant la nouvelle économie verte, tout en salissant, se cache derrière le discours vertueux de la responsabilité envers les générations futures.

- Les technologies dont de nombreux milieux écologistes vantent la capacité à nous sortir du nucléaire reposent sur des matériaux (les terres rares et le tantale) dont l'exploitation génère de la radioactivité. Les métaux rares ne sont pas radioactifs en eux-mêmes, mais l'activité qui consiste à les séparer d'autres minerais radioactifs auxquels ils sont naturellement associés dans la croûte terrestre, comme le thorium ou l'uranium, produit des radiations dans des proportions non négligeables. La radioactivité autour du réservoir toxique de Baotou et au fond des mines de Bayan Obo est, aux dires des experts, deux fois supérieure à celle enregistrée à Tchernobyl aujourd'hui⁵⁰. Et, dans des conditions normales d'exploitation, les déchets générés, bien qu'ils présentent un taux de radioactivité faible selon les standards de l'Agence internationale de l'énergie atomique, nécessitent d'être isolés pendant plusieurs centaines d'années⁵¹.

- Pour accélérer la transition énergétique et numérique, des esprits sympathiques voudraient transposer le concept des boucles locales, notamment à l'œuvre en matière de produits alimentaires, aux circuits de distribution de l'énergie. Les écoquartiers, tel celui de Vauban, dans la ville allemande de Fribourg-en-Brigau, se targuent ainsi de consommer une énergie propre produite de plus en plus localement. Mais qui a songé à additionner les milliards de kilomètres parcourus par les métaux rares sans lesquels ces faubourgs verts ne pourraient exister ? « Sur le plan conceptuel, ce truc écolo se tient. Mais, en pratique, on aboutit à quelque chose

de complètement perverti », s'inquiète un expert français.

- Certaines technologies vertes sur lesquelles se fonde notre idéal de sobriété énergétique nécessitent en réalité, pour leur fabrication, davantage de matières premières que des technologies plus anciennes. « Un futur fondé sur les technologies vertes suppose la consommation de beaucoup de matières, relève un rapport de la Banque mondiale, et, faute d'une gestion adéquate, celui-ci pourrait ruiner [...] les objectifs de développement durable ⁵². » À nier cette réalité, nous pourrions bien parvenir au résultat inverse à celui recherché par l'accord de Paris sur le climat, voire nous retrouver à court de ressources exploitables, puisqu'un monde à 7,5 milliards d'individus va consommer, au cours des trois prochaines décennies, davantage de métaux que les cinq cents générations qui nous ont précédés.

- Enfin, le recyclage des métaux rares dont dépend notre monde plus vert n'est pas aussi écologique qu'on le dit. Son bilan environnemental risque même de s'alourdir à mesure que nos sociétés produiront des alliages plus variés, composés d'un nombre plus élevé de matières, dans des proportions toujours plus importantes. Les industriels de la transition énergétique et numérique vont dès lors devoir affronter une contradiction fondamentale : leur quête d'un monde plus durable pourrait, en pratique, fortement limiter l'émergence de nouveaux modèles de consommation plus sobres, fondés sur les principes de l'économie circulaire. Et les générations futures diront peut-être de nous : « Nos ancêtres du ^{xxi}^e siècle ? Ah oui ! ce sont ces types qui ont sorti les métaux rares d'un trou pour les remettre dans un autre trou. »

Dans le monde des matières premières, ces observations relèvent le plus souvent de l'évidence ; pour l'immense majorité d'entre nous, en revanche, elles sont tellement contre-intuitives qu'il va certainement nous falloir de longues années avant de bien les appréhender et les faire admettre. Ce jour-là, nous nous retournerons sur des décennies d'illusions et de mystifications. Nous réécouterons les avertissements de Carlos Tavares, le patron de PSA, prononcés lors du Mondial de l'automobile de Francfort, en septembre 2017, à propos des effets néfastes de l'électromobilité sur l'environnement : « Si on nous donne instruction de faire des véhicules électriques, il faut aussi que les administrations et les autorités assument la responsabilité scientifique. Parce que je ne voudrais pas que dans trente ans on ait découvert les uns ou les

autres quelque chose qui n'est pas aussi beau que ça en a l'air sur le recyclage des batteries, l'utilisation des matières rares de la planète ou sur les émissions électromagnétiques de la batterie en situation de recharge⁵³. »

Un « Electricgate » éclatera peut-être et donnera lieu, comme pour le scandale du « Dieselgate », à des actions judiciaires d'ampleur mondiale. Nous nous demanderons comment nous avons pu nous aveugler aussi longtemps face à la multiplication des évidences. Nous admettrons que le consensus qui s'était cristallisé entre les milieux économiques et politiques, soutenus de surcroît par de nombreuses associations environnementales, rendait toute contradiction inaudible. Peut-être nous dirons-nous aussi que les énergies nucléaires sont finalement moins néfastes que les technologies que nous avons voulu leur substituer et qu'il est difficile d'en faire l'économie dans nos *mix* énergétiques.

Il nous faudra alors concevoir de nouvelles technologies, que d'aucuns qualifieront sans aucun doute de « technologies miracles », destinées à corriger les immenses problèmes qu'aura causés cette marche insouciant vers un monde plus vert.

Et n'allons pas incriminer les seuls Chinois, Congolais ou Kazakhs ! Les Occidentaux ont directement enfanté cette situation en laissant sciemment les pays les plus irresponsables inonder le reste du monde en métaux sales.

1. C'était le 5^e Annual Cleantech & Technology Metals Summit : Invest in the Cleantech Revolution.

2. « World Energy Outlook 2014 Factsheet : Power and renewables », International Energy Agency, 2014.

3. Pour parvenir à cette estimation, M. Tourillon utilise le calculateur des équivalences d'émissions de gaz à effet de serre de l'Agence de la protection de l'environnement des États-Unis. Voir www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator.

4. Les rayons du soleil génèrent une énergie thermique qui réchauffe des fluides, telle l'eau, laquelle peut ensuite être utilisée directement (grâce à un chauffe-eau solaire) ou indirectement (la vapeur d'eau, au moyen d'un alternateur, génère de l'électricité).

5. Julia Bucknall, « Cutting Water Consumption in Concentrated Solar Power Plants », The Water Blog, 20 mai 2013.

6. Kimberly Aguirre, Luke Eisenhardt, Christian Lim, Brittany Nelson, Alex Norring, Peter Slowik et Nancy Tu, « Lifecycle Analysis Comparison of a Battery Electric Vehicle and a Conventional Gasoline Vehicle », UCLA Institute of the Environment and Sustainability, juin 2012. Pour plus d'informations sur les impacts environnementaux des batteries électriques, voir également J. Sullivan, L. Gaines, « A Review of Battery Life-Cycle Analysis : State of Knowledge and Critical Needs », Argonne National Laboratory, 1^{er} octobre 2010.

7. Elle coûterait aussi, selon certains experts, au moins un tiers du prix total du véhicule.

8. Voir « Extraordinary Raw Materials in a Tesla Model S », *Visual Capitalist*, 7 mars 2016.
9. « Tesla lance une super-batterie pour son Model S », *Le Figaro*, 25 août 2016.
10. « Musk : Millions of Teslas, 500-mile range coming », CNBC, 6 novembre 2015. Dès lors, il a beau jeu de quitter le groupe des grands patrons qui conseillaient le président Trump après que celui-ci a annoncé le retrait des États-Unis de l'accord de Paris. En réalité, le coût du rêve écologique de M. Musk est bien plus élevé que lui et d'autres ne veulent bien l'admettre. Voir « Cost of Elon Musk's Dream Much Higher Than He and Others Imagine », RealClearEnergy, 8 juin 2017.
11. John Petersen, « How Large Lithium-ion Batteries Slash EV Benefits », 2016. Pour l'ensemble des articles de John Petersen, voir le site : http://seekingalpha.com/author/john-petersen/articles#regular_articles&ticker=tsla.
12. Voir le rapport de l'ADEME, « Les potentiels du véhicule électrique », avril 2016, et Troy R. Hawkins, Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettez et Anders Hammer Strømman, « Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles », 4 octobre 2012.
13. Pour creuser ces questions, voir le passionnant article de Jean-Marc Jancovici, « La voiture électrique est-elle LA solution aux problèmes de pollution automobile ? », 1^{er} octobre 2017, sur le site de l'auteur : jancovici.com.
14. Jeremy Rifkin, *La Troisième Révolution industrielle*, op. cit.
15. Jeremy Rifkin, *The Zero Marginal Cost Society : The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*, Palgrave Macmillan, 2014. En français : *La Nouvelle Société du coût marginal zéro : l'Internet des objets, l'émergence des communaux collaboratifs et l'éclipse du capitalisme*, Les Liens qui Libèrent, 2014.
16. Pour les impacts écologiques du développement de l'autopartage et du covoiturage en France, voir en particulier le rapport du Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME), « Usages novateurs et nouvelles mobilités », janvier 2016.
17. Eric Schmidt et Jared Cohen, *The New Digital Age : Reshaping the Future of People, Nations and Business*, Knopf, Random House Inc., 2013. En français : *À nous d'écrire l'avenir : comment les nouvelles technologies bouleversent le monde*, Denoël, 2014.
18. Il faut imaginer les immenses masses de données digitales que cela génère déjà. « Nous fabriquons tous les deux jours autant de contenu numérique qu'on en a fabriqué de l'aube de la civilisation jusqu'à 2003 », insistent MM. Schmidt et Cohen. Ces perspectives ont une conséquence économique : le « sixième continent » qu'est le Web représente 22,5 % de l'économie mondiale et devrait même atteindre 25 % d'ici à 2020, soit plus de 24 000 milliards de dollars de chiffre d'affaires. Voir également Mark Knickrehm, Bruno Berthon et Paul Daugherty, *Digital Disruption : The Growth Multiplier. Optimizing Digital Investments to Realize Higher Productivity and Growth*, Accenture Strategy, 2016.
19. Nous abattons 2 400 arbres par minute dans le monde, soit l'équivalent du tiers de la superficie du territoire français chaque année. Voir « Déforestation : 18 millions d'hectares de forêts perdus en 2014 », *Le Monde*, 3 septembre 2015.
20. Fabrice Flipo, Michelle Dobré et Marion Michot, *La Face cachée du numérique. L'impact environnemental des nouvelles technologies*, L'Échappée, 2013.
21. *Ibid.*
22. Coline Tison et Laurent Lichtenstein, *Internet : la pollution cachée*, documentaire, Camicas Productions, 2012.
23. Et le film de nous emmener jusque dans les mines de charbon des Appalaches, en Virginie-Occidentale, desquelles on extrait précisément les ressources fossiles qui vont faire tourner les centrales électriques américaines. « Rien de virtuel derrière nos clics », constate le documentaire, qui, revenu des illusions de la dématérialisation, interroge plutôt : « Nos mails finiront-ils par détruire toutes les montagnes Appalaches ? »
24. Mark P. Mills, « The Cloud Begins With Coal : Big Data, Big Networks, Big Infrastructure, and Big Power – An Overview of the Electricity Used by the Global Digital Ecosystem », août 2013.
25. « How Clean is Your Cloud ? », Greenpeace, avril 2012.
26. À titre d'exemple : en 1951, l'UNIVAC I (Universal Automatic Computer I), premier

ordinateur commercial américain, fut vendu à 44 exemplaires. En 2015, il s'est écoulé près de trois cents millions de PC et plus de deux cents millions de tablettes dans le monde. Plus des trois quarts des Terriens possèdent aujourd'hui un téléphone portable.

27. Comme l'affirment deux experts, moins que des problèmes de ressources rares, nous rencontrons plutôt des « problèmes de "poubelles" pleines ». Voir Pierre-Noël Giraud et Timothée Ollivier, *Économie des matières premières*, La Découverte, coll. « Repères », 2015.

28. « Les dessous du recyclage : dix ans de suivi de la filière des déchets électriques et électroniques en France », rapport Les Amis de la Terre France, décembre 2016.

29. Ils représentaient en 2017 plus de 50 millions de tonnes, contre 41 millions en 2014. Voir le rapport « Waste Crime – Waste Risks : Gaps in Meeting the Global Waste Challenge », United Nations Environment Programme (UNEP), 2017. Ces chiffres s'expliquent largement par une politique systématique d'obsolescence programmée des produits électroniques organisée par les industriels eux-mêmes. En 1924 déjà, le cartel Phoebus, liant notamment les groupes Osram, Philips, Tungsram et General Electric, avait pour objectif de limiter à mille heures l'espérance de vie des ampoules électriques commercialisées. Le cartel fut dissous en 1939, lorsque des concurrents scandinaves proposèrent des ampoules à des prix bien inférieurs.

30. « Recycling Rates of Metals : A Status Report », United Nations Environment Programme (UNEP), 2011.

31. Voir « La guerre des terres rares est déclarée », Terra Eco, 19 avril 2012. Voir également notre documentaire *Terres rares, le trésor caché du Japon*, Mano a Mano, 2012, ainsi que les enregistrements vidéo et comptes rendus de la conférence « Métaux stratégiques et économie circulaire », organisée en 2015 par les associations Global Links et Orée : <http://www.globallinks.fr/retour-sur-la-conference-metaux-strategiques-economie-circulaire/>.

32. Le cérium, une terre rare utilisée pour le polissage des verres, peut ainsi être remplacé par du zirconium.

33. De nouvelles applications permettent de réduire de 80 % les doses d'euprasiu et de terbium nécessaires aux lampes fluorescentes, et de 30 % les quantités de dysprosium utilisées dans les aimants. Des industriels européens de l'automobile ambitionnent même de se passer de terres rares pour la fabrication des aimants.

34. Entretien avec Jack Lifton, Technology Metals Research, 2016.

35. *Ibid.*

36. Voir le passionnant ouvrage de Rémy Le Moigne, *L'Économie circulaire : comment la mettre en œuvre dans l'entreprise grâce à la reverse supply chain ?*, Dunod, 2014.

37. Ce n'est pas le cas seulement des cours des métaux rares, mais de tous les cours : depuis qu'un « super-cycle » caractérisé par des cours élevés a pris fin en 2014, les marchés des matières premières sont dans le creux de la vague.

38. L'aluminium, le cobalt, le chrome, le cuivre, l'or, le fer, le plomb, le manganèse, le niobium, le nickel, le palladium, le platine, le rhénium, le rhodium, l'argent, l'étain, le titane et le zinc.

39. Le magnésium, le molybdène et l'iridium.

40. Le ruthénium, le cadmium et le tungstène.

41. Pour tous ces chiffres, voir « Recycling Rates of Metals : A Status Report », United Nations Environment Programme (UNEP), 2011.

42. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions relative à la liste 2017 des matières premières critiques pour l'UE, 13 septembre 2017.

43. « Hitachi recycling scarce rare earths », *The Japan Times*, 10 décembre 2010.

44. Entretien avec Christian Thomas, fondateur de Terra Nova Développement, 2017.

45. Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, conclue à Bâle le 22 mars 1989. Voir <http://www.basel.int/>.

46. En particulier, l'exportation de déchets contenant des composés du chrome hexavalent, du cuivre, du zinc, du cadmium ou encore de l'antimoine est interdite par la convention.

47. « EU Serious and Organised Crime Threat Assessment (SOCTA) », Europol, 2013.

48. « Movements of waste across the EU's internal and external borders », European Environment Agency (EEA), 2012.

49. Martin Eugster, Roland Hirsch, « Key Environmental Impacts of the Chinese EEE-Industry », Tsinghua University, Chine, 2007.

50. Voir « Les terres rares : des propriétés extraordinaires sur fond de guerre économique », avec Paul Caro, correspondant de l'Académie des sciences, spécialiste des terres rares.

51. « Rare Earth and Radioactive Waste : A Preliminary Waste Stream Assessment of the Lynas Advanced Materials Plant, Gebeng, Malaysia », National Toxics Network, avril 2012. *Idem* en Malaisie, où nous avons enquêté en 2011 : entre la fin des années 1970 et 1994, le conglomérat japonais Mitsubishi a extrait et raffiné des terres rares à Bukit Merah, dans le nord du pays. L'activiste environnemental Tan Ka Kheng nous confie : « Ces activités ont généré des rejets radioactifs extrêmement puissants. Pour l'industrie nucléaire il s'agit de déchets radioactifs de moyenne activité : ils doivent être manipulés avec le plus grand soin. Mais [...] ils ont déposé les déchets dans de vieux bidons, tous rouillés, et ils ont utilisé des sacs plastique en guise de revêtement. C'est vraiment triste ! Mitsubishi a fermé l'usine et est parti ! Et maintenant, on se retrouve avec ces déchets pour 14,4 milliards d'années ! » Le site de Bukit Merah fut l'un des plus radioactifs d'Asie, et cent millions de dollars étaient, lors de notre visite, engagés pour le rénover. Voir le documentaire de Guillaume Pitron et Serge Turquier, *La Sale Guerre des terres rares*, 2012.

52. « The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future », The World Bank Group, juin 2017.

53. Voir « Tavares ne veut pas revivre un "dieselgate" avec l'électricité », Reuters, 12 septembre 2017. Carlos Tavares a aussi dit : « Toute cette agitation, tout ce chaos vont se retourner contre nous parce que nous aurons pris de mauvaises décisions dans des contextes émotionnels, pas suffisamment réfléchies et pas avec suffisamment de recul. »

La pollution délocalisée

Plutôt que d'assumer le leadership des métaux rares, l'Occident a préféré transférer leur production – et la pollution associée – vers des pays pauvres prêts à sacrifier leur environnement pour s'enrichir.

Pour mieux le comprendre, un matin de l'été 2011, nous quittons la sémillante Las Vegas pour rouler en direction du sud-ouest le long de l'Interstate 15, cette bande d'asphalte rectiligne qui traverse les immensités du Nevada et de la Californie. Deux heures plus tard, nous contemplons une carrière jouxtant des installations corrodées. Au-dessus flotte un drapeau américain fatigué. Dans ce repli de pierres et d'arbustes, le groupe minier américain Moly-corp exploitait, jusque dans les années 1990, la mine de Mountain Pass, la plus grande mine de production de terres rares de la planète.

QUAND LES AMÉRICAINS DOMINAIENT LE MARCHÉ DES TERRES RARES

À l'encontre d'une idée reçue, les réserves de métaux rares ne sont pas concentrées dans les pays miniers les plus actifs (Chine, Kazakhstan, Indonésie, Afrique du Sud...)¹. Il en existe partout sur la planète, avec des zones où leur concentration est plus élevée. Ils sont donc rares et pas rares à la fois... Des gisements du plus stratégique de ces métaux, les fameuses terres rares, sont d'ailleurs recensés dans des dizaines d'États². Comme nous le rappelle un rapport du Parlement français, « avant 1965, l'extraction s'est déroulée en Afrique du Sud, au Brésil, en Inde, mais la production totale était marginale : moins de dix mille tonnes par an³ ». S'ensuit, de 1965 à 1985, une deuxième phase durant laquelle les États-Unis prennent le leadership mondial de l'exploitation de terres rares. « Sans qu'ils soient en situation de monopole, poursuit le rapport, leur prépondérance est marquée, tandis que les

quantités deviennent plus importantes, autour de cinquante mille tonnes par an⁴. » Et c'est précisément la mine de Mountain Pass qui fournit alors les ressources.

Or les activités de Molycorp causent des dégâts environnementaux qui commencent à affecter sérieusement les écosystèmes alentour. Et il semblerait que le sujet embarrasse la direction du groupe minier. Nous avons demandé l'autorisation de visiter la carrière : tout ce que nous avons obtenu a été une fin de non-recevoir. En désespoir de cause, nous contactons une société de location d'avions bimoteurs et informons Molycorp que, à défaut de pouvoir arpenter la mine, nous pénétrerons leur espace aérien le lendemain à 14 heures. John Hadder, président de Great Basin Resource Watch, une organisation environnementale très active dans la région, nous accompagne.

Nous nous retrouvons sur le tarmac d'un petit aérodrome de Las Vegas, au creux d'un chapelet de montagnes aux teintes mauves. Catapulté sur la piste, le coucou prend rapidement de l'altitude. Au bout de quelques minutes seulement, nous commençons à distinguer les installations de Molycorp au milieu des paysages minéraux. L'appareil s'approche bientôt d'une spirale de roches s'enfonçant vers un point d'eau.

La partie la plus instructive du vol s'étend à une vingtaine de kilomètres de l'excavation : un bassin circulaire de décantation se déploie sur plusieurs centaines de mètres au beau milieu du désert. « Lorsque la mine était ouverte, toute l'eau rejetée était dirigée vers ce bassin, commente l'activiste. Aujourd'hui encore, les nappes phréatiques continuent d'absorber des écoulements d'eaux contaminées qui en proviennent. »

De retour sur la terre ferme, à l'ombre d'un hangar en retrait de la piste, John Hadder déplie un document édifiant : une carte de Mountain Pass réalisée sur la foi d'informations collectées entre 1984 et 1998 par l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA). Great Basin Resource Watch a dû obtenir la déclassification des données de l'EPA pour pouvoir réaliser ce document reconstituant l'historique des dégâts écologiques provoqués par les activités de Mountain Pass dans le désert de Mojave.

Ce qui frappe est la succession de chiffres reproduits sur la carte, depuis les excavations jusqu'au bassin de décantation. « L'eau polluée par le traitement du minerai était pompée, puis évacuée depuis la carrière vers ce grand réservoir », explique John Hadder. Entre les deux, un pipeline acheminait des milliards de litres

d'eaux usées. « Les chiffres le long du tuyau correspondent aux endroits où celui-ci s'est percé et où des fuites se sont produites. » En quinze ans, une soixantaine d'accidents de ce type ont été recensés. « Le plus grave a eu lieu en 1992. Une fuite d'un million et demi de litres ! Au total, ce sont près de quatre millions de litres qui ont été déversés dans le désert. »

Ces dommages environnementaux ont touché de plein fouet les populations alentour : les eaux usées qui avaient contaminé les sols contenaient pêle-mêle de l'uranium, du manganèse, du strontium, du cérium, du baryum, du thallium, de l'arsenic et du plomb ⁵... Les tempêtes de sable pollué et la contamination des nappes phréatiques ont souillé le désert de Mojave à des kilomètres à la ronde. « Une série d'actions judiciaires ont contraint l'entreprise à prendre les problèmes écologiques à bras-le-corps », rappelle John Hadder. De lourdes amendes ont été infligées à Molycorp par la justice américaine.

Un jour, Molycorp a même reçu la visite d'agents fédéraux avec armes, boucliers et gilets pare-balles, venus notifier une énième violation des réglementations environnementales californiennes. Afin de protéger les habitats de tortues environnantes, les autorités ont enjoint aux trois cents employés de la mine de suivre un cours d'éducation sur les tortues du désert. Et il leur a été interdit d'approcher tout animal lesté d'une carapace à moins de trente mètres. Craignant de nouvelles fuites et constatant que les sommes nécessaires à la modernisation des équipements étaient astronomiques, Molycorp a commencé à s'interroger, à la fin des années 1990, sur l'opportunité de poursuivre ses activités à Mountain Pass.

À la même époque, une Chine assoiffée de croissance économique entendait tirer parti des difficultés des groupes miniers occidentaux et s'imposer progressivement comme un acteur prépondérant du marché des métaux rares. Elle avait les moyens de ses ambitions, puisque les mines de Baotou – que nous avons visitées au chapitre précédent – représentent près de 40 % des réserves mondiales de terres rares. Pour accélérer le transfert de la production minière de l'ouest vers l'est, Pékin a fait usage d'une ruse commerciale redoutable qu'il continue de mettre en œuvre aujourd'hui. Cette stratégie tient en un mot : dumping. Dumping social, puisque les coûts de main-d'œuvre sont cassés ; et dumping environnemental, puisque, comme le rappelle le militant écologique Ma Jun, « les travaux de réparation des dommages écolo-

giques n'ont pas été intégrés aux coûts de production » – à supposer même que Pékin ait entrepris quoi que ce soit pour colmater ces dégâts...

Ce double dumping a eu des effets sur la politique tarifaire de Pékin : en 2002, le prix de revient moyen d'un kilo de terres rares produit en Chine était de 2,8 dollars, soit deux fois moins qu'aux États-Unis⁶. L'impitoyable concurrence chinoise est rapidement devenue intenable pour Molycorp. La mine de Mountain Pass a cessé son activité et vécu sur ses stocks jusqu'à sa fermeture définitive en 2002.

Une éthique de responsabilité environnementale aurait alors consisté à tenter d'empêcher l'inévitable. Il aurait fallu tourner le dos à une pure logique de profit en subventionnant, à perte, l'extraction minière de métaux rares dans les États occidentaux, où des préceptes élémentaires de responsabilité écologique avaient cours. Au lieu de cela, nous avons laissé le champ libre aux apprentis sorciers des métaux rares. « L'Europe et les États-Unis savaient très bien quel était le coût d'accès à des terres rares à peu près propres, qui ne mettaient pas en danger les générations futures, affirme un expert français. Mais nous avons préféré fermer les yeux sur ce qui passait en Chine⁷. »

Les Américains ne sont pas les seuls à s'être lavé les mains de ce problème. Ils partagent la responsabilité avec les Français.

MONTGOLFIÈRES, AVENTURE ET TERRES RARES :
LA SAGA DE RHÔNE-POULENC

La France, leader des ressources de la troisième révolution industrielle ? Un retour sur l'une des périodes cultes de l'histoire de notre petit écran va nous rafraîchir la mémoire. Le lecteur se souvient peut-être de ces samedis soir des années 1980 où, vers 22 heures, les Français se rassemblaient devant l'émission *Ushuaïa*, présentée par Nicolas Hulot. On y voyait des tribus du bout du monde, des animaux sauvages à rendre Rudyard Kipling vert de jalousie, des montgolfières gonflées à l'hélium, bombant leur enveloppe de Nylon au-dessus de paysages puissants... TF1 nous proposait du rêve – et vendait, déjà, du temps de cerveau disponible. Car, tout en bas de l'écran, le logo rectiligne du sponsor officiel de l'émission, le groupe chimique français Rhône-Poulenc, était accompagné de la réclame : « Bienvenue dans le monde de l'aventure humaine, de la performance, de l'exploit ! »

Avant de voir sa branche « chimie » rebaptisée Rhodia en 1998,

puis de fusionner avec le groupe belge Solvay en 2011, le français Rhône-Poulenc était l'un des deux grands chimistes mondiaux des métaux rares⁸. Dans les années 1980, son usine, établie dans la ville de La Rochelle, en Charente-Maritime, purifiait annuellement huit à dix mille tonnes de terres rares – soit 50 % du marché mondial. Le lecteur ne nous en voudra pas d'insister : l'Hexagone transformait la moitié du plus stratégique des métaux rares, la ressource du futur qui allait bientôt conditionner notre transition énergétique et numérique. Nous disposions d'un savoir-faire chimique prodigieux, doublé d'une prééminence commerciale remarquable. Au point que la Direction de la surveillance du territoire (DST), ancêtre de la Direction générale de la sécurité intérieure (DGSI), veillait sur les allées et venues dans l'usine, s'inquiétant qu'un partenaire russe ou chinois invité pour une visite de travail ne se livre à des activités d'espionnage.

La manufacture de La Rochelle s'étend sur un site de quarante hectares, en bord de mer, dans l'ouest de la ville. Elle est toujours active, et nous avons pu la visiter. À l'ombre des gigantesques entrepôts, les terres rares sont séparées les unes des autres, puis calcinées dans des fours à haute température, produisant des oxydes (poudres) qui sont ensuite emballés dans des colis prêts à la vente. Dans les dépôts attenants, les ballots estampillés de ces noms qui nous sont maintenant familiers – cérium, dysprosium, néodyme, terbium... – se serrent sur de vastes rayonnages. Installé sur le même site, un laboratoire est consacré aux activités de recherche et développement (R&D). Mais la raffinerie est loin de connaître le pic d'activité qui était le sien il y a encore vingt-cinq ans.

Ce n'est un secret pour personne : l'extraction et le raffinage des terres rares sont très polluants. En effet, dans les minerais, ces dernières sont naturellement associées à des éléments radioactifs tels que le thorium et l'uranium. Sur le site de La Rochelle, le processus de séparation de ces matières dégageait donc, quoique en quantités négligeables, du radon. Il s'agit d'un gaz à très faible teneur en radioactivité, et les anciens de l'industriel français assurent que son inhalation par les employés n'a jamais eu d'incidences médicales. Néanmoins, « des minerais de terres rares qui ne sont pas radioactifs, cela n'existe pas ». Et c'est un ancien de Rhône-Poulenc qui le dit⁹.

Les quelques dizaines de tonnes d'uranium séparées chaque année par Rhône-Poulenc étaient vendues au groupe EDF, qui les

utilisait pour faire tourner ses centrales nucléaires. Le thorium, lui, était – et continue d'être – stocké dans l'usine à hauteur de quelques centaines de tonnes. Il pourrait, un jour, faire office de combustible pour une nouvelle génération de centrales nucléaires moins polluantes. Quant aux effluents liquides générés par la séparation des minerais, ils passaient par une station d'épuration avant d'être rejetés dans le littoral via un émissaire situé sur la grève de la baie de Port Neuf, à l'extrémité de la baie de La Rochelle¹⁰. Ces effluents contenaient un nombre important d'impuretés, telles que des résidus de fer, de zirconium, d'aluminium, de silice ou encore de magnésium, et il est arrivé à plusieurs reprises dans les années 1980 que des boues d'effluents liquides non traités « s'échappent » de la station d'épuration pour être déversées directement dans la mer.

Ces rejets contenaient-ils du thorium radioactif ? Un ancien de Rhône-Poulenc affirme que non : tout le thorium était retenu en amont du processus de traitement, avant que les effluents ne soient évacués. Si radioactivité il y avait, ajoute-t-il, elle n'émanait que du radium, un descendant du thorium et de l'uranium. Reconnaissons également que le chimiste français avait consenti à d'importants efforts pour limiter l'inévitable pollution générée par ses activités. Mais des ONG sont convaincues du contraire et estiment à dix mille tonnes les rejets radioactifs évacués dans l'océan par l'usine depuis 1947.

En 1985, un arrêté préfectoral a durci les réglementations environnementales et interdit le rejet de tout liquide par Rhône-Poulenc lorsque le tuyau sur la grève de Port Neuf n'était pas immergé dans la mer, à marée haute. De la sorte, les effluents seraient toujours emportés par les courants marins. De plus, l'arrêté a fixé des limites maximales admissibles de rejets d'effluents. Cela n'a pas empêché la Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (CRIIRAD) de procéder dès 1987, à la demande de l'association Les Verts Poitou-Charentes, à plusieurs missions de contrôle. Contredisant les rapports officiels, elle a constaté que l'émissaire était mis à contribution à marée haute et à marée basse. Des prélèvements effectués dans l'environnement immédiat du canal d'évacuation ont par ailleurs confirmé « l'ampleur des rejets et l'accumulation du thorium et de ses descendants dans le milieu marin », comme l'a indiqué l'association dans une lettre adressée au député-maire de La Rochelle, Michel Crépeau. La radioactivité près de l'émissaire atteignait mille coups

par seconde, soit cent fois la moyenne locale. « C'était vraiment très grave¹¹ », commente aujourd'hui un ingénieur de la CRIIRAD.

Pas de quoi ébranler les pouvoirs publics pour autant. À La Rochelle, « tout le monde savait [à propos de la radioactivité], à commencer par le maire, Michel Crépeau. La presse locale en parlait régulièrement, mais rien ne bougeait¹² », rapporte Hélène Crié, qui couvrait alors les événements pour le quotidien *Libération*¹³. « Cette histoire de radioactivité à La Rochelle ressort périodiquement. Si on continue, on va affoler tout le monde avec des conneries¹⁴ », affirmait le professeur Pierre Pellerin, directeur du Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI), dépendant du ministère de la Santé. La personnalité du professeur Pellerin pouvait tout de même inciter à la circonspection, puisqu'on reprocherait plus tard à ce scientifique d'avoir minimisé les impacts, en France, du nuage radioactif généré par la catastrophe de Tchernobyl¹⁵.

Dans les années 1980, la conscience écologique des Français était loin de ce qu'elle est de nos jours. Cependant, chez les riverains, les esprits commencèrent à s'échauffer. *Libération* écrivit : « Les animateurs d'une association nautique dont les planches à voile menées par des enfants évoluent près de cette grève [étaient] inquiets : "Que se passe-t-il s'ils boivent la tasse, s'ils se blessent en échouant sur les vases contaminées ?" Et quelle est la situation dans le reste de la baie ? "À cause des courants, on dit qu'une goutte d'eau entrée dans la rade met trois semaines à en sortir"¹⁶. » Des comités se formèrent bientôt et, dans les réunions publiques, on entendait des gens s'exclamer : « Rhône-Poulenc est une usine atomique ! », ou encore : « Ça va péter ! »¹⁷.

Le député Jean-Yves Le Déaut rapporta s'être rendu à deux reprises sur place pour prendre le pouls de la situation... et avoir été accueilli par près de trois cents manifestants munis de porte-voix. « On a discuté avec eux, et il y a un brave monsieur qui m'a dit : "Vous vous rendez compte, Monsieur le Député, nous qu'on vivions tranquilles ici et qu'ils veulent nous mettre maintenant de la radioactivité." [...] Les gens [...] commencent à prendre peur¹⁸. » À l'évidence, « la pression médiatique sur la réputation de Rhône-Poulenc devenait extrêmement forte, se rappelle Jean-Paul Tognet, ancien directeur industriel et matières premières de Rhône-Poulenc et Rhodia Terres Rares. La direction envisageait carrément de tout arrêter... L'usine de La Rochelle a presque dû fermer à cause de ces problèmes¹⁹ ».

De 1986 à 1998, Rhône-Poulenc a été dirigé par Jean-René Fourtou. En 1994, il opta pour un changement radical de stratégie et déclara : « Je ne veux plus entendre parler de radioactivité. Achetez tout ce dont vous avez besoin, mais plus un seul produit radioactif²⁰. » La boîte de Pandore était ouverte. Chez Rhône-Poulenc (devenu Rhodia), on se demanda si des partenaires étrangers pouvaient réaliser la première partie du raffinage. Et c'est ainsi qu'un beau jour le groupe se tourna vers les Norvégiens, les Indiens et les Chinois en leur demandant : « Vous ne pourriez pas fabriquer des produits non radioactifs pour La Rochelle ? »

Rhône-Poulenc a-t-il commis des erreurs lors du traitement des minerais et péché par excès d'opacité, ne consentant que sur le tard à organiser des journées portes ouvertes au public ? Les Rochelais, peu familiarisés avec les questions de radioactivité, ont-ils dramatisé les risques auxquels ils étaient réellement exposés ? Quant aux autorités, ont-elles ajouté à la suspicion en tentant d'occulter certaines informations ? Les responsabilités sont sans doute partagées. Toujours est-il que, pendant ce temps, d'autres pays se positionnaient pour prendre le relais. « Les Norvégiens, au début des années 1990, nous proposaient de la matière première à des prix élevés, rappelle Jean-Paul Tognet. Il aurait fallu maintenir la diversité de nos approvisionnements, au lieu de quoi nous avons interrompu notre collaboration avec eux, car ils étaient moins compétitifs que les Chinois, avec lesquels nous nous sommes alors engagés dans un partenariat de long terme. »

En achetant moins cher, le chimiste français améliorerait bien entendu ses marges financières. Il faisait également les affaires de ses clients, soucieux de se procurer des terres rares transformées à moindre coût. Pourquoi agir autrement ? C'est ce que nous explique Jean-Yves Dumousseau, alors directeur commercial chez le chimiste américain Cytec : « Le coût d'accès aux terres rares ailleurs aurait été beaucoup plus élevé que si nous continuions à nous approvisionner en Chine au quart du prix ! Ce raisonnement vaut pour les terres rares, mais aussi pour l'électronique, les jeans... Cela vaut pour tout... Désolé, mais c'est comme ça que cela s'est passé²¹. »

À des milliers de kilomètres de La Rochelle, la Chine, forte d'une production annuelle de plus de cent mille tonnes, s'arrogea donc le monopole des terres rares. Et qu'importent les conditions de travail : « Les unités de séparation y opéraient sans contrôle ni pro-

cédures de sécurité. Dans les usines de raffinage, les types faisaient de l'électrolyse à sept cents degrés sans casque, en tongs et en short ! C'était n'importe quoi²² ! » témoigne Jean-Yves Dumas. En clair, admet un autre, « il y avait de la merde dont nous ne voulions pas, cela revient à ça ».

UN NOUVEL AGENCEMENT DU MONDE

Difficile, en relatant la saga de Rhône-Poulenc, de ne pas évoquer les commentateurs déplorant le « chaos » du monde dont la marche échapperait à nos facultés de compréhension. Ils se raccrochent à des clivages forts qui permettent de remettre un peu d'ordre dans cet indescriptible capharnaüm. Il y a donc les pays du Nord et ceux du Sud, l'Est et l'Ouest autrefois séparés par le mur de Berlin, les États émergents et les États développés, l'Orient et l'Occident, le monde libre face à l'axe du Mal, la « vieille Europe » contre le rafraîchissant « Nouveau Monde », et ainsi de suite. Mais il existe peut-être un clivage encore plus fort, élémentaire, instauré il y a une trentaine d'années et qui raconte le monde tel que nous l'avons agencé. Il n'a pas fait suite à un traité de Versailles, à un congrès de Vienne ni à une conférence de Yalta. Il s'agit d'un ordre industriel qui s'est naturellement imposé entre, pour simplifier, la Chine et l'Occident.

On en trouve un début de reconnaissance officielle dans le célèbre « Summers Memo », paraphé en 1991 par Lawrence Summers, économiste en chef de la Banque mondiale. Dans ce document interne, M. Summers suggérait que les économies développées exportent leurs industries polluantes vers des pays pauvres, en particulier « les pays sous-peuplés d'Afrique, [qui] sont largement sous-pollués ». « C'est une logique économique impeccable²³ », notait-il. Pressé de s'expliquer après que le mémorandum eut fuité, Larry Summers jura, bien entendu, que ses remarques étaient volontairement sarcastiques. Pourtant, elles correspondent parfaitement à la réalité : nos sociétés s'astreignant à un objectif de « risque zéro », toutes sortes d'activités industrielles ont été peu à peu interdites en France et dans l'ensemble du monde occidental²⁴.

Prenons l'exemple de REACH, ce règlement européen qui vise à minimiser les risques sanitaires liés à plus de trente mille substances chimiques contenues dans les biens de consommation²⁵. Il s'agit d'un formidable progrès pour la qualité de vie de 500 millions de citoyens d'Europe – en particulier les employés des indus-

tries. Mais cette exigence de sécurité environnementale a, dans le même temps, fortement impacté le dynamisme des industriels européens, contraints de suspendre la fabrication d'une myriade de substances devenues hors la loi²⁶. Désormais, libre à d'autres de les produire à notre place, et éventuellement de nous les vendre.

La même logique s'applique aux technologies vertes. Dans les deux dernières décennies du xx^e siècle, les Chinois et les Occidentaux se sont tout bonnement réparti les tâches de la future transition énergétique et numérique : les premiers se saliraient les mains pour produire les composants des *green tech*, tandis que les seconds, en les leur achetant, pourraient se targuer de bonnes pratiques écologiques. En d'autres mots, le monde s'est organisé comme l'entendait Larry Summers : entre ceux qui sont sales et ceux qui font semblant d'être propres.

C'est bien cet enseignement que nous livrent les sagas de Mountain Pass et de La Rochelle : en déplaçant ses mines et ses usines de métaux rares dans l'empire du Milieu, l'Occident a fait le choix de délocaliser sa pollution²⁷. Nous avons sciemment, patiemment, échafaudé un système nous permettant de transférer notre « merde » le plus loin possible – et les Chinois, loin de se pincer le nez, ont accueilli l'initiative à bras ouverts. « Nous pouvons les remercier pour les dégâts écologiques qu'ils ont subis afin de produire ces métaux à notre place ! » confirme, magnanime, un industriel canadien des métaux rares²⁸.

Gardons-nous de tout propos anticapitaliste : les États qui nous préoccupent ici ont librement adopté ce système, délibérément spécialisé leurs économies et généré les immenses profits escomptés. La mondialisation des marchés fut un progrès qui a profité à beaucoup. Mais les Chinois admettent dorénavant autre chose, à l'instar de cet universitaire : « On nous encense pour avoir épousé l'ordre mondial de l'époque, régi par l'Occident. Mais la Chine a aussi souffert. Si je devais raisonner en termes d'analyse coûts/bénéfices, les avantages que nous avons acquis ne sont pas si certains²⁹. » En vertu de ce pacte, Pékin a littéralement blanchi les minerais sales. Dissimuler en Chine l'origine douteuse des métaux a permis de décerner aux technologies vertes et numériques un certificat de bonne réputation. C'est certainement la plus fantastique opération de *greenwashing* de l'histoire.

Bien sûr, les industriels occidentaux sont dans la connivence. « Ils se foutent des conditions d'extraction et de raffinage du minerais, assure un industriel français. La seule chose qui les intéresse,

c'est d'acheter moins cher. » Ils entretiennent également notre ignorance des drames humains qui se jouent dans les coulisses de la transition énergétique et numérique. Ainsi, le dernier rapport annuel du groupe américain Apple, pourtant consommateur majeur de métaux rares, ne contient pas une seule fois les mots « terres rares », « minerais » ni « métaux »³⁰. Quant à celui du groupe américain Tesla, leader mondial des voitures électriques, il ne mentionne le terme « métal » qu'à deux reprises, sans jamais faire référence aux terres rares dont ses véhicules sont pourtant truffés³¹.

La révolte aurait bien pu venir des consommateurs. Ce sont eux qui, en achetant ou boycottant un produit, détiennent le pouvoir d'orienter un marché et de faire évoluer ses pratiques. L'information à ce sujet ne manque pourtant pas : des documentaires ont été consacrés aux désolants impacts écologiques des produits électroniques, et on ne compte plus les rapports publiés par les ONG³². De même, il leur faudrait faire pression sur les industriels pour qu'ils conçoivent des produits plus écologiques, tels les téléphones réparables de la marque Fairphone³³. En tant qu'électeurs, enfin, ils pourraient faire pression sur leurs gouvernants pour que les timides réglementations s'attaquant à l'obsolescence programmée soient durcies. Or ils n'ont rien voulu savoir, parce qu'un monde connecté est encore préférable à une planète propre. Mais l'espoir est permis : depuis 2015, la loi Hamon sur la consommation enjoint aux industriels d'informer les consommateurs sur les pièces détachées disponibles. De même, des initiatives citoyennes ont éclos ces dernières années afin de réparer le petit électroménager.

Aujourd'hui, l'Europe veut laver plus blanc que blanc. Elle s'impose dorénavant un ambitieux « Paquet Énergie Climat 2030³⁴ ». Or pourrions-nous tenir de tels objectifs si toutes nos industries polluantes étaient relocalisées sur notre continent ? En aucun cas ! Le transfert de responsabilité environnementale s'est opéré, et nous ne reviendrons pas dessus de sitôt³⁵. La question est dès lors permise : l'Occident est-il aussi légitime qu'il le proclame pour mener les négociations dans la lutte contre le réchauffement climatique ? La COP 21 n'aurait-elle pas dû se tenir à Pékin, Kinshasa ou Astana plutôt qu'à Paris ? Sommes-nous, en France, les mieux placés pour clamer, à l'instar du président Macron, « Make our planet great again » (rendons sa grandeur à notre planète) ?

En réalité, nous nous comportons comme ces sociétés qui

vantent à leurs actionnaires un chiffre d'affaires faramineux tout en dissimulant une montagne de dettes dans une discrète filiale aux Caraïbes. Ces opérations « hors bilan » peuvent tourner à la manipulation comptable frauduleuse – quantité de dirigeants et d'entreprises ont d'ailleurs été condamnés pour cela. De la même manière, nous nous glorifions de nos législations écologiques modernes, mais nous avons expédié nos rebuts électroniques dans des décharges toxiques ghanéennes, exporté nos déchets radioactifs au fin fond de la Sibérie et sous-traité l'exploitation de nos métaux rares un peu partout dans le monde.

Bref, nous avons maquillé nos pertes sèches en bénéfices nets.

L'ILLUSION D'UNE NOUVELLE ÈRE D'ABONDANCE

Le contexte des années 1990 a largement favorisé cette redistribution des rôles. Au début de cette décennie, George Bush et Margaret Thatcher ont popularisé l'expression « dividendes de la paix » : le déclin des dépenses d'armement, conséquence de la fin de la guerre froide, générerait une nouvelle ère de paix et de prospérité économique. Il faut se rappeler l'atmosphère d'optimisme, voire d'euphorie, qui prévalait alors. Après l'escalade nucléaire, l'heure était à la démilitarisation³⁶. Aussi, les États qui, en prévision d'un affrontement armé, avaient constitué des réserves de métaux rares nécessaires à leurs arsenaux s'interrogeaient sur l'opportunité de conserver ces stocks stratégiques.

Un stock stratégique est une sorte de compte d'épargne : lorsque l'horizon est sombre, nous nous constituons un bas de laine pour parer aux éventuels coups durs. Et, quand l'optimisme renaît, nous tapons dans nos économies pour jouir de l'instant présent. Dans le cas d'espèce, nous avons assisté à un phénomène mondial de liquidation des stocks stratégiques³⁷. En France, d'abord, où les stocks de platine et de palladium, entreposés dans les coffres de la Banque de France, ont bientôt été écoulés, par des gouvernements de droite comme de gauche. Aux États-Unis, ensuite, où des dépôts de terres rares, de lithium et de béryllium valant des dizaines de milliards de dollars ont été liquidés³⁸.

C'est de l'ex-URSS et de ses États satellites que provenait une grande partie de cette corne d'abondance. Des stocks historiques de palladium y furent soldés, en toute discrétion, en passant par Zurich. « Ça a commencé via les banques UBS et Credit Suisse, en direction de consommateurs finaux tels que le secteur de la bijouterie. Le palladium fut également racheté par de grands tra-

ders, comme Glencore et Trafigura », raconte un ancien gérant de fonds³⁹. Fait notable : Pékin poursuivait alors une stratégie inverse de constitution de réserves, et racheta une bonne partie de ces achalandages...

Les immenses surplus de matières premières soudainement disponibles engendrèrent une chute durable des cours et accréditèrent l'idée de commodités disponibles à satiété. Cette illusion d'une nouvelle ère d'abondance fut bien évidemment renforcée par l'abolition des entraves au commerce international de matières premières. Les clients des industries minières n'avaient alors qu'un seul souci : se procurer des métaux rares au prix le plus bas.

Cette opulence imaginaire a bientôt détourné les industriels d'une de leurs tâches principales : connaître l'origine des ressources et maîtriser leurs circuits d'approvisionnement. On a pu observer ce phénomène dans l'industrie du bois. En France, les professionnels de la seconde transformation ne savent plus très bien d'où provient la matière. L'éclatement des chaînes de production et les distances de plus en plus longues parcourues par les grumes ont concouru à déconnecter de la matière les parquetiers, les charpentiers et les menuisiers. Résultat : le jour où la Chine fait brusquement main basse sur le chêne français, raflant tout sur son passage, plus personne ne sait vers quels nouveaux fournisseurs se tourner⁴⁰...

Cela vaut tout autant pour les parfums : dès les années 1950, la mondialisation et le faible coût de la main-d'œuvre ont incité les parfumeurs à délaisser les fleurs cultivées dans la ville provençale de Grasse pour se tourner vers des matières moins nobles produites en Égypte, en Inde ou en Bulgarie. « Les parfums se vendaient sur des concepts, pas sur la qualité de leurs matières premières⁴¹ », explique un professionnel. Une philosophie sur laquelle le secteur de la parfumerie commence à revenir.

Et c'est peu ou prou ce qui s'est passé dans l'industrie utilisatrice de métaux rares. Le postulat selon lequel les ressources sont disponibles en n'importe quelles quantités à n'importe quel moment y prévaut encore. Cette utopie a même été encouragée par les dogmes du *just in time* (juste à temps) et *zero stock* (aucun stock). Enseignées dans tous les MBA (Master of Business Administration) de la planète et appliquées par les grands industriels, ces deux méthodes de gestion de la production ont été instituées dès 1962 au sein du groupe japonais Toyota par l'ingénieur Taiichi Ōno

(on parle pour cette raison de « toyotisme »). Afin d'éviter tout surplus, la règle du *just in time* veut que le temps écoulé entre la fabrication du produit et sa vente soit le plus court possible, ce qui suppose des chaînes de production à flux tendu. Le *zero stock* est son corollaire : la gestion des pièces détachées et des composants est confiée à une armada de sous-traitants externes.

C'est donc à ces fournisseurs que les risques liés à la livraison de matières premières ont été transférés *de facto*. La complexification concomitante de la chaîne logistique n'a guère facilité la transmission de la culture des matières premières d'un bout à l'autre du circuit d'approvisionnement, puisque, au-delà de N+1 et de N-1, plus personne ne se parle. Voilà certainement pourquoi le groupe d'électronique français Thales, dont les produits destinés aux marchés de l'aérospatiale, de la défense, de la sécurité ou encore des transports terrestres nécessitent des quantités colossales de métaux rares, indique benoîtement dans l'un de ses derniers rapports annuels, à l'entrée « Risque sur matières premières » : « Thales consomme directement peu de matières premières. L'exposition du groupe au risque sur matières premières est donc négligeable⁴². » Hypocrisie ? Inconscience ? Le toyotisme a en tout cas favorisé une déresponsabilisation des industriels face au « risque métaux ».

L'ABANDON DES POLITIQUES PUBLIQUES DE SOUVERAINETÉ MINÉRALE

Fort logiquement, ce qui vaut pour les industriels vaut pour les États. Dans ce contexte d'imprévoyance et de légèreté, la puissance publique a progressivement mis sous le boisseau toute stratégie minière. Jusqu'à l'effondrement du bloc communiste, la France n'avait pourtant pas démerité. Le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) était un organisme public mondialement reconnu pour son expertise en matière d'exploration minière. Il avait même tiré profit des deux chocs pétroliers de 1973 et 1979, lesquels avaient familiarisé les responsables politiques français avec les enjeux de la rareté des ressources. Sur proposition d'André Giraud, alors ministre de l'Industrie, le gouvernement lança en 1978 un vaste inventaire minier français, le « Plan Métaux », qui dopa les activités du Bureau. Non sans nostalgie, les anciens parlent encore de la « grande époque du BRGM », celle d'un groupe organisé, doté d'un programme d'exploration minière activement soutenu par l'État, notamment en France métropolitaine et

en Guyane⁴³. Le BRGM, qui employait 250 personnes dans son seul service d'exploration, proposait même ses bons offices en Afrique francophone, au Portugal ou encore au Québec⁴⁴.

Et puis, dans les années 1990, l'inventaire minier français toucha à sa fin, et le dynamisme du BRGM commença à baisser. Les activités d'exploration cessèrent autour de l'année 2000⁴⁵. Ce fut le début de ce qu'on allait appeler l'« hiver minier français ». « Nous avions pourtant de l'or, du zinc, du tungstène, de l'antimoine, de l'argent ! se rappelle un ancien fonctionnaire. Mais les investisseurs se faisaient plus rares⁴⁶. » Les mines qui n'avaient pas déjà fermé furent abandonnées, générant leur lot de drames sociaux. « L'industrie minière n'a jamais constitué une part importante du PIB français, poursuit l'ancien serviteur de l'État. Mais, en additionnant quelques centaines d'employés par mine, cela représentait pas mal d'emplois. Au final, c'est toute une industrie que nous avons perdue. Sans compter notre souveraineté minérale, c'est-à-dire notre capacité à fournir des minerais et des métaux à nos propres industries. »

Les trois Livres blancs sur la défense et la sécurité nationale publiés en 1971, 1994 et 2008 ne font pas une seule fois référence aux approvisionnements en métaux rares, pourtant indispensables aux technologies militaires. Il faut attendre celui de 2013 pour que le terme fasse son apparition⁴⁷. Quant aux services de renseignement, ce dossier ne les intéresse guère. « L'État n'a jamais demandé aux services une quelconque action en ce sens. Je crois que la Direction générale de la sécurité extérieure (DGSE) se trouve à des années-lumière de ces questions-là », admet Alain Juillet, ex-directeur du renseignement. Selon plusieurs sources concordantes, pourtant, un ancien maître espion, Alain de Marolles, aurait, dans les années 1970, convaincu Alexandre de Marenches, alors patron du renseignement français, de placer huit minerais stratégiques sur une liste de métaux présentant des risques d'approvisionnement. Puis M. de Marenches a quitté ses fonctions, Alain de Marolles a été remercié, et leurs successeurs n'ont pas manifesté d'intérêt pour cette cause⁴⁸.

Trois décennies ont donc suffi à opérer un retournement stratégique complet. Jusqu'alors, l'un des principaux leviers de puissance d'une nation consistait à exploiter ses propres ressources vitales ou, à défaut, à mettre tout en œuvre pour en garantir l'approvisionnement en dehors de ses frontières. Prenons le cas du pétrole : au début du xx^e siècle, lorsque le Premier Lord de l'Ami-

rauté, Winston Churchill, entreprit de convertir la Royal Navy au mazout en lieu et place du charbon, il chercha simultanément à sécuriser les ravitaillements du Royaume-Uni en or noir du côté du Levant. Le gouvernement britannique prit ainsi une participation majoritaire dans l'Anglo-Persian Oil Company et quadrilla la Perse de gigantesques oléoducs reliés aux voies navigables.

Après la Seconde Guerre mondiale, lorsque les États-Unis prirent conscience que leurs propres réserves de pétrole ne suffiraient pas à satisfaire leurs besoins énergétiques croissants, ils se tournèrent vers le royaume saoudien, doté de fabuleuses réserves de brut. Le pacte du Quincy, signé le 14 février 1945 entre le président Roosevelt et le roi Ibn Saoud, permit bientôt à Washington de bénéficier d'un accès privilégié au pétrole de Riyad en échange d'une protection militaire. De la même manière, l'Algérie et le Gabon ont fait l'objet de toutes les attentions de la France. D'autre part, sur le front alimentaire, Paris a toujours réussi, lors des cycles de négociations de l'OMC, à préserver une part de souveraineté en limitant l'ouverture des marchés agricoles. Sans parler de notre programme nucléaire civil.

Exploiter ses propres ressources pour soi-même ou en garantir des livraisons pérennes par-delà les mers : cela fait des millénaires que ces deux règles élémentaires agencent toute stratégie d'indépendance énergétique. Or aucune d'elles n'a été appliquée jusqu'à ce jour pour les métaux rares. On pourrait objecter que les quantités en jeu sont insignifiantes au regard des gigantesques volumes d'hydrocarbures que nous engloutissons. Cependant, comme nous l'avons vu, ces métaux sont aussi discrets qu'indispensables. Chaque habitant de la planète pris isolément ne consomme que 17 grammes de terres rares par an, mais le monde serait fortement ralenti sans ces quelques miettes d'écorce terrestre. Pourtant, rares sont les prospectivistes à s'être penchés sur l'importance acquise par ces petits métaux compte tenu des choix technologiques que nous avons opérés depuis les années 1970. Dépendre totalement des autres et le revendiquer : ce qui apparaissait il y a peu comme une politique parfaitement suicidaire est devenu la chose la plus communément admise.

C'était certainement avant que le court-termisme du marché ne fasse son œuvre : comme le dit un expert américain, « les pays occidentaux n'ont plus de stratégie à long terme – et les métaux rares ne font pas exception⁴⁹ ». S'ajoutent à cela des facteurs spécifiquement français : doté de mines, de ressources agricoles

et halieutiques en abondance, l'Hexagone a certainement cultivé une moindre sensibilité à la dépendance que des États comme le Japon, contraints de développer une culture du négoce et de se constituer de solides circuits de ravitaillement pour pallier la pauvreté de leurs sous-sols. Notre pays n'est pas davantage une contrée de négociants et n'a donc jamais développé une culture de l'intelligence économique concernant les marchés des métaux rares. Analyse d'un spécialiste : « L'ADN français n'est pas armé pour une situation de pénurie⁵⁰. »

Nous honorons, en somme, le culte du cargo autrefois initié par quelque aïeul océanien. Rappelez-vous : entre la fin du XIX^e siècle et les années 1940, les Mélanésiens, une mosaïque de peuples éparpillés notamment en Papouasie-Nouvelle-Guinée, sur les îles Fidji et en Nouvelle-Calédonie, entrèrent brutalement en contact avec les sociétés occidentales. D'abord avec des colons français et britanniques, avides de conquêtes et de profits, puis avec les armées américaines engagées dans la guerre du Pacifique. Ces nouveaux occupants partageaient un souci commun : être régulièrement approvisionnés en vivres et en matériel. Ils établirent dès lors des réseaux logistiques reliant le vaste monde à ces confettis de terre.

Imaginez la stupéfaction des tribus ancestrales voyant arriver des bateaux, puis des avions, les soutes chargées de trésors... On devine également leur éblouissement devant l'apparente facilité avec laquelle ces achalandages se matérialisaient : il suffisait aux radio-opérateurs d'exprimer un souhait dans leur poste pour que médicaments, victuailles et équipement débarquent sur le sable fin ou descendent du ciel, comme par enchantement... Les Mélanésiens n'avaient bien sûr pas la moindre idée du tissu industriel qui se tramait derrière ces ravitaillements. Mais, puisqu'il n'y avait qu'à demander pour se servir, ils imitèrent les Occidentaux. Ils conçurent des postes de radio fictifs pour y passer commande, aménagèrent de fausses pistes d'atterrissage – et guettèrent la satisfaction de leurs doléances pendant très, très longtemps... Les Occidentaux nommèrent ces rituels « culte du cargo⁵¹ ».

Au XXI^e siècle et à l'autre bout du monde, nos sociétés, quoique rationnelles et matérialistes, se livrent à un culte semblable. Le génie de la logistique est parvenu à nous débarrasser d'une peur qui a obsédé nos ancêtres pendant 70 000 ans : la peur de manquer. Mais tout a un coût. Car cette planétarisation des chaînes d'approvisionnement nous donne d'une main (les produits de consomma-

tion) ce qu'elle nous retire de l'autre (la culture de leur provenance). Nous avons gagné en pouvoir d'achat ce que nous avons perdu en savoir d'achat. Voilà pourquoi 16 millions d'adultes américains sont toujours persuadés que le lait chocolaté provient de vaches marron⁵².

Mais le grand ensommeillement de l'Occident n'a pas fait que des malheureux ! En organisant le transfert de la production des métaux rares, nous avons fait bien plus que léguer le fardeau du pétrole du XXI^e siècle aux forçats de la mondialisation ; nous avons confié à de potentiels rivaux un précieux monopole.

1. Pour aller plus loin, voir Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ?*, op. cit.

2. Voir Mineral Resources On-Line Spatial Data, USGS : <http://mrdata.usgs.gov/ree/>.

3. Op. cit.

4. Ibid.

5. Voir notamment « Rare Earth Mining at Mountain Pass », *Desert Report*, mars 2011.

6. Entretien avec Chen Zhanheng, vice-président de la Société chinoise des terres rares, 2016.

7. Entretien avec Jean-Yves Dumousseau, alors directeur commercial chez le chimiste américain Cytec, 2011.

8. Pour une chronologie précise, voir <http://www.solvay.fr/fr/implantations/la-rochelle/la-rochelle-historique.html>.

9. Entretiens avec Jean-Paul Tognet, ancien directeur industriel et matières premières de Rhône-Poulenc et Rhodia Terres Rares, 2016 et 2017.

10. La grève de Port Neuf fait face au port des Minimes, à moins de deux kilomètres de la tour Saint-Nicolas.

11. Entretien avec Bruno Chareyron, ingénieur en physique nucléaire à la CRIIRAD, 2016.

12. Alain Roger et François Guéry (dir.), *Maîtres et protecteurs de la nature*, Champ Vallon, 1991.

13. Selon Régis Poisson, ancien ingénieur chez Rhône-Poulenc, les autorités auraient un jour demandé : « Est-il possible de décolorer les fumées rousses rejetées par l'usine ? Ça fait sale ! »

14. « La CRIIRAD crie à la radioactivité dans la baie de La Rochelle », *Libération*, 19-20 mars 1988.

15. Il semblerait même que le problème ait perduré jusqu'en 2002 au moins : une nouvelle étude de la CRIIRAD a alors démontré « la persistance d'une contamination de l'ancienne canalisation de rejet » sur la grève de Port Neuf. Voir le rapport CRIIRAD n° 10-149 V1 1, « Mesures radiométriques sur terrain de l'université de La Rochelle », 15 décembre 2010. Selon Bruno Chareyron, « l'ouvrage n'avait pas été démantelé et l'environnement immédiat de cet émissaire n'avait même pas été balisé. L'industriel n'avait pas fait tout ce qui était en son pouvoir pour limiter l'exposition des riverains aux radiations ».

16. « La CRIIRAD crie à la radioactivité dans la baie de La Rochelle », art. cité.

17. Entretiens avec Jean-Paul Tognet, 2016 et 2017.

18. Rapport sur la gestion des déchets très faiblement radioactifs, par M. Jean-Yves Le Déaut, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), 1992, p. 67 et suivantes.

19. Entretiens avec Jean-Paul Tognet, 2016 et 2017.

20. *Ibid.* Contacté fin 2016, Jean-René Fourtou n'a pas répondu à notre demande d'interview.
21. Entretien avec Jean-Yves Dumousseau, 2016. Jean-Paul Tognet, lui, évoque des prix chinois environ 25 % inférieurs à ceux de la concurrence.
22. *Ibid.*
23. « Toxic Memo », *Harvard Magazine*, 5 janvier 2001.
24. Entretien avec Patrice Christmann, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), 2013.
25. Règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), et instituant une Agence européenne des produits chimiques.
26. Entretien avec Christophe-Alexandre Paillard, aujourd'hui directeur du domaine « Armement et économie de défense » de l'Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM), 2013.
27. Comme le note avec justesse Louis Maréchal, aujourd'hui conseiller politique Industries extractives à l'Unité sur la conduite responsable des entreprises à l'OCDE, en transférant la responsabilité de la production aux pays miniers, nous avons également externalisé les impacts sociétaux qui y sont attachés : la corruption, les conflits, les problèmes de gouvernance, le marché noir, les violations des droits de l'homme... Entretien avec Louis Maréchal, 2017.
28. Intervention de Gregory Bowes, président de Northern Graphite, 5^e Annual Cleantech & Technology Metals Summit : Invest in The Cleantech Revolution, 2016.
29. Entretien avec Xue Lan, professeur de sciences politiques à l'université de Tsinghua, 2016.
30. « Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(D) of the Securities Exchange Act of 1934 for the Fiscal Year Ended September 26, 2015 », Apple, Inc.
31. « Annual Report Pursuant to Section 13 or 15(D) of the Securities Exchange Act of 1934 for the Fiscal Year Ended December 31, 2015 », Tesla Motors, Inc. Le groupe Tesla dit se passer de terres rares pour faire fonctionner le moteur de ses véhicules, mais occulte celles nécessaires aux fonctions électroniques embarquées (ordinateur de bord, moteurs électriques pour actionner les fenêtres, les essuie-glaces ou encore les sièges...).
32. Pour n'en citer qu'un, consulter par exemple le rapport « Mining for smartphones : the true cost of tin », Friends of the Earth, 2012.
33. « Le Fairphone, le smartphone anti-obsolescence programmée », France Inter, 2 octobre 2017.
34. Cadre pour le climat et l'énergie à l'horizon 2030. Pour rappel, celui-ci enjoint aux États membres de réduire, d'ici à 2030, leurs émissions de CO₂ de 40 % par rapport au niveau de 1990 et de porter à 27 % la part des énergies renouvelables dans leur consommation d'énergie.
35. Cette réalité explique certainement le dialogue de sourds que nous rapporte Song Xi Chen, professeur d'économie à l'université de Pékin, avec un négociant d'acier américain de Milwaukee dans un avion reliant Chicago à Pékin, en 2014 : « Je lui ai dit : "Vous êtes responsable de cette pollution en Chine !" Ce à quoi il m'a répondu : "Mais je ne suis pas propriétaire de cette industrie !" ». Entretien avec Song Xi Chen, 2016.
36. Durant toute la décennie et jusqu'au 11 septembre 2001, les dépenses militaires des États-Unis ont enregistré une baisse quasi constante. Voir « Trends in U.S. Military Spending », Council on Foreign Relations, 15 juillet 2014. Même tendance en France, où le budget consacré à la défense, calculé en « euros constants », a chuté de 20 % en l'espace de vingt-cinq ans pour s'établir à 31,4 milliards d'euros en 2015. Voir « En euros constants, le ministère de la Défense a perdu 20 % de son budget en 25 ans », *Le Monde*, 29 avril 2015.
37. Entretien avec Alain Liger, ancien secrétaire général du Comité pour les métaux stratégiques (COMES), 2016.
38. Entretien avec Chris Ecclestone, fondateur de Hallgarten & Company, 2016. Selon M. Ecclestone, les stocks ne se trouvaient pas sous le contrôle du département du Trésor, mais du Pentagone. Leur liquidation permit à l'armée américaine de compenser la

chute des crédits militaires et de financer l'achat de nouveaux équipements tels que des drones, des avions et des bombes intelligentes.

39. Entretien avec Jean-Philippe Roos, alors analyste des marchés de matières premières à la Direction des études économiques de Natexis Asset Management, 2010. Ce mouvement avait même apparemment commencé bien plus tôt : à la suite de la signature des accords SALT (Strategic Arms Limitation Talks) 1 et 2, en 1972 et 1979, l'URSS avait démantelé certains stocks de bombes atomiques et revendu aux Américains l'uranium qui s'y trouvait. Les grandes quantités de minerai qui avaient brusquement inondé le marché auraient ainsi contribué à « tuer » l'industrie américaine de l'uranium.

40. « Braderie forestière au pays de Colbert », *Le Monde diplomatique*, octobre 2016.

41. « Grasse se remet au parfum », *M. Le magazine du Monde*, 11 juillet 2016.

42. Thales, document de référence 2015, incluant le rapport financier annuel.

43. Entretien avec Alain Liger, 2016.

44. Au Portugal, les géologues du BRGM ont découvert le gisement de cuivre de Neves-Corvo. Au Québec, leurs explorations ont permis l'exploitation d'un gisement de cuivre et de zinc, la mine Langlois.

45. Entretien avec Alain Liger, 2016.

46. *Ibid.*

47. Jean-Marie Guehenno, *Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale 2013*, La Documentation française, 2013.

48. En 1984, Alain de Marolles, fraîchement retraité, publia un livre d'analyse prospective dans lequel il faisait notamment référence à une « troisième révolution industrielle » en cours, aiguillonnée par les industries de l'électronique, de la conquête spatiale et de la biologie. Notant les besoins considérables en métaux générés par de telles filières, il prophétisait que certaines ressources, tels le cuivre, le cobalt, le manganèse, le nickel, le plomb, le platine et l'or, seraient à l'avenir extraites du fond des océans. Voir Alain de Gaigneron de Marolles, *L'Ultimatum. Fin d'un monde ou fin du monde ?*, Plon, 1984.

49. Entretien avec Jack Lifton, 2016.

50. Entretien avec Didier Julienne, stratège des ressources naturelles, 2016.

51. Serge Gainsbourg l'évoque dans sa chanson « Cargo Culte », en 1971.

52. « The surprising number of American adults who think chocolate milk comes from brown cows », *The Washington Post*, 15 juin 2017.

L'Occident sous embargo

La fête battait son plein. Les Occidentaux chantaient haut et fort leur nouvelle conversion écologique, tandis que les Chinois, en bons galériens de la transition énergétique et numérique, broyaient péniblement des cailloux au fin fond du Jiangxi. Les emplois les plus vils partaient vers l'empire du Milieu, pendant que nous nous concentrons sur les industries à haute valeur ajoutée. Nous étions les grands gagnants des règles du jeu que nous avons écrites et imposées nous-mêmes.

Mais, un jour, des représentants d'une espèce en voie de disparition sous les latitudes occidentales, les géologues, sont venus nous casser les pieds. Ils nous ont posé des piles de rapports chiffrés sur les bras et nous ont mis devant une réalité déplaisante, irritante : devenue productrice prépondérante de certains métaux rares, la Chine avait désormais l'opportunité inédite d'en refuser l'exportation vers les États qui en avaient le plus besoin.

PÉKIN, NOUVEAU MAÎTRE DES MÉTAUX RARES

Chaque année, le United States Geological Survey (USGS), une agence chapeautée par le ministère de l'Intérieur américain et dont le rôle est d'étudier les ressources minières, publie un rapport d'une importance primordiale : le *Mineral Commodity Summaries*. Quatre-vingt-dix matières premières indispensables à nos économies modernes y sont passées au crible des analystes. Sur plus de deux cents pages se succèdent des statistiques concernant les ressources disponibles, les stocks mondiaux et, surtout, la répartition de leur exploitation dans le monde.

Or ce dernier indice est alarmant : l'USGS nous informe que Pékin produit 44 % de l'indium consommé dans le monde, 55 % du vanadium, près de 65 % du spath fluor et du graphite naturel, 71 % du germanium et 77 % de l'antimoine¹. La Commission européenne tient sa propre liste et abonde dans le même sens : la

Chine produit 61 % du silicium et 67 % du germanium. Les taux atteignent 84 % pour le tungstène et 95 % pour les terres rares. Sobre conclusion de Bruxelles : « La Chine est le pays le plus influent en ce qui concerne l’approvisionnement mondial en maintes matières premières critiques². »

Dans le sillage de la Chine, une myriade d’États appliquant une logique de spécialisation minière ont également acquis des positions majoritaires, voire monopolistiques. La République démocratique du Congo produit ainsi 64 % du cobalt, l’Afrique du Sud fournit 83 % du platine, de l’iridium et du ruthénium, et le Brésil exploite 90 % du niobium. L’Europe est également dépendante des États-Unis, qui produisent plus de 90 % du béryllium. Enfin, d’autres pays détiennent une quote-part de la production mondiale suffisamment importante pour pouvoir provoquer une situation de pénurie temporaire et de fortes variations des cours. C’est le cas de la Russie, qui contrôle à elle seule 46 % des approvisionnements de palladium, et de la Turquie, qui fournit 38 % des approvisionnements en borate.

Pour Pékin, cette main basse sur les métaux rares est d’abord une question de survie. Avec les États-Unis, la Chine est le pays le plus soucieux qui soit de la sécurité de ses approvisionnements³. En effet, l’empire du Milieu n’est pas seulement le premier producteur de minerais de la planète, il en est aussi le principal consommateur⁴. Pour les besoins de ses 1,4 milliard d’habitants, il engloutit 45 % de la production mondiale de métaux industriels⁵ – une voracité qui vaut également pour les matières premières agricoles⁶, le pétrole, la poudre de lait et même les vins de Bordeaux (consulter l’annexe 9 sur la part de la Chine dans la consommation mondiale de certaines matières premières).

Les stratèges chinois ont été particulièrement familiarisés à ces défis de souveraineté minérale : pendant ses études en France, Deng Xiaoping a en effet œuvré dans une fonderie en fer du Creusot⁷. Quant à ses successeurs, souligne un stratège en ressources naturelles, « sur les six derniers présidents et Premiers ministres, à l’exception du Premier ministre actuel [Li Keqiang], juriste, tous reçurent une formation thématique d’ingénieur : électricité, hydroélectricité, géologie, chimie des procédés⁸ ». Premier ministre de Hu Jintao de 2003 à 2013, Wen Jiabao est lui-même géologue de formation. Aidés par un système politique autoritaire et stable qui valorise la patience du temps long et la constance dans la prise de décision, Deng Xiaoping et ses successeurs ont

pu jeter les bases d'une ambitieuse politique de sécurité des approvisionnements.

La méthode a été celle du rouleau compresseur : en quelques décennies, la Chine a multiplié les ouvertures de mines sur son territoire, lancé le chantier d'une seconde route de la soie, terrestre et maritime, afin de disposer d'un corridor d'approvisionnement de commodités depuis l'Afrique, et mené des opérations de fusion et acquisition d'entreprises dans le secteur des produits de base. Les marchés mondiaux et les équilibres géopolitiques ont été bouleversés au fur et à mesure que Pékin étendait sa sphère d'influence. Ainsi, la Chine n'est pas simplement devenue un acteur des marchés des métaux rares ; elle s'est bel et bien muée en un faiseur de ces marchés.

Sa prééminence est devenue telle que, dorénavant, tout ce qui se décide à Pékin a nécessairement des effets partout dans le monde. Un infléchissement de la production minière locale, et ce sont les rouages bien huilés de l'offre et de la demande qui s'enrayent. Un sursaut soudain de la demande intérieure suffit à causer de graves ruptures d'approvisionnement. Cela s'est déjà produit avec le titane, un minerai dont la Chine fournit environ 50 % de la production mondiale : entre 2006 et 2008, un brusque accroissement de la consommation chinoise a entraîné une multiplication des cours par dix⁹ et placé le groupe français Dassault Aviation face à de sérieuses difficultés d'approvisionnement¹⁰.

L'« ARME DES MÉTAUX » AU SERVICE DE LA POLITIQUE ÉTRANGÈRE CHINOISE

Pékin s'est vite rendu compte du pouvoir prométhéen que lui conférait cette mainmise sur les métaux rares. Songez que les quatorze pays membres de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), capables depuis des décennies d'influencer fortement les cours du baril, ne totalisent « que » 41 % de la production mondiale d'or noir... La Chine, elle, s'arroge jusqu'à 99 % de la production mondiale de terres rares, le plus convoité des métaux rares ! « C'est une OPEP sous stéroïdes », fait observer un spécialiste australien¹¹. Or que fait une nation lorsqu'elle prend conscience d'une telle prééminence ? Eh bien, elle commence à concevoir des desseins nettement plus agressifs...

C'est exactement ce que fait la Chine. Les préceptes d'une politique commerciale hostile en matière de métaux rares auraient été énoncés par Deng Xiaoping lui-même en 1992. Un propos qui lui est attribué est souvent cité par les Chinois, avec un rictus de sa-

tisfaction, dans les rendez-vous d'affaires ou les sommets consacrés aux matières premières. Au printemps 1992, au cours d'une visite de la mine de terres rares de Bayan Obo, le numéro un chinois aurait lancé cette maxime prémonitoire : « Le Moyen-Orient a du pétrole, la Chine a des terres rares. » Tout était dit.

Au tournant des années 2000, les observateurs avisés des marchés des métaux rares remarquèrent que quelque chose ne tournait pas rond. Les quotas chinois à l'exportation de terres rares, fixés à 65 000 tonnes en 2005, amorcèrent une baisse dès l'année suivante, à un peu moins de 62 000 tonnes. En 2009, Pékin n'exportait plus que 50 000 tonnes, et, en 2010, les chiffres officiels faisaient état de seulement 30 000 tonnes¹². Et la Chine fit de même avec tous les métaux rares dans la production desquels elle détenait une part disproportionnée. En août 2001, par exemple, elle établit des quotas à la vente de molybdène à destination de l'Union européenne. Elle persévéra, entre 2007 et 2008, via l'imposition d'une série de taxes à l'export particulièrement rédhibitoires¹³. L'analyse des plaintes contre les pratiques commerciales chinoises portées devant l'OMC suffit à lever les derniers doutes : ces deux dernières décennies, l'empire du Milieu a été accusé de mettre en œuvre une politique systématique de restriction des exportations de minerais rares aussi divers que le spath fluor, le coke, la bauxite, le magnésium, le manganèse, le phosphore jaune, le carbure de silicium ou encore le zinc¹⁴.

De Jakarta à Los Angeles, de Johannesburg à Stockholm, tout le monde a commencé, au cours des années 2000, à sentir la pression croissante de la Chine. « Chaque mois, nous nous demandons avec inquiétude quels nouveaux quotas seraient émis », raconte Jean-Yves Dumousseau, qui œuvrait en Chine à cette époque¹⁵. Grands consommateurs de terres rares pour leurs industries high-tech, les Japonais furent même mis au parfum de manière beaucoup plus franche et plus brutale. « En 2004, j'ai participé à plusieurs réunions entre le ministère de l'Industrie japonais et des représentants du gouvernement chinois, rapporte, sous le sceau de l'anonymat, un diplomate japonais rencontré à Tokyo. Nous avons notamment abordé la question des terres rares, et, de manière répétée, les Chinois nous ont clairement signifié qu'ils pouvaient couper à tout moment les robinets [des approvisionnements]. »

« Il était clair qu'une crise plus sévère encore allait, un jour ou l'autre, nous sauter à la figure », confirme un expert français.

Mais, après tout, le ^{xx}^e siècle n'est-il pas parsemé de cas d'embargos imposés par un État sur une ressource stratégique dont il détient une part conséquente de la production dans le but d'en tirer un profit commercial, diplomatique ou militaire ?

Voyez plutôt.

Dans les années 1930, les États-Unis imposèrent à l'Allemagne un embargo sur l'hélium (dont ils étaient les seuls producteurs) de crainte que les nazis, qui utilisaient déjà ce gaz pour faire voler leurs dirigeables Zeppelin, ne l'emploient un jour à des fins belliqueuses.

En 1973, en réaction à la guerre du Kippour, l'OPEP décréta un embargo pétrolier contre Israël et ses alliés, déclenchant le premier choc pétrolier de l'histoire.

En 1979, le président américain Jimmy Carter gela l'exportation de 17 millions de tonnes de céréales à destination de son rival soviétique après que celui-ci eut envahi l'Afghanistan¹⁶.

Plus récemment, la presse internationale s'est largement fait l'écho de la cessation par la Russie de ses exportations de gaz à destination de la Pologne et de l'Ukraine, sur fond de tensions diplomatiques¹⁷.

Après l'arme du gaz, après l'arme du pétrole, après l'arme des céréales, ce qui devait arriver arriva : l'empire du Milieu actionna son arme, celle des métaux. Et, en septembre 2010, Pékin décréta un rocambolesque embargo sur les terres rares.

Le premier embargo de la transition énergétique et numérique.

DES MANŒUVRES COMMERCIALES AUX RÉPERCUSSIONS PLANÉTAIRES

À l'origine de ce coup de tonnerre, une vieille dispute, *a priori* insignifiante, entre le Japon et la Chine autour de l'archipel des Senkaku (également appelé Diaoyu). Celui-ci est composé de cinq minuscules îlots et de trois rochers posés sur la mer de Chine orientale, au nord-est de Taïwan. C'est tout ? Oui, mais il abrite de gigantesques réserves d'hydrocarbures, raison pour laquelle les deux puissances asiatiques le convoitent depuis la fin du ^{xix}^e siècle.

Les îles de Senkaku ont été ravies à la Chine par le Japon à la suite de la première guerre sino-japonaise, en 1895. Puis elles sont passées sous contrôle américain au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, avant de retourner dans le giron japonais en 1972. Or la Chine revendique toujours la souveraineté sur ces terres, au grand dam du pays du Soleil-Levant. Aussi, le 7 sep-

tembre 2010, quand un chalutier chinois hasarda ses filets au large des îles de Senkaku, les gardes-côtes japonais assimilèrent cette intrusion à une provocation et prirent le bateau en chasse. La scène qui s'ensuivit – filmée et visible sur Internet¹⁸ – est pour le moins surprenante : le capitaine chinois refusa d'obtempérer et envoya son vaisseau percuter le patrouilleur japonais. Son arrestation par les gardes-côtes provoqua un énorme scandale en Chine. Il faut dire que les médias chinois, prompts à enflammer la moindre fibre nationaliste, surent entretenir l'indignation.

Curieusement, deux semaines plus tard, le 22 septembre, toutes les livraisons de terres rares chinoises à destination du Japon furent suspendues – sans que Pékin ait officiellement décrété le moindre embargo. « L'épisode du chalutier a cristallisé nos réflexes nationalistes, raconte Chen Zhanheng, vice-président de la Société chinoise des terres rares, rencontré à Pékin. De nombreuses entreprises chinoises ont alors décidé d'elles-mêmes de cesser leurs livraisons aux Japonais ! » Chen Zhanheng relaie, avec une étourdissante mauvaise foi, la rhétorique des autorités chinoises, soucieuses de ne pas contrarier l'Organisation mondiale du commerce (OMC) : officiellement, il n'y a jamais eu d'embargo.

Un an après les événements, les industriels japonais n'en croient toujours pas un mot. À deux mille kilomètres de la Cité interdite, le Shinkansen (TGV japonais), parti de la gare de Tokyo, contourne longuement le mont Fuji, dont la silhouette conique se découpe sur le ciel automnal. Quatre heures plus tard, Osaka, troisième agglomération du pays, dévoile ses tentacules en bordure du Pacifique. C'est là que Kunihiro Fujujita, un importateur de métaux rares, livre sa version des événements depuis les entrepôts de son usine. « La Chine a toujours mis en œuvre une stratégie consistant à utiliser ses ressources naturelles comme un moyen de pression politique », assure-t-il.

Costume sombre et casque de chantier sur la tête, le voilà qui s'approche d'un achalandage d'yttrium, une terre rare utilisée dans l'électronique de précision et dont, en septembre 2010, les commandes ne purent soudain plus être honorées. « L'industrie nipponne était en état de panique », admet-il. Les terres rares sont les « vitamines » de son industrie high-tech, tellement indispensables à l'archipel que « même une femme de ménage sait de quoi il s'agit »¹⁹. Le banal incident maritime se transformait dès lors en catastrophe pour Tokyo.

Et la crise prit bientôt une dimension mondiale : dans les jours qui suivirent, de nombreux importateurs européens et américains de métaux rares s'alarmèrent, à leur tour, de la très forte réduction des exportations chinoises. Les médias occidentaux, qui n'avaient jamais entendu parler de ces petits métaux, s'emparèrent du sujet. À la limite de l'hystérie, les commentateurs soulignèrent les « tensions internationales », le « bras de fer » entre la Chine et le Japon et la « guerre » autour de l'acquisition de ces métaux, « cruciaux dans l'industrie de pointe » et « plus précieux que l'or²⁰ ». Le porte-parole du commissaire européen au Commerce souligna combien les terres rares constituaient un « souci majeur » pour la Commission européenne, appelant la Chine à « laisser les marchés fonctionner sans entraves²¹ ». Hillary Clinton, alors secrétaire d'État, s'empara de l'affaire lors d'une conférence de presse tenue à Hawaï, annonçant une visite imminente en Chine afin de dénouer la crise²². Quelques semaines plus tard, Jean-Louis Borloo, ministre de l'Environnement du gouvernement de François Fillon, publia un décret créant un Comité pour les métaux stratégiques (COMES), chargé d'évaluer les risques de rupture d'approvisionnement des métaux indispensables à l'industrie française. Sur le perron de la Maison-Blanche, enfin, le président Obama annonça le dépôt prochain d'une plainte contre Pékin à l'OMC.

La guerre des terres rares était ouverte.

À Osaka, Kunihiro Fujujita assure avoir continué à subir les effets de l'embargo informel pendant six mois après l'arrestation du chalutier... jusqu'à ce que les Chinois comprennent qu'ils risquaient de se trouver, en retour, à court de biens de consommation high-tech « made in Japan », que les Japonais ne pouvaient plus leur exporter, faute de ressources²³ ! Mais, entre-temps, une vaste panique s'était emparée des marchés des métaux rares. La soudaine prise de conscience d'une pénurie de l'offre, l'inquiétude générée par les manœuvres de Pékin et les comportements spéculatifs de certains traders chinois générèrent une spectaculaire flambée des prix²⁴, et, par ricochet, une flopée d'autres métaux rares subirent le même phénomène. Aux quatre coins de la planète, courtiers, traders et importateurs passaient le plus clair de leur temps à tenter d'extorquer à leurs fournisseurs chinois de fragiles promesses de livraison ou bien à répercuter les conséquences de ces perturbations inédites sur leurs clients profanes²⁵. « C'était tout simplement dingue ! raconte M. Fujujita. Le jeu naturel de l'offre et de la demande n'avait plus rien à voir là-dedans. »

Ce nouveau « risque métaux » ne tient pas à la seule politique d'exportation chinoise. En Asie, en Afrique, en Amérique latine, un puissant phénomène de nationalisme des ressources minières fragilise de plus en plus les positions occidentales.

C'est dans les contrées les plus reculées d'Afrique que la planétarisation de cette lame de fond nous est apparue avec le plus d'évidence. Depuis Johannesburg, la capitale économique de l'Afrique du Sud, trois heures de route à travers d'immenses étendues de savane arborée permettent de rejoindre Phokeng, dans la province du Nord-Ouest. Dans cette bourgade de quinze mille habitants isolée au beau milieu du *bushveld*, tout paraît normal, et pourtant tout est différent. D'imposants totems et des drapeaux multicolores s'élèvent dans le ciel, ornés de l'emblème officiel représentant un crocodile. On aperçoit même des groupes d'hommes en uniforme bleu, les membres de la Royal Bafokeng Reaction Police Force, qui patrouillent dans les rues, impeccablement entretenues.

Pas de douane ni de poste-frontière. Aucun panneau n'indique que l'on a franchi, quelques kilomètres plus tôt, la limite invisible du royaume des Bafokengs, un territoire de 2 000 kilomètres carrés, soit vaste comme le département de l'Essonne.

Tout en faisant partie intégrante de la « nation arc-en-ciel », le royaume a organisé un système de gouvernance particulier, avec son propre découpage administratif, son organisation clanique, un budget autonome et son droit indigène. La raison qui explique notre voyage dans cette tribu du bout du monde gît à plusieurs centaines de mètres sous terre. Car le sous-sol du royaume recèle de fabuleuses réserves de métaux appartenant au groupe du platine : ruthénium, rhodium, iridium, platine... Ces métaux précieux et rares ont des débouchés aussi variés que la bijouterie, les équipements de laboratoire ou encore les pots catalytiques de voiture.

Sitôt quitté Phokeng, il nous faut traverser la campagne pour atteindre, quelques kilomètres plus au nord, les mines de Rasimone. Le terrain y est tuméfié par les déplacements de roches extraites du sous-sol. Perdues au beau milieu du bush, des raffineries de platine, immenses monstres de ferraille, se dressent au-dessus des paysages accidentés. Les installations sont desservies par un entrelacs de lignes de chemin de fer sur lesquelles se tortillent des locomotives tractant des conteneurs chargés de caillasses.

« Lorsque je suis arrivé, nous creusions sur un seul niveau. Au-

jourd'hui, nous en sommes à dix ! » s'enthousiasme le chef mineur Dirk Swanepoec, un Sud-Africain blanc œuvrant pour l'entreprise d'extraction minière Anglo Platinum. À quelques pas de son bureau, des dizaines de mineurs en uniforme, casque de chantier sur le crâne, s'extraient d'un tapis roulant craché par un gouffre creusé dans la roche. Ils viennent de faire des trous avec des forets pneumatiques et les ont fait éclater à l'aide d'explosifs. Une fois remonté à la surface, le minerai va être concassé et réduit à l'état de particules de roche contenant des platinoïdes, lesquels seront plongés dans l'eau avec des réactifs spéciaux, décantés, séchés, fondus et purifiés pour obtenir, notamment, du platine. « Nous extrayons chaque mois 200 000 tonnes de roche, affirme Swanepoec. Et chaque tonne contient environ 4 à 7 grammes de platine. »

Les Bafokengs sont même assis sur les plus grandes réserves mondiales de platine. Un trésor dont le « Peuple de la rosée » était bien loin de soupçonner l'existence lorsque, attiré par la fertilité des terres, il s'installa dans la région au xv^e siècle. En 1870, le roi, Kgosi Mokgatle, fit l'acquisition des 900 premiers hectares de l'actuel territoire grâce à une importante fortune amassée par ses sujets dans les mines de diamant voisines de Kimberley. Et c'est en 1924 que le sous-sol dévoila la présence de métaux.

Après la naissance de l'Afrique du Sud démocratique, les Bafokengs, qui avaient été lésés par les réglementations ségrégationnistes de l'apartheid, interdisant aux populations indigènes de posséder leurs terres, se lancèrent dans une longue bataille judiciaire contre Impala Platinum (Implats), qui empochait jusqu'alors tous les bénéfices de l'extraction. Avec succès : les Bafokengs touchent dorénavant 22 % des royalties et ont même acquis jusqu'à 13 % de participation dans le capital de la minière²⁶. C'est la première fois qu'une tribu sud-africaine remporte un bras de fer l'opposant à une société minière.

Aux commandes depuis 2000, le jeune *kgosi* (« roi ») Leruo Molotlegi, trente-sixième monarque de la dynastie, est chapeauté par la reine mère, qui a une fonction symbolique. Semane Molotlegi est l'une des dernières reines du continent noir. Elle est quasiment invisible dans les médias, et qu'un journaliste étranger puisse la rencontrer est chose rare. Mais nous avons eu la chance d'obtenir une audience.

Nous nous sommes mis sur notre trente et un. Face à nous, une très belle femme, la cinquantaine, drapée dans une élégante robe

traditionnelle colorée et parlant d'un ton posé. L'appelant respectueusement Mmemogolo (« grand-mère » en langage setswana), nous évoquons ses voyages à travers le monde, où elle s'efforce de faire connaître la réussite de son peuple.

Les Bafokengs ont en effet fait mentir la malédiction des matières premières, en vertu de laquelle les sociétés occidentales viennent, épuisent les ressources, puis s'en vont. À l'inverse, les Bafokengs sont devenus la tribu la plus riche du continent et se projettent même au-delà de l'économie des mines²⁷. Ensuite, ils ont mis en œuvre une stratégie qui pourrait être enseignée dans tous les manuels scolaires : dans le bras de fer qui l'a opposée à des entreprises minières, la tribu du platine a fait valoir la prééminence du producteur sur l'acheteur, du propriétaire, souverain sur ses ressources, sur une clientèle dispersée à travers le monde. Et ce qui est inédit, c'est que ce n'est pas un État, mais une « simple » tribu africaine qui se paye une multinationale...

Si l'on rechigne, chez les Bafokengs, à parler de nationalisme des ressources, il s'agit en tout état de cause d'un cas d'école de rééquilibrage, voire de renversement des rapports de force traditionnels. Là où ils imposaient d'habitude leur loi, les groupes miniers, agissant souvent pour le compte des consommateurs occidentaux, ont compris qu'ils trouveraient désormais plus fréquemment plus fort qu'eux – et qu'il leur faudrait s'adapter en conséquence. L'antécédent est tel que l'expérience grandeur nature des Bafokengs a fait l'objet d'une attention internationale accrue. La Banque mondiale, le Forum économique mondial, des agences de l'Organisation des nations unies (ONU) ainsi que des universitaires américains ont fait le voyage jusqu'à Phokeng²⁸.

LA RECRUESCENCE DES NATIONALISMES MINIERES

L'exemple est loin d'être isolé ; il reflète même une lame de fond qui traverse la planète. Aujourd'hui, des États opposent des freins à l'accès des industriels étrangers à certaines zones minières. Ainsi, les autorités mongoles, en 2013, ont bloqué les opérations d'extraction de la société Rio Tinto dans la mine de cuivre d'Oyu Tolgoï, située dans le désert de Gobi²⁹. On voit également des blocages étatiques au passage d'industries minières sous pavillon étranger, à l'image de la province canadienne du Saskatchewan, qui a stoppé net, en 2010, la tentative de rachat de l'entreprise canadienne PotashCorp, premier producteur de potasse au monde, par la mine anglo-australienne BHP Billiton. À cela s'ajoute l'en-

trée d'États dans le capital de groupes miniers traditionnellement privés. Par exemple, que cherche le Qatar en multipliant les prises de participation, via le groupe public Qatar Mining Company, dans des groupes miniers tels que la multinationale suisse Xstrata³⁰, et en décrochant des permis d'exploration dans de nombreux gisements au Mali ou encore au Burkina Faso³¹ ? L'activisme de ce minuscule pays du Golfe ne répond pourtant à aucun besoin en métaux...³²

Il faut enfin – et surtout – évoquer la multiplication de freins au libre commerce des métaux. Outre la Chine, un cas spectaculaire est celui de l'Indonésie. En 2009, cette incontournable puissance minière décrétait une série d'embargos sur les exportations d'à peu près tous les minerais bruts que produit son archipel. Une annonce mise à exécution en 2014 sur le nickel, l'étain, la bauxite, le chrome, l'or ou encore l'argent. « Nous devons assurer la souveraineté de nos matières premières, plaide *un haut fonctionnaire indonésien rencontré* à Jakarta. Toute action politique concernant nos richesses minières doit être décidée et conduite non pas par des États étrangers, mais par notre gouvernement³³. »

Et il existe de nombreux autres exemples, comme le constate l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Sa plus récente étude consacrée au commerce des matières premières inventorie l'ensemble des restrictions aux exportations de produits de base récemment décrétées dans le monde. De 2009 à 2012, plus de neuf cents atteintes ont été recensées³⁴. Et l'OCDE de produire un graphique stupéfiant montrant l'évolution du nombre de telles mesures depuis 1961 : alors que celui-ci stagnait à des niveaux relativement bas jusqu'en 2005, la courbe a enregistré à partir de 2006 une envolée qui ne s'est pas démentie depuis lors.

On constate d'ailleurs de telles restrictions pour à peu près tous les minerais et métaux couverts par l'inventaire. À elle seule, l'Argentine a déjà mis des barrières à l'exportation de 37 ressources minérales, tandis que l'Afrique du Sud en a fait autant avec le cuivre, le molybdène, les platinoïdes et les diamants, l'Inde avec le chrome, le manganèse, le fer et l'acier, le Kazakhstan avec son aluminium, et la Russie avec son tungstène, sa bauxite, son cuivre et son étain. Comment expliquer l'ampleur de ce phénomène ?

Les pays producteurs de minerais sont dorénavant, pour la plupart, des nations émergentes. L'épanouissement de classes moyennes, plus prospères et plus grandes consommatrices de

ressources, y est une donnée nouvelle que les gouvernants doivent prendre en compte. La conviction s'enracine ainsi que les ressources exploitées localement doivent alimenter la consommation intérieure plutôt que satisfaire les appétits de pays clients. S'ajoute à cela l'émergence progressive d'une conscience écologique et d'actions de contestation contre des projets miniers locaux, autrefois cantonnées à l'Occident. Ces mouvements citoyens forcent les États à durcir les réglementations sociales et environnementales, ce qui rallonge les délais de mise en opération des mines.

Plus généralement, une culture de la résistance se développe de Jakarta à Oulan-Bator, de Buenos Aires à Pretoria. Plus éduquées, les nouvelles classes moyennes sont davantage sensibilisées à ce qu'elles considèrent désormais comme un bradage de leurs ressources. À leur tête, des responsables politiques observent le rééquilibrage économique entre les pays développés, souvent englués dans la stagnation, et les États émergents, dynamiques et assoiffés d'enrichissement. Les mesures protectionnistes se veulent donc une affirmation de puissance dans un monde qui se « désoccidentalise ».

Ce n'est pas nouveau : dès les années 1960, la vague d'indépendances dans le tiers-monde s'est accompagnée de revendications sur la souveraineté des ressources³⁵. En Afrique, le Ghana a nationalisé en 1958 les mines d'or d'Ashanti, alors aux mains des Britanniques. La République démocratique du Congo a fait de même dès 1965, suivie de la Tanzanie en 1967, de la Zambie en 1970 et du Zimbabwe dans les années 1980. Puis une vague libérale est passée par là... Il a fallu attendre la politique chinoise de quota aux exportations de métaux rares pour que le phénomène soit relancé – et amplifié – sur les cinq continents. « La Chine a galvanisé un nationalisme des ressources, observe un expert américain, pas seulement sur son territoire, mais partout dans le monde³⁶. »

Dans ce contexte, plus personne ne se demande si de nouvelles crises commerciales se produiront, mais quand elles adviendront. Tout en sirotant un thé au bar d'un luxueux hôtel du quartier de Xuhui, à Shanghai, la Chinoise Vivian Wu, une voix très autorisée dans l'industrie des métaux rares, admet qu'un tel scénario a de grandes chances de se réaliser : « Plutôt que d'embargos, je préfère parler de leviers d'action à l'encontre du Japon ainsi que d'autres pays. Ces actions participent d'une stratégie, pilotée par

l'État chinois, de restauration de notre image. Et il est possible qu'elles se reproduisent à l'avenir, avec les terres rares comme avec d'autres métaux³⁷. »

DES MÉTAUX D'INFLUENCE... ET DE CRISE

Et cette situation pourrait être encore aggravée par la spécificité des marchés des métaux rares.

- Comme nous l'avons vu, ces marchés sont d'abord extrêmement restreints : les chiffres de production sont dérisoires comparés à ceux des grands métaux (fer, cuivre, aluminium, plomb...). Songez que la production mondiale de terres rares représente à peine 0,01 % de celle de l'acier³⁸ !

- Ce sont aussi des marchés très confidentiels où évoluent un tout petit nombre d'acheteurs et de vendeurs. Or moins les protagonistes sont nombreux, plus leurs actions sont susceptibles de perturber le jeu de l'offre et de la demande. Ainsi, le défaut d'un seul fournisseur peut rapidement générer une forte panique côté consommateurs, de même que la moindre nouvelle technologie consommatrice de métaux rares peut générer une soudaine rupture des approvisionnements.

- Il s'agit également de marchés opaques. La discrétion des affaires et l'absence de formalités constituent la règle. Du coup, point de cours officiel, hormis pour une poignée de métaux cotés au London Metal Exchange (LME), la Bourse des métaux de Londres. Tout se négocie de gré à gré. Les acheteurs sont souvent contraints de consulter des revues spécialisées ou de se connecter sur Weibo, le site de microblogging chinois où courtiers et traders communiquent au compte-gouttes sur le montant de leurs récentes transactions.

- Pour ne rien arranger, il s'agit de marchés stratégiques pour les pays miniers. La Chine se montre très réticente à fournir certaines données de production, considérées comme des secrets d'État³⁹. Il existe des stocks cachés, des facteurs géostratégiques, des considérations diplomatiques qui rendent la lecture des marchés particulièrement ardue, même pour les meilleurs spécialistes.

- Enfin, le libre jeu de l'offre et de la demande est encore entravé par l'irruption des investisseurs privés, obéissant à leurs intérêts propres. Ces acteurs tiers gèrent aujourd'hui, toutes ressources confondues, « soixante fois plus de valeurs "matières premières" qu'il y a dix ans⁴⁰ », rappelle un spécialiste, ce qui contribue à accroître l'instabilité des prix. Traditionnellement, les activités de

spéculation touchent en priorité les grands métaux de base⁴¹, mais les marchés des métaux rares en sont de moins en moins exempts. En cause, « une myriade de fonds spéculatifs [tel l'américain Tudor Fund], de fonds de pension [tels le néerlandais PGGM Investments et l'américain Pacific Investment Management Company (PIMCO)], ainsi que les bras financiers d'universités américaines [comme Harvard et Princeton] », énumère un analyste bancaire. Compte tenu de l'étroitesse de ces marchés, une position importante prise sur un métal se traduit par une très forte spéculation. Un exemple parmi d'autres⁴² : l'achat en 2017 de 17 % de la production mondiale de cobalt, soit plusieurs milliers de tonnes, par des investisseurs pariant sur une pénurie de la ressource a provoqué une forte hausse des prix⁴³.

Sur ces marchés ultrasensibles, il est par conséquent presque impossible de se risquer à une quelconque anticipation. « Le marché des terres rares n'est ni stable ni même prévisible », souligne Vivian Wu. Les États et les industriels qui, à défaut d'approvisionnements réguliers en métaux rares, pouvaient au moins compter sur des prix constants afin d'échafauder un embryon de stratégie en sont pour leurs frais. Comme le résume un spécialiste du BRGM, « les métaux rares sont des métaux de crise ».

1. « Mineral Commodity Summaries », U.S. Geological Survey, 2017.

2. Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions relative à la liste 2017 des matières premières critiques pour l'UE, 13 septembre 2017.

3. Entretien avec Felix Preston, spécialiste des matières premières à Chatham House, 2016. Voir également Felix Preston, Rob Bailey et Siân Bradley (Chatham House), et Dr Wei Jigang et Dr Zhao Changwen (DRC), « Navigating the New Normal. China and Global Resource Governance. A joint DRC and Chatham House report », janvier 2016.

4. Voir le rapport d'information sur la gestion durable des matières premières minérales au nom de la Commission du développement durable et de l'aménagement du territoire, présenté par les députés MM. Christophe Bouillon et Michel Havard, Assemblée nationale, 2011.

5. « La Chine met les matières premières sous pression », *Les Échos*, 7 juillet 2015.

6. Entretien avec Andrew Peaple, journaliste en charge des matières premières au bureau hong-kongais du quotidien économique *The Wall Street Journal*, 2016.

7. Geneviève Barman et Nicole Dulioust, « Les années françaises de Deng Xiaoping », *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, année 1988, vol. 20, n° 1, p. 17-34.

8. « Le singe et la souveraineté des ressources », *Le Cercle – Les Échos*, 12 février 2016.

9. Rapport d'information n° 349 (2010-2011) fait au nom de la Commission des affaires étrangères, de la défense et des forces armées sur la sécurité des approvisionnements stratégiques de la France, par M. Jacques Blanc, 2011.

10. D'une manière générale, les pays occidentaux ont adopté une posture de dépendance vis-à-vis des grands pays producteurs de minerais. Ainsi, les États-Unis sont tri-

butaires de leurs fournisseurs étrangers pour 100 % de 17 minerais, tels que le rubidium, le scandium, le graphite, l'indium ou encore le thorium. Pour 29 métaux, la dépendance atteint 80 %, et pour 41 métaux, 50 %. Voir « Going Critical : Being Strategic with Our Mineral Resources », USGS, 13 décembre 2013. Constat peu ou prou similaire de la part de Bruxelles, qui, après avoir étudié 54 métaux, conclut : « Environ 90 % des approvisionnements mondiaux [des États membres de l'UE] proviennent de l'extérieur de l'Union. » Voir « Report on Critical Raw Materials for the EU », Report of the Ad hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials, mai 2014.

11. Entretien avec Dudley Kingsnorth, professeur à l'université australienne de Curtin, 2016.

12. Consulter les chiffres rapportés par John Seaman, « Rare Earth and Clean Energy : Analyzing China's Upper Hand », Institut français des relations internationales (IFRI), septembre 2010.

13. J. Korinek et J. Kim, « Export Restrictions on Strategic Raw Materials and their Impact on Trade », OECD Trade Policy Papers, n° 95, OECD Publishing, 2010.

14. Consulter notamment les plaintes DS295, DS395 et DS398 déposées par les États-Unis, les Communautés européennes et le Mexique au sujet des restrictions appliquées par la Chine à l'exportation depuis ce pays de diverses formes de matières premières. La stratégie chinoise des métaux rares participe de la volonté de l'empire du Milieu d'asseoir son nouveau statut de grande puissance. Forte d'une économie qui a plus que décuplé depuis le tournant du millénaire, la Chine a multiplié les démonstrations de force afin de peser davantage dans les affaires internationales. Cet activisme diplomatique a notamment engendré la création, en 2014, de la Banque asiatique d'investissement pour les infrastructures (BAII) afin de contrer l'hégémonie du Fonds monétaire international (FMI). Dans la même veine, Pékin a resserré ses relations bilatérales avec ses voisins régionaux. Depuis le début des années 2000, la Chine a acquis et édifié des relais portuaires depuis ses côtes jusqu'à Port-Soudan, en Afrique de l'Est : une « stratégie du collier de perles » destinée à contenir le voisin indien. Sans parler, bien sûr, de la construction d'îlots artificiels dans l'archipel des Spratleys, une zone de la mer de Chine méridionale réputée pour ses gigantesques réserves de gaz. La Chine ne craint pas davantage de disputer au Japon, à qui elle a ravi en 2010 le rang de deuxième puissance économique mondiale, le statut de leader régional.

15. Entretien avec Jean-Yves Dumousseau, 2016.

16. Marie-Hélène Labbé, « L'embargo céréalier de 1980 ou les limites de l'arme verte », *Politique étrangère*, année 1986, vol. 51, n° 3, p. 771-783.

17. « Le gaz russe, arme d'intimidation en Europe centrale », *Le Monde*, 11 septembre 2014.

18. Voir https://www.youtube.com/watch?v=K_Dly-FXbAY70.

19. Entretien avec Toru Okabe, professeur à l'université de Tokyo, 2011.

20. « Amid Tension, China Blocks Vital Exports to Japan », *The New York Times*, 22 septembre 2010.

21. « Continental AG, Bosch Push EU to Secure Access to Rare Earths », Bloomberg, 1^{er} novembre 2010.

22. « Notre pays et bien d'autres, déclara Mme Clinton, sommes conscients que nous allons devoir étudier d'autres sources d'approvisionnement. Cet épisode nous a servi de signal d'alarme. » « Clinton hopes rare earth trade to continue unabated », Reuters, 28 octobre 2010.

23. Entretien avec John Seaman, chercheur à l'Institut français des relations internationales (IFRI), 2015.

24. Le kilo de terbium s'échangea rapidement à 2 900 euros, contre dix fois moins deux ans auparavant. Source : « Rhodia renouvelle ses filons de terres rares », *L'Expansion*, 2 novembre 2011. Quant au kilo de dysprosium, il s'échangeait à la mi-2011 contre la somme astronomique de près de 3 000 dollars – soit cent fois plus qu'en 2003. Source : « Les matières premières comme enjeu stratégique majeur : le cas des "terres rares" », présentation de M. Christian Hocquard. Voir <http://archives.strategie.gouv.fr/cas/content/23e-rendez-vous-de-la-mondialisation-matieres-premieres-met-taux-rares-ressources-energetiques.html>.

25. « Si une tasse de café à 2 dollars avait subi la même inflation que l'euporium, elle

vaudrait aujourd'hui 24,55 dollars », expliquait ainsi l'entreprise General Electric pour justifier auprès de ses clients ses hausses de tarif. Source : « Rhodia renouvelle ses filons de terres rares », art. cité.

26. En 2016, Royal Bafokeng Holdings a décidé d'abaisser cette part à 6,3 % afin de diversifier ses sources de revenus. Voir « Why Royal Bafokeng is selling Implants », Moneyweb, 5 avril 2016.

27. Grâce à leurs revenus, les Bafokengs se sont lancés dans une politique d'investissements à grande échelle, acquérant des participations dans des domaines aussi variés que les assurances, les télécommunications, le sport ou encore le BTP. Pour « couronner » le tout, ils ont élaboré un plan baptisé « Vision 2035 », année à partir de laquelle le pic d'extraction du platine sera atteint. À cette date, les fondations d'un modèle durable, indépendant de l'économie du platine, doivent être mises sur pied.

28. À l'échelle régionale, des chefs de tribus sud-africaines et zambiennes et même Joseph Kabila, le président de la République démocratique du Congo (RDC), se sont rendus sur place.

29. Dès 2012, le gouvernement d'Oulan-Bator avait en effet promulgué une loi encadrant drastiquement les investissements étrangers dans certains secteurs mongols considérés comme stratégiques – y compris le secteur minier.

30. « Qatar Fund Raises Stake in Xstrata », *The New York Times*, 23 août 2012. Xstrata a fusionné avec le groupe Glencore en 2013.

31. « Qatar Mining à l'offensive en Afrique », *Africa Mining Intelligence*, 1^{er} avril 2014.

32. Voir également « Quand les États défient les groupes miniers », *Les Échos*, 13 novembre 2017.

33. Entretien avec Sukhyar Raden, directeur général en charge des ressources minérales au sein du ministère de l'Énergie indonésien, 2015.

34. « Export Restrictions in Raw Materials Trade : Facts, Fallacies and Better Practices », OECD, 2014.

35. Ils ont d'ailleurs été aidés par la résolution 1803 (XVII) des Nations unies, votée en 1962, qui consacrait alors la « souveraineté permanente des peuples et des nations sur leurs richesses et leurs ressources naturelles ».

36. Entretien avec Jack Lifton, 2016.

37. Le phénomène protectionniste est aussi, pour une large part, l'œuvre de pratiques commerciales occidentales. La Chine est également la cible de mesures de rétorsion commerciales orchestrées par des États et des groupes occidentaux. Depuis 2011, l'empire du Milieu a connu un triplement des mesures protectionnistes à son encontre, comme le rapporte l'organisme Global Trade Alert (GTA) dans son rapport « The Global Trade Disorder » (2014). La crise financière provoquée par la faillite de la banque Lehman Brothers a incontestablement marqué un tournant, faisant passer les États traditionnellement gardiens du commerce international dans le camp des pourfendeurs. Dans ce contexte, « la Chine doit gérer un changement de paradigme de la mondialisation à un moment où ses anciens gagnants – les Occidentaux – sont en passe de se muer en perdants », explique Brian Jackson, analyste au bureau pékinois du groupe IHS. Le Forum économique mondial s'en inquiète. Constatant justement la multiplication des atteintes au commerce des ressources minières, la fondation suisse craint sérieusement des scénarios qu'elle qualifie, dans l'une de ses publications, d'« orange », voire de « rouge ». Cette dernière prédiction dépeint un monde où les marchés seraient « affectés par l'intervention des États », le commerce déterminé par « un complexe réseau de barrières protectionnistes et d'accords préférentiels », et où régnerait une « circulation limitée des biens, de la main-d'œuvre et du capital ». Voir le rapport « Mining & Metals. Scenarios to 2030 », The World Economic Forum, 2010.

38. La production d'acier dans le monde s'élevait à 1 637 millions de tonnes en 2014, selon Deloitte. Voir « Iron & Steel Industry Report », septembre 2015.

39. De fait, la Chine n'a pas adhéré à ce jour à la Global Reporting Initiative, une initiative internationale dont l'objet est d'inciter les États à davantage de transparence, notamment dans la gestion de leurs ressources.

40. « Matières premières : le grand retour des stratégies publiques », *Paris Tech Review*, 4 mai 2012.

41. Pour comprendre en particulier le rôle croissant joué par le secteur financier sur les

marchés des matières premières, voir le documentaire *Traders – Le marché secret des matières premières*, de Jean-Pierre Boris et Jean Crépu (2014), dont voici un extrait retranscrit : « Le 13 mars 2000, la bulle Internet explose. L'indice Nasdaq décroche. Les financiers quittent ce marché et cherchent de nouvelles sources de profit. Deux économistes américains, Gary Gorton et K. Geert Rouwenhorst, se penchent sur la question et publient un rapport intitulé « Faits et fantasmes à propos des contrats à terme sur les matières premières ». Selon ce rapport, les investissements sur les matières premières sont très rémunérateurs et devraient être utilisés pour diversifier les portefeuilles d'actions. Les grandes banques ont bien décrypté le sens du rapport. Elles se lancent sur le créneau des matières premières. »

42. Des cas de spéculation sur le palladium, le cobalt, le molybdène ont également été recensés.

43. « Electric carmakers on battery alert after funds stockpile cobalt », *The Financial Times*, 23 février 2017. On peut citer aussi le stockage de fortes quantités d'indium, fin 2009, par des véhicules d'investissement physique sur les matières premières, afin, selon la presse, d'« assécher ce petit marché et [de] faire exploser les prix ». Voir « La Chine restreint ses exportations de matières premières stratégiques », *Le Monde*, 29 décembre 2009.

Main basse sur les hautes technologies

Pour Pékin, le monopole des mines était une première victoire, mais il apparut rapidement que la Chine ne s'en satisferait pas. L'empire du Milieu commença en effet à convoiter l'aval de la filière, c'est-à-dire les industries des hautes technologies utilisatrices de terres rares.

LA BATAILLE DES SUPER-AIMANTS

À commencer par le secteur des aimants. C'est celui dans lequel œuvre Peter Dent, dirigeant d'Electron Energy Corporation, un fabricant d'aimants. En ce mois de juillet 2011, nous avons fait le voyage jusqu'à la localité de Landisville, en Pennsylvanie, où est implantée la société.

Peter Dent nous conduit à l'écart des entrepôts, dans une pièce de stockage éclairée par des néons qui diffusent une lumière blême. Déclenchant la minuterie, il s'exclame : « Et voilà les terres rares ! » Des barils verdâtres sont éparpillés sur le béton ciré. Ils recèlent de lourds morceaux de matière aux formes inégales, gris et légèrement corrodés. Il y a des échantillons de samarium, des billes de gadolinium et bien d'autres métaux aux noms parfaitement imprononçables. Nous qui avons passé des années à traquer ces substances sans jamais en apercevoir une seule, nous sommes comme des flibustiers devant le trésor de Barbe-Noire. Nous allons errer un long moment dans ce coffre-fort de métaux rares.

Plus intéressants encore sont les ateliers attenants. « Voici la salle des machines », annonce Peter Dent. Enveloppés par un immense vacarme, des dizaines d'employés fabriquent toute la journée des petites pièces rondes : les fameux électroaimants contenant des métaux rares. « C'est ici que nous leur donnons leur forme et leur taille définitives, poursuit l'industriel. Il y en a des centaines de milliers qui sortent de cette usine chaque année. » À

l'issue d'un processus de fabrication bien rodé¹, les aimants sont alignés comme des petits pains sur des plateaux, puis soigneusement empilés sur des chariots.

Jusqu'au milieu des années 1970, les terres rares et les autres métaux rares n'avaient qu'une poignée d'applications industrielles. Du fait de leurs propriétés luminophores, on utilisait les terres rares dans les briquets² ou encore dans les manchons à gaz³. L'avènement des écrans de télévision couleur va étendre leur usage⁴. Mais ce sont les aimants de terres rares qui vont tout bouleverser. Mises au point en 1983, ces pures merveilles de technologie sont en effet devenues indispensables pour tous les produits équipés d'un moteur électrique – donc réputés non polluants⁵.

Nous savons que, lorsqu'une charge électrique rencontre le champ magnétique de deux aimants, cela génère une force qui les fait naturellement pivoter l'un par rapport à l'autre. Traditionnellement, les aimants étaient composés de ferrite, un dérivé du fer. Or, afin de générer un champ magnétique suffisant, leur taille et leur poids devaient être très importants. « Vous vous rappelez peut-être que vos premiers téléphones portables avaient les dimensions d'une brique ? » plaisante un expert. La faute, entre autres, à un aimant trop gros...

Pour l'industrie de la mobilité, la course au moindre poids et à l'efficacité énergétique commença. Il fallait mettre au point les moteurs les plus légers et les plus compacts possible. En effet, si le calibre de la motrice pouvait être rétréci, il en irait naturellement de même des proportions et du poids de l'objet dans lequel elle se trouvait. Un tel progrès permettrait à coup sûr de considérables économies d'énergie⁶.

Et ce progrès, ce sont précisément les aimants de terres rares qui l'ont permis, bouleversant au passage l'électronique moderne. Vous avez certainement déjà manipulé ces super-aimants à votre insu, surtout si votre cuisine est équipée d'un porte-couteaux magnétique fixé au mur. Ne vous êtes-vous jamais demandé comment un seul malheureux aimant pouvait bien arracher à la gravité une lame en acier d'une vingtaine de centimètres et la faire tenir dans le vide ? Certainement pas grâce à de la ferrite, mais grâce à des terres rares. « À puissance égale, un aimant de terres rares est cent fois plus petit qu'un aimant de ferrite, s'enthousiasme un industriel. Tout cela, c'est la miniaturisation. La fonction des terres rares, c'est d'avoir rendu tous les objets plus petits⁷. » Et d'avoir décuplé la vigueur des moteurs électriques, devenus suffisam-

ment puissants pour contester la suprématie des moteurs thermiques. La transition énergétique et numérique connaissait ainsi un formidable coup d'accélérateur.

Or c'est à ce moment précis que les problèmes ont commencé.

Nous sommes à la fin des années 1980. Les aimants de terres rares connaissent un succès foudroyant ; ils colonisent tous les secteurs manufacturiers mondiaux et confèrent au Japon, dont le groupe d'électronique Hitachi détient le brevet d'application, une indéniable supériorité industrielle. À telle enseigne, se rappelle Chen Zhanheng, que « les Japonais avaient interdit l'exportation de cette technologie vers la Chine⁸ ».

Cet embargo technologique n'a pas refroidi Pékin, qui s'est rapidement convaincu que, en sus de faire main basse sur la quasi-totalité des ressources de terres rares, il lui fallait dorénavant s'adjuger le contrôle de la technologie miracle qui permettrait leurs applications finales. L'idée sous-jacente, selon Chen Zhanheng, était que la Chine puisse « tirer profit de la valeur ajoutée des minerais de terres rares pour le compte de [ses] propres industries ». Et ce quels qu'en soient les moyens.

À la régulière, tout d'abord. Dans les années 1980, les fabricants d'aimants étaient principalement établis au Japon et fournissaient le gros de la demande mondiale. Mais ils ont commencé à succomber au chant des sirènes de leurs homologues chinois. Ces derniers leur proposaient en effet de les délester de leurs basses besognes, consistant à usiner les aimants les moins évolués. « Les Chinois leur ont dit : "Venez à Canton ! Délocalisez-y vos applications de terres rares de bas niveau, nous allons prendre en charge tout ce qui relève du *low tech* !" »⁹, raconte un consultant australien.

En d'autres mots, les Japonais disposaient des technologies, mais les Chinois promettaient une production à moindre coût – ce qui présentait l'intérêt d'augmenter les marges commerciales des industriels nippons... lesquels n'ont pas hésité bien longtemps. À cette époque, l'archipel connaissait le plein emploi, le yen était fort – et les Japonais ont pensé que c'était sensé. Les manuels d'histoire rapporteront un jour que le Japon, alors deuxième puissance mondiale, a sciemment exporté vers son compétiteur les technologies qui lui manquaient.

Alléché par l'odeur de terres rares transformées à moindre coût, le chimiste français Rhône-Poulenc a lui aussi, nous l'avons vu, transféré une partie de ses activités de raffinage vers la Chine.

Pour ce faire, il a notamment monté des *joint ventures* avec des partenaires chinois dès les années 1990. Vif émoi chez les syndicats rochelais : il aurait fallu mener une fronde, se battre bec et ongles pour le maintien de l'emploi en France... Mais Rhône-Poulenc avait alors d'autres sujets en tête : sa branche pharmaceutique s'apprêtait à être privatisée pour devenir le futur groupe Aventis. De ce fait, « l'aspect stratégique et géopolitique de cette petite activité [chimique] lui échappe complètement¹⁰ », se remémore un ancien employé.

Au même moment, Jean-Paul Tognet, chez Rhône-Poulenc, qui s'était rendu à plusieurs reprises en Chine à la fin des années 1970 pour prospecter de futurs partenaires, comprit ce qui se traitait : « Nos partenaires voulaient une aide technique occidentale à sens unique, sur le mode : "Vous nous donnez tout !" Ils considéraient cela normal qu'on les accompagne... mais sans contrepartie¹¹. » Il assure que Rhône-Poulenc n'a transmis aucun secret de boutique. Mais les Occidentaux – les Français au premier chef –, en abandonnant le segment du raffinage aux Chinois, puis en devenant leurs plus fidèles clients, leur ont offert le marché sur un plateau d'argent.

Dès les années 1990, une flopée d'usines de raffinage bas de gamme ont commencé à pousser comme des champignons dans la région de Baotou, puis sur l'ensemble du territoire chinois. « Les terres rares étaient devenues la poule aux œufs d'or dans toute la Chine. L'argent coulait à flots, et les patrons des usines de raffinage roulaient en Lincoln ! » raconte Jean-Paul Tognet¹². Autrement dit, nous avons fourni à nos adversaires l'écosystème qui leur permettait de reproduire le savoir-faire occidental, de gagner beaucoup d'argent, d'investir dans leurs propres activités de R&D – et enfin de progresser à toute vitesse sur la chaîne aval. Jean-Yves Dumousseau, un ancien du chimiste français, alors expatrié en Chine, le dit de but en blanc : « Rhône-Poulenc a mis le pied à l'étrier aux Chinois¹³. »

Qu'importe ! Chez Rhône-Poulenc, on se persuadait qu'on avait toujours vingt ans d'avance. Le groupe allait compenser l'abandon de ses activités de raffinage les plus triviales par le développement, en aval, de produits intermédiaires plus évolués (en particulier les luminophores). Mais, en 1987, un ingénieur du chimiste français constata les impressionnants progrès réalisés par les raffineurs chinois et mit les pieds dans le plat : « J'ai dit : "Nous disposons d'à peine deux ou trois ans d'avance." Ça a fait scandale

¹⁴ ! » Il se trompait seulement sur le calendrier. « En 2001, tous les raffineurs chinois étaient parvenus au même niveau technologique que nous¹⁵ », raconte Jean-Yves Dumousseau. « Nous avons peut-être sous-estimé ce risque concurrentiel pendant longtemps, dit aujourd'hui, pudiquement, Jean-Paul Tognet. Les Chinois voulaient progresser vers l'aval, nous n'aurions pas pu les en empêcher ! Quant à nous, nous voulions profiter de coûts de production très bas, poussés par nos clients qui nous serraient le kiki... Et, bien sûr, cela continue encore aujourd'hui¹⁶. »

En 2017, seules quelques terres rares sont encore transformées à La Rochelle. Les ateliers de séparation ont fermé, les activités du site ont été chamboulées. Le chiffre d'affaires du groupe a baissé, et les effectifs, de 630 employés en 1985, ont été divisés par deux¹⁷. Rhône-Poulenc (aujourd'hui Solvay) peut-il au moins se targuer de nouveaux débouchés en aval qui pérenniseraient l'emploi français ? « Même ces activités-là ont été transférées dans notre usine en Chine... Une question de prix ! » commente Jean-Paul Tognet. On peut se consoler en soulignant que Rhodia conserve des parts dans les *joint ventures* qui la lient à ses partenaires chinois... Peut-être, mais, comme le dit encore Tognet avec malice, « Solvay se considère aujourd'hui comme une boîte également chinoise¹⁸ ! ».

Le réveil de la Chine a engendré des bouleversements économiques qu'il était impossible d'éviter. Mais de là à faire la courte échelle à Pékin... Une mauvaise appréciation des capacités de nos concurrents et la recherche de la rentabilité ont certainement précipité les transferts de main-d'œuvre, d'unités de travail... et surtout de technologies.

CHRONIQUE D'UNE DÉSINDUSTRIALISATION ANNONCÉE

À l'origine de notre grand aveuglement, on trouve plusieurs manifestations d'une certaine « pensée magique ». Ainsi, l'illusion d'une éternelle avance scientifique a longtemps prévalu en Occident. Cette philosophie a irrigué une myriade de secteurs économiques dès les années 1980 : en abandonnant nos industries lourdes, nous pourrions concentrer nos efforts sur les secteurs manufacturiers à haute valeur ajoutée et conserver de solides marges de profit. Certains ont cru que le monde émergent demeurerait l'usine du monde, celle où l'on fabriquerait les jeans et les jouets, cependant que nous régnerions sans partage sur les segments les plus rémunérateurs. « Je pense que la plupart des gens

continuaient de penser que l'impact des bouleversements [provoqués par la concurrence chinoise] serait cantonné aux emplois les moins qualifiés, confie un syndicaliste de l'industrie métallurgique américaine. Nous n'avons pas réalisé que nous n'allions pas seulement perdre la production des tasses à café, mais nous retrouver désavantagés sur le plan économique d'une manière bien plus grave, dans les emplois les plus pointus¹⁹. »

À cela s'ajoute la chimère selon laquelle les industries s'effaceraient derrière une économie largement dominée par les services. L'accent devait être porté sur la connaissance, fortement créatrice de valeur ajoutée. Cette doxa, qui fait écho à l'utopie de la dématérialisation évoquée plus haut, a été largement validée par les milieux d'affaires au tournant des années 2000. À l'instar du patron d'Alcatel Lucent, Serge Tchuruk, de nombreux industriels américains et européens ont cédé aux sirènes de « l'entreprise sans usines ». Puisque la matière grise était plus valorisée que l'outil de production, il fallait soutenir la première au détriment du second. Cette implacable logique a entraîné un phénomène de désintégration : les industriels se sont séparés de leurs usines pour recourir à la sous-traitance. Ajoutons enfin que cette tendance s'est largement nourrie, en France, du désamour des citoyens pour leur industrie. « Au début de ma carrière, raconte Régis Poisson, ancien ingénieur chez Rhône-Poulenc, un ouvrier dans une usine pouvait devenir célèbre pour avoir conçu quelque chose. Et puis il y a eu un rejet de l'entrepreneur, une mauvaise image de l'entreprise. Aujourd'hui, le petit peuple n'aime plus les usines, car elles sont synonymes d'exclusion²⁰. »

Ainsi, Occidentaux et Chinois marchaient main dans la main. Mais, à partir des années 2000, les seconds ont commencé à employer des méthodes nettement moins conventionnelles : les fameux quotas de métaux rares, qui ont bientôt déstabilisé les fabricants d'aimants qui avaient fait le choix de ne pas délocaliser leurs usines (et leurs secrets industriels). Ces fabricants ont commencé à manquer de terres rares et se sont vus obligés d'arbitrer entre des options aussi dramatiques les unes que les autres : maintenir leurs activités industrielles à demeure, au risque de les faire tourner au ralenti faute d'approvisionnements suffisants en matières premières, ou bien délocaliser en Chine afin de bénéficier d'un accès sans entrave aux commodités²¹. Pour les Japonais, le dilemme ne s'est pas posé longtemps, assure un analyste londonien : « Affamés de matières premières, ils sont partis en Chine

avec leurs technologies²². »

À ceux qui s'obstinaient à résister, Pékin a réservé un traitement particulièrement cruel : une distorsion des prix du minerai dont s'indigna, en 2011, le sénateur de l'Ohio, Sherrod Brown, lors d'un discours enflammé : « La Chine organise artificiellement une pénurie et des quotas d'exportation, ce qui augmente les prix à l'international, alors qu'elle les maintient à prix bas chez elle ! Comment pouvons-nous être compétitifs lorsqu'ils trichent de manière aussi éhontée²³ ? »

Inique, ce jeu n'en a pas moins eu raison de la grande majorité des fabricants d'aimants situés en dehors de Chine. Alors qu'à la fin de la décennie 1990 le Japon, les États-Unis et l'Europe concentraient 90 % du marché des aimants, la Chine contrôle désormais les trois quarts de la production mondiale ! Bref, par le jeu du chantage « technologies contre ressources », le monopole chinois de la production des minerais s'est transposé à l'échelon de leur transformation. La Chine n'a pas trusté une, mais deux étapes de la chaîne industrielle. C'est ce que confirme la Chinoise Vivian Wu : « Je pense même que, dans un avenir proche, la Chine se sera dotée d'une industrie des terres rares totalement intégrée d'un bout à l'autre de la chaîne de valeur. »

En fait, ce vœu s'est déjà en partie réalisé. Il a surtout pris racine dans la ville de Baotou, en Mongolie-Intérieure.

VOYAGE DANS LA « SILICON VALLEY DES TERRES RARES »

À Baotou, capitale mondiale des terres rares, nous avons déjà arpenté les coulisses – les lacs de rejets toxiques et les villages du cancer dont les habitants meurent à petit feu. Il est temps d'en découvrir l'étincelante vitrine.

Nous sommes samedi. Le jour, les élégantes tours de verre se détachent sur le désert minéral. Puis, lorsque la nuit fond sur la plaine, « la petite Dubaï des steppes » se pare d'animations lumineuses, conjurant la froide obscurité des reliefs environnants. L'éther est maintenant tamisé d'un bleu cobalt qu'embrasent des loupottes carminées. Jianshe Road, l'avenue principale, s'empli peu à peu de flâneurs venus admirer les vitrines et se promener entre les gargotes odorantes des venelles piétonnes. Partout règne un parfum de triomphe et de conquête. On le devine au sourire d'autosatisfaction qu'arborent les passants ou encore aux immeubles encore enveloppés dans leur écrin de bâches plastifiées, symboles d'une cité conquérante, persuadée de son fabu-

lieux destin.

C'est un cadre idyllique pour la visite, en octobre 2011, d'une délégation de quatre-vingts hommes d'affaires de toutes nationalités. À l'invitation des autorités chinoises, ils participent à une conférence internationale sur les terres rares. À l'évidence, les Chinois veulent séduire leurs hôtes : la délégation a été opportunément logée dans un luxueux hôtel dont les suites dominent le centre-ville et ses parcs verdoyants. Même le ciel semble avoir été débarrassé de ses nuages pour l'occasion...

Dans la salle de conférence, Sun Yong Ge, haut fonctionnaire chinois chargé de la Zone de développement économique de Baotou, s'enthousiasme : « Baotou est la capitale des terres rares ! Les industries technologiques sont les bienvenues, car nous pouvons leur fournir pratiquement tous les minerais dont elles ont besoin. »

De fait, la ville a fait des technologies la pierre angulaire de son développement. Sa force centrifuge, c'est la proximité des gisements de terres rares, que la Chine peut fournir à satiété. « Nous ne voulons plus être de simples fournisseurs de matières premières, mais de produits plus élaborés », justifie Sun Yong Ge. Les entreprises occidentales qui, tels les anciens colons, voudraient venir exploiter les ressources pour générer la valeur ajoutée de retour chez elles ne sont plus les bienvenues à Baotou. En revanche, précise l'apparatchik, « nous sommes très ouverts aux entreprises de transformation qui délocalisent leurs technologies en Chine ».

Séduits – ou contraints – par les facilités d'approvisionnement en minerais, de nombreux d'industriels étrangers ont déjà convergé vers la zone franche de 120 kilomètres carrés étendue en périphérie de la ville. Leur présence se vérifie dans les chiffres : selon Sun Yong Ge, Baotou produit chaque année 30 000 tonnes d'aimants de terres rares, soit le tiers de la production mondiale. La délégation est d'ailleurs conviée à visiter les usines de fabrication – mais les journalistes sont priés de rester à la porte. Nous confions une petite caméra à Jean-Yves Dumousseau, qui rapporte bientôt des images confirmant la démonstration de force. « Là, c'était une usine d'aimants, ceux que vous retrouvez dans vos iPhone et vos iPad ! commente-t-il en visionnant la vidéo. Les Chinois ont déboursé des sommes colossales pour acquérir ces technologies copiées sur le savoir-faire européen²⁴. »

En organisant le transfert des usines d'aimants, les Chinois ont

bien entendu accéléré la migration vers la zone franche de Baotou de tout l'aval de la filière, c'est-à-dire les industries utilisatrices d'aimants. « Ils sont dorénavant passés à la fabrication des voitures électriques, des luminophores ou encore des turbines pour les éoliennes. Toute la chaîne de valeur s'est déplacée ! » affirme notre témoin. À quoi il faut ajouter, pêle-mêle, « dix mille tonnes de matériaux de polissage, mille tonnes de minerais catalyseurs et trois cents tonnes de matériaux luminescents », renchérit Sun Yong Ge.

Fort logiquement, Baotou ne se présente plus comme une vulgaire zone minière ; les Chinois lui préfèrent le titre de « Silicon Valley des terres rares ». La ville accueille plus de trois mille entreprises – dont cinquante dotées de capitaux étrangers²⁵ –, usine des équipements haut de gamme et emploie des centaines de milliers de salariés qui produisent près de 4,5 milliards d'euros de revenus annuels. À ce rythme, jure Sun Yong Ge, un rien hâbleur, « le niveau de vie ici sera, dans une dizaine d'années, similaire à celui des Français »²⁶.

En décidant, il y a trois décennies, d'assumer le fardeau du « pétrole du XXI^e siècle », la Chine n'a pas privilégié les manufactures déclinantes et tourné le dos au high-tech, bien au contraire. C'est précisément le choix de croiser le fer avec l'Occident sur le terrain des ressources qui lui permet, une génération plus tard, de convoiter le segment haut de gamme des industries du numérique et des *green tech*. Les métaux rares ne servent donc pas seulement une politique de quotas qu'accompagnent quelques embargos épars. Le second étage de la fusée est bien plus ambitieux : la Chine met sur pied une filière entièrement souveraine et intégrée, qui englobe aussi bien les mines nauséabondes arpentées par les gueules noires que les usines ultra-modernes peuplées d'ingénieurs surdiplômés. Quoi de plus légitime ? Après tout, la politique chinoise de remontée de la chaîne aval emprunte beaucoup à la stratégie viticole des vignerons bordelais ou bourguignons... Comme le formule un expert australien : « Les Français ne vendent pas du raisin, mais du vin, n'est-ce pas ? Eh bien, les Chinois ont le sentiment que les terres rares, c'est un peu comme les vignes chez vous²⁷. »

Bien sûr, cette stratégie de montée en gamme n'est pas limitée aux seules terres rares. Dans les années 1990 déjà, un vent d'inquiétude avait soufflé sur le tissu de PME allemandes (le fameux « Mittelstand ») qui s'était fait une spécialité d'usiner des ma-

chines-outils. Simples fraiseuses ou centres d'usinage ultra-connectés, les machines-outils permettent d'automatiser les tâches dans les usines. En remplaçant progressivement les hommes par des robots, elles ont permis de maintenir la compétitivité du secteur industriel allemand, au point que celui-ci représente, aujourd'hui encore, environ 30 % du PIB outre-Rhin²⁸.

Or les robots industriels nécessitent des quantités faramineuses de tungstène. C'est un métal rare que la Chine a toujours produit en abondance, mais dont il existe encore des mines alternatives à travers le monde, garantie d'une diversification des approvisionnements pour les industriels. Durant la décennie 1990, les Chinois usinaient leurs propres outils de coupe – « quelques marteaux, des perceuses... des outils de merde²⁹ », se rappelle un consultant australien. Mais ils ambitionnaient, là aussi, de remonter la chaîne de valeur. « Et ils se sont mis [dès 1985 et jusqu'en 2004³⁰] à faire chuter les prix du tungstène. De la sorte, ils espéraient que les Occidentaux, soucieux de se procurer des matières premières au meilleur prix, ne se fourniraient plus que chez eux et que les mines concurrentes fermentaient³¹. »

On devine ce qu'aurait pu être la suite : l'empire du Milieu, devenu hégémonique dans la production de tungstène, aurait renouvelé son chantage aux matières premières et forcé les Allemands à délocaliser leurs manufactures au plus près de la ressource. Les Chinois auraient annulé toute l'avance allemande dans l'industrie des outils de coupe, puis fait main basse sur le segment des machines-outils, pilier du Mittelstand. Le hold-up du siècle ! Mais les Allemands, qui avaient vu venir le coup, se sont entendus avec des producteurs concurrents de tungstène (la Russie, l'Autriche et le Portugal, entre autres). « Ils ont préféré payer la ressource plus cher de façon à pérenniser des mines alternatives et à ne pas dépendre des Chinois », poursuit le consultant australien³².

Qu'à cela ne tienne. L'empire du Milieu a reproduit la manœuvre sur le marché du graphite, où il est notoirement prépondérant. Également appelé « le plus pur des charbons », le graphite est le minerai à partir duquel est produit le graphène. Ce dernier est un nanomatériau un million de fois plus fin qu'un cheveu, mais deux cents fois plus résistant que l'acier, qui a valu à ses découvreurs – les physiciens André Geim et Kostya Novoselov – le prix Nobel de physique en 2010³³. Or la Chine, qui a compris les gigantesques marchés que cette ressource est en passe de créer, « poursuit une stratégie similaire de développement de la chaîne aval », in-

dique Vivian Wu. La politique commerciale chinoise inclut déjà l'imposition de taxes et de quotas à l'exportation, de manière à privilégier le marché intérieur³⁴. Les Américains sont bien conscients du danger, au point que, en 2016, ils ont déposé une nouvelle plainte devant l'OMC, accusant Pékin de « désavantager les producteurs américains en relevant les prix de ces ressources pour les industriels établis hors de Chine, tout en abaissant les prix payés par les industriels chinois pour ces mêmes matériaux³⁵ ».

L'air est connu. Il est désormais entonné à propos du molybdène et du germanium, comme l'explique une journaliste rencontrée à Pékin³⁶. D'autres s'attendent aux mêmes manœuvres sur le lithium et le cobalt³⁷. « Regardez aussi le fer, l'aluminium, le ciment et même les produits pétrochimiques, alerte un industriel allemand. Sur toutes ces ressources, vous constatez la même politique industrielle³⁸. » On parle même, en Chine, d'appliquer une politique identique pour les matériaux composites, ces nouveaux matériaux nés d'alliages entre plusieurs minerais rares. Que se passerait-il si l'empire du Milieu mettait au point un matériau composite miracle dont le reste du monde ne pourrait bientôt plus se passer ? Il ne le vendrait certainement pas plus généreusement que le reste de ses ressources... Et, en sus de tenir une liste noire des minerais critiques, l'Union européenne devrait éditer un index d'alliages critiques dont les approvisionnements seraient menacés³⁹.

L'Occident commence à mettre des mots sur ce qui lui est arrivé : celui qui contrôle les minerais contrôle dorénavant l'industrie⁴⁰. Notre dépendance à l'égard de la Chine, originellement cantonnée aux ressources, s'est étendue aux technologies de la transition énergétique et numérique qui en dépendent. « Sommes-nous dans un conflit non militaire ? La réponse est bien évidemment oui⁴¹ ! » assure un expert américain des métaux rares. Et, à la question de savoir si nous sommes en train de le gagner ou de le perdre, un spécialiste minier français répond à brûle-pourpoint : « Nous sommes en train de ne même pas le livrer⁴² ! »

Logiquement, la stratégie chinoise a inspiré une nuée d'autres États miniers à travers le monde. C'est le cas en particulier au centre de l'île de Java, plus précisément à Jakarta, en Indonésie.

L'INDONÉSIE À NOUVEAU « NON ALIGNÉE »

Si une ville dans le monde devait symboliser la métropole infernale du XXI^e siècle, ce serait la capitale de cet immense archipel

d'Asie du Sud-Est. Celle que l'on surnomme « Le Grand Durian » – en référence à ce fruit pestilentiel consommé par les Indonésiens – n'est pas une ville que l'on découvre ou visite, mais que l'on affronte. Et, parmi tous les sens que cette invivable mégapole de trente millions d'habitants met à contribution, le principal est sans doute le toucher, la faute à cette chaleur moite qui sature l'air, au harcèlement ininterrompu des ondées qui s'abattent sur cette cité de béton et de verre, au frottement de notre taxi-moto contre les nuées de voitures qui s'élancent sur les grands axes...

Puisqu'il est impossible de distinguer le nord du sud, de se familiariser avec quelque repère que ce soit – une tour, un carrefour, une artère –, nous tentons d'imprimer dans un coin de notre tête des saynètes qui traduisent le chaos : des gerbes de câbles électriques emmêlés dans les bambous ; une gargote ambulante égarée au milieu d'un carrefour ; une armada de deux-roues chevauchant les torrents d'eau que dégorgent les égouts ; des effluves d'ail envahissant les allées bordées de cocotiers ; la cadence d'un train projeté sur un chemin de fer aérien ; un morceau de forêt vierge oublié entre deux immeubles. Et ainsi de suite.

L'objet de notre voyage, en cet hiver 2014, nous l'appréhendons quelques jours plus tard en atterrissant à Bangka, quatre cents kilomètres plus au nord. Depuis l'avion, le spectacle de milliers de cratères donne à penser qu'une pluie de météorites s'était abattue sur cette île vaste comme la région parisienne. Il s'agit en fait de mines d'étain, au fond desquelles s'activent des milliers de petites mains vivant d'un prospère marché noir. Des mines offshore, aussi, au-dessus desquelles flottent des milliers de maisonnettes en bois. Depuis ces arches de fortune, de jeunes hommes plongent à une vingtaine de mètres de profondeur, avec dans la bouche un simple tuyau qu'alimente un compresseur à air. Ils raclent les fonds et font remonter le sable à la surface à l'aide d'un aspirateur de fortune. La matière brute est séparée du minerai à l'aide d'une petite trieuse installée sur leurs barges.

Bangka est le premier foyer mondial de production d'étain, un métal gris argent indispensable aux technologies vertes et à l'électronique moderne – panneaux solaires, batteries électriques, téléphones mobiles, écrans digitaux⁴³... Chaque année, plus de 300 000 tonnes d'étain sont extraites dans le monde. Avec 34 % de la production mondiale, l'Indonésie se hisse à la première place des pays exportateurs de ce minerai high-tech, qui n'est cependant pas considéré comme rare. L'archipel a bien compris le profit

qu'il pouvait tirer de cette fabuleuse ressource, et, dès 2003, « l'étain est devenu le premier minerais à faire l'objet d'un embargo⁴⁴ », explique-t-on chez PT Timah, l'un des principaux groupes miniers indonésiens.

Le premier d'une très, très longue série... À partir de 2014, tout ce que l'Indonésie compte de ressources minières, du sable au nickel, des diamants à l'or, ne put plus être exporté à l'état brut, car « les minerais que nous ne vendrions pas maintenant, nous disent les autorités indonésiennes, le seraient demain sous forme de produits finis ». Comme en Chine, cette politique représentait un fabuleux levier de création de richesse. Si l'on conservait ainsi la valeur ajoutée, les bénéfices seraient, selon certains calculs, quatre fois plus élevés pour le fer, sept fois plus élevés pour l'étain et le cuivre, et même dix-huit fois plus élevés pour la bauxite et vingt fois plus élevés pour le nickel.

Les Indonésiens ont fait bien plus que reproduire le schéma chinois : ils ont innové en développant un embryon de nationalisme financier. En 2013, Jakarta institua en effet l'Indonesia Commodity and Derivatives Exchange (ICDX), une Bourse dont l'objectif est de fixer le cours de l'étain sans subir le « diktat » du London Metals Exchange (LME), la grande Bourse mondiale des métaux. « Notre objectif est de contrôler et stabiliser les cours », explique Megain Widjaja, le jeune directeur de l'ICDX, qui pense que les cours de l'étain sont régulièrement manipulés. Ainsi, dorénavant, tout l'étain exporté d'Indonésie doit être d'abord échangé à la Bourse de Jakarta.

Les retombées de cette politique sont encore débattues. Selon M. Widjaja, la volatilité des cours de l'étain est passée à 8 % par an, contre 20 à 30 % précédemment. Pour un analyste londonien, en revanche, les prix fixés par le LME demeurent la référence, et il ne pense pas que cet ordre des choses changera de sitôt⁴⁵. Il reconnaît néanmoins : « C'est une idée vraiment originale que l'Indonésie a appliquée. » Pour soutenir sa politique industrielle, l'archipel a en effet besoin de développer des réseaux routiers, des infrastructures de distribution d'électricité, des ports, des gares et des aéroports. Encore faut-il, afin d'amortir de tels investissements et de les mener sur le long terme, que les cours des minerais soient suffisamment élevés et stables.

Plutôt que de s'en remettre à la main invisible des marchés, l'Indonésie bombe le torse, entreprend de conjurer le sort et tente d'agir directement sur les mécanismes boursiers. D'autres places

asiatiques s'en sont inspirées : ainsi, en 2015, le Shanghai Futures Exchange incluait l'étain parmi les métaux susceptibles d'être négociés sur son marché à terme⁴⁶. La Malaisie faisait de même en 2016⁴⁷. D'autres places boursières ont également inauguré des plateformes de *trading* de cuivre, de nickel et de zinc⁴⁸.

Cependant, le nationalisme indonésien des ressources minières ne connaît pas le même succès que son homologue chinois. La raison en est que Jakarta ne s'est pas donné les moyens de sa politique. Les investissements colossaux nécessaires au développement de l'aval industriel ont tardé, la balance commerciale de l'archipel a commencé à tanguer, et les carences budgétaires à s'accumuler. En 2017, le pays a été contraint d'assouplir sa stratégie en autorisant à nouveau l'exportation de plusieurs minerais⁴⁹. L'une des principales causes de ce revers est le prix des cours des matières premières. En effet, la majorité des politiques nationalistes ont été coordonnées à un moment où le monde vivait un « super-cycle des matières premières » – quinze années de bombe qui ont débuté en 2000 et durant lesquelles les cours ont tutoyé des sommets vertigineux. Ces données de marché ont desservi les pays acheteurs, cependant qu'elles installaient les États marchands dans une position de force, galvanisant leurs instincts nationalistes.

Mais, en 2014, ce cycle s'est interrompu. Les rapports de force commerciaux entre États consommateurs et États producteurs se sont rééquilibrés, et ces derniers ont commencé à y regarder à deux fois avant d'engager des investissements en aval de la chaîne industrielle. Certains suggèrent que l'ancien monde est résilient et n'a pas dit son dernier mot. À moins que le désir des émergents de ripailler aussi ostensiblement que les pays de l'OCDE ne soit si irrésistible que les trois siècles de parenthèse occidentale s'évanouiront bientôt face à l'éclosion d'un nouveau monde⁵⁰. Aujourd'hui, les Occidentaux voudraient convertir la planète entière à la parcimonie et à la modération. Mais comment nous rendre audibles auprès de milliards d'individus qui rêvent de consommer de la viande à tous les repas, de boire du champagne et de partir se prendre en photo en famille devant la tour Eiffel ?

Aux yeux des émergents, les métaux rares sont plus que jamais des leviers de jouissance. Et, de fait, le phénomène s'amplifie, inéluctablement : en 1998, après des années de lutte, les indépendantistes kanaks de Nouvelle-Calédonie ont obtenu de détenir la majorité des parts dans l'usine du massif de Koniambo, le plus

grand gisement de nickel de la planète. Conséquence : le traitement local du minerai, synonyme de valeur ajoutée, profite aux populations locales. Une tendance similaire se dégage au Cambodge, au Laos et aux Philippines, et même l'Afrique commence à y prendre goût : « Une industrie de transformation des phosphates est en train de s'y créer afin de fabriquer des engrais destinés aux Africains, souligne Mostafa Terrab, PDG de l'Office chérifien des phosphates. Il est très probable que cela se transpose à d'autres secteurs. L'Afrique n'a pas d'autre choix que de s'industrialiser ⁵¹. »

Cette intuition est cohérente avec l'« African Mining Vision 2050 ⁵² » prônée lors du douzième sommet de l'Union africaine, en 2009. Il s'agit bien de faire des mines un facteur de croissance inclusive, avec le projet sous-jacent de capter une part plus importante de la valeur ajoutée. Nous sommes certes loin d'un résultat optimal, puisque seulement 15 % de la production minière africaine resterait à ce jour sur le continent noir. Mais cette évolution est inévitable compte tenu du poids croissant de l'Afrique dans le PIB mondial. Ce n'est d'ailleurs plus uniquement un enjeu industriel ou politique ; c'est devenu une question morale, celle de la juste répartition d'un bien commun mondial que l'on appelle les ressources minières. Et les institutions internationales poussent dorénavant à l'unisson en ce sens ⁵³.

1. Il faut fondre les métaux ensemble en respectant un dosage précis, puis refroidir l'alliage obtenu, le broyer, le comprimer, le presser à l'aide d'un piston, enfin chauffer et refroidir à nouveau. Pour des explications plus techniques, voir Sandro Buss, « Des aimants permanents en terres rares », *La Revue polytechnique*, n° 1745, 13 avril 2010.

2. Lorsqu'on tourne la molette d'un briquet, celle-ci frotte contre la pierre à briquet, c'est-à-dire un mélange de métaux de terres rares appelé « mischmétal », lequel produit une étincelle pour enflammer la mèche ou le gaz.

3. La luminescence blanche de la flamme émise par les Camping-Gaz n'est pas due au gaz, mais au cérium. Cette terre rare, dont on recouvre l'intérieur du manchon et que l'on excite avec la flamme, émet une forte intensité lumineuse blanche, donc un éclairage optimal. Voir la conférence « Terres rares : enjeux stratégiques pour le développement durable », donnée par Patrice Christmann, directeur adjoint à la stratégie du BRGM, dans le cadre des Grands Séminaires de l'Observatoire Midi-Pyrénées du CNRS, 17 septembre 2013.

4. Les terres rares qui recouvrent la face interne de l'écran, « excitées » à l'aide des tubes cathodiques, émettent en effet des lumières colorées – donc des images. L'euro-pium assure la reproduction de la couleur rouge, le terbium celle du vert.

5. Il s'agit des aimants samarium-cobalt (Sm-Co), soit les formules chimiques SmCo5 et Sm2Co17, et des aimants produits à base d'une terre rare appelée néodyme, de fer et de bore (NdFeB), soit la formule chimique Nd2Fe14B. Ils ont été inventés par le Japonais Masato Sagawa, chez Sumitomo Special Metals, et l'Américain John Croat, de Ge-

neral Motors.

6. Un seul exemple : le samarium « sert principalement à la fabrication d'aimants permanents. Une technologie utilisée pour la nouvelle génération des TGV d'Alstom et qui permet d'obtenir des moteurs de 30 à 40 % plus compacts avec 10 à 20 % de puissance supplémentaire ». Voir « Le CAC 40 accro aux "terres rares" », *L'Expansion*, 12 novembre 2012.

7. Entretien avec Jack Lifton, 2016. Selon Philippe Degobert, maître de conférences en génie électrique à l'École nationale supérieure d'arts et métiers, directeur du master Mobilités et véhicules électriques, un aimant de ferrite est en réalité 7 fois moins puissant qu'un aimant de samarium et 10 fois moins puissant qu'un aimant de néodyme.

8. Entretien avec Chen Zhanheng, 2016.

9. Entretien avec Chris Ecclestone, 2016.

10. Voir Régis Poisson, « La guerre des terres rares », *L'Actualité chimique*, n° 369, décembre 2012.

11. Entretiens avec Jean-Paul Tognet, 2016 et 2017.

12. *Ibid.*

13. Entretien avec Jean-Yves Dumousseau, 2016.

14. Régis Poisson, « La guerre des terres rares », art. cité.

15. Entretien avec Jean-Yves Dumousseau, 2016.

16. Entretiens avec Jean-Paul Tognet, 2016 et 2017.

17. *Ibid.*

18. *Ibid.*

19. Entretien avec Jim Robinson, United Steelworkers (USW), 2011.

20. Entretien avec Régis Poisson, ancien ingénieur chez Rhône-Poulenc, 2013.

21. Voir notamment Régis Poisson, « La guerre des terres rares », art. cité.

22. Entretien avec David Merriman, entreprise de consulting Roskill, 2016.

23. Selon un industriel français s'exprimant sous le sceau de l'anonymat, la différence de prix d'achat pour les producteurs européens et pour les producteurs chinois a pu atteindre le rapport mirobolant de 1 à 7 – un chiffre qui, aux yeux de Jean-Paul Tognet, paraît exagéré.

24. Entretien avec Jean-Yves Dumousseau, 2011.

25. Voir « Baotou Rare Earth High-Tech Industrial Development Zone », *China Daily*, 27 octobre 2015.

26. Depuis notre voyage, « la structure économique de la région autonome de Mongolie-Intérieure englobe les énergies nouvelles, les big data et l'informatique en nuage, les nouveaux matériaux, les économies d'énergie et la protection de l'environnement, la fabrication de matériel haut de gamme, la médecine traditionnelle mongole et la biotechnologie ». Voir « De l'exploitation minière aux big data : le développement économique de la Mongolie-Intérieure », Centre d'informations sur Internet de Chine, 8 août 2017. La ville de Baotou muscle encore ses ambitions en développant une zone industrielle dédiée aux terres rares d'une superficie de 470 kilomètres carrés. Voir « Huge rare earth industrial park coming to Inner Mongolia », *China Daily*, 29 août 2017.

27. Entretien avec Dudley Kingsnorth, 2016.

28. Les robots industriels sont même la clé de voûte des futures « usines 4.0 », intelligentes et ultra-connectées, dont les Allemands se sont aujourd'hui faits les champions. L'industrie allemande des machines-outils a généré en 2015 plus de 15 milliards d'euros de richesses, exporte les trois quarts de ce qu'elle produit et emploie près de 70 000 salariés. Il s'agit d'un pilier essentiel de l'économie nationale. Voir « German machine tool industry expects moderate growth in 2016 », Verein deutscher Werkzeugmaschinenfabriken, 2016.

29. Entretien avec Chris Ecclestone, 2016.

30. Pour de plus amples explications, voir le rapport public du BRGM, « Panorama du marché du tungstène », juillet 2012.

31. Entretien avec Chris Ecclestone, 2016.

32. Le Mittelstand a peut-être gagné la bataille, mais pas la guerre : la Chine convoite en effet certaines stars de la robotique industrielle allemande, comme KUKA. Voir « Allemagne : le "Mittelstand" face à l'offensive chinoise », *Le Monde*, 4 juin 2016.

33. Les applications sont vertigineuses : la maîtrise du graphène permettrait de conce-

voir des téléphones portables flexibles, des ordinateurs translucides, des nanoprocésseurs surpuissants ou des nanopuces capables de détecter des cancers une fois introduites dans notre organisme.

34. « U.S. Brings WTO Challenge Against China Over Copper, Graphite, Other Minerals », *The Wall Street Journal*, 13 juillet 2016.

35. « United States Expands Its Challenge to China's Export Restraints on Key Raw Materials », Office of the United States Trade Representative, juillet 2016.

36. Entretien avec Daisy Chen, journaliste au bureau pékinois du média *Metal Pages*, 2016.

37. Entretien avec Chris Ecclestone, 2016.

38. Entretien avec Thomas Kruemmer, 2016.

39. Et pourquoi pas, même, un inventaire des « super-aimants critiques » présentant des risques de pénurie ? La question est permise depuis que la Chine, tout à sa stratégie d'attraction des industries utilisatrices de terres rares, a, selon Chris Ecclestone, menacé le Danemark, puissant fabricant d'éoliennes, de suspendre ses exportations d'aimants de terres rares.

40. Entretien avec Didier Julienne, 2016.

41. Entretien avec Jack Lifton, 2016.

42. Entretien avec Alain Liger, 2016.

43. « Tin : The Secret To Improving Lithium-Ion Battery Life », *Forbes*, 23 mai 2012.

44. Entretien avec Agung Nugroho Soeratno, responsable de la communication du groupe PT Timah, 2014.

45. Entretien avec Peter Kettle, analyste à l'International Tin Research Institute, au Royaume-Uni, 2016.

46. « Shanghai to Match London Metals as China Seeks Commodities Sway », *Bloomberg News*, 26 mars 2015. Un marché à terme est un marché dérivé sur lequel se négocient des « futures ». Afin de parer à l'instabilité des cours, vendeurs et acheteurs s'entendent sur la vente d'une marchandise future à un prix fixé à l'avance.

47. « Bursa Malaysia Derivatives introduces futures tin contract », *The Star*, 29 septembre 2016.

48. Il n'est pas certain qu'une telle politique permette de peser à court terme sur les cours mondiaux. Peter Kettle pense néanmoins que cela représente « des opportunités intéressantes pour les courtiers établis localement, qui tirent ainsi profit de la réalisation d'opérations financières qui se seraient sinon réalisées en Grande-Bretagne ». La création de telles Bourses peut dès lors renforcer le statut de centre financier des métropoles asiatiques où elles sont établies.

49. Le nickel et la bauxite. Voir « Indonesia eases ban on mineral exports », *The Financial Times*, 13 janvier 2017.

50. Hervé Kempf, *Fin de l'Occident, naissance du monde*, Seuil, 2013.

51. Allocution lors d'une conférence organisée par le Cercle Cyclope, à Paris, 2016.

52. Voir le document de référence « Africa Mining Vision », African Union, février 2009.

53. Consulter notamment le rapport de la Banque mondiale, « Increasing Local Procurement By the Mining Industry in West Africa », janvier 2012.

Le jour où la Chine a devancé l'Occident

Il fallait ces fameux métaux rares pour appréhender la nouvelle bataille dans laquelle nous sommes engagés : celle de l'imagination. Les nations rivalisent aujourd'hui pour attirer les esprits les plus brillants, capter les start-up les plus innovantes, s'adjuger la paternité des brevets les plus étonnants, qui deviendront les ambassadeurs de leur culture et de leur génie. Les nouvelles technologies promeuvent un modèle économique et sociétal, elles signalent un certain regard porté sur le monde. La Chine l'a compris : sa stratégie industrielle des métaux rares lui permet de miser fortement sur l'essor scientifique, d'encourager l'esprit créatif de son peuple – et de stimuler une offre civilisationnelle alternative aux références dictées par l'Occident.

LES RECETTES CHINOISES
DU « COLBERTISME HIGH-TECH¹ »

Les bases théoriques de cette émulation savante ont été jetées dès 1976 : Deng Xiaoping a alors rompu avec les ambitions agricoles de Mao et déclaré que, dorénavant, « la force de la production réside[rait] dans les sciences² ». Tous les leaders chinois ont perpétué et amplifié cette conviction, tel le président Hu Jintao, qui a proclamé, en 2006, que « la science et [les] technologies » constituaient « la colonne vertébrale de la stratégie de développement chinoise³ ».

Cette profession de foi s'est concrétisée à nouveau avec le 12^e plan quinquennal de 2010. Cette feuille de route, qui agençait les grandes orientations économiques pour la période 2011-2015, identifiait sept industries de pointe prioritaires⁴ et autant de nouveaux horizons technologiques. Cinq ans plus tard, le 13^e plan quinquennal (2016-2020) consacrait à son tour l'innovation et le progrès technologique comme principes directeurs⁵. Ces concepts, qui n'avaient pourtant jamais été centraux dans l'histoire

de la Chine, s'affichaient désormais comme des mantras⁶.

Pour cimenter cette vision, Pékin s'est appuyé sur les fabuleux avantages compétitifs de l'économie chinoise : une main-d'œuvre bon marché venue des régions intérieures ; le faible coût du capital, permis notamment par une politique de dévaluation du yuan ; la taille du marché chinois, un gigantesque espace domestique qui permet la réalisation d'importantes économies d'échelle⁷. Et, pour accélérer la délocalisation de leurs outils de production par les entreprises concurrentes, Pékin a su manier à merveille l'arme des partenariats, les fameux *joint ventures* : les industriels, en échange des trois avantages compétitifs mentionnés plus haut, ont partagé leur savoir-faire technologique, donc leurs brevets. Pékin a baptisé cela l'« innovation indigène », c'est-à-dire l'absorption, l'intériorisation des technologies étrangères⁸.

Les fondements de cette stratégie ont été consignés dans un document de politique industrielle publié par le gouvernement chinois en 2006⁹, un texte « saturé de [...] belles intentions et d'une rhétorique fleurie vantant la coopération internationale et l'amitié » entre les peuples, ironise un consultant américain établi à Pékin¹⁰. En réalité, la Chine y définissait l'innovation indigène comme l'activité consistant à mettre au point des technologies chinoises en retraillant et ajustant les technologies importées. « Cette stratégie est considérée par de nombreux groupes high-tech comme une entreprise de vol de technologies telle que le monde n'en avait jamais connu jusqu'alors, s'alarmait un rapport américain en 2010. Avec ces politiques industrielles d'indigénisation, il est dorénavant très clair que la Chine est passée d'une posture défensive à une attitude offensive¹¹. »

C'est exactement la tactique que les Chinois ont appliquée aux aimants de terres rares. Pékin a d'abord attiré, par la séduction ou la force, les industriels étrangers sur son territoire, s'est associé à eux via des *joint ventures*, avant d'enclencher un processus de « co-innovation », ou de « ré-innovation », qui lui a permis de s'accaparer les technologies des fabricants de super-aimants japonais et américains.

Après avoir tiré profit de l'imagination des autres, Pékin a ensuite mis en place un écosystème de création endogène. Les autorités se sont fixé pour objectif de « basculer de l'usine au laboratoire ¹² ». Cette ambition s'est concrétisée à travers une variété de programmes de recherche engagés dès le début des années 1980. L'un des plus emblématiques fut le « Programme 863¹³ », lancé

afin de conférer à la Chine un rôle de leader dans sept industries de pointe – dont de nombreuses dites « vertes »¹⁴. Plus récemment, le plan « Made in China 2025 » a entériné la création d'une quarantaine de centres d'innovation industrielle à travers le pays. Au total, les dépenses de l'État chinois consacrées à la recherche ont avoisiné 400 milliards de dollars en 2016 – moins que les États-Unis¹⁵ mais davantage que l'Europe.

Les faiblesses de la Chine sont néanmoins nombreuses : ramené à sa population totale, le nombre de chercheurs y est aujourd'hui bien plus faible qu'en France ou en Grande-Bretagne, et les défis de la formation demeurent colossaux. L'immense Chine rurale est tenue à l'écart de cette dynamique. Et puis l'État lui-même, qui a su allier dirigisme et liberté d'entreprendre, ne risque-t-il pas de freiner cette innovation ? Plus qu'ailleurs, la réussite de l'écosystème d'innovation est fortement dépendante des performances de l'administration. Or celle-ci doit s'atteler à de douloureuses réformes structurelles à l'issue incertaine. L'inertie des entreprises publiques, très puissantes dans les secteurs de l'énergie, des télécommunications et de la finance, n'est plus viable. Mais leurs dirigeants occupent souvent de hautes fonctions politiques... Comment le gouvernement parviendra-t-il à réformer ces conglomérats sans générer des tensions et des blocages au sein du Parti¹⁶ ?

Enfin, la Chine est desservie par certaines de ses caractéristiques. La nature dirigiste du régime a peut-être permis à un État stratège de s'épanouir, mais ne pousse guère à la subversion par essence... Comment une administration qui emploie deux millions d'agents¹⁷ pour censurer la liberté d'expression sur Internet peut-elle, dans le même temps, inciter à l'ébullition créative ? Avec un gouvernement qui assèche la liberté de critiquer – donc d'imaginer –, la culture de la copie reste puissante, et le manque d'inventivité est une donnée structurante¹⁸. « Les Chinois disposent des technologies, mais restent bloqués sur des logiques organisationnelles et intellectuelles de 1929¹⁹ », tranche un ancien diplomate français en poste à Pékin.

Il n'empêche : les autorités chinoises sont condamnées à réussir. L'innovation et la logique de montée en gamme révèlent deux enjeux très concrets, à plus court terme, pour le régime communiste :

- D'abord, son farouche désir d'indépendance technologique, alimenté par plusieurs humiliations passées. La première remonte

aux suites de la rupture sino-soviétique, à la fin des années 1950 : sur fond de tensions diplomatiques, l'URSS a retiré, à l'été 1960, son assistance technique indispensable à la pérennité de nombreuses industries lourdes chinoises²⁰. Puis est venu l'embargo américain de 1989 sur les ventes d'armes, en représailles à la répression du mouvement étudiant de la place Tiananmen. Pékin en a tiré une douloureuse leçon : ne compter que sur ses propres forces. Dès lors, l'obsession de l'autosuffisance est prégnante dans la psyché chinoise. La volonté de la Chine est de ne dépendre des technologies étrangères, d'ici à 2020, qu'à 30 %, contre 60 % en 2006²¹.

- Ensuite, la survie du Parti communiste. Ce dernier a scellé un contrat tacite avec un cinquième de l'humanité, un pacte « dictature contre croissance » qu'un trop fort ralentissement économique rendrait caduc. Pour maintenir leur légitimité, les autorités doivent donc intégrer, chaque année, jusqu'à quinze millions de nouveaux urbains sur le marché du travail. Une performance illusoire si, en fait de ressources minérales, l'empire du Milieu concentre ses efforts sur le seul amont minier. C'est en aval de la filière que dorment les plus fortes réserves d'emplois et que résident les promesses de marges de croissance les plus alléchantes. Les métaux rares sont donc l'une des clés de la résilience d'un régime autoritaire contraint d'innover sans relâche s'il ne veut pas être renversé, comme de nombreuses dynasties impériales avant lui.

DES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES STUPÉFIANTS

Tous ces facteurs permettent de comprendre pourquoi le PC a, jusqu'alors, si incroyablement bien réussi. « Je me trouvais déjà en Chine il y a dix ans : à cette époque, on parlait textiles, jouets, assemblage de produits électroniques. Mais, franchement, personne n'imaginait ce qui s'est produit depuis lors²² », admet un journaliste français établi à Pékin. Les stupéfiants progrès accomplis dans les secteurs de l'électronique, de l'aéronautique, des transports, de la biologie, des machines-outils ou encore des technologies de l'information auraient même pris de court jusqu'au sommet du Parti communiste²³. Dans le secteur spatial, la Chine a déjà posé un robot sur la Lune, et compte y envoyer un homme d'ici à 2036. Rien qu'en 2016, elle a lancé une vingtaine de missions spatiales, détrônant la Russie en tant que principal adversaire des États-Unis dans la nouvelle course à l'espace. Pour Pé-

kin, il s'agit donc bien de se placer du côté non plus seulement de la demande de nouvelles technologies, mais de l'offre, et d'échanger son statut de consommateur de savoirs contre celui de fournisseur de connaissances²⁴. Cette politique se lit à travers un chiffre ahurissant : en 2015, la Chine est le pays qui a déposé le plus de brevets au monde, avec plus de 1,1 million de dépôts²⁵.

Et, tandis que nous pleurons sur le lait renversé, l'empire du Milieu accélère la cadence : il veut exploiter les propriétés encore insoupçonnées des terres rares et développer les applications du futur. Certains de ses programmes de recherche universitaire seraient tellement avancés qu'un chercheur officiant au département américain de la Défense oscille entre l'ébahissement et le désarroi : « Avoir perdu notre chaîne d'approvisionnements était déjà assez tragique comme cela. Et là, les Chinois sont en train de gagner dix ans d'avance sur nous. C'est bien simple, nous risquons de ne pas disposer de la propriété intellectuelle pour les prochaines applications qui comptent. » La Chine ne s'en cache d'ailleurs pas : « Nous voulons devenir les leaders mondiaux des technologies grâce à ces métaux », affirme Vivian Wu.

Le 29 septembre 2010, en plein embargo chinois sur les terres rares, Kathleen Dahlkemper, membre du Congrès américain, lâcha le mot à la tribune de la Chambre des représentants : « Les Chinois ont pris le contrôle du marché des terres rares, et nous, les États-Unis, sommes en train d'être dépassés. » C'était une allocution cruciale : Mme Dahlkemper ne disait pas que l'avance technologique américaine risquait d'être réduite ou diminuée. Elle ne disait pas que la première puissance mondiale serait rattrapée et que les Chinois lui tailleraient de plus en plus de croupières. Elle disait que nous, les occidentaux, étions sur le point d'être dépassés, comme nous le sommes d'ailleurs sur un nombre croissant de segments industriels. De fait, Pékin a déjà conçu un avion de combat furtif plus perfectionné que celui de ses rivaux japonais²⁶, mis au point le super-ordinateur le plus puissant du monde, doté d'une capacité de calcul de 93 pétaflops²⁷ (ce qui vaut à la Chine d'être qualifiée de « première puissance informatique du monde²⁸ »), et placé sur orbite le premier satellite à communication quantique, une technologie de cryptage réputée inviolable²⁹.

Surtout, l'empire du Milieu a pris le leadership d'un éventail impressionnant de technologies vertes. Loin de l'image de pays pollueur et pollué qui lui est traditionnellement associée, il s'affiche dorénavant comme le premier producteur d'énergies vertes au

monde, le premier fabricant d'équipements photovoltaïques, la première puissance hydroélectrique, le premier investisseur dans l'éolien et le premier marché mondial des voitures à nouvelles énergies. Pékin a également entrepris d'ériger un vaste réseau de « cités vertes » éco-responsables. Tianjin, Dongtan Caofeidian, Wuhan, Changxindian, Taichung Hsinchu... Par centaines, des écocités et écoquartiers sont en train de sortir de terre. En 2015, les investissements entrepris dans ces nouvelles industries ont dépassé les 100 milliards de dollars – soit le tiers des financements engagés dans le monde³⁰.

En annonçant le dépôt devant l'OMC d'une plainte contre la politique chinoise des terres rares, le président Barack Obama avait pourtant mis en garde : « Être capable de fabriquer des batteries électriques et des voitures hybrides aux États-Unis est trop important pour que nous n'agissions pas. Nous devons prendre en main notre futur énergétique, et nous ne pouvons laisser cette industrie énergétique prendre racine dans d'autres pays que le nôtre. » Il faut croire que l'administration Obama a échoué puisque, en 2020, la Chine produira 80 % à 90 % des batteries pour véhicules électriques³¹... Forte de son monopole sur la production des métaux rares et des filières de technologies vertes qui en dépendent, la Chine entend devenir l'État qui produira le plus de *green tech*. Elle veut siphonner les emplois verts au détriment de l'Europe, du Japon et des États-Unis.

Elle veut, sur le terrain économique, être la grande gagnante de la transition énergétique et numérique.

Cet ambitieux virage vert permet, de plus, d'apaiser les tensions qui traversent l'opinion chinoise à propos de l'environnement³². La question écologique est en effet devenue socialement insoutenable en Chine. Le nombre de manifestations annuelles contre la pollution avoisinerait les 30 000, voire les 50 000. Qu'il s'agisse de protester contre un projet de complexe pétrochimique, comme dans la ville de Kunming, dans le Yunnan, ou contre la construction d'un incinérateur à ordures, comme à Hangzhou, dans le Zhejiang, un mouvement bourgeois qui s'inscrit dans la tendance mondiale baptisée « NIMBY » (« Not In My Backyard », pas dans mon jardin) clame aujourd'hui son rejet du modèle de croissance chinois. Il est relayé par près de 8 000 associations environnementales qui récupèrent, coordonnent et tentent de fédérer ces agitations populaires.

« L'ancien modèle de développement ne peut plus perdurer,

confirme l'environnementaliste Ma Jun. Nous ne pouvons plus consommer comme nous le faisons. Une transformation doit s'opérer. » Ce virage écologiste œuvre dès lors à moderniser les relais de croissance du pays en privilégiant les services et les technologies « légères » (dont l'impact écologique est jugé moindre, telles que les technologies digitales). Il permet, enfin, de verdir l'image du pays sur la scène internationale, et même d'imposer Pékin comme le chef de file diplomatique de la transition énergétique dans le vide laissé en 2017 par le retrait des États-Unis de l'accord de Paris.

L'OCCIDENT AFFAIBLI

La stratégie chinoise de remontée de la chaîne aval des métaux rares s'est faite aux dépens du dynamisme industriel de l'Europe et des États-Unis. Elle révèle, en creux, la vulnérabilité du modèle économique occidental, pourtant érigé comme une référence depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale. Un universitaire allemand a tenté de poser des chiffres sur cette réalité³³ : en se concentrant sur les seules terres rares, il a estimé que la captation du marché des oxydes (les poudres raffinées par Rhône-Poulenc) avait entraîné, de 1965 à nos jours, le transfert de 4 milliards de dollars de richesses vers l'empire du Milieu. En remontant davantage la chaîne de valeur jusqu'aux marchés des aimants et des batteries, le montant se trouve multiplié par dix, dépassant le seuil des 40 milliards de dollars. C'est logique, puisque plus la Chine s'approprie l'aval, plus la valeur ajoutée est forte...

Un chercheur australien a appliqué ce raisonnement à des secteurs manufacturiers encore plus avancés³⁴. Il s'est intéressé à l'industrie des composants – les produits assemblés qui seront intégrés dans un bien de consommation (circuits imprimés, capteurs, amplificateurs, diodes, LED, thermostats, interrupteurs...). Ici aussi – et toujours selon la logique de la plus-value des industries aval –, le transfert de richesses du reste du monde vers la Chine aurait décuplé pour atteindre 400 milliards de dollars. Enfin, l'auteur de ces travaux s'est penché sur les équipementiers, c'est-à-dire les industriels qui fabriquent des pièces détachées, encore plus évoluées que les composants (dans le secteur automobile, il peut s'agir des tableaux de bord ou des caméras intégrées ; dans l'informatique, c'est le disque dur de l'ordinateur ; dans l'aéronautique, c'est le moteur ou le logiciel d'un avion de ligne...). Là encore, le montant des transferts aurait été multiplié par dix, pour at-

teindre 4 000 milliards de dollars – soit le double du PIB de la France.

Le marché annuel des terres rares avoisine la somme dérisoire de 6,5 milliards de dollars, soit 276 fois moins que celui du pétrole³⁵. Mais, compte tenu de la présence de ces petits métaux dans à peu près tout ce que nous consommons, les retombées de cette industrie microscopique prennent des proportions gigantesques. Et encore les deux études ne chiffrent-elles pas la disparition des industries minières, des usines de produits finis (éoliennes, voitures électroniques, panneaux solaires, etc.), les pertes de recettes fiscales pour les États, l'impact sur leur balance commerciale, non plus que les conséquences similaires provoqués par la montée en gamme chinoise sur une ribambelle d'autres métaux rares.

Et que dire des millions d'emplois gagnés d'un côté, donc nécessairement perdus de l'autre ? Aux États-Unis, lorsqu'on quitte Chicago et qu'on longe, une heure durant, les rives du lac Michigan jusqu'à l'État voisin de l'Indiana, on prend toute la mesure des désastres produits par les coups de boutoir chinois sur l'industrie métallurgique américaine. Jim Robinson, un syndicaliste de la United Steelworkers, nous reçoit dans son bureau de la ville de Gary. Sa mine déconforte en dit long sur la ruine de la filière de l'acier, qui a prospéré ici jusque dans les années 1980. « La région était tellement industrialisée qu'on la surnommait la Ruhr de l'Amérique ! se remémore-t-il. C'était une époque formidable. Personne ne pouvait imaginer que nous connaîtrions de tels bouleversements. » De Gary, ses habitants disent aujourd'hui qu'elle est « *a wreck* », une épave. Dans cette cité fantôme, des quartiers entiers sont abandonnés, des maisons aux portes éventrées sont à vendre pour 50 dollars. Chaque jour, des hommes et des femmes fuient l'ancienne ville manufacturière ravagée par le chômage, le désespoir et l'insécurité.

Aux États-Unis, les trois quarts des producteurs d'aimants ont disparu. La filière, qui comptait 6 000 professionnels outre-Atlantique il y a vingt ans, n'en emploie plus que 500³⁶. Plus en aval, l'automobiliste japonais Toyota et son concurrent allemand BMW ont également délocalisé une partie de leurs activités en Chine³⁷. Ajoutons à cela certaines activités du conglomérat japonais Sumitomo, du chimiste allemand BASF et de son compagnon d'infortune, l'américain Grace. « Ces entreprises ont bien sûr été attirées par le faible coût du travail en Chine, mais l'accès aux terres rares

a constitué une motivation supplémentaire pour délocaliser les usines, analyse l'universitaire australien Dudley Kingsnorth. Au total, ce sont des millions d'emplois qui ont été siphonnés³⁸. » En faisant le pari des énergies renouvelables, Pékin a donc précipité l'abolition d'un ordre industriel, fondé sur les ressources fossiles et dans lequel l'Occident excellait, au profit d'un nouveau système énergétique où ce dernier accumule déjà les retards. En un sens, on peut donc comprendre le refus de Donald Trump d'engager les États-Unis dans la transition énergétique : il préfère perpétuer un modèle énergétique pétrolier³⁹ qui a consacré la toute-puissance des États-Unis au cours du xx^e siècle plutôt que de s'engager dans la voie du tout-électrique dont il sait qu'elle pourrait être très douloureuse pour l'industrie américaine⁴⁰.

La France n'a pas été épargnée. Un exemple a été rapporté par Arnaud Montebourg, alors ministre du Redressement productif, dans une tribune publiée par un grand quotidien du soir : « En 2001, un petit village de Haute-Garonne, Marignac, voyait avec peine disparaître l'unique usine de production de magnésium en France, sous l'effet de la concurrence chinoise. Plusieurs années après, détenant un monopole sur le marché du magnésium, la Chine rehaussait les prix de sa production à un niveau qui aurait redonné toute sa rentabilité au site français. Entre-temps, la France avait perdu des centaines d'emplois [...] dans l'allégement des voitures et des avions⁴¹. »

Un désintérêt certain pour l'industrie du raffinage des métaux a également conduit, en 2013, à la liquidation des activités françaises du Comptoir Lyon-Alemand, Louyot et Cie, une entreprise spécialisée dans le traitement des métaux précieux. « Il s'agissait de la seule société française dans le domaine des métaux rares, se désole un ancien. Près de quatre mille emplois ont été supprimés en 2002 » en France et dans le monde⁴². Dans tous ces secteurs high-tech, les emplois en jeu étaient des métiers à haute valeur ajoutée, nécessitant des compétences très pointues. « Des "emplois verts" qui permettaient de créer une économie moderne et développée⁴³ », ajoute un syndicaliste. Avec eux, c'est un savoir-faire parfois multiséculaire, avec des ramifications dans les secteurs de l'armement, de l'électronique, de l'automobile et, bien sûr, des énergies du futur, qui s'est évanoui. Or ces drames humains et sociaux viennent noircir un tableau déjà bien sombre, celui des 900 000 emplois industriels condamnés en France ces quinze dernières années, soit une chute de 25 % des effectifs. Sur

la même période, la part du secteur secondaire dans le PIB français a baissé de quatre points⁴⁴.

Aux États-Unis, en Europe, en France, la désindustrialisation a malmené le contrat social d'après-guerre, provoqué de graves troubles sociaux et constitué le fonds de commerce d'une pléthore de partis populistes. Si Donald Trump a réussi à accéder à la Maison-Blanche, c'est parce qu'il a pu compter sur les électeurs des États désindustrialisés de la *Rust Belt* (« ceinture de la rouille »). Dans ces États pivots dont le choix peut faire basculer l'élection au niveau national, le candidat républicain n'a cessé de dénoncer les pratiques anti-concurrentielles chinoises et les délocalisations, soulignant la nécessité de protéger les États-Unis de la guerre aux usines menée par Pékin. Cette stratégie a payé : Trump a remporté le vote populaire dans la quasi-totalité de ces États, effaçant la confortable avance, au niveau national, dont disposait Hillary Clinton.

Avec ou sans métaux rares, la désindustrialisation des États occidentaux aurait fait sentir ses pernicioeux effets. Mais le monopole chinois sur ces ressources vouées à remplacer les combustibles fossiles, couplé à la redoutable stratégie d'assimilation des industries vertes qui en dépendent, a amplifié cette crise économique, sociale et politique. De la même manière, le modèle européen s'est montré « impuissant à mettre en œuvre une politique pour préserver son acquis économique, technologique et social », juge un expert français, qui ajoute : « La survie [...] de la démocratie européenne [...] pourrait être l'enjeu final de l'émergence, à peine entamée, de l'industrie chinoise⁴⁵. »

QUAND DEUX VISIONS DU MONDE S'OPPOSENT

Pendant ce temps, sa réussite permet à la Chine de promouvoir un modèle de gouvernement valorisant la patience du temps long, à l'encontre des options à courte vue qui, en Occident, ont anéanti toute politique industrielle. Ce « capitalisme autoritaire [...] est un encouragement pour les autres États autocratiques », analyse un universitaire indien⁴⁶ : il prouve qu'il peut à la fois produire une croissance solide et garantir la stabilité politique. Et voici accrédité le « consensus de Pékin⁴⁷ », c'est-à-dire l'idée que le modèle de développement chinois peut servir de référence pour d'autres pays émergents. Ce consensus en met au défi un autre, celui de Washington, en vogue depuis la fin de la guerre froide et en vertu duquel croissance économique et progrès démocratique sont né-

cessairement corrélés. Il nous paraît dès lors pertinent d'affirmer que la guerre des métaux rares – et des emplois verts – révèle le nouveau conflit idéologique d'aujourd'hui : celui qui oppose la Chine et l'Occident à travers leurs principes d'organisation politique respectifs.

« Le clash des civilisations est une manière très occidentale de voir les choses ! » Zhao Tingyang est un philosophe qui s'est rendu célèbre en Chine en popularisant le Tianxia⁴⁸, un concept inspiré de l'enseignement de Confucius et qui prône la recherche de l'harmonie dans les relations internationales. Il a accepté d'évoquer avec nous les futures relations qu'entreprendront l'Occident et l'empire du Milieu. Selon lui, la force centrifuge de la mondialisation « nous pousse à devenir de plus en plus interdépendants. Et cela fera des conflits, qu'ils soient militaires ou économiques, un choix déraisonnable pour tous ». Dans ce monde pacifié, prédit le philosophe, régnera le Tianxia : un nouvel espace de pouvoir porté par la mondialisation des moyens de communication et de transport, fédérant une élite dirigeante cosmopolite et partageant les valeurs occidentales et chinoises. « Je pense que ce système créera des interactions pacifiques, une meilleure compréhension entre les peuples. »

Un pont chinois des métaux rares avec lequel nous nous entretenons autour d'une vaste table garnie de mets fins ne dit pas autre chose. « Le monde à venir est plus ouvert et coopératif⁴⁹ », affirme-t-il tout en maniant ses baguettes. Corollaire de cette proclamation de bons sentiments, la Chine ne cesse dorénavant de faire valoir sa sereine « diplomatie du panda », qui consiste à offrir des spécimens de ces plantigrades géants aux pays avec lesquels elle souhaite engager des relations diplomatiques. De fait, il faut être sans cœur pour ne pas s'amouracher de ce mammifère emblématique de la Chine, que l'on voit sur des vidéos en ligne manger des branches de bambou ou faire des galipettes. À travers le panda, c'est l'idée d'une émergence pacifique que la Chine tente, coûte que coûte, de véhiculer.

Nous serions tentés d'y croire, de rêver d'un monde apaisé et culturellement métissé. Mais un détail fait tache : en acquérant, à la barbe des États-Unis, une société de terres rares stratégique située dans l'Indiana, la Chine a levé le voile sur son impressionnant programme militaire.

1. Nous reprenons ici l'expression formulée pour la première fois par l'économiste Élie Cohen dans son ouvrage *Le Colbertisme high-tech. Économie des télécoms et du grand projet*, Hachette Livre, coll. « Pluriel », 1992.
2. Claude Chancel et Libin Liu Le Grix, *Le Grand Livre de la Chine*, Eyrolles, 2013.
3. Cité dans James McGregor, Senior Counselor APCO, « China's Drive for "Indigenous Innovation". A Web of Industrial Policies » (rapport de la Chambre de commerce américaine), 2010.
4. Ces industries sont l'efficacité énergétique, les technologies de l'information, les biotechnologies, les équipements industriels technologiques, les nouvelles énergies, les nouveaux matériaux et les véhicules propres. Voir le « Bulletin économique Chine » de la Direction générale du Trésor, n° 34, mars 2011.
5. Voir notamment la synthèse du 13^e plan quinquennal « Prosperity for the masses by 2020 – China's 13th Five-Year Plan and its business implications », PwC China, Hong Kong et Macau, 2015.
6. Entretien avec Xue Lan, 2016.
7. Nous empruntons cette typologie à l'ouvrage de Malo Carton et Samy Jazaerli, *Et la Chine s'est éveillée. La montée en gamme de l'industrie chinoise*, Presses de l'École des mines, 2015.
8. Entretien avec Ding Yifan, chercheur à l'Institute of World Development, 2016.
9. « The National Medium and Long-Term Plan for the Development of Science and Technology (2006-2020) », The State Council of the People's Republic of China, 2006.
10. James McGregor, « China's Drive for "Indigenous Innovation". A Web of Industrial Policies », *op. cit.*
11. *Ibid.*
12. Voir Jean-Louis Beffa, *Les Clés de la puissance*, Seuil, 2015.
13. Le nom complet est « 1986 National High Technology Research and Development Program ». Les deux premiers chiffres du Programme 863 correspondent à l'année du lancement du programme, le troisième au mois, celui de mars.
14. Ces industries sont les technologies de l'information, la biologie, l'aéronautique, l'automatisation, l'énergie, les matériaux et l'océanographie.
15. « 2016 Global R&D Funding Forecast », *R&D Magazine*, hiver 2016.
16. Entretien avec Bo Chen, professeur à l'institut de recherche de Shanghai Free Trade Zone, 2016.
17. « Deux millions d'agents pour surveiller le Net chinois », *Le Monde*, 5 octobre 2013.
18. Pour une critique de l'écosystème d'innovation dans le secteur chinois des ressources minérales, voir notamment le rapport de Nicholas Arndt (Institute of Earth Sciences), Thierry Augé (BRGM) et Michel Cuney (Laboratoire de géo-ressources à l'université de Lorraine), « Les Ressources minérales en Chine », juillet 2014.
19. Entretien avec Bruno Gensburger, 2016. Quant à un expert français qui ne souhaite pas être cité, il rapporte cette remarque entendue dans la bouche du patron chinois d'un groupe d'électronique à propos de ses employés : « Ils n'ont pas d'idées, car ils sont obéissants ! Et s'ils ne sont pas obéissants, je leur tape dessus. »
20. Bernard Apremont, « L'économie de l'URSS dans ses rapports avec la Chine et les démocraties populaires », *Politique étrangère*, année 1956, vol. 21, n° 5, p. 601-613.
21. James McGregor, « China's Drive for "Indigenous Innovation". A Web of Industrial Policies », *op. cit.*
22. Entretien avec Julien Girault, journaliste au bureau de Pékin de l'Agence France-Presse, 2016.
23. Entretien avec Ding Yifan, 2016.
24. Entretien avec Xue Lan, 2016. Ce phénomène annonce la montée en puissance de la contribution des pays en développement dans la production de savoirs face au duopole trusté par les États-Unis et l'Europe. Un nouveau « duel des intelligences » (nous empruntons cette expression à Claude Chancel et Libin Liu Le Grix dans *Le Grand Livre de la Chine*, *op. cit.*) qu'Irina Bokova, alors directrice générale de l'UNESCO, a mis en évidence dans un rapport de 2015 sur la science. Mme Bokova y affirme que « le fossé entre le Nord et le Sud en matière de recherche est en train de se réduire, alors qu'un

nombre important d'États intègrent la science, la technologie et l'innovation dans leurs stratégies de développement ». Voir le rapport « UNESCO Science Report : Towards 2030 », 2015. Cinq ans plus tôt déjà, la même auteure constatait : « Le monde bipolaire dans lequel les sciences et technologies étaient dominées par la Triade constituée par l'Union européenne, le Japon et les États-Unis cède peu à peu la place à un monde multipolaire où un nombre croissant de pôles de recherche s'étendent désormais du Nord au Sud. » Voir « Recherche et développement : les États-Unis, l'Europe et le Japon de plus en plus concurrencés par les pays émergents, selon un rapport de l'UNESCO », Unescopress, 10 novembre 2010.

25. Five IP offices, « Key IP5 Statistical Indicators 2015 ».

26. Voir Jean-Louis Beffa, *Les Clés de la puissance*, op. cit.

27. Soit 93 millions de milliards d'opérations de calcul en une seconde.

28. « La Chine devient la première puissance informatique au monde », *Le Figaro*, 21 juin 2016.

29. « La Chine prend de l'avance dans le cryptage des communications », *Le Monde*, 17 août 2016.

30. « Énergies renouvelables : 2015, année record pour les investissements », *Les Échos*, 18 avril 2016.

31. « Voiture électrique : quand la Chine nous électrocutera », Caradisiac.com, 16 octobre 2017. Et comme l'a affirmé Carlos Tavares, patron de PSA lors du Salon de l'automobile de Francfort, en septembre 2017 : « pendant un siècle les Chinois ont couru après le moteur à combustion interne en versant des royalties à l'Occident. Là, ils ont trouvé le point de rupture et maintenant ils prennent le *lead* sur le véhicule électrique qui est le symétrique pour le prochain siècle de ce qu'ils ont vécu au cours du précédent ».

32. Voir « En Chine, la ligne rouge du virage vert », *Le Monde diplomatique*, juillet 2017.

33. Nous reprenons ici les principaux enseignements de cette étude, réalisée par Karl Gerald Van den Boogaart, de l'université des mines et de la technologie de Freiberg, présentée à la SME Critical Minerals Conference de Denver en 2014 et citée par Dudley Kingsnorth lors du 5^e Annual Cleantech and Technology Metals Summit, à Toronto, en avril 2016.

34. Dudley Kingsnorth, professeur à l'université australienne de Curtin.

35. Une estimation très imparfaite du montant du marché de la production aboutissait au chiffre de 1 800 milliards de dollars en 2015.

36. Entretien avec Peter Dent, Electron Energy Corporation, 2011.

37. Entretien avec Dudley Kingsnorth, 2016.

38. *Ibid.*

39. « Donald Trump hails new era of US energy "dominance" », *The Financial Times*, 30 juin 2017.

40. Ces choix politiques reposent néanmoins sur le faux postulat selon lequel les États-Unis peuvent, à eux seuls, orienter les nouveaux équilibres énergétiques dans un sens plutôt qu'un autre, alors que, dorénavant, ce sont les Chinois qui décident. De plus, en refusant le corps-à-corps avec Pékin, Washington s'avoue déjà vaincu.

41. « Arnaud Montebourg : "L'Europe ne peut plus être à ce point désinvolte sur la mondialisation" », *Le Monde*, 26 octobre 2016.

42. Entretien avec Didier Julienne, 2015.

43. Entretien avec Gary Hubard, United Steelworkers, 2011.

44. Elle est passée de 16,4 à 12,4 %. Voir « L'industrie en France », infographie, sur www.gouvernement.fr, 2 avril 2015. À noter, cependant, les bons chiffres du secteur industriel français en 2017. Voir « La France recrée enfin des usines », *Le Monde*, 29 septembre 2017.

45. Jean-François Dufour, *Made by China. Les secrets d'une conquête industrielle*, Dujod, 2012.

46. Brahma Chellaney, « "La montée du capitalisme autoritaire", principal défi pour les démocraties », *Le Monde*, 9 juillet 2016.

47. L'expression fut proposée par Joshua Cooper Ramo en 2004 dans un article universitaire du Foreign Policy Centre intitulé « The Beijing Consensus ».

48. Zhao Tingyang, *The Tianxia System : An Introduction to the Philosophy of World*

Institution, Jiangsu Jiaoyu Chubanshe, 2005.
49. Entretien avec Chen Zhanheng, 2016.

La course aux missiles intelligents

Hollywood s'est pris de passion pour les terres rares. Des ressources devenues aussi indispensables que le pétrole, la menace chinoise et la résilience des industries high-tech constituent les ingrédients d'un parfait thriller. Cela n'a pas échappé aux scénaristes de la célèbre série télévisée *House of Cards*, qui met en scène le politicien américain Frank Underwood (incarné par l'acteur Kevin Spacey), prêt à toutes les compromissions pour gravir les échelons du pouvoir. L'une des intrigues de la deuxième saison se noue autour de ces métaux rares – et le scénario présente de troublantes similitudes avec la réalité.

Dans l'un des épisodes, la Chine, qui détient 95 % de la production mondiale d'un métal très rare, le samarium-149, indispensable au fonctionnement des réacteurs nucléaires américains¹, joue de ce monopole pour monnayer très cher cette ressource aux Américains, ce qui laisse augurer une explosion des coûts de l'électricité pour le contribuable – et une crise politique à Washington. Sur proposition de Frank Underwood, les États-Unis conviennent de contourner le monopole chinois en achetant du samarium à un tiers. De la sorte, conjecture Underwood, « les Chinois seraient forcés [...] de baisser [les prix] pour continuer de traiter directement avec nous. Nous constituerions des réserves de samarium pour nos besoins en défense [...] et nous vendrions discrètement nos surplus à nos alliés ».

Constituer des réserves de métaux rares pour satisfaire les besoins militaires des États-Unis : les stratèges du Pentagone y ont déjà longuement réfléchi. Ces minerais sont en effet indispensables à l'arsenal de guerre américain : on les retrouve dans les chars, les destroyers, les radars, les bombes intelligentes, les mines antipersonnel, les équipements de vision de nuit, les sonars et même les nouveaux canons laser que l'US Navy a déjà testés dans le golfe Persique².

Surtout, ces ressources vont se révéler de plus en plus stratégiques dans les conflits dématérialisés qui s'annoncent. Au ^{xxi}^e siècle, les fronts se démultiplient : les belligérants ne s'affrontent pas seulement sur la terre ferme, mais dans les airs, dans l'espace, dans le cyberspace et par médias interposés. On tente d'anéantir les réseaux de communication de l'ennemi, de contrôler les images, de réécrire l'histoire, de manipuler les opinions... Bref, on délaisse le plancher des vaches pour les hautes sphères de la guerre électronique, médiatique, virtuelle³. Pour cela, il faut des serveurs, des drones, des avions radar, des constellations de satellites, des lanceurs spatiaux... et des métaux rares. Autrement dit, plus nous prenons de la hauteur par rapport au champ de bataille, plus nous devons creuser profondément.

En termes de volumes physiques, les besoins des armées en métaux rares sont très faibles. D'après un expert, l'industrie de la défense américaine importerait, au total, 200 tonnes d'aimants par an, soit 0,25 % de la production mondiale⁴. Pour certaines terres rares, un analyste londonien estime même que les besoins de la défense américaine pour les trois prochaines années tiendraient dans un simple sac à dos⁵. Et pourtant, la première puissance militaire mondiale, qui, sur décision du président Donald Trump, devrait accaparer en 2018 603 milliards de dollars du budget des États-Unis, serait déclassée si ces quelques ballots de métaux rares ne parvenaient pas jusqu'à ses usines d'armement.

SHAMPOING, TONDEUSES POUR CHIEN
ET MISSILES DE HAUTE PRÉCISION

Pour ses approvisionnements, le Pentagone s'est appuyé pendant plusieurs décennies sur certains fabricants d'aimants établis aux États-Unis. L'un des plus critiques et stratégiques était l'industriel Magnequench. Aux dires d'experts, Magnequench fabriquait même les meilleurs aimants de terres rares au monde : ses usines constituaient un haut lieu de la chaîne de production des chars Abraham et des bombes intelligentes JDAM du constructeur Boeing, employés au cours des guerres d'Afghanistan et d'Irak.

L'incontournable fournisseur de l'armée prospérait à Valparaiso. C'est une bourgade sans charme de 32 000 habitants située dans l'Indiana, à deux heures de route de Chicago. Terry Luna, une ancienne employée de Magnequench, a accepté de nous accompagner jusqu'à la zone manufacturière. Les bâtiments, quoique un peu rouillés, sont toujours là, figés dans la chaleur moite de l'été.

En revanche, l'activité qu'ils abritent a changé. « Lorsque j'ai commencé à travailler chez Magnequench, j'officialais à l'accueil, se rappelle cette dame rondelette à la voix nasillarde. Désormais, vous voyez le panneau là-bas : "Coco Cabana Canin". C'est là où les gens amènent leurs chiens à la crèche. »

La tenancière des lieux, une jeune femme blonde portant tee-shirt et jean difformes, nous réserve un accueil fort cordial. Nous traversons un hall dorénavant dédié à l'organisation des fêtes d'anniversaire pour toutous, puis une boutique de shampoings et tondeuses pour chien – « made in China », comme il se doit. La visite se poursuit jusqu'à l'entrepôt central. « Nous y stockions des aimants pour des bombes, des missiles téléguidés et tout un tas d'armes de guerre, se rappelle Terry, qui peine à contenir ses larmes. Et ils ont tout vendu ! C'est parti, c'est pour les chiens ! » En 2006, en effet, Magnequench a fermé son usine stratégique de Valparaiso pour la rouvrir dans la ville de... Tianjin, à 130 kilomètres au sud-est de Pékin⁶. « Les Chinois ont même appris nos secrets industriels et sont partis avec », ajoute Terry. Deux cent vingt-cinq salariés ont été licenciés – un tragique instantané d'une Amérique dont les ouvriers les plus qualifiés délaissent les outils de production pour les animaux de compagnie.

Le destin de Magnequench illustre les nouvelles ambitions militaires que nourrit Pékin en même temps qu'il affirme son statut de puissance industrielle. L'armée chinoise s'est hissée au deuxième rang mondial, derrière les États-Unis, en termes de budget annuel : elle devrait dépenser 233 milliards de dollars en 2020, contre 123 milliards en 2010. L'objectif est même de ravir aux États-Unis leur première place à l'horizon 2049, date à laquelle le Parti communiste célébrera le centenaire de sa naissance.

L'armée chinoise, dès les années 1980, a connu une triple mutation : doctrinale, d'abord, puisque Deng Xiaoping a abandonné le dogme de la « guerre populaire », qui consistait à livrer bataille au cœur du territoire chinois, pour lui préférer celui de « guerre populaire sous des conditions modernes », les forces armées étant dorénavant susceptibles d'intervenir aux frontières du pays et à l'étranger. Organisationnelle, ensuite, la puissance du nombre étant délaissée au profit d'une armée de métier aux effectifs plus réduits. Technologique, enfin, la première guerre du Golfe ayant fait prendre conscience à Pékin de son retard sur les Américains en la matière⁷.

Pour accomplir cette troisième transformation, Pékin a certaine-

ment médité un enseignement cardinal de l'histoire des matières premières : métaux et paix ont rarement fait bon ménage.

En fondant pour la première fois du cuivre, il y a 6 000 ans, les hommes ont abandonné la pierre taillée pour des ustensiles beaucoup plus tranchants et plus solides. Cette avancée leur permit, tout au plus, de perfectionner leurs techniques de chasse, jusqu'à ce que, deux mille ans plus tard, les Sumériens découvrent le bronze, un robuste alliage de cuivre et d'étain. Cette fois-ci, empires et civilisations furent incités à fabriquer des épées, des poignards, des haches, à lever des armées et à se lancer dans la première course aux armements de l'histoire⁸.

Vers 1 200 avant Jésus-Christ, au sud de l'actuelle Turquie, les Hittites fondirent un métal encore plus léger et plus diffus, le fer, grâce auquel ils conçurent des armes toujours plus maniables et percutantes qui, selon certains historiens, permirent la conquête européenne des Amériques⁹.

L'acier a, à son tour, fait basculer l'Europe dans la guerre industrielle en 1914. Cet alliage de fer et de carbone a permis de fabriquer les douilles des obus, les premières grenades à fragmentation modernes, des casques plus résistants pour les poilus ainsi que des chars blindés, concourant à l'immense boucherie que l'on sait.

Chaque fois qu'un peuple, une civilisation, un État a maîtrisé un nouveau métal, son utilisation s'est accompagnée de faramineux progrès techniques et militaires – et de conflits toujours plus meurtriers. C'est désormais au tour des métaux rares, en particulier les terres rares, de changer le visage des conflits modernes. La Chine a bien compris que celui qui en maîtrisera la production et les applications bénéficiera d'une indéniable supériorité stratégique et militaire. Il était donc parfaitement cohérent de cibler Magnequench et d'en acquérir les brevets, puis les secrets.

En retour, l'affaire Magnequench a posé de graves problèmes de sécurité nationale que la célèbre émission *60 Minutes*, sur la chaîne CBS, a révélés au grand public en 2015. Il a suffi que cette usine quitte le territoire américain pour que la première puissance militaire mondiale se retrouve subordonnée à Pékin pour la fourniture de certains des composants les plus stratégiques de ses technologies de guerre. Comment l'Amérique s'est-elle précipitée dans une situation aussi critique ?

« J'ai passé vingt et un ans au ministère de la Défense, à travailler sur des questions de transfert de technologie. Durant toutes ces années, l'affaire Magnequench figure parmi les cinq cas les plus graves que j'aie connus. » Peter Leitner était haut fonctionnaire au ministère de la Défense américain au moment des faits. Sa tâche consistait à examiner toute opération d'exportation de technologies susceptible de mettre à mal la souveraineté militaire américaine – et, si nécessaire, à en demander le blocage. L'opération de rachat de Magnequench a en fait été lancée bien des années avant la délocalisation effective de l'usine : dès les années 1990, sous la présidence de Bill Clinton. Le groupe américain General Motors, propriétaire de Magnequench, a alors accepté de vendre le fabricant d'aimants aux Chinois en échange de l'autorisation d'établir une usine de production de véhicules à Shanghai¹⁰.

À la même époque, M. Leitner et ses collègues se trouvaient déjà aux prises avec une autre affaire : la vente de son activité de fabrication d'aimants de métaux rares par un groupe américain établi dans le Kentucky, Crucible Materials, à la société YBM Magnex International, cotée à la Bourse de l'Alberta. À première vue, YBM se présentait comme une entreprise parfaitement légitime, disposant même d'un siège social et d'un entrepôt aux États-Unis, à Philadelphie. Mais des investigations plus poussées révélèrent bientôt que le groupe agissait comme un paravent de la « mafia rouge », ces réseaux criminels russes qui prospéraient dans le vide créé par la chute de l'État soviétique.

YBM avait partie liée avec un chapelet d'hommes d'affaires au passé trouble, dont Semion Mogilevitch, un citoyen ukrainien que le FBI qualifierait plus tard d'« escroc international et criminel sans pitié [...] impliqué dans le trafic d'armes, les meurtres commandités, le chantage, le trafic de drogue et la prostitution à l'échelle planétaire¹¹ ». Et, sous couvert de commercialiser des aimants, la société s'était plutôt fait une spécialité de blanchir l'argent d'activités criminelles perpétrées en Russie et dans de nombreux États de l'ancien bloc communiste.

La vente de l'activité de production d'aimants de Crucible Materials à YBM fut néanmoins officialisée le 22 août 1997. On peut affirmer que, à compter de cette date, une partie de la production américaine d'aimants nécessaires aux industries de défense du pays s'est retrouvée sous la coupe du crime organisé. En se portant acquéreurs d'une industrie aussi stratégique, les dirigeants de

YBM servaient-ils des intérêts géopolitiques dictés en plus haut lieu ? L'État russe, en pleine déliquescence, paraissait alors difficilement en mesure de piloter une telle opération, et les motivations des principaux acteurs de cette affaire demeurent, aujourd'hui encore, particulièrement floues.

Les parties prenantes à l'opération d'achat de Magnequench se sont rapidement révélées tout aussi douteuses. L'acquéreur de Magnequench répondait au nom d'Archibald Cox Jr. Président de la société de capital-risque Sextant Group, M. Cox n'était pas seulement le fils du célèbre procureur américain ayant instruit, en 1973, l'affaire du Watergate¹² ; c'était surtout un commerçant aguerri, alléché par cette juteuse opération. « C'était un homme glissant et habile, se rappelle M. Leitner. Il n'hésitait pas à charmer les plus hauts responsables du ministère de la Défense qui s'inquiétaient d'une telle vente en leur disant : "Ne m'appellez pas monsieur Cox, appelez-moi Archie !" Les types se laissaient séduire, au point qu'ils étaient prêts à accéder à n'importe quelle requête de Cox. C'était incroyable. »

Mais Peter Leitner et ses collègues furent rapidement convaincus qu'Archibald Cox et le Sextant Group faisaient écran entre Washington et Pékin. Par un subtil jeu de coquilles vides enregistrées dans des paradis fiscaux caribéens, des hommes d'affaires chinois au profil inquiétant étaient associés à la vente. « L'un d'eux était un "Prince rouge" [héritier d'une des plus hautes personnalités siégeant au Parti communiste chinois]. Plus précisément, le gendre de Deng Xiaoping. »

Il était de notoriété publique que, soucieux de préserver la pérennité du secteur stratégique des métaux non ferreux, Deng Xiaoping avait cédé le contrôle de la puissante China National Nonferrous Metals Industry Corporation (CNNMIC), un gigantesque conglomérat public opérant dans le secteur minier, à son gendre Wu Jianchang¹³. Or c'était ce même Wu Jianchang qui, via l'une des branches de la CNNMIC établie à New York, était directement intéressé à la vente de Magnequench.

Peter Leitner découvrit ensuite que ce n'était pas un, mais deux gendres de Deng Xiaoping qui étaient impliqués dans l'opération. Marié à Deng Nan, la fille de l'ancien leader chinois, Zhang Hong était le président de l'entreprise chinoise Beijing San Huan New Materials High Tech Inc., acquéreur final de Magnequench. Il devint ainsi parfaitement clair que la vente de l'industriel américain n'était pas une transaction commerciale comme les autres. « Il y

avait à l'évidence quelque chose de beaucoup plus louche dans cette histoire », assure l'ancien fonctionnaire, qui dit avoir fait remonter ce problème à ses supérieurs. « Nous avons signalé tout cela de manière répétée, fait valoir notre point de vue, inlassablement. Finalement, notre administration nous a ignorés. »

L'inertie de l'administration démocrate est d'autant plus étonnante que la Chine mettait là à exécution un plan officialisé dès 1978 : la « politique en seize caractères¹⁴ ». Cette stratégie, édictée par Deng Xiaoping, consistait dans un programme d'acquisition de technologies dites « duales » afin de renforcer, à terme, la puissance de l'armée chinoise. Or Magnequench constituait le parfait exemple d'une entreprise produisant ce type de technologies, puisque les aimants pouvaient tout aussi bien être incorporés dans les véhicules du groupe américain General Motors que servir à l'armée américaine.

La politique en seize caractères partait d'une observation de bon sens : compte tenu des difficultés de la Chine à acquérir des technologies de guerre, sujettes à l'embargo sur les ventes d'armes imposé par les États-Unis, il serait plus aisé de racheter des entreprises étrangères dont le savoir-faire, civil, pourrait par la suite être détourné à des fins plus belliqueuses. Dans les années suivantes, cette stratégie devait entraîner une extraordinaire prolifération des activités chinoises d'espionnage à l'encontre de l'Amérique, à telle enseigne qu'un ancien responsable du contre-espionnage américain a estimé que « les services chinois comptent parmi les plus agressifs [au monde] lorsqu'il s'agit d'espionner les États-Unis¹⁵ ». Or, selon un chercheur français, deux technologies intéressaient particulièrement Pékin : celles capables de développer la guerre en réseau, c'est-à-dire l'aptitude des armées à utiliser les systèmes d'information pour gagner en efficacité, et les bombes intelligentes, contenant justement les aimants usinés par Magnequench¹⁶.

INTERFÉRENCES CHINOISES DANS LES URNES AMÉRICAINES

Autrement dit, n'importe quel politicien américain au fait des intentions et des agissements de Pékin savait qu'une entreprise telle que Magnequench se trouvait nécessairement dans le viseur des militaires chinois. C'est le cas de George Bush Junior, bien sûr, qui aurait pu bloquer la délocalisation de l'usine de Valparaíso vers la Chine en 2006 (il était alors président). Mais les États-Unis menaient à l'époque une guerre mondiale contre le terrorisme, et

toute menace qui n'était pas liée au fondamentalisme islamique ne retenait guère l'attention de la Maison-Blanche. Tenant meeting dans l'Indiana lors des primaires démocrates perdues contre Barack Obama en 2008, Hillary Clinton affirma ainsi que Bush n'avait « rien fait » pour empêcher le funeste destin de Magnequench. Certains experts des métaux rares soulignèrent alors l'hypocrisie de la candidate démocrate, puisque c'est son époux qui avait, quelques années plus tôt, laissé se nouer les négociations ayant abouti à la vente, en dépit des avertissements de plusieurs hauts fonctionnaires du ministère de la Défense.

Pourquoi une telle désinvolture de la part de l'administration démocrate ? C'est ici que l'affaire Magnequench prend un tour franchement trouble. À l'époque où elle s'est déroulée, une série de transferts de technologies avaient déjà commencé à semer le trouble dans l'industrie militaire américaine comme dans le petit monde des fabricants d'aimants. L'un de ces derniers, Steve Constantinides, nous raconte la stupéfaction de ses confrères lorsqu'ils ont constaté que la Maison-Blanche fournissait à Pékin des informations confidentielles sur les technologies balistiques américaines, et ce durant une période de trois à quatre ans. Il affirme ainsi que « les États-Unis ont partagé avec la Chine des secrets industriels concernant leurs technologies de missiles. Et c'est Bill Clinton qui a forcé son administration à le faire¹⁷ ».

Quels étaient les tenants et les aboutissants de cette affaire ? « Chacun a ses motivations », élude Steve Constantinides¹⁸, qui ne souhaite pas s'exprimer davantage. D'autres, à l'instar de Peter Leitner, relaient (mais sans fournir la moindre preuve) ce qui ne demeure aujourd'hui qu'une rumeur : « Certains avancent qu'il s'agissait d'un retour d'ascenseur en échange des pots-de-vin que l'armée chinoise avait versés aux républicains, aux démocrates, à la Maison-Blanche et même au couple Clinton. »

Dans plusieurs documentaires qu'il a coréalisés par la suite, Peter Leitner a enquêté sur les relations clandestines nouées entre l'administration démocrate et la Chine durant les années 1990. Il est de notoriété publique que Pékin, ayant pris fait et cause pour Bill Clinton et son colistier, Al Gore, a cherché à soutenir financièrement le Parti démocrate tandis qu'ils s'activaient en vue de leur réélection à la présidentielle de 1996. Plusieurs intermédiaires furent mis à contribution par la Chine pour transmettre les fonds, et ce alors même que la loi électorale des États-Unis interdit à tout citoyen non américain d'interférer financièrement dans le proces-

sus électoral.

Parmi ces intermédiaires figure un homme mystérieux, Johnny Chung. Ce citoyen sino-américain était si proche du couple Clinton, et ses activités étaient si troubles, qu'il acquit bientôt la réputation d'être l'un des principaux collecteurs de fonds provenant de Chine pour le Parti démocrate. Il est désormais avéré que cet homme d'affaires apportait à la Maison-Blanche des sommes d'argent qui lui avaient été remises indirectement par de hauts responsables de l'armée chinoise.

Ces faits furent rapportés par la presse américaine et consignés dans un documentaire auquel Peter Leitner contribua en tant que témoin¹⁹. Le directeur de la CIA entre 1993 et 1995, James Woolsey, accepta également d'être interrogé par le réalisateur, qui lui demanda pourquoi il n'avait été reçu que deux fois en deux ans par Bill Clinton, tandis que Johnny Chung s'était rendu cinquante-huit fois à la Maison-Blanche au cours de la même période. « M. Woolsey ne pouvait pas répondre, se rappelle Peter Leitner. Il a fini par dire : "President's calendar speaks for itself" » : l'emploi du temps du président parle de lui-même. M. Chung aurait même fait en sorte que la source des financements, un haut gradé de l'armée populaire de Chine, rencontre le président en personne durant une soirée de levée de fonds à Los Angeles²⁰. Mais la justice se pencha bientôt sur l'affaire²¹. *The Washington Post* ébruïa une enquête des autorités fédérales, pointant le rôle central joué par l'ambassade de Chine à Washington pour coordonner les tentatives d'ingérence chinoises²², au point que le Parti démocrate fut contraint de retourner des millions de dollars de donations à leurs nombreux expéditeurs.

Ce gigantesque scandale, baptisé « Chinagate », donna lieu à la condamnation de plusieurs dizaines de personnes – dont le porteur de valises Johnny Chung. En revanche, les hautes instances démocrates ne furent jamais inquiétées, et Janet Reno, ministre de la Justice de l'époque, refusa de nommer un procureur spécial pour faire toute la lumière sur ces intrigues. Il est intéressant de noter que, à l'heure où le président Donald Trump fait l'objet d'une minutieuse enquête sur ses liens présumés avec la Russie durant la campagne de 2016, personne ne semble se rappeler cet autre scandale avéré, impliquant un pays infiniment plus nuisible aux intérêts de Washington.

Les subventions occultes touchées par le camp démocrate auraient-elles pu pousser le président Clinton à céder, en retour, des

secrets technologiques ? L'accusation paraît énorme. La Maison-Blanche a-t-elle pensé que ce transfert de technologies n'était pas si stratégique que les stratèges le disait, ou que, avec ou sans les brevets de Magnequench, les Chinois auraient de toute façon acquis la technologie à brève échéance ? De nombreuses zones d'ombre subsistent, que l'on ne parviendra peut-être jamais à éclaircir. Peter Leitner affirme en tout cas que « l'administration Clinton était très fortement encline à approuver à peu près tout ce que les Chinois voulaient ». Et il laisse en suspens cette interrogation qui mériterait des mois d'enquête : les aimants de terres rares ont-ils été la pièce maîtresse d'un vaste puzzle mêlant corruption, cynisme et soif de pouvoir ?

DÉNI D'ACCÈS EN MER DE CHINE MÉRIDIONALE

Une chose est certaine, souligne Peter Leitner : « En rachetant Magnequench, les Chinois ont acquis la technologie qui leur manquait pour perfectionner leurs missiles longue portée. » La question est de savoir si cette ancienne technologie américaine équipe dorénavant les missiles balistiques Dongfeng-26, en principe capables d'atteindre la base américaine installée sur l'île de Guam, ainsi que les roquettes chinoises anti-navires Dongfeng-21D, que la Chine a exposés au monde entier à l'occasion d'une spectaculaire parade militaire organisée à Pékin en 2015.

Surnommé « tueur de porte-avions » et opérationnel en 2010, le DF-21D constitue un pilier de la politique de « déni d'accès » que Pékin a mise en œuvre ces dernières années en mer de Chine méridionale. Le contrôle de cette bande d'océan qui longe ses côtes jusqu'au sud du Vietnam lui conférerait une profondeur stratégique accrue, la jouissance de quantités fabuleuses d'hydrocarbures offshore et la supervision de la moitié du commerce mondial de pétrole. Une perspective inadmissible pour le Japon, la Corée du Sud, le Vietnam, les Philippines et surtout les États-Unis. D'ailleurs, 60 % des navires de guerre américains seront positionnés dans le Pacifique d'ici à 2020²³. En 2017, pratiquement pas une semaine ne passe sans qu'un incident naval ne s'y produise, ce qui en fait une « poudrière maritime » d'où pourrait partir le premier coup de feu d'un conflit sino-américain.

À l'échelle mondiale, la prééminence militaire occidentale demeure considérable : les États-Unis comptent pour 40 % des dépenses d'armement, cependant que la Chine n'en représente que 8 %²⁴. Et pourtant, la maîtrise par Pékin de technologies balis-

tiques avancées a déjà modifié les rapports de force en mer de Chine méridionale. « En cas de guerre future, notre armée va faire face à un ennemi beaucoup plus robuste, bien mieux équipé, moderne et technologiquement avancé qu'il ne devrait l'être, prédit Peter Leitner. Et cela signifie que nos positions dans l'océan Pacifique pourraient reculer. »

La Chine est la deuxième puissance économique mondiale, et les relations avec les États-Unis se sont détériorées. Le président Donald Trump veut s'engager dans un violent bras de fer commercial avec Pékin, et comme nous l'avons vu, son entourage a prédit la guerre avec l'empire du Milieu dans la mer de Chine méridionale d'ici à dix ans. Dans un tel contexte, les États-Unis ne sont-ils pas affaiblis face à un adversaire qui leur fournit certains de leurs composants critiques ? La Chine ne saura-t-elle pas exploiter cette dépendance de Washington au moment opportun, soit en faisant peser la carte des terres rares dans des négociations commerciales, soit en cherchant à gêner militairement les États-Unis ? Interrogé devant la Commission du renseignement du Sénat en 2017, le directeur de la CIA, Michael Pompeo, a souligné que la question de la dépendance des États-Unis aux approvisionnements en terres rares chinoises demeure un « très sérieux sujet d'inquiétude » pour son agence²⁵. Mais il s'est bien gardé de préciser ce qui était concrètement entrepris par les services de renseignement américains pour résoudre le problème. Anthony Marchese, président de la société d'exploration minière Texas Mineral Resources, a directement posé la question en 2014 à Michael Morell, qui fut directeur adjoint de la CIA de 2010 à 2013. « Morell m'a dit : "La bonne nouvelle est que le sujet se trouvait dans ma boîte mail. La CIA est parfaitement au courant du problème. Mais la mauvaise nouvelle, a-t-il poursuivi, est qu'il figurait tout en bas de ma boîte mail, car la Maison-Blanche n'a jamais signifié à l'agence que les terres rares constituaient une priorité." »

Un sursaut ne peut venir que de la Maison-Blanche. Le président Trump, qui souhaite relancer l'activité minière américaine, favorisera-t-il la réouverture de la mine de Mountain Pass afin d'assurer l'indépendance stratégique de son pays ? Le secrétaire au Commerce de M. Trump, Wilbur Ross, a également annoncé vouloir entraver les importations d'aluminium chinois, une ressource qui, loin de servir à la seule confection des cannettes de soda, entre également dans la composition de nombreux armements américains. « Au moment même où notre industrie militaire a besoin de

plus d'aluminium de très haute qualité, nous en produisons de moins en moins et ne disposons que d'un producteur d'aluminium fournissant la qualité utilisée dans l'aéronautique²⁶ », a-t-il déclaré.

La relance pourrait enfin surgir d'un rapport commandé par le président Trump le 21 juillet 2017. Objectif : évaluer et renforcer la résilience des chaînes logistiques de l'industrie de défense américaine²⁷. Le rapport, qui doit être remis au président au printemps 2018, fournira une base de données des industries américaines garantissant la souveraineté militaire du pays. Il identifiera surtout tous les « points individuels de défaillance », c'est-à-dire ces entreprises et usines tellement critiques que leur disparition paralyserait l'ensemble de l'industrie de défense américaine. Anthony Marchese a à nouveau tenté d'en savoir plus et, en septembre 2017, a pu s'entretenir avec l'un des auteurs de ce rapport dans un café à l'extérieur de la Maison-Blanche. De la discussion, il est ressorti que « la Maison-Blanche n'aime pas cette idée que les États-Unis se fournissent en terres rares auprès des Chinois. Dès lors, l'administration réfléchit à introduire ce qu'ils appellent une "Buy American Clause" dans les contrats militaires ». Selon cette clause protectionniste, les groupes américains de défense seraient obligés de se fournir en composants militaires uniquement aux États-Unis – ce qui relancerait logiquement la production et la transformation de terres rares sur le territoire américain²⁸.

Anthony Marchese poursuit : « Selon ma source, le mot "terres rares" sera spécifiquement mentionné dans le rapport. Ses auteurs veulent que la référence à ces métaux soit faite de manière explicite. » Steve Bannon, l'éminence grise de Trump limogée en août 2017, était parfaitement au courant du sujet²⁹ et en aurait, selon certaines rumeurs, directement informé Donald Trump. L'information est invérifiable... Mais la réalité est que, « en dépit de la rhétorique de M. Trump, peu de changements significatifs se sont produits à ce jour », constate un expert américain³⁰. L'administration américaine est divisée sur la question, mais, pour l'heure, les tenants du *statu quo* l'emportent : ils estiment que les sommes à engager en échange d'une souveraineté retrouvée de leurs approvisionnements en terres rares n'en valent pas la chandelle, que les volumes en jeu sont trop faibles, que le Pentagone trouvera toujours un moyen de s'approvisionner (y compris en allant se procurer les métaux sur le marché noir), que la suprématie militaire des États-Unis n'est pas menacée et que, de toute façon, les Chi-

nois n'oseront jamais déclencher une crise de grande ampleur en cherchant à nuire spécifiquement à la stabilité des approvisionnements de l'armée américaine. À défaut d'une souveraineté retrouvée, les États-Unis laissent donc Pékin les encercler insensiblement de ses pions, à l'instar d'un joueur de go. Or, avertit Anthony Marchese : « Si nous laissons les Chinois agir encore dix ans de la sorte, les États-Unis ne jouiront plus du statut militaire qui est le leur aujourd'hui. »

À plus court terme, Washington pourrait bien rencontrer des difficultés similaires à celles qui, depuis plusieurs années, mettent les administrations démocrates, républicaines et les industriels du révolutionnaire avion de combat Lockheed Martin F-35 Lightning II face à des dilemmes cornéliens.

QUAND LES AIMANTS CHINOIS FONT TANGUER LE PENTAGONE

La source de cette affaire remonte à 1973, année où les États-Unis votèrent une loi interdisant l'achat auprès de fournisseurs étrangers de métaux spécialisés destinés à être incorporés dans des technologies d'armement³¹. Le législateur avait jugé que, compte tenu de l'importance croissante, dans l'arsenal militaire américain, des composants à base de cobalt, de zirconium ou encore de titane, pérenniser un tissu industriel national capable de fournir de tels produits permettrait aux États-Unis de conserver une souveraineté d'approvisionnement en temps de guerre.

Au début des années 1990, la première armée du monde s'attela à un gigantesque défi : concevoir et faire voler le concurrent du Rafale français, l'avion de combat de cinquième génération F-35, développé par le groupe de défense américain Lockheed Martin. Ce jet furtif, cofinancé par de nombreux alliés des États-Unis, a déjà coûté 400 milliards de dollars, ce qui en fait l'un des programmes les plus coûteux jamais lancés par l'armée américaine. Et les espoirs qu'y placent les États-Unis sont à la hauteur de la facture présentée au contribuable : le F-35 doit non seulement leur permettre de dominer les airs, mais aussi de stimuler leur industrie de défense et leur balance commerciale, tout en créant des dizaines de milliers d'emplois. Ainsi, 2 500 exemplaires du chasseur devraient être livrés dans les prochaines décennies à l'Australie, au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, à Israël, à l'Italie, à la Turquie ou encore au Japon et à la Corée du Sud.

Or, en août 2012, Northrop Grumman et Honeywell, deux des

plus importants sous-traitants de Lockheed Martin, firent état à l'administration américaine de leurs préoccupations concernant les aimants de terres rares intégrés dans certains des radars, trains d'atterrissage et systèmes informatiques qu'ils avaient fournis pour l'assemblage du F-35. Northrop Grumman avait en effet découvert que ses radars, embarqués à bord de 115 jets furtifs déjà sortis des usines, contenaient des aimants produits non pas par l'un des derniers fabricants subsistant aux États-Unis, mais par un concurrent chinois, ChengDu Magnetic Material Science & Technology. Un intermédiaire peu scrupuleux s'était, semble-t-il, joué des réglementations américaines... Pour le dire autrement, certains aspects du programme F-35 étaient entachés d'illégalité – et persévérer dans l'achat de tels composants était inenvisageable.

Le Pentagone fut mis au courant, et c'est Frank Kendall, le sous-secrétaire de l'Armée pour l'acquisition, la logistique et la technologie, qui se saisit du dossier. La situation était complexe : attendre qu'un producteur d'aimants américain puisse fournir les précieux composants à la place des Chinois risquait de retarder le déploiement du F-35. Et démonter tous les jets furtifs en service afin de remplacer les aimants incriminés par des pièces américaines représentait un coût faramineux.

Au Pentagone, on commença donc à envisager la possibilité d'actionner une clause dérogatoire à la loi de 1973 lorsque la sécurité nationale américaine est en jeu. Toutefois, certains hauts responsables étaient circonspects : pouvions-nous être sûrs que la Chine n'avait pas livré aux industriels du F-35 des aimants de terres rares qui contenaient non seulement des minerais, mais aussi des logiciels espions ? Existait-il, en somme, un risque que ce programme à 400 milliards de dollars ait été « contaminé » par quelques aimants qui ne valaient pas plus de 2 dollars la pièce ? En abandonnant aux Chinois le contrôle de la chaîne aval des minerais rares, les États-Unis n'avaient-ils pas offert à leurs concurrents l'opportunité de subtiliser leurs secrets militaires et de rattraper leur retard ?

Ces questions en appelaient une autre que les États-Unis s'étaient posée à maintes reprises, une question plus vaste de sécurité nationale : comment s'assurer que les Chinois n'introduisaient pas des chevaux de Troie dans les microprocesseurs et autres produits semi-finis contenant des métaux rares qu'ils écoulaient désormais dans le monde entier – y compris auprès des armées occidentales ? En 2005, un rapport du Pentagone évoqua

même l'éventualité que des virus malveillants insérés dans des systèmes électroniques dont l'arsenal américain était friand puissent perturber le bon fonctionnement du matériel de combat en plein conflit³². Et ces craintes furent renforcées par la découverte, au Pentagone, que d'autres arsenaux de la première importance contenaient des matières premières provenant de l'empire du Milieu – tels le bombardier à long rayon d'action Rockwell B-1 Lancer, développé par Boeing, certains chasseurs F-16 de Lockheed Martin et les tout nouveaux missiles défensifs SM-3 Block IIA de l'industriel Raytheon.

M. Kendall somma Lockheed Martin de trouver une solution. En attendant, pas question de remplacer les aimants un à un. La supériorité technologique de la première armée du monde et de nombreux alliés occidentaux était en jeu, alors que la Chine et la Russie développaient leurs propres avions de combat furtifs. Acculé par le temps, soumis à de fortes contraintes budgétaires et jugeant fictif le risque que les Chinois aient farci les composants de technologies malignes, M. Kendall trancha : le blocus imposé par la loi de 1973 ne s'appliquerait pas à certains aimants de terres rares usinés par le groupe chinois ChengDu Magnetic Material Science & Technology Co, qui devint dès lors le fournisseur officiel du F-35³³.

Les États-Unis ne pouvant pas se passer des aimants chinois, Anthony Marchese signale que le Pentagone persiste, aujourd'hui encore, à réitérer la dispense. Il ajoute : « Les industriels du F-35 continuent à acheter des terres rares en Chine. Point final. »

1. Dans les centrales nucléaires, le samarium-149 agit comme un absorbeur de neutrons, c'est-à-dire qu'il réduit la réactivité (le taux de fission) du combustible nucléaire.

2. De nombreux rapports se sont penchés sur l'importance des terres rares dans les industries de défense des États-Unis. Parmi eux, citons Valerie Bailey Grasso, « Rare Earth Elements in National Defense : Background, Oversight Issues, and Options for Congress », Congressional Research Service, 23 décembre 2013.

3. Jean-Claude Guillebaud, *Le Commencement d'un monde. Vers une modernité métisse*, Seuil, 2008.

4. Entretien avec Jack Lifton, 2016.

5. Entretien avec David Merriman, 2016. David Merriman s'est montré peu loquace sur la nature de ces terres rares. Jean-Paul Tognet pense qu'il s'agit en particulier du scandium.

6. Pour une histoire détaillée de la délocalisation de Magnequench, voir Charles W. Freeman III, « Remember the Magnequench : An Object Lesson in Globalization », *The Washington Quarterly*, The Center for Strategic and International Studies, 2009, p. 61-76.

7. Voir Thierry Sanjuan, « L'Armée populaire de libération : miroir des trajectoires mo-

dernes de la Chine », *Hérodote*, n° 116, 2005.

8. La Grèce mycénienne dut alors sa prospérité à sa supériorité militaire sur ses ennemis – notamment les Troyens –, acquise au moyen de ces équipements.

9. La maîtrise que les Conquistadores avaient du fer, alors que les Incas et les autres cultures des Andes ne maîtrisaient encore que le cuivre et le bronze, est en effet l'un des facteurs qui expliquent la conquête rapide des Amériques aux ^{xv}^e et ^{xvi}^e siècles. Voir Éric Chaline, *50 minéraux qui ont changé le cours de l'histoire*, Le Courrier du Livre, 2013.

10. Voir Nabeel Mancheri, Lalitha Sundaresan et S. Chandrashekar, « Dominating the World : China and the Rare Earth Industry », National Institute of Advanced Studies, 2013.

11. « "Panama Papers" : les affaires offshore des trafiquants et des vendeurs d'armes », *Le Monde*, 4 juillet 2016.

12. L'affaire du Watergate conduisit à la démission du président Richard Nixon en 1974.

13. Voir « China's First Family Comes Under Growing Scrutiny », *The New York Times*, 2 juin 1995.

14. Quatre commandements présidaient à cette politique : « combiner le militaire et le civil », « entremêler guerre et paix », « donner la priorité aux équipements militaires » et « laisser le civil soutenir le militaire ». Regroupés, ces principes forment seize idéogrammes, d'où l'expression « seize caractères ».

15. « China's spies "very aggressive" threat to U.S. », *The Washington Times*, 7 mars 2007.

16. Entretien avec Hugo Meijer, aujourd'hui chercheur à l'Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM), 2016.

17. Entretien avec Steve Constantinides, Arnold Magnetic Technologies, 2016.

18. *Ibid.*

19. Scott Wheeler, « Trading with the Enemy : How Clinton Administration Armed Communist China », *American Investigator (Free Republic)*, 13 janvier 2000.

20. « Illegal fundraiser for the Clintons made secret tape because he feared being ASSASSINATED over what he knew – and used it to reveal Democrats' bid to silence him », *The Daily Mail*, 23 février 2017.

21. « Democrats Return Illegal Contribution ; Politics : South Korean subsidiary's \$250,000 donation violated ban on money from foreign nationals », *The Los Angeles Times*, 21 septembre 1996.

22. « Chinese Embassy Role in Contributions Probed », *The Washington Post*, 13 février 1997.

23. Consulter le rapport « The Asia-Pacific Maritime Security Strategy : Achieving US National Security Objectives in a Changing Environment », US Department of Defense, 2015.

24. Entretien avec Hugo Meijer, 2016.

25. « Full transcript : Acting FBI director McCabe and others testify before the Senate Intelligence Committee », *The Washington Post*, 11 mai 2017.

26. « Après l'acier, Trump prêt à lancer une guerre commerciale de l'aluminium », *Les Échos*, 27 avril 2017.

27. « Presidential Executive Order on Assessing and Strengthening the Manufacturing and Defense Industrial Base and Supply Chain Resiliency of the United States », Maison-Blanche, 21 juillet 2017.

28. « It's Not Buy America : Admin Aide On Trump's Sweeping Industrial Base Study », *Breaking Defense*, 25 juillet 2017.

29. « This CEO Wants Trump to Nationalize the Only Rare-Earth Mine in America », *Bloomberg*, 18 juillet 2017.

30. Entretien avec Ed Richardson, US Magnetic Materials Association, 2017.

31. La loi fut même étendue en 2009 aux électroaimants.

32. « Defense Science Board Task Force on High Performance Microchip Supply », Office of the Under Secretary of Defense For Acquisition, Technology, and Logistics, 2005.

33. « Exclusive : U.S. waived laws to keep F-35 on track with China-made parts », *Reuters*, 3 janvier 2014.

Extension du domaine de la mine

Technologies du numérique, économie de la connaissance, filière des énergies vertes, secteur de l'acheminement et du stockage de l'électricité, et dorénavant industries spatiales et de défense : nos besoins en métaux rares se diversifient et s'accroissent de façon exponentielle. Pas un jour sans qu'on leur trouve une nouvelle propriété miracle, une application inédite. Nos desseins technologiques, nos désirs d'un monde plus vert semblent avoir pour seule limite nos capacités à les imaginer – et la planète suivra, n'est-ce pas ? Nous allons donc étendre le domaine de la mine à la planète entière. Quoi que nous conjecturons, il existera toujours un arpent de montagne, un coin de colline, un morceau de vallée assez généreux de ses richesses pour que nous puissions en extraire le principe actif, quelques agrégats de particules divines, ce *shoot* de 17 grammes de terres rares par an dont chacun a besoin.

À première vue, rien d'impossible : entre le lendemain de la Première Guerre mondiale et 2007, la production annuelle de quatorze minéraux essentiels à l'économie mondiale a déjà été multipliée par vingt¹. Le début de l'explosion de la consommation coïncide avec la fin de la Seconde Guerre mondiale, et cette envolée vaut d'ailleurs pour à peu près tous les indicateurs : espérance de vie, habitudes de consommation, accumulation de richesses, nombre de biens possédés, quantité de données électroniques échangées, réchauffement planétaire...

Dès lors, que nous promet le siècle qui vient ? Cette folle cadence va-t-elle encore s'accélérer ? Si le PIB mondial persiste à croître au rythme annuel de 3 %, comme il l'a fait ces vingt dernières années, il va doubler entre aujourd'hui et 2041. Autrement dit, suivant cette logique, tout ce qui s'édifie, se consomme, se troque et se jette à l'instant où vous lisez ces lignes va être, en gros, multiplié par deux en moins d'une génération. Il y aura deux

fois plus de tours d'immeubles, d'échangeurs autoroutiers, de chaînes de restauration, de fermes des Mille Vaches, d'avions Airbus, de décharges électroniques, de centres de stockage de données... Il y aura le double de voitures, d'objets connectés, de Frigidaires, de fils barbelés, de paratonnerres... Et il va donc falloir deux fois plus de métaux rares.

VERS UNE PÉNURIE DE MÉTAUX ?

Il existe certaines estimations de nos besoins futurs. Lors d'un symposium organisé au Bourget en 2015, en marge des négociations de Paris sur le climat, une poignée d'experts ont dévoilé plusieurs projections². D'ici à 2040, ont-ils pronostiqué, nous devons extraire trois fois plus de terres rares, cinq fois plus de tellure, douze fois plus de cobalt et seize fois plus de lithium qu'aujourd'hui. Olivier Vidal, chercheur au CNRS, a même réalisé une étude portant sur tous les métaux nécessaires à moyenne échéance pour soutenir nos modes de vie high-tech³. Ses travaux ont été publiés en 2015⁴ et ont fait l'objet d'une mention sur la BBC. M. Vidal a également prononcé une trentaine de conférences en Europe, devant un public composé majoritairement d'étudiants. C'est tout.

Pourtant, l'étude de M. Vidal devrait être le livre de chevet des chefs d'État du monde entier. En se fondant sur les perspectives de croissance les plus communément admises, le chercheur souligne tout d'abord les quantités considérables de métaux de base qu'il va falloir extraire du sous-sol pour tenir la cadence de la lutte contre le réchauffement climatique. Prenons le cas des éoliennes : la croissance de ce marché va exiger, d'ici à 2050, « 3 200 millions de tonnes d'acier, 310 millions de tonnes d'aluminium et 40 millions de tonnes de cuivre⁵ », car les éoliennes engloutissent davantage de matières premières que les technologies antérieures. « À capacité [de production électrique] équivalente, les infrastructures [...] éoliennes nécessitent jusqu'à quinze fois davantage de béton, quatre-vingt-dix fois plus d'aluminium et cinquante fois plus de fer, de cuivre et de verre » que les installations utilisant des combustibles traditionnels, indique M. Vidal⁶. Selon la Banque mondiale, qui a conduit sa propre étude en 2017, cela vaut également pour le solaire et pour l'hydrogène, dont « la composition [...] nécessite en fait significativement plus de ressources que les systèmes d'alimentation en énergie traditionnels⁷ ».

La conclusion d'ensemble est aberrante : puisque la consumma-

tion mondiale de métaux croît à un rythme de 3 à 5 % par an, « pour satisfaire les besoins mondiaux d'ici à 2050, nous devons extraire du sous-sol plus de métaux que l'humanité n'en a extrait depuis son origine ». Que le lecteur nous pardonne d'insister : nous allons consommer davantage de minerais durant la prochaine génération qu'au cours des 70 000 dernières années, c'est-à-dire des cinq cents générations qui nous ont précédés. Nos 7,5 milliards de contemporains vont absorber plus de ressources minérales que les 108 milliards d'humains que la Terre a portés jusqu'à ce jour⁸. Et encore, M. Vidal admet que l'étude est incomplète : pour apprécier la réelle empreinte écologique de la transition verte, il faudrait privilégier une approche beaucoup plus holistique du cycle de vie des matières premières, en mesurant également les immenses quantités d'eau consommées par l'industrie minière, les rejets de gaz carbonique causés par le transport, le stockage et l'utilisation de l'énergie, l'impact, encore mal connu, du recyclage des technologies vertes, toutes les autres formes de pollution des écosystèmes générées par l'ensemble de ces activités – sans parler des multiples incidences sur la biodiversité.

« C'est vertigineux », reconnaît le chercheur. Pourtant, peu de responsables politiques maîtrisent réellement tous ces aspects. M. Vidal assure avoir tenté, ces dernières années, d'alerter le ministère français de la Recherche à ce sujet. Las ! « Je n'ai jamais pu franchir les premiers barrages, aux échelons inférieurs de la hiérarchie administrative. » Même déconvenue pour Alain Liger, qui a organisé, durant la COP 21, le symposium dédié aux métaux rares. « J'ai adressé une note à Ségolène Royal [alors ministre de l'Environnement], à Emmanuel Macron [alors ministre de l'Économie] et à Laurent Fabius [alors ministre des Affaires étrangères]. J'ai reçu un coup de fil du cabinet de Macron me disant que c'était formidable d'organiser cette table ronde. En revanche, aucun retour de M. Fabius ni de Mme Royal⁹. » Il s'agissait pourtant des deux ministres qui chapeautaient les négociations climatiques...

Nous faisons évidemment face à un problème de rareté. D'un côté, les avocats de la transition énergétique nous ont promis que nous pourrions puiser à l'infini aux intarissables sources d'énergie que constituent les marées, les vents et les rayons solaires pour faire fonctionner nos technologies vertes. Mais, de l'autre, les chasseurs de métaux rares nous préviennent que nous allons bientôt manquer d'un nombre considérable de matières premières. Nous avons déjà des listes d'espèces animales et végétales me-

nées ; nous établirons bientôt des listes rouges de métaux en voie de disparition. En effet, au rythme actuel de production, les réserves rentables d'une quinzaine de métaux de base et de métaux rares seront épuisées en moins de cinquante ans ; pour cinq métaux supplémentaires (y compris le fer, pourtant très abondant), ce sera avant la fin de ce siècle¹⁰. Nous nous dirigeons aussi, à court ou moyen terme, vers une pénurie de vanadium, de dysprosium, de terbium, d'euporium et de néodyme¹¹. Le titane et l'indium sont également en tension, de même que le cobalt. « La prochaine pénurie va concerner ce métal, pronostique un expert. Personne n'a vu le problème venir, or l'échéance est brève¹² » (consulter le tableau synthétisant la durée de vie des réserves rentables des principaux métaux nécessaires à la transition énergétique, annexe 14).

Parviendrons-nous dans les trente prochaines années à mettre en service le nombre de mines nécessaire pour nous fournir en métaux ? Que se passera-t-il si, sous l'effet du changement climatique, les réserves d'eau indispensables à l'extraction et au raffinage des minerais s'épuisent drastiquement ? Une fois que nous aurons exploité les mines les plus riches, disposerons-nous de nouvelles technologies pour exploiter les gisements plus pauvres, moins accessibles et plus profonds ? Nombreux sont ceux qui comparent notre époque à une « nouvelle Renaissance » : nous nous trouverions à l'aube d'un nouveau chapitre de l'histoire marqué par des inventions techniques et des opportunités d'exploration inédites. Mais comment atteindre ces nouveaux horizons si les ressources viennent à manquer ? Que se serait-il passé en 1492 si Christophe Colomb, faute de bois disponible, n'avait pas trouvé ses deux caravelles, *La Pinta* et *La Niña*, amarrées à un port andalou ?

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET NUMÉRIQUE EN DANGER

Les succès diplomatiques, les ambitieuses lois de transition énergétique et les plaidoyers écologiques les plus passionnés seront caducs si nous ne disposons pas de ces métaux en quantités suffisantes. Or, si l'on en croit les données existantes, la révolution verte risque d'être beaucoup plus lente qu'espéré. Surtout, elle sera emmenée par la Chine, l'un des rares pays à s'être dotés d'une stratégie d'approvisionnement adéquate. Et Pékin ne va pas accroître exagérément sa production de métaux rares pour étancher la soif du reste du monde. Non seulement parce que sa politique

commerciale lui permet d'asphyxier les États occidentaux, mais parce qu'il craint à son tour que ses ressources ne s'amenuisent trop rapidement. Le marché noir des terres rares, qui représente un tiers de la demande officielle, accélère l'appauvrissement des mines, et, à ce rythme, certaines réserves pourraient être épuisées dès 2027¹³.

Il est dès lors vital de contenir la hausse de l'exploitation de certains métaux rares. Pour ce faire, la Chine s'apprête tout simplement à conserver ce qu'elle produit... pour elle-même. Elle consomme d'ores et déjà près des trois quarts des terres rares qu'elle extrait – une ressource qu'elle est pourtant la seule à pourvoir –, et, vu son appétit, elle pourrait même les engloutir toutes d'ici à 2025-2030¹⁴. Lorsque, à l'avenir, l'empire du Milieu mettra en service une mine de métaux rares, à l'intérieur ou à l'extérieur de ses frontières, la production, loin d'être écoulee au plus offrant, sera littéralement retirée du marché au profit des seuls clients chinois. La ressource sera captée, quel qu'en soit le prix. « Et que subsistera-t-il pour le reste du monde ? interroge un spécialiste américain. La réponse est : rien, absolument rien¹⁵. » Pékin va favoriser les intérêts de ses industriels des technologies vertes et soutenir la croissance de sa transition énergétique et numérique au détriment de celle des autres.

Et voilà comment l'un des pays les plus pollués de la planète pourrait, au mépris de toutes les idées reçues, devenir le fer de lance d'un monde plus vert et de la lutte contre le réchauffement climatique.

La plausibilité de ce scénario est renforcée par trois facteurs :

- D'abord, le déni de la rareté des ressources. L'idée de métaux disponibles à satiété prédomine encore. En 1931, Paul Valéry nous avait pourtant avertis que « le temps du monde fini commence¹⁶ ». En 1972, un rapport du Club de Rome pointait à son tour le paradoxe entre la croissance exponentielle de la population et de l'économie mondiales et la finitude des ressources¹⁷. Près d'un siècle après ces premiers coups de semonce, nos comportements n'ont pas changé, bien au contraire : nous consommons toujours davantage. La brutalité avec laquelle nous nous sommes rués dans un monde rare n'a tout simplement pas été pensée. Notre fulgurante transition technologique s'est opérée plus hâtivement que nos progrès cognitifs.

- Ensuite, le manque d'infrastructures minières. « Le temps d'une mine, c'est quinze, voire vingt-cinq ans, entre le moment où l'on dit

“on y va” et celui où l’on commence à extraire le minerai¹⁸ », rappelle Vincent Laflèche, directeur du BRGM. Or, d’après certaines projections, il va falloir ouvrir une nouvelle mine de terres rares chaque année d’ici à 2025 pour répondre à l’accroissement de la demande pour ce seul métal¹⁹. Tout retard dans l’impulsion de cette dynamique va nécessairement se payer comptant dans les deux décennies à venir. « Mon opinion est que nous ne produisons pas suffisamment de métaux aujourd’hui pour répondre à nos besoins futurs », juge un spécialiste américain, qui conclut : « *The numbers don’t work.* » Les chiffres ne collent pas²⁰.

- Enfin, le défi du taux de retour énergétique (TRE), c’est-à-dire le ratio entre l’énergie nécessaire à la production des métaux et celle que leur utilisation va générer. Il faut concasser une tonne de roche pour obtenir entre 1 et 5 grammes d’or. Cela revient à broyer jusqu’à dix mille fois plus de caillasse que le métal qui va en être extrait²¹. Notre boulanger, lui, va probablement devoir moudre une benne entière de baguettes de pain pour espérer récupérer trois malheureux verres de sel. « Imaginez, explique le chercheur italien Ugo Bardi, que l’on vous demande de gérer vous-même les déchets miniers du cuivre qui se trouve dans votre nouvelle voiture. Une voiture contient en moyenne 50 kilos de cuivre, principalement sous la forme de câbles. En revenant de chez votre concessionnaire automobile, vous seriez suivi par un camion qui procéderait au déchargement d’environ une tonne de roches devant votre porte²². »

Combien faut-il d’énergie pour produire de l’énergie ? La question, farfelue pour la plupart d’entre nous, est essentielle aux yeux des énergéticiens. Il y a un siècle, il fallait en moyenne un baril de pétrole pour en extraire cent ; aujourd’hui, le même baril n’en produit, dans certaines zones de forage, que 35. Les technologies de forage ont gagné en efficacité, mais les gisements les plus accessibles ont été épuisés. Il a fallu forer de nouveaux puits de pétrole, plus difficilement exploitables, nécessitant dès lors davantage d’énergie. Quant au brut non conventionnel (huiles de schiste, sables bitumineux), un baril n’en produit que cinq tout au plus. C’est une fuite en avant dont nous pressentons l’absurdité. Notre modèle de production sera-t-il encore sensé le jour où un baril permettra tout juste de remplir un autre baril ?

Les mêmes enjeux valent pour les métaux rares, puisqu’il va falloir toujours plus d’énergie pour les déterrer et les raffiner. Des experts affirment que les réserves de minerais rares prouvées sont

moindres que celles réellement existantes, car il reste des gisements à découvrir. Il n'y aurait donc pas lieu de s'inquiéter d'un risque de pénurie²³. Cependant, la production de ces métaux mobilise 7 à 8 %²⁴ de l'énergie mondiale. Qu'advient-il si ce ratio bondit pour atteindre 20, 30 %, voire davantage ? Au Chili, selon Ugo Bardi, « l'énergie nécessaire pour extraire le cuivre a augmenté de 50 % entre 2001 et 2010, pendant que la production totale de cuivre n'augmentait que de 14 %. [...] Le même scénario s'applique aux États-Unis, où l'industrie du cuivre s'est avérée très énergivore²⁵ ».

Pour la même quantité d'énergie dépensée, les groupes miniers extraient aujourd'hui jusqu'à dix fois moins d'uranium qu'il y a trente ans – et c'est vrai d'à peu près toutes les ressources minières. La situation est si critique qu'un gisement recelant les mêmes teneurs en minerais que dans les années 1980 est dorénavant considéré, dans le monde minier, comme une « perle rare ²⁶ ». Aussi, conclut Ugo Bardi, « les limites de l'extraction minière ne sont pas quantitatives, mais énergétiques²⁷ ».

Les limites de notre système productiviste se dessinent aujourd'hui plus nettement : elles seront atteintes le jour où il nous faudra dépenser davantage d'énergie que nous ne pourrions en produire. Et pourtant, un instinct de conquête nous incite à tenter, encore et toujours, de repousser les frontières du possible, d'étendre la domination de l'homme sur chaque recoin de monde (et même de l'espace, comme nous le verrons).

Et à monter dans un train pour Londres, afin de tirer d'anciennes cartes géologiques quelque enseignement utile pour assouvir notre appétit de croissance verte.

LA MULTIPLICATION DES FRONTS MINIERS

Sur les rives de la Tamise nous attendait ce parchemin que l'on appelle « la carte qui a changé le monde²⁸ ». Voilà près de deux siècles que le précieux document sommeille dans le fonds d'archives de la Société géologique de Londres. Pour s'en approcher, il faut franchir l'imposante entrée de la Burlington House, un bâtiment qui assombrit l'artère de Piccadilly de sa façade néo-Renaissance. À l'étage, au bout d'un escalier recouvert d'un tapis fatigué, un patio tapissé de vieux recueils fait office de salle de lecture. Sous une paire de lustres vieillissants, l'archiviste Caroline Lam ordonne délicatement quinze feuillets d'une soixantaine de centimètres de côté qui s'agencent tel un puzzle. Ils forment un trésor

de trois mètres sur quatre : l'une des toutes premières cartes géologiques détaillées de l'histoire.

The Great Map (la grande carte), est l'œuvre du britannique William Smith. Au début du XIX^e siècle, ce géologue arpenta la Grande-Bretagne à pied et à cheval pendant une douzaine d'années. Objectif : décrire la structure minérale des sols. L'exemplaire conservé à la Société géologique de Londres est l'une des toutes premières copies à avoir été imprimées en 1815, date de la présentation de la carte au public. Il faut se munir d'une loupe pour déchiffrer les noms des localités. Plus net, un nuancier de couleurs expose la diversité des richesses minières recensées : les carrières de craie et de sable côtoient les gisements de roche calcaire et les marbrières. En noir est crayonné ce qui allait rendre la Grande-Bretagne immensément riche tout au long du XIX^e siècle : les veines de charbon.

Au moment où William Smith publia sa grande carte, la Grande-Bretagne connaissait en effet une révolution industrielle sans précédent. Dans les ateliers à tisser, des fileuses mécanisées utilisaient l'énergie thermique produite par la vapeur qui, convertie en énergie mécanique, offrait des gains de productivité prodigieux. Ces mêmes machines à vapeur commençaient déjà à catapulter de nouveaux engins appelés locomotives sur un réseau ferroviaire de plus en plus dense, contribuant à répandre commerce et progrès à une vitesse inouïe. Or, pour actionner les pistons qui faisaient se mouvoir les roues, il fallait que la vapeur avoisine une température de 350 °C. Une chaudière était donc disposée autour d'un foyer alimenté par un combustible : le charbon.

La ressource fossile devint bientôt extrêmement convoitée, et « il fallait savoir où se trouvaient les gisements », rappelle Caroline Lam en rangeant délicatement les fragments de la grande carte. Se fondant sur les découvertes de M. Smith, les mineurs purent se ruer sur les filons recensés et fournir le combustible nécessaire aux nouveaux besoins énergétiques de la Grande-Bretagne. À cet égard, la grande carte a bel et bien transformé le monde : elle a stimulé la première révolution industrielle et conféré aux Britanniques une avance certaine sur le reste de l'Europe. Forte de ses positions dominantes dans l'extraction de la houille, la Couronne anglaise a assis sa supériorité industrielle, technologique et militaire et s'est imposée, durant l'ère victorienne, comme la première puissance mondiale.

Deux siècles plus tard, nous voulons transposer le cas britan-

nique à la révolution énergétique et numérique. Pour sécuriser les approvisionnements en métaux rares, il faut actualiser les cartes minières. L'idée a fait son chemin depuis l'embargo chinois : États, multinationales et entrepreneurs se sont lancés dans une course pour leur appropriation. Pas simplement, comme au temps de M. Smith, à l'échelle d'un pays, mais cette fois-ci à l'échelle de la planète entière. Car les ressources sont réparties sur l'ensemble du globe. Rien que pour les terres rares, des gisements ont déjà été répertoriés dans au moins trente-cinq nations sur cinq continents. La Corée du Nord posséderait même certaines des plus grandes réserves de terres rares du monde²⁹, et, de fait, des compagnies minières se livrent déjà à l'exploration de centaines de gisements de métaux rares à travers le monde.

Ce phénomène fait la part belle à l'irrationnel : des bulles spéculatives ont éclaté lorsque des minières ont admis que certains gisements étaient beaucoup moins abondants qu'annoncé. Dans ce grand casino minier, des fortunes se sont faites en un temps record, tandis que des petits porteurs crédules ont perdu leur pécule du jour au lendemain. Quoi qu'il en soit, ce bouillonnement provoque des bouleversements géopolitiques qui tranchent avec les idéaux fraternels affichés lors de la signature de l'accord de Paris.

Ainsi, de nouvelles alliances se scellent autour de l'exploitation de métaux rares. Tokyo et Delhi se sont entendus sur un contrat d'exportation de terres rares extraites en Inde³⁰. Le Japon déploie une diplomatie des terres rares offensive en Australie, au Kazakhstan et au Vietnam. La chancelière Angela Merkel s'est rendue à plusieurs reprises en Mongolie aux fins de signer des partenariats miniers³¹. Des géologues sud-coréens ont officialisé leurs discussions avec Pyongyang en vue de l'exploitation commune d'un gisement en Corée du Nord³². La France prospecte au Kazakhstan, et Bruxelles mène une diplomatie économique visant à favoriser les investissements miniers avec des États partenaires³³. Ce « mikado diplomatique » – c'est-à-dire la multiplication des accords bilatéraux afin de sécuriser les approvisionnements en métaux rares – confirme l'effacement du monde bipolaire hérité de la guerre froide et l'intrusion dans l'arène diplomatique d'un nombre croissant d'acteurs miniers publics et privés.

Cette ruée est en train de bousculer les rapports de force traditionnels. Jusqu'à présent, les pays riches de leurs sous-sols, généralement situés dans l'hémisphère Sud, se voyaient régulièrement imposer des conditions d'exploitation iniques par les États

clients du Nord. Or cette répartition des rôles s'inverse, puisque à l'explosion de la demande répond une offre plus prudente. « Compte tenu de la concurrence accrue entre pays consommateurs, ce sera de moins en moins l'importateur qui décidera d'acheter les métaux, mais de plus en plus le producteur qui décidera de les lui vendre, pronostique un expert français. C'est un nouveau concept, celui de "consommation compétitive", avec lequel il va falloir composer³⁴. »

Plusieurs vagues de nationalisme minier ont déjà placé les États importateurs à la merci de pays fournisseurs pourtant bien moins puissants qu'eux. En fait de mines, le client ne sera donc plus (toujours) roi. La géopolitique des métaux rares pourrait faire émerger de nouveaux acteurs prépondérants, souvent issus du monde en développement : le Chili, le Pérou et la Bolivie, grâce à leurs fabuleuses réserves de lithium et de cuivre ; l'Inde, riche de son titane, de son acier et de son fer ; la Guinée et l'Afrique australe, dont les sous-sols regorgent de bauxite, de chrome, de manganèse et de platine ; le Brésil, où le bauxite et le fer abondent ; la Nouvelle-Calédonie, grâce à ses prodigieux gisements de nickel³⁵.

En engageant l'humanité entière dans la quête de métaux rares, la transition énergétique et numérique va assurément aggraver les dissensions et les discordes. Loin de mettre un terme à la géopolitique de l'énergie, elle va au contraire l'exacerber³⁶. Et la Chine entend façonner ce nouveau monde à sa main. Vivian Wu en convient : « Compte tenu de l'accroissement de notre demande intérieure, nous ne pourrions plus satisfaire nos propres besoins d'ici à cinq ans. » Pour répondre à ce défi, Pékin se lance à son tour dans une chasse aux métaux rares au Canada, en Australie, au Kirghizstan, au Pérou ou encore au Vietnam³⁷.

L'Afrique, notamment, est l'objet de toutes les convoitises, en particulier l'Afrique du Sud, le Burundi, Madagascar et l'Angola. Tout à sa diplomatie chinoise, l'ancien président angolais, José Eduardo dos Santos, a fait des terres rares une priorité de son développement minier afin de satisfaire les besoins de Pékin³⁸. La Chine entreprend également la construction d'une ligne de chemin de fer en République démocratique du Congo afin de désenclaver la région méridionale du Katanga³⁹.

Cette multiplication des mines devrait logiquement abolir le monopole acquis par la Chine sur les terres rares. Pékin est-il prêt à ce sacrifice ? Oui et non. Le Parti communiste veut le beurre et

l'argent du beurre. Il entend partager le fardeau des mines tout en conservant son hégémonie sur le marché des minerais stratégiques. Et, pour cela, il a mis au point un plan ingénieux.

De Londres à Toronto, de Singapour à Johannesburg, pas un symposium sur les métaux rares ne se tient sans qu'une lancinante question accapare les débats : « À quoi joue la Chine ? » Après avoir flirté avec les sommets au lendemain de l'embargo de 2010, les cours des terres rares se sont effondrés⁴⁰. Et cela sans raison apparente, puisque la tension entre l'offre et la demande demeure forte. Aux yeux de nombreux observateurs, Pékin manipulerait les cours à la baisse. « Les Chinois font absolument ce qu'ils veulent sur le marché des terres rares⁴¹ », déplore Christopher Ecclestone. Ils peuvent décider de stocker ou au contraire de casser les prix en rouvrant les robinets. Pour les minières non chinoises, concevoir des modèles économiques viables sur le long terme avec cet acteur majeur qui organise l'instabilité est un casse-tête. Comment échapper à la banqueroute lorsque le prix du minerai est cinq à dix fois plus bas que les prévisions initiales ?

Dès lors, la grande majorité des projets alternatifs nés au lendemain de l'embargo sont fragilisés. La mine californienne de MolyCorp, qui avait un temps repris ses activités, a fait faillite. Celle de Lynas, en Australie, tourne au ralenti. Elle est portée à bout de bras par le Japon, décidé à ne plus manger dans la main de son ennemi juré. Au Canada, des bataillons entiers de compagnies minières ont mis la clé sous la porte. Les licences d'exploitation, autrefois négociées à prix d'or, ne valent plus que quelques centaines de dollars.

« La stratégie chinoise n'est pas de faire mourir tous ces projets, mais de les faire stagner, précise Chris Ecclestone. Pékin attend, puis fera main basse sur toutes ces gisements pour trois fois rien⁴². » Tandis que Pékin pense le long terme, les Occidentaux sont à nouveau piégés par leur logique court-termiste. L'appât du gain, catalyseur d'un renouveau minier, pourrait ne pas résister au manège chinois. Les terres rares ont beau être l'une des clés de la résilience du capitalisme, leur exploitation nécessiterait d'en défier la logique. Mais serons-nous capables d'apprendre de nos erreurs ?

Quand la Chine ne sape pas les fondements capitalistiques des mines alternatives, elle intervient diplomatiquement pour les torpiller. C'est le cas au Kirghizistan : le président de la minière canadienne Stans Energy accuse les Chinois d'avoir fait pression sur le

Parlement kirghize afin que ce dernier lui retire, sans justification valable, sa licence d'exploitation⁴³. Lorsque les opérations ne peuvent être entravées, Pékin déploie une stratégie d'acquisition de minières concurrentes. Le groupe Chinalco avait déjà exprimé son intérêt pour le rachat de la mine californienne de Mountain Pass ; en 2017, c'est le consortium MP Mine Operations LLC qui en a fait l'acquisition. Or ce dernier compte parmi ses investisseurs Shenghe Resources Shareholding Co. Ltd., un groupe minier chinois⁴⁴. La Chine s'invite aussi dans le capital d'autres sociétés concurrentes : au Groenland, le même groupe Shenghe Resources a pris une participation significative dans l'exploitation du site de Kvanefjeld, riche en uranium et en terres rares. Voilà un excellent moyen de faire de l'intelligence économique et de saborder, au besoin, l'irruption d'un rival sérieux.

À travers cette stratégie d'expansion minière, l'empire du Milieu vise un objectif audacieux : abandonner les monopoles miniers édifiés sur ses seules ressources domestiques de minerais au profit d'une nouvelle position dominante, fondée cette fois-ci sur son contrôle planétaire de la production d'une ribambelle de métaux rares. C'est un peu comme si l'Arabie saoudite, qui détient déjà les plus grandes réserves prouvées de pétrole au monde, s'arrogeait le contrôle de toutes les réserves d'or noir des quatorze pays membres de l'OPEP...

L'hégémonie chinoise sur les métaux rares pourrait continuer de s'accroître, à mesure que la part des énergies renouvelables augmente dans nos *mix* énergétiques.

À moins que la France ne s'engage pour de bon dans la bataille des mines.

1. Ces minéraux essentiels incluent notamment l'aluminium, le plomb, le fer, le cuivre, le nickel, le chrome et le zinc. Source : United States Geological Survey Data Series 140.

2. Alain Liger, secrétaire général du Comité pour les métaux stratégiques (COMES), « Transition énergétique : attention, métaux stratégiques ! », Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies, 7 décembre 2015.

3. Comme les productions d'acier et de cuivre, deux grands métaux de base, sont restées stables entre 1970 et 2000, personne ne s'était vraiment inquiété d'une possible pénurie de minerais. Ce n'est qu'en 2005 que les industriels et les médias ont commencé à parler de rareté parce que la Chine, en faisant brusquement irruption sur les marchés des matières premières, a créé de fortes tensions sur les approvisionnements.

4. « Ressources minérales et énergie : rapport du groupe Sol et sous-sol de l'Alliance », Alliance nationale de coordination de la recherche scientifique (ANCRE), juin 2015.

5. Olivier Vidal, Bruno Goffé et Nicholas Arndt, « Metals for a low-carbon society », *Nature Geoscience*, vol. 6, novembre 2013.
6. *Ibid.*
7. Voir le rapport de la Banque mondiale, « The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future », The World Bank Group, juin 2017, ainsi que « Métaux : les besoins colossaux de la transition énergétique », *Les Échos*, 20 juillet 2017.
8. « How Many People Have Ever Lived on Earth ? », Population Reference Bureau, 2011.
9. Entretien avec Alain Liger, 2016.
10. Les quinze métaux en question sont l'antimoine, l'étain, le plomb, l'or, le zinc, le strontium, l'argent, le nickel, le tungstène, le bismuth, le cuivre, le bore, la fluorite, le manganèse et le sélénium. Les cinq métaux supplémentaires sont le rhénium, le cobalt, le minerai de fer, le molybdène et le rutile. Voir « De surprenantes matières critiques », *L'Usine nouvelle*, 10 juillet 2017.
11. « Critical Metals in the Path towards the Decarbonisation of the EU Energy Sector », Joint Research Center of the European Commission, 2013.
12. Entretien avec John Petersen, 2017.
13. « Dwindling Supplies of Rare Earth Metals Hinder China's Shift from Coal », *TrendinTech*, 7 septembre 2016.
14. Une perspective que n'écarter pas Vivian Wu, laquelle trouve « belle » l'idée que l'empire du Milieu conserve pour lui-même la totalité de ses ressources de terres rares.
15. Entretien avec Jack Lifton, 2016. Voir également à ce propos l'intervention de Christian Hocquard, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), dans le compte rendu de l'audition publique du 6 juillet 2015 sur la mise en place d'une politique des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST).
16. Paul Valéry, *Regards sur le monde actuel*, Librairie Stock, Delamain et Boutelleau, 1931.
17. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers, William W. Behrens III, *The Limits to Growth : A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe Books, 1972.
18. Intervention de Vincent Laflèche, directeur du BRGM, Cercle Cyclope, 2016.
19. « La Chine importatrice nette de terres rares d'ici 2025 », *L'Usine nouvelle*, 3 janvier 2017.
20. Entretien avec John Petersen, 2017.
21. Ugo Bardi, *Le Grand Pillage*, *op. cit.*
22. *Ibid.*
23. C'est notamment l'avis de Christian Thomas, cofondateur de l'entreprise de recyclage de métaux Terra Nova.
24. Ester van der Voet, Reijo Salminen, Matthew Eckelman, Gavin Mudd, Terry Norgate, Roland Hisschier, Job Spijker, Martina Vijver, Olle Selinus, Leo Posthuma, Dick de Zwart, Dik van de Meent, Markus Reuter, Ladji Tikana, Sonia Valdivia, Patrick Wäger, Michael Zwicky Hauschild, Arjan de Koning, « Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel », Kenya, United Nations Environment Programme (UNEP), 2013.
25. Ugo Bardi, *Le Grand Pillage*, *op. cit.*
26. Entretiens avec Jean-Paul Tognet, 2016 et 2017.
27. Ugo Bardi, *Le Grand Pillage*, *op. cit.*
28. D'après Simon Winchester, *The Map that Changed the World : William Smith and the Birth of Modern Geology*, HarperCollins, 2001.
29. « North Korea May Have Two-Thirds of World's Rare Earths », *The Diplomat*, 22 janvier 2014.
30. « Japan to import rare earth from India », Reuters, 28 août 2014.
31. « Merkel signs export deal with Mongolia », *The Local*, 13 octobre 2011.
32. « North Korea could rival China on rare earths reserves », RT, 9 janvier 2012.
33. Le traité Comprehensive Economic and Trade Agreement (CETA), signé avec le Canada en février 2017, entend ainsi faciliter l'investissement des entreprises euro-

péennes dans le secteur extractif canadien.

34. Entretien avec Didier Julienne, 2016.

35. « Métaux : les besoins colossaux de la transition énergétique », art. cité.

36. « Switch to Renewables Won't End the Geopolitics of Energy », Bloomberg, 21 août 2017. L'auteur de l'article est également le coauteur d'un rapport : Meghan O'Sullivan, Indra Overland et David Sandalow, « The Geopolitics of Renewable Energy », Columbia University Center on Global Energy Policy, juin 2017.

37. Entretien avec Vivian Wu, 2011.

38. « Pour séduire Pékin, le président fait des terres rares une priorité », *Africa Mining Intelligence*, 20 décembre 2016.

39. Voir notamment « La bataille des terres rares », *Afrique Méditerranée Business*, 18 février 2014.

40. Le kilogramme de terbium, qui se vendait au lendemain de l'embargo au prix de 2 900 euros, n'en vaut plus en 2017 que 520. Quant au kilo de dysprosium, négocié à plus de 2 800 euros, il s'échange près de dix fois moins cher. Source : <http://mineral-prices.com/>.

41. Entretien avec Chris Ecclestone, 2016.

42. *Ibid.*

43. « Exclusive : Evidence of Chinese Interests driving Effort to block Stans Energy in Kyrgyzstan », InvestorIntel, 18 avril 2013.

44. « Mountain Pass sells for \$20.5 million », Mining.com, 16 juin 2017.

La fin des derniers sanctuaires

Faut-il refaire de l'Hexagone une puissance minière ? La question est scandaleuse, révoltante, abjecte pour une bonne partie de l'opinion publique. Le président de la République, Emmanuel Macron, est pour ; les écologistes sont contre.

Cela fait des années que ce débat alimente les conversations à Bercy. C'est dans l'un de ces bureaux de verre dominant la Seine qu'Arnaud Montebourg, ministre du Redressement productif du premier gouvernement de François Hollande, avait exprimé son souhait de rouvrir des mines en France. À l'occasion d'une visite des carrières de gypse de Montmorency, en 2014, M. Montebourg avait d'ailleurs ajouté : « Le renouveau minier en France est en route. [...] Nous souhaitons assurer à notre pays un approvisionnement en matières premières qui assure son indépendance, la maîtrise de ses prix et des quantités, ainsi que sa souveraineté¹. »

LA FRANCE, UN GÉANT MINIER EN SOMMEIL

Cette annonce était cohérente avec la politique de réindustrialisation promise par le candidat Hollande durant la campagne présidentielle de 2012. Elle est, de plus, réaliste, puisque la France est un géant minier en sommeil (consulter l'annexe 8 sur le potentiel minier de la France). L'activité extractive de l'Hexagone est restée importante jusqu'au début des années 1980. La première révolution industrielle, au XIX^e siècle, avait déjà impulsé la production de minerais aussi divers que le tungstène, le manganèse, le zinc et l'antimoine. L'entrée en vigueur de la Communauté du charbon et de l'acier (CECA) en 1952 avait également ouvert une ère de prospérité dans l'industrie française du fer. De la haute vallée de la Maurienne aux reliefs lorrains, des replis de la montagne Noire, dans le Tarn, aux massifs de Mouthoumet, dans l'Aude, la France pouvait compter sur une industrie minière dynamique qui générait des centaines de milliers d'emplois directs et indirects. Nous nous

hissions même parmi les principaux producteurs mondiaux d'antimoine, de tungstène et de germanium.

Pour joindre le geste à la parole, M. Montebourg a promis la création d'une Compagnie nationale des mines de France (CMF). Dotée d'un budget qui pourrait atteindre 400 millions d'euros, celle-ci investirait dans des entreprises minières, prospecterait des partenariats en Afrique et délivrerait des permis d'exploration en métropole. De cette façon, nous pourrions « réengager la France dans la bataille mondiale des ressources naturelles », a ajouté le ministre.

Un aréopage d'experts s'est penché sur le projet de CMF en posant un tas de questions : quelles seraient ses attributions ? Où le gouvernement irait-il chercher les financements ? Quels projets seraient prioritairement engagés ? Et puis, il fallait mettre à jour le précédent inventaire minier du sous-sol hexagonal... Beaucoup de géologues ne cachaient pas leur scepticisme.

Les ennuis financiers rencontrés par les groupes miniers français Eramet et Areva ont convaincu le successeur de M. Montebourg au ministère de l'Économie, Emmanuel Macron, d'enterrer le projet. « Eramet et Areva connaissent des difficultés avec la chute du cours des matières premières. Ce ne serait pas très judicieux de créer un troisième groupe 100 % public. On préfère se focaliser sur les restructurations en cours² », a-t-on expliqué à Bercy. M. Macron ne s'est pas désintéressé des mines pour autant, puisqu'il a engagé l'initiative « mine responsable³ » – une réflexion visant à réduire l'impact écologique de tout futur projet d'extraction minière⁴ – et accordé onze permis de recherche en France métropolitaine et en Guyane. En 2017, le groupe Socialiste, écologiste et républicain a présenté au Parlement une réforme du code minier afin de rendre compatibles activités extractives et développement durable en France⁵.

Avec à l'Élysée le président le plus « pro-mines » que le pays ait connu depuis longtemps se repose la question de rouvrir des mines en métropole, ce qui change fondamentalement la nature du débat. Jusqu'alors, nous pouvions aisément nous défausser sur Pékin, en l'accusant de manipuler les marchés des matières premières et d'ignorer les règles du commerce international. La relance de notre propre activité extractive, désormais, nous place face à nos seules responsabilités.

Et la polémique est violente. Une très forte opposition s'est cristallisée autour des annonces gouvernementales. Du Limousin à la

Bretagne en passant par la Creuse, associations de citoyens et collectifs de riverains ont fortement protesté aux cris de « Ni ici, ni ailleurs⁶ ». La bronca a été relayée par de nombreuses organisations environnementales, en particulier Les Amis de la Terre. Très active sur les questions minières, l'association écologiste s'est inquiétée du « renouveau silencieux » des mines. Jugeant « illusoire » la promesse du gouvernement français d'exploiter ces gisements de manière durable, elle a dénoncé les « fausses vérités » de la relance minière⁷.

Vaccinés par les nombreux désastres occasionnés en France par des activités extractives⁸, les Français se sont, non sans raison, singulièrement durcis. Leur logique d'opposition est passée de NIMBY à BANANA : « Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything » – ne construire absolument rien, nulle part⁹. Faire un trou dans le sable sur la plage l'été venu, passe encore, mais pas davantage. Cependant, les ONG écologistes font la preuve d'une certaine incohérence, puisqu'elles dénoncent les effets du nouveau monde plus durable qu'elles ont elles-mêmes appelé de leurs vœux. Elles n'admettent pas que la transition énergétique et numérique est aussi une transition des champs de pétrole vers les gisements de métaux rares, et que la lutte contre le réchauffement climatique appelle une réponse minière qu'il faut bien assumer¹⁰.

C'est d'ailleurs écrit en toutes lettres dans les documents officiels produits par Bercy : la réouverture des mines françaises « s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable¹¹ ». Le débat sur les mines nous invite à prendre conscience de ce que les Chinois ont compris depuis des lustres : notre modèle de développement recèle d'indébrouillables contradictions. Entre les rêves d'un monde plus vert et la matérialité d'un monde plus technologique, il n'est pas évident de choisir.

Tous les ingrédients de la rébellion anti-mines sont néanmoins réunis et pourraient retarder le renouveau extractif français. Au ministère de l'Écologie, on juge d'ores et déjà qu'il n'y aura pas de production minière significative dans l'Hexagone avant au moins dix ans. Alors, que dire de la filière des métaux rares tout entière ! Aux États-Unis, l'équivalent de la Cour des comptes a estimé qu'il faudrait au moins quinze ans pour la reconstituer¹². En attendant que tout ce petit monde tombe d'accord, la culture minière française se meurt. Les formations sont insuffisantes, et les jeunes ne sont plus attirés par les métiers de la géologie. Or la disparition

des derniers talents risque d'empêcher toute relance du secteur pour de longues décennies.

Qu'il nous soit permis ici d'apporter notre contribution à ce débat en nous prononçant en faveur d'un renouveau extractif dans l'Hexagone. Pas tant en raison de la production de valeur, des nouvelles rentrées fiscales ou des milliers de créations d'emplois que cela représenterait. Pas davantage à cause de la sécurité stratégique que nous conférerait cette relative souveraineté sur nos approvisionnements face à des États producteurs qui resserrent le nœud coulant. Le principal argument, selon nous, est environnemental. La réouverture des mines françaises serait même la meilleure décision écologique qui soit. Car la délocalisation de nos industries polluantes a eu un double effet pervers : elle a contribué à maintenir les consommateurs occidentaux dans l'ignorance des véritables coûts écologiques de nos modes de vie, et elle a laissé à des États dépourvus de tout scrupule écologique le champ libre pour extraire et traiter les minerais dans des conditions bien pires que si la production avait été maintenue en Occident.

À l'inverse, relocaliser les mines en France et en Occident pourrait générer deux effets positifs.

D'abord, nous prendrions immédiatement conscience, effarés, de ce qu'il en coûte réellement de nous proclamer modernes, connectés et écolos. On peut imaginer que le voisinage des carrières nous sortirait pour de bon de notre indifférence et de notre déni, et encouragerait des initiatives pour contenir la pollution occasionnée. Ne supportant pas l'idée de vivre comme des Chinois, nous décuplerions la pression sur nos gouvernements pour qu'ils interdisent à toutes les minières de rejeter un seul gramme de cyanure dans la nature, boycotterions les industriels qui ne respectent pas une ribambelle de labels verts, manifesterions en masse contre la scandaleuse obsolescence programmée de leurs produits, qui conduit à creuser toujours plus, exigerions que des milliards d'euros soient investis dans la recherche afin que tous les métaux rares soient intégralement recyclés. Peut-être abandonnerions-nous aussi le sacro-saint dogme du pouvoir d'achat et accepterions-nous de dépenser quelques dizaines d'euros supplémentaires pour des téléphones un peu plus propres... En d'autres mots, notre empressement à circonscrire la pollution serait tel que nos progrès environnementaux seraient fulgurants, et nos modes de consommation à tous crins fortement réduits.

Dans ce scénario, la Chine verrait ses activités minières éprouvées par la concurrence des mines françaises et occidentales. Moins dynamique, le secteur extractif chinois polluerait moins les sols, les cours d'eau et l'atmosphère. Et le seul espoir, pour Pékin, de regagner des parts de marché face à des consommateurs devenus mieux informés et plus exigeants serait d'améliorer, à son tour, ses pratiques. Ainsi, l'écologie chinoise sortirait gagnante de cette compétition par le haut imposée par les Occidentaux.

Rien ne changera radicalement tant que nous n'expérimenterons pas, sous nos fenêtres, la totalité du coût de notre bonheur standard. La mine responsable chez nous vaudra toujours mieux que la mine irresponsable ailleurs. Un tel choix serait profondément écologique, altruiste, courageux – et conforme à l'éthique de responsabilité prônée par de nombreuses associations environnementales, par exemple quand elles s'indignent que la France ait pu exporter une partie de ses déchets nucléaires vers la Russie¹³. Affirmant, à raison, que nous devrions assumer nous-mêmes le traitement de ces déchets et qu'il est immoral d'en confier le fardeau à d'autres, des activistes se sont ligotés aux voies ferrées et ont empêché les convois de quitter les entrepôts. Ce raisonnement, qui s'applique à l'aval de la consommation de combustibles, est aussi valable pour l'exportation de nos mines polluantes, en amont du cycle. Les ONG devraient donc former une chaîne humaine dans le port du Havre pour que plus aucune cargaison de métal provenant de Chine ne passe les douanes françaises, et s'enchaîner aux grilles du Palais-Bourbon jusqu'à ce qu'une loi entérinant la mise en service d'une mine de terres rares en France soit votée.

PARIS À LA CONQUÊTE DES OCÉANS

Ces mêmes ONG devraient aussi exiger que la République française regarde d'un peu plus près les agissements de deux mystérieuses têtes couronnées, MM. Filipo Katoa et Eufenio Takal, qui ont la main sur un tel pactole de terres rares que l'avenir de notre transition énergétique et numérique dépend peut-être de leur bon vouloir.

Le 12 juillet 2016, Filipo Katoa et Eufenio Takal, monarques des lointains royaumes d'Alo et de Sigave, ont franchi le perron de l'Élysée en *manou* (sorte de paréo), costume et cravate, pour une réception donnée en leur honneur. Le voyage des deux souverains à Paris fut également l'occasion d'une visite aux présidents

de l'Assemblée nationale, du Sénat, et au ministère des Outre-Mer. Entourés de leur délégation, MM. Katoa et Takal venaient discuter des enjeux vitaux pour leurs fiefs respectifs : le désenclavement de leurs royaumes, le dynamisme économique de leur région, un meilleur accès aux soins... Paris couve les deux couronnes d'un œil vigilant et s'interroge : comment pérenniser la présence française à Alo et Sigave ? Faut-il augmenter les 15 millions d'euros de budget que la République consacre chaque année à cette relation si spéciale ? Comment conjurer l'émergence de velléités irrédentistes, qui porterait un si grand tort à notre pays ?

Alo et Sigave prospèrent sur les îles Wallis-et-Futuna, une collectivité d'outre-mer égarée en Océanie lointaine, à mi-chemin entre Tahiti et la Nouvelle-Calédonie. Seize mille kilomètres séparent Mata Utu, son chef-lieu, de Paris. Ces royaumes polynésiens constituent le territoire français le plus éloigné de la métropole depuis qu'un traité de protectorat les a rattachés à la République, en 1887. Leur importance est telle que, lors de leur visite officielle à Paris, en 2016, les deux souverains ont été conviés par le président Hollande à la tribune présidentielle, aux côtés du Premier ministre néo-zélandais, John Key, et du secrétaire d'État américain aux Affaires étrangères, John Kerry, pour assister au défilé du 14 Juillet.

À Wallis-et-Futuna, rien ne se passe comme le prévoient les normes républicaines. Les lois de décentralisation, les traités internationaux, les réglementations foncières, le code de la route y sont inopérants. Ici, la coutume locale l'emporte sur le reste, et les « deux derniers rois de France¹⁴ », dotés d'un pouvoir mystique, sont garants de sa primauté. MM. Katoa et Takal sont si respectés que, à Wallis, un syndicaliste de Force ouvrière ne peut déclencher un mouvement social sans l'aval – ou à tout le moins la neutralité – de la « grande chefferie ».

Le pouvoir des souverains n'est néanmoins pas absolu : ils doivent composer avec les institutions tribales et un chef de cérémonie, gardien d'un protocole antédiluvien. Et l'administration française rémunère le roi de Wallis 5 500 euros par mois pour que cela perdure¹⁵. Comme le dit Pierre Simunek, ancien sous-préfet en poste à Mata Utu, « Wallis-et-Futuna sont des royaumes républicains¹⁶ ».

Il existe, à Wallis-et-Futuna, une autre entorse aux principes de la république : la loi de 1905 n'y est que partiellement appliquée. L'État a délégué à l'Église, traditionnellement très puissante ici, la

mission de service public de l'éducation primaire. À l'Assemblée territoriale, les débats s'ouvrent invariablement avec une prière, prononcée par l'évêque, Mgr Ghislain de Rasily. « La séance est placée sous la bénédiction du Saint-Esprit, on fait un signe de croix, et après tout le monde s'engueule¹⁷ », raconte notre ancien serviteur de l'État.

Celui-ci mentionne également un détail révélateur et ahurissant : placardée au-dessus du siège du président de l'Assemblée, un organigramme place le président de la République française sous les drapeaux des trois royaumes de Wallis-et-Futuna, eux-mêmes placés sous le drapeau national, le tout surmonté par un grand crucifix... Cela fait dire à Pierre Simunek que le préfet et le sous-préfet de Wallis-et-Futuna, c'est-à-dire les plus hauts représentants d'un État réputé pour son allergie à tout ce qui brandit un sceptre ou un goupillon, agissent ici comme « protecteurs du trône et de l'autel ».

Que de contorsions pour pérenniser notre souveraineté sur un territoire à peine plus grand que la ville de Paris ! Plusieurs raisons expliquent cette situation. Tout d'abord, les îles Wallis-et-Futuna ont permis d'étendre la présence de la France jusque dans le Pacifique. De la sorte, Paris peut revendiquer un droit de regard sur le plus grand océan – et la première zone d'échanges – du monde, peser sur les négociations engagées dans les organisations régionales (telles que le Forum des îles du Pacifique) et développer des partenariats avec nombre d'États voisins *de facto*, en particulier l'Australie. D'ailleurs, le dernier Livre blanc de la défense rappelle que « les collectivités de Polynésie française et de Wallis-et-Futuna font de la France une puissance politique et maritime dans le Pacifique¹⁸ ».

Surtout, ces royaumes polynésiens donnent à la France un accès exclusif à ce que tout le monde, là-bas, surnomme la « grande marmite ». Depuis plusieurs années, le BRGM, l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) et le groupe minier Eramet convoitent ce gigantesque cratère sous-marin de vingt kilomètres de diamètre formé par l'ancien volcan de Kulolasi. Il recèlerait un inestimable trésor : de fabuleuses réserves de terres rares.

À Wallis-et-Futuna, l'annonce de cette découverte a généré de fortes tensions. Craignant que Paris n'empêche la mise, les chefs-feries clament leur droit ancestral sur les terres, émergées comme immergées. De nombreux Futuniens, auxquels des élus wallis-

siens ont emboîté le pas, demandent l'arrêt immédiat des campagnes d'exploration. « L'un des ministres du Conseil royal a même menacé de faire sécession à cause des terres rares¹⁹ », rapporte Pierre Simunek.

Les eaux claires du lagon de Wallis-et-Futuna sont finalement bien plus troubles qu'il n'y paraît... Mais la France tient bon. « Nous avons besoin d'être ensemble. Tous ensemble », a insisté le président Hollande dans son discours prononcé lors de la visite des deux rois polynésiens. Évoquant l'enjeu de l'exploitation des ressources minérales et sous-marines, le président a conclu son allocution par un rafraîchissant : « Vive la France, vive Wallis-et-Futuna et vive la République ! »

Wallis-et-Futuna ne sont pas les seules îles concernées : les zones économiques exclusives de Tahiti et l'île de Clipperton, dans le nord-est du Pacifique, regorgeraient aussi de métaux rares tapis au fond des mers. D'autres États ont annoncé des découvertes similaires dans les océans Pacifique et Atlantique²⁰. Nous commençons à prendre conscience que les étendues marines, qui occupent 71 % de la surface du globe, sont bien plus que des déserts liquides au fond desquels fraient quelques bancs de poissons. L'« économie bleue » – les activités économiques liées à la mer – recèle un fabuleux potentiel d'enrichissement.

La bataille des terres rares (et de la transition énergétique et numérique) est bel et bien en train de gagner le fond des mers. Une nouvelle ruée minière se profile. Fer de lance de l'exploitation des océans, le groupe canadien Nautilus est prêt à lancer des opérations au large de la Papouasie-Nouvelle-Guinée²¹ et a identifié une vingtaine de sites sous-marins supplémentaires en vue d'opérations futures. Jamais en reste, la Chine a conçu des submersibles capables d'explorer le plancher des océans à des profondeurs record. « Pékin se positionne grâce à des moyens financiers dont l'Occident ne dispose plus, admet un spécialiste des géosciences marines. L'exploration des océans ne fait que commencer²². » D'ailleurs, l'Autorité internationale des fonds marins est assaillie de demandes de permis d'exploration.

La France est particulièrement bien positionnée dans cette nouvelle course. Paris a en effet mené avec succès, ces dernières années, une politique d'extension de son territoire maritime. En faisant valoir le droit international de la mer, défini dans la convention de Genève de 1958, nous avons littéralement grignoté les zones maritimes internationales entourant des terres émergées comme

la Guyane, la Martinique, la Guadeloupe, la Nouvelle-Calédonie ou encore les îles Kerguelen. L'ensemble du domaine maritime français totalise aujourd'hui plus de 11 millions de kilomètres carrés : c'est vingt fois la surface de l'Hexagone, et c'est surtout le deuxième plus grand au monde après celui des États-Unis.

À ceux qui pleurent l'empire colonial disparu, il faut donc objecter que la République n'a jamais été aussi vaste qu'aujourd'hui. Cette surface pourrait même s'agrandir : la Commission des limites du plateau continental, une émanation de l'ONU chargée de fixer les limites extérieures des États côtiers, peut en effet étendre la propriété française des zones sous-marines jusqu'à 350 milles marins (650 kilomètres), à condition de prouver que celles-ci constituent un prolongement naturel des terres françaises émergées.

La France n'est pas la seule à s'être lancée dans ce grand Monopoly des mers. Canada, Danemark, Russie, Japon, Côte d'Ivoire, Somalie... : des dizaines de pays réclament de concert l'extension de leur zone économique exclusive. Le Danemark convoite le plateau continental sud du Groenland, la Russie certaines zones de l'océan Arctique, la Norvège les terres de l'île Bouvet et de la Reine-Maud, l'île Maurice la région de l'île de Rodrigues, la Papouasie-Nouvelle-Guinée le plateau Ontong Java, les Seychelles la région du plateau Nord, etc.²³. Certains États recourent même à des méthodes de flibustier, telle la Chine, qui a édifié des îlots artificiels en mer de Chine méridionale pour pouvoir revendiquer la jouissance exclusive des fonds marins alentour !

Résumons : alors que, pendant des milliers d'années, 71 % de la surface du globe n'ont appartenu à personne, au cours des six dernières décennies 40 % de la surface des océans ont été rattachés à un pays, et 10 % supplémentaires font l'objet d'une demande d'extension du plateau continental. À terme, on conjecture que les États pourvus d'une côte exerceront leur juridiction sur 57 % des fonds marins²⁴. Attirés, en particulier, par le pactole des métaux rares, nous avons mené, en un temps record, la plus vaste entreprise d'appropriation de territoires de l'histoire.

En un sens, ce phénomène est réjouissant : cela fait des millénaires que les hommes s'embrochent, se poignent et s'étripent pour se partager les terres émergées du globe, soit un tiers de la planète. Or nous nous sommes départagé un deuxième tiers – la moitié des océans – en un rien de temps et sans avoir à déplorer un seul mort, simplement armés de bataillons d'avocats et du droit international. C'est un formidable progrès, la preuve que l'humani-

té se bonifie avec le temps.

Moins sympathique est le constat que la croissance exponentielle de nos besoins en métaux rares va conduire à la marchandisation de gigantesques sanctuaires longtemps demeurés à l'abri des convoitises. L'exploitation des océans, compte tenu des défis techniques et écologiques qu'elle pose, n'interviendra pas avant plusieurs décennies. Mais, sans attendre, les États ont commencé à morceler les mers à la manière du bocage normand²⁵.

LE JOUR OÙ LE PRÉSIDENT OBAMA A FAIT SAUTER LE VERROU DE L'ESPACE

L'espace extra-atmosphérique n'est pas davantage épargné. Le premier traité international de l'espace, en 1967, affirmait pourtant catégoriquement que les zones situées au-delà de la couche d'ozone constituaient un bien commun de l'humanité. Or, comme ils l'ont fait avec les océans, les hommes sont en train de poser les jalons d'une appropriation de l'espace.

Ce sont les États-Unis qui ont tiré les premiers : en 2015, le président Obama a signé le US Commercial Space Launch Competitiveness Act. Ce texte révolutionnaire reconnaît à tout individu le droit de « posséder, s'approprier, transporter, utiliser et vendre » n'importe quelle ressource spatiale. La formulation est subtile : les Américains ne remettent pas frontalement en cause les acquis du droit international instituant le principe de non-propriété des corps célestes ; ils revendiquent en revanche un droit d'appropriation des richesses qui s'y trouvent²⁶.

Pourquoi cette nuance est-elle si cruciale ? Parce que nous ne sondons plus le ciel comme avant. Depuis que le capitalisme s'en est mêlé, des orpailleurs d'un nouveau genre voient graviter autour de la Terre, non plus des astéroïdes, mais des valises de billets. Après tout, le propre du capitalisme est d'assigner une valeur à toute chose. Ainsi, de même qu'un kilo d'abricots vaut 4 euros à l'étalage, qu'un arpent de terre en Indre-et-Loire en vaut quelques milliers, qu'on se dispute le *Nu couché* de Modigliani pour 170 millions de dollars, un astéroïde qui croise au large de la Terre pourrait se vendre plusieurs milliers de milliards de dollars.

En 2015, les Américains se sont donc mis à attribuer une valeur aux cailloux célestes. L'un d'eux, 2011 UW-158, qui avait frôlé la Terre cette année-là, fut estimé à 5 000 milliards d'euros. Et ce parce qu'il regorge de métaux rares, le « combustible » de la transition énergétique et numérique – 90 millions de tonnes de mé-

taux, pour être précis, dont davantage de platine que l'homme n'en a jamais extrait sur terre. En posant les bases de la propriété des ressources minières spatiales, le président Obama a garanti à plusieurs sociétés de la Silicon Valley, autoproclamées « orpailleurs spatiaux », la sécurité juridique nécessaire à leurs ambitions minières. Parmi ces sociétés, on trouve le groupe Planetary Resources – financé notamment par Larry Page, le cofondateur de Google, et conseillé par le réalisateur américain James Cameron – et Deep Space Industries – qui annonce une première mission de repérage d'un astéroïde en 2019²⁷.

L'exploitation commerciale de l'espace demeure du domaine de l'utopie. Les coûts des lanceurs spatiaux sont prohibitifs, et il manque l'écosystème pour que des entreprises puissent tirer profit d'activités hors de la terre. Alors, pourquoi la communauté internationale n'a-t-elle pas ri du Space Launch Act de 2015 ? Parce que tout le monde sait que l'appropriation de l'espace n'est qu'une question de temps. Les pays membres de l'Agence spatiale européenne vont devoir se réunir pour débattre du tabou auquel le Space Act s'est attaqué, tandis que les agences internationales vont entamer un grand marchandage.

La Commission des affaires spatiales de l'ONU semble constituer l'arène diplomatique idoine pour voir signer des traités révisant celui de 1967. C'est inéluctable, car la fragile économie spatiale privée, le « Newspace », que nous voyons éclore ces dernières années avec l'apparition d'entrepreneurs américains de l'espace (comme le patron de SpaceX, Elon Musk, le fondateur de Blue Origin, Jeff Bezos, ou le dirigeant de One Web, Greg Wyler) ne pourra prendre son envol qu'adossée à des garanties d'accès à la propriété. Et cela pourrait, selon certains, être l'affaire de cinq à dix ans seulement²⁸.

Le Luxembourg s'est déjà positionné sur le créneau de l'orpaillage spatial²⁹. Étienne Schneider, son ministre de l'Économie, a annoncé en 2016 la première initiative européenne pour promouvoir un cadre légal favorable à l'exploitation des astéroïdes : l'Asteroid Mining Plan. Une ligne de crédit de 200 millions d'euros est également débloquée pour toute compagnie minière spatiale installant son siège social sur son territoire. Le grand-duché, paradis fiscal affaibli par une série de scandales, réfléchit à de nouveaux relais de croissance. Il se rêve en plaque tournante mondiale de la nouvelle économie de l'espace, capable d'attirer des entrepreneurs, des emplois – et de générer de gigantesques re-

tombées fiscales³⁰.

Terres, océans, astéroïdes... La morale de cette histoire devrait nous inciter à une longue introspection. La célébration d'un meilleur partage des ressources a au contraire donné lieu à la plus grande entreprise d'appropriation des éléments terrestres jamais connue. Le projet, entonné en chœur par tous les avocats de la transition énergétique et numérique, de réduire l'impact de l'homme sur les écosystèmes a en réalité conduit à accroître notre mainmise sur la biodiversité. Quant à notre nouvelle convoitise pour l'espace, elle balaie d'ultimes interdits. Lèverons-nous dorénavant les yeux au ciel pour invoquer les dieux – ou pour les soumettre ?

1. « Montebourg veut que la France retrouve sa bonne mine », AFP, 22 février 2014.
2. « Macron enterre la Compagnie des mines de France chère à Montebourg », *Challenges*, 9 février 2016.
3. « Emmanuel Macron préside l'installation du groupe de travail chargé de définir la "mine responsable" du XXI^e siècle », communiqué de presse, ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, 1^{er} avril 2015.
4. « Emmanuel Macron engage la démarche "mine responsable" », *Minéral Info*, 28 mars 2015.
5. « Une réforme du code minier pour enterrer le gaz de schiste », *Le Monde*, 17 janvier 2017.
6. « Creuser et forer, pour quoi faire ? Réalités et fausses vérités du renouveau extractif en France », Les Amis de la Terre France, décembre 2016.
7. *Ibid.*
8. Il y aurait, en France, 3 500 anciens sites miniers encore pollués aux métaux lourds. Voir « Mines : l'héritage empoisonné », France Culture, 5 mai 2017.
9. « La ruée sur les métaux », *Le Monde*, 13 septembre 2016.
10. Plutôt qu'un renouveau extractif, Les Amis de la Terre encouragent le recyclage des métaux rares. Séduisante, cette proposition n'entamera en rien, selon nous, le dynamisme du secteur minier, compte tenu de la fulgurante croissance des énergies renouvelables.
11. « Emmanuel Macron préside l'installation du groupe de travail chargé de définir la "mine responsable" du XXI^e siècle », art. cité.
12. « US GAO warns it may take 15 years to rebuild U.S. rare earths supply chain », MineWeb, 15 avril 2010.
13. « Nos déchets nucléaires sont cachés en Sibérie », *Libération*, 12 octobre 2009.
14. On dénombre en réalité trois rois (et trois royaumes) à Wallis-et-Futuna : deux rois à Futuna et un roi à Wallis. Pour compliquer les choses, une crise coutumière fait qu'il y a en 2017 deux rois à Wallis, dont un seul reconnu par Paris.
15. Ceux de Futuna reçoivent, semble-t-il, une somme nettement plus faible.
16. Entretien avec Pierre Simunek, ancien secrétaire général de la préfecture de Wallis-et-Futuna, 2016.
17. *Ibid.*
18. Jean-Marie Guehenno, *Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale 2013*, La Documentation française, 2013.
19. Entretien avec Pierre Simunek, 2016.
20. « Japan breaks China's stranglehold on rare metals with sea-mud bonanza », *The*

Telegraph, 24 mars 2013.

21. « Seafloor Miners Poised to Cut into an Invisible Frontier », *Scientific American*, 11 août 2016.

22. Entretien avec Pierre Cochonat, aujourd'hui consultant en géosciences marines, 2013.

23. « La Commission des limites du plateau continental se réunit au siège de l'ONU du 11 juillet au 26 août 2016 », communiqué de base, Organisation des Nations Unies (ONU), 11 juillet 2016.

24. Cité dans le documentaire de Max Mönch et Alexander Lahl, *À qui appartiennent les océans ?*, Allemagne, 2015.

25. *Ibid.*

26. H.R.2262 – US Commercial Space Launch Competitiveness Act, 114th Congress (2015-2016).

27. « Deep Space Industries to Probe Near-Earth Asteroid », *Forbes*, 18 novembre 2016.

28. Entretiens avec Olivier Sanguy, rédacteur en chef du site Enjoy Space, et Marie-Ange Sanguy, rédactrice en chef de la revue *Espace & Exploration*, 2016.

29. Voir le passionnant article de l'astronaute Thomas Pesquet, « Mines dans l'espace, la nouvelle frontière », *Les Échos*, 8 octobre 2017.

30. Le duché n'en est pas à son coup d'essai, puisqu'il abrite déjà le groupe SES, premier opérateur mondial de satellites.

Épilogue

Au milieu du ^{xix}^e siècle, l'huile de baleine était aussi indispensable aux hommes que les ressources fossiles aujourd'hui. La première révolution industrielle avait engendré de nouveaux besoins en Europe : mieux s'éclairer était l'un d'eux. À cette époque, les lampes à huile restaient le meilleur moyen de vaincre la nuit, et les combustibles nécessaires pour les embraser consistaient en des huiles végétales, minérales et des graisses animales fondues. C'était avant que les hommes ne développent une addiction à l'huile de baleine. La belle flamme générée par cette matière première et son prix modique en firent bientôt la ressource privilégiée pour illuminer foyers et voies publiques. Attirées par l'appât du gain, des armadas de baleiniers se mirent bientôt à quadriller les océans pour rapporter des millions de gallons du précieux liquide.

Cette ruée mobilisa de tels moyens que l'on commença à parler d'« industrie baleinière » : le secteur produisait annuellement 40 millions de litres d'huile, et des nations se faisaient même la guerre, en mer du Japon et dans le nord-ouest du Pacifique, pour s'arroger le contrôle des plus belles zones de pêche. Mais, rapidement, la ressource se raréfia. Les hommes avaient massacré un tel nombre de cétacés, la surexploitation des mers avait atteint des proportions si alarmantes que la chasse devint plus laborieuse, l'huile moins abondante – et le coût de l'éclairage plus élevé.

Faute d'avoir intelligemment géré la ressource, les hommes allaient-ils devoir renoncer à leurs chers éclairages ? Aucunement : en 1853, un pharmacien polonais, Ignacy Lukasiewicz, mit au point une lampe alimentée par une huile légère, plus fonctionnelle et plus simple d'utilisation : le pétrole lampant. Comme l'offre d'huile de baleine dégringolait, on se tourna naturellement vers ce procédé de substitution. L'or noir allait devenir le nouveau combustible idéal... jusqu'à ce que l'électricité s'impose au siècle suivant.

Pour de nombreux historiens et économistes, notre quête irréfléchie d'huile de baleine recèle un enseignement séduisant. Alors que notre imprévoyance aurait dû nous conduire à revoir à la baisse nos besoins d'éclairage, nous avons, au pied du mur, trouvé un moyen de nous éclairer encore plus, le pétrole nous fournissant de surprenantes sources de résilience et de prospérité. Tout semble nous autoriser à transposer ce récit au ^{xxi}^e siècle, puisque quantité d'énergies nouvelles et abondantes pourraient émerger à moyen terme. Les scientifiques annoncent ainsi l'avènement des piles à combustible, de la fusion par laser ou par confinement magnétique, des véhicules à hydrogène ou à sustentation magnétique, et même des centrales solaires placées en orbite autour de la Terre¹.

Par ailleurs, les technologies vertes actuelles vont se perfectionner : ainsi, nous travaillons à remplacer le silicium des panneaux solaires par des cellules photovoltaïques beaucoup plus efficaces et plus propres, conçues à base de pérovskite, une famille de minéraux², et à réduire des deux tiers les émissions de CO₂ générées par la fabrication des batteries électriques. Et puis nous connaissons certainement de prodigieux bonds technologiques, comme le stockage de l'électricité ou l'introduction de nouveaux matériaux dotés de propriétés révolutionnaires. Une myriade d'innovations pourraient donc rendre toutes les mises en garde écologistes caduques en confortant un scénario éculé : chaque fois qu'une source d'énergie a menacé de manquer, nous avons su la remplacer par une autre³. La « tragédie » du désir, malicieusement évoquée par le dramaturge irlandais George Bernard Shaw, a été inlassablement conjurée par notre génie à nous éloigner des abîmes, à perpétuer la résilience de l'espèce.

Mais nous pouvons aussi tirer de l'histoire de l'huile de baleine une autre leçon : la crise générée par son tarissement nous a acculés, il y a cent cinquante ans, à une introspection sur nos modes de consommation. Or cette réflexion n'a pas été menée. Depuis, l'histoire se répète : de nouvelles ressources viennent à manquer à mesure que nous changeons de modèle énergétique, et ce n'est pas près de s'arrêter. Aujourd'hui comme demain, les nouvelles technologies de l'énergie exigeront l'usage de matières premières inédites, naturelles ou synthétiques. Les polymères, nanomatériaux, coproduits issus de processus industriels, produits biosourcés et autres déchets halieutiques feront partie de notre quotidien. Nous convoiterons également l'hydrogène et le thorium, dont l'ex-

exploitation générera son lot de désordres environnementaux. Nous raffinerons des biocarburants de troisième génération que nous irons chercher aux confins des déserts arides et des abysses, moyennant des procédés chimiques horriblement complexes. Nous récolterons des huiles alimentaires usagées, des graisses animales et des zestes d'agrumes en mettant en place des réseaux logistiques énergivores. Nous abattons des millions d'hectares de forêts, qui seront transformées dans des scieries aux dimensions titanesques...

Toutes les ressources du futur nous placeront face à de nouveaux défis protéiformes. Aussi, il est temps de nous interroger dès à présent : quel est le sens de ce saut technologique que nous embrassons comme un seul homme ? N'est-il pas absurde de conduire une mutation écologique qui pourrait tous nous empoisonner aux métaux lourds avant même que nous l'ayons menée à bien ? Peut-on sérieusement prôner l'harmonie confucéenne par le bien-être matériel si c'est pour engendrer de nouveaux maux sanitaires et un chaos écologique – soit son exact contraire ?

Finalement, à quoi bon les progrès s'ils ne font pas progresser l'homme ?

Albert Einstein nous a livré une exhortation magnifique, puissante : « On ne résout pas un problème avec les modes de pensée qui l'ont engendré. » Une révolution industrielle, technique, sociale, n'est porteuse de sens que si elle s'accompagne d'une révolution de nos consciences.

Par petites touches, cet ouvrage a rapporté des preuves éparses, diffuses, de sursauts de conscience dans l'industrie des métaux rares : les industriels allemands optant pour du tungstène, plus cher, afin de diversifier leurs approvisionnements ; les autorités chinoises tentant d'assécher le marché noir de terres rares dans la province du Jiangxi pour préserver la ressource ; les tentatives du professeur Okabe, à Tokyo, pour recycler les métaux en utilisant du sel des hauts plateaux boliviens...

Les consommateurs, eux, sont capables de davantage encore à travers leurs comportements. La prise de conscience est déjà bien réelle : chacun de nous admet la nécessité de limiter sa consommation de produits électroniques programmés pour être rapidement obsolètes, d'« éco-concevoir » des biens afin d'en faciliter le recyclage, de limiter le gaspillage, de privilégier les circuits courts, d'orienter le savoir vers l'économie de ressources⁴... Sans vouloir

faire rimer sobriété avec décroissance, la meilleure énergie reste assurément celle que nous ne consommons pas.

Prolongeant ces réflexions, un expert français, Christian Thomas, nous a fait cette réflexion pleine d'optimisme et de bon sens : « Nous n'avons pas de problèmes de matière ; nous n'avons que des problèmes de matière grise⁵. »

Saurons-nous puiser en nous l'antidote aux métaux rares ?

1. Voir Michio Kaku, *Une brève histoire du futur. Comment la science va changer le monde*, Flammarion, 2011.

2. « Photovoltaïque : les promesses des pérovskites », *Le Monde*, 15 juin 2017.

3. Voir notamment Pierre-Noël Giraud et Timothée Ollivier, *Économie des matières premières*, op. cit.

4. Voir Philippe Bihouix, *L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*, Seuil, 2014.

5. Entretien avec Christian Thomas, 2017.

Remerciements

On imagine souvent un ouvrage comme une œuvre solitaire ; or celui-ci est le fruit d'un long travail collaboratif : il a agrégé bien des apports, échanges, critiques et encouragements issus de nombreux horizons. Il a suscité l'intérêt (souvent), l'enthousiasme (parfois), la bienveillance (toujours) d'amis, de collègues et de spécialistes qui m'ont fait l'honneur d'y apporter leur marque. Aussi, citer le nom de ceux et celles qui furent de connivence durant parfois de longues années, c'est esquisser une géographie de ma vie professionnelle et affective. Je voudrais en particulier remercier :

Hubert Védrine, qui a rédigé la préface de cet ouvrage, après l'avoir lu, commenté, soulevé des interrogations, quelquefois des contradictions. Nos échanges furent précieux.

Jean-Paul Tognet, pour ses témoignages sincères, sa disponibilité à lire et relire ces pages et à me livrer ses commentaires depuis sa ligne téléphonique de l'île de Ré.

Christian Thomas, qui m'a imposé la rigueur de ses analyses, depuis son bureau parisien orné de masques africains.

Paul de Loisy, qui m'a consacré quelques heures passionnantes à la terrasse d'un café de la rue du Château pour enrichir ce manuscrit.

Axel Robine, qui s'est penché sur les épreuves entre deux avions, avec rigueur et bienveillance.

Camille Lecomte, qui m'a fait part de ses analyses – et bien que nous soyons quelquefois en désaccord !

Didier Julienne et Jack Lifton, qui ont eu la gentillesse de partager leur riche expertise, en France, au Canada et aux États-Unis.

Philippe Degobert, qui a relu les développements relatifs aux moteurs électriques.

Pierre Simunek, qui a eu la patience de m'initier aux nombreux mystères de la vie politique wallisienne.

Cookie Allez, qui a contribué à faire mûrir ma vocation d'auteur.

L'équipe de la Pijac et son président à vie, pour leur soutien.

Hélène Crié et Yvan Poisbeau, qui m'ont fourni la documentation nécessaire aux développements relatifs à Rhône-Poulenc.

Randy Henry et l'équipe de LightHawk, qui ont mis à ma disposition un bimoteur pour survoler les déserts de Californie et du Nevada.

L'Association de Presse France-Japon et la Scam, qui ont financièrement soutenu cette aventure éditoriale.

Gérard Tavernier, qui a facilité de précieuses rencontres.

Félicie Gaudillat, qui a participé à ordonner une longue bibliographie.

Stéphanie Berland-Basnier, pour ses conseils juridiques.

Muriel Steinmeyer, pour sa fidélité.

Céline Gandner, qui a initié les présentations qui allaient changer beaucoup de choses.

Ma sœur, Camille Pitron, qui m'a soutenu comme elle sait.

... et tant d'autres !

Bibliographie

OUVRAGES

Bardi Ugo, *Le Grand Pillage : comment nous épuisons les ressources de la planète*, Les Petits Matins, 2015.

Barré Bertrand, Bailly Anne, *Atlas des énergies mondiales : quels choix pour demain ?*, Autrement, 3^e édition, 2015.

Beffa Jean-Louis, *Les Clés de la puissance*, Seuil, 2015.

Bergère Marie-Claire, *Chine : le nouveau capitalisme d'État*, Fayard, 2013.

Bihoux Philippe et Guillebon Benoît (de), *Quel futur pour les métaux ? Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société*, EDP Sciences, 2010.

Bihoux Philippe, *L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*, Seuil, 2014.

Bilimoff Michèle, *Histoire des plantes qui ont changé le monde*, Albin Michel, 2011.

Carton Malo et Jazaerli Samy, *Et la Chine s'est éveillée. La montée en gamme de l'industrie chinoise*, Presses de l'École des mines, 2015.

Chaline Éric, *50 minéraux qui ont changé le cours de l'histoire*, Le Courrier du Livre, 2013.

Chalmin Philippe (dir.), *Des ressources et des hommes*, Nouvelles Éditions François Bourin, 2016.

Chancel Claude et Liu Le Grix Libin, *Le Grand Livre de la Chine*, Eyrolles, 2013.

Cohen Élie, *Le Colbertisme high-tech. Économie des télécoms et du grand projet*, Hachette Livre, coll. « Pluriel », 1992.

Debeir Jean-Claude, Deléage Jean-Paul et Hémery Daniel, *Une histoire de l'énergie*, Flammarion, 2013.

Deneault Alain et Sacher William, *Paradis sous terre : comment le Canada est devenu la plaque tournante de l'industrie minière mondiale*, Rue de l'Échiquier, 2012.

Dufour Jean-François, *Made by China. Les secrets d'une*

conquête industrielle, Dunod, 2012.

Flipo Fabrice, Dobré Michelle et Michot Marion, *La Face cachée du numérique. L'impact environnemental des nouvelles technologies*, L'Échappée, 2013.

Gaigneron de Marolles Alain (de), *L'Ultimatum. Fin d'un monde ou fin du monde ?*, Plon, 1984.

Giraud Pierre-Noël et Ollivier Timothée, *Économie des matières premières*, La Découverte, coll. « Repères », 2015.

Guillebaud Jean-Claude, *Le Commencement d'un monde. Vers une modernité métisse*, Seuil, 2008.

Harari Yuval Noah, *Sapiens – Une brève histoire de l'humanité*, Albin Michel, 2015.

Izraelewicz Erik, *L'Arrogance chinoise*, Grasset, 2011.

Juvin Hervé, *Le mur de l'Ouest n'est pas tombé*, Pierre-Guillaume de Roux, 2015.

Kaku Michio, *Une brève histoire du futur. Comment la science va changer le monde*, Flammarion, 2011.

Kempf Hervé, *Fin de l'Occident, naissance du monde*, Seuil, 2013.

Laws Bill, *50 plantes qui ont changé le cours de l'histoire*, Éditions Ouest-France, 2011.

Le Moigne Rémy, *L'Économie circulaire : comment la mettre en œuvre dans l'entreprise grâce à la reverse supply chain ?*, Dunod, 2014.

Lenglet François, *La Fin de la mondialisation*, Fayard, coll. « Pluriel », 2014.

Lenglet François, *La Guerre des empires*, Fayard, 2010.

Meadows Donella H., Meadows Dennis L., Randers Jorgen, Behrens III William W., *The Limits to Growth : A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe Books, 1972.

Mousseau Normand, *Le Défi des ressources minières*, Multi-Mondes Éditions, 2012.

Rabhi Pierre, *Vers la sobriété heureuse*, Actes Sud, 2010.

Rifkin Jeremy, *The Third Industrial Revolution : How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*, Palgrave Macmillan, 2011. En français : *La Troisième Révolution industrielle*, Les Liens qui Libèrent, 2012.

Rifkin Jeremy, *The Zero Marginal Cost Society : The Internet of Things, the Collaborative Commons, and the Eclipse of Capitalism*, Palgrave Macmillan, 2014. En français : *La Nouvelle Société du coût marginal zéro : l'Internet des objets, l'émergence des communaux collaboratifs et l'éclipse du capitalisme*, Les Liens qui Li-

bèrent, 2014.

Roger Alain et Guéry François (dir.), *Maîtres et protecteurs de la nature*, Champ Vallon, 1991.

Schmidt Eric et Cohen Jared, *The New Digital Age : Reshaping the Future of People, Nations and Business*, Knopf, Random House Inc., 2013. En français : *À nous d'écrire l'avenir : comment les nouvelles technologies bouleversent le monde*, Denoël, 2014.

Tingyang Zhao, *The Tianxia System : An Introduction to the Philosophy of World Institution*, Nanjing, Jiangsu Jiaoyu Chubanshe, 2005.

Valéry Paul, *Regards sur le monde actuel*, Librairie Stock, Delamain et Boutelleau, 1931.

Winchester Simon, *The Map that Changed the World : William Smith and the Birth of Modern Geology*, HarperCollins, 2001.

REVUES

« Matières premières : un défi pour la croissance », *Problèmes économiques*, n° 3019, 11 mai 2011.

Mérenne-Schoumaker Bernadette, « Énergies et minerais – Des ressources sous tension », La Documentation française, *Les Dossiers*, n° 8098, mars-avril 2014.

« Ressources minérales et développement durable », *Géosciences*, n° 1, janvier 2005.

DIX RAPPORTS INDISPENSABLES

Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions relative à la liste 2017 des matières premières critiques pour l'UE, 13 septembre 2017.

« Les dessous du recyclage : dix ans de suivi de la filière des déchets électriques et électroniques en France », rapport Les Amis de la Terre France, décembre 2016.

« Les enjeux stratégiques des terres rares et des matières premières stratégiques et critiques », rapport de Patrick Hetzel, député, et de Delphine Bataille, sénatrice, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), n° 617, t. II, 2015-2016, 19 mai 2016.

Grasso Valerie Bailey, « Rare Earth Elements in National Defense : Background, Oversight Issues, and Options for Congress », Congressional Research Service, 23 décembre 2013.

Korinek J. et Kim J., « Export Restrictions on Strategic Raw Materials and their Impact on Trade », OECD Trade Policy Papers,

n° 95, OECD Publishing, 2010.

Marscheider-Weidemann Frank, Langkau Sabine, Hummen Tors-ten, Erdmann Lorenz, Espinoza Luis Tercero, « Raw Materials for Emerging Technologies 2016 », German Mineral Resources Agency (DERA) at the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), mars 2016.

McGregor James, Senior Counselor APCO, « China's Drive for "Indigenous Innovation". A Web of Industrial Policies » (Chambre de commerce américaine), 2010.

« Recycling Rates of Metals : A Status Report », United Nations Environment Programme (UNEP), 2011.

« Ressources minérales et énergie : rapport du groupe Sol et sous-sol de l'Alliance Ancre », Alliance nationale de coordination de la recherche scientifique (ANCRE), juin 2015.

« UNESCO Science Report : towards 2030 », 2015.

DOUZE ARTICLES INDISPENSABLES

« La bataille des terres rares », *Afrique Méditerranée Business*, 18 février 2014.

« Le CAC 40 accro aux "terres rares" », *L'Expansion*, 12 novembre 2012.

Chellaney Brahma, « "La montée du capitalisme autoritaire", principal défi pour les démocraties », *Le Monde*, 9 juillet 2016.

« L'Europe ne peut plus être à ce point désinvolté sur la mondialisation », *Le Monde*, 26 octobre 2016.

« Exclusive : U.S. waived laws to keep F-35 on track with China-made parts », Reuters, 3 janvier 2014.

« La guerre des terres rares », *L'Actualité chimique*, décembre 2012, n° 369.

« Matières premières : le grand retour des stratégies publiques », *Paris Tech Review*, 4 mai 2012.

« Métaux : les besoins colossaux de la transition énergétique », *Les Échos*, 20 juillet 2017.

« Paris climat 2015 : ma COP 21 à moi est métallique ! », *Le Cercle – Les Échos*, 6 octobre 2015.

Petersen John, « How Large Lithium-ion Batteries Slash EV Benefits », 2016.

« Quand le monde manquera de métaux », *Basta Mag*, 26 septembre 2012.

Vidal Olivier, Goffé Bruno et Arndt Nicholas, « Metals for a low-carbon society », *Nature Geoscience*, vol. 6, novembre 2013.

SIX DOCUMENTAIRES INDISPENSABLES

C'est pas sorcier, « Magnétisme », 2013.
 Mönch Max et Lahl Alexander, *À qui appartiennent les océans ?*, Allemagne, 2015.
 Pitron Guillaume et Serge Turquier, *La Sale Guerre des terres rares*, 2012.
 Pitron Guillaume, *Terres rares, le trésor caché du Japon*, Mano a Mano, 2012.
Secrets of the Super Elements, présenté par Mark Miodownik, BBC, 2017.
 Tison Coline et Lichtenstein Laurent, *Internet : la pollution cachée*, Camicas Productions, 2012.

SITES WEB UTILES EN FRANCE ET DANS LE MONDE

France

Mineral Info, le portail français des ressources minérales non énergétiques :

<http://www.mineralinfo.fr>

Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) :

<http://www.brgm.fr>

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) :

<http://www2.assemblee-nationale.fr/15/les-delegations-comite-et-office-parlementaire/office-parlementaire-d-evaluation-des-choix-scientifiques-et-technologiques>

OCDE, Guide sur le devoir de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque :

<http://www.oecd.org/corporate/mne/mining.htm>

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) :

www.ademe.fr

Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (ANCORE) :

<http://www.cnrs.fr/fr/partenariats/alliances/ancore.htm>

Blog de Didier Julienne – Contributeur Le Cercle – Les Echos :

<https://www.lesechos.fr/idees-debats/cercle/auteurs/index.php?id=50168>

Les Amis de la Terre :

<http://www.amisdelaterre.org>

Global Links, le laboratoire des industries d'avenir :

www.globallinks.fr

Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations

économiques (PIPAME) :

<https://www.entreprises.gouv.fr/etudes-et-statistiques/qu-est-que-pipame-0>

Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (CRIIRAD) :

<http://www.criirad.org>

Cyclope :

<http://www.cercle-cyclope.com>

Laboratoire GéoRessources, Université de Lorraine :

<https://georessources.univ-lorraine.fr>

Institut de recherche stratégique de l'École militaire (IRSEM) :

www.defense.gouv.fr/irsem

Solvay :

www.solvay.fr

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Centre de Cadarache – Nouvelles Technologies de l'Énergie :

<http://cadarache.cea.fr/cad/Pages/Activites/techno-energie.aspx>

Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) :

<http://wwwz.ifremer.fr>

Agence internationale de l'énergie :

<https://www.iea.org>

Europe

Commission européenne, Raw Material Unit (Belgique) :

https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials_fr

Institut Fraunhofer (Allemagne) :

<https://www.fraunhofer.de/en.html>

Metal Pages (Grande Bretagne) :

<https://www.metal-pages.com>

International Tin Research Institute (Grande Bretagne) :

<https://www.itri.co.uk>

Global Trade Alert (Suisse) :

www.globaltradealert.org

Organisation mondiale du commerce (Suisse) :

<https://www.wto.org>

Chatham House, The Royal Institute of International Affairs (Grande Bretagne) :

<https://www.chathamhouse.org>

Convention de Bâle (Suisse) :

www.basel.int

Global Reporting Initiative (Pays Bas) :

<https://www.globalreporting.org>

Forum économique mondial (Suisse) :

<https://www.weforum.org>

États-Unis

Commission des limites du plateau continental :

http://www.un.org/depts/los/clcs_new/clcs_home.htm

Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS) :

<https://www.usgs.gov>

Technology Metals Research :

<http://www.techmetalsresearch.com>

InvestorIntel :

<https://investorintel.com/sectors/technology-metals>

Ames Laboratory :

<https://www.ameslab.gov>

Association américaine des matériaux magnétiques :

www.usmagneticmaterials.com

Banque mondiale :

www.banquemondiale.org

Cour des comptes américaine :

<https://www.gao.gov>

Service de recherche du congrès :

<https://fas.org/sgp/crs>

Afrique

Programme des Nations unies pour l'environnement (Kenya) :

www.unep.org

Banque africaine de développement (Éthiopie) :

<https://www.afdb.org>

Royal Bafokeng Holdings (Afrique du Sud) :

www.bafokengholdings.com

Asie

Organisation pour le développement des énergies nouvelles et des technologies industrielles (Japon) :

www.nedo.go.jp/english

Société chinoise des terres rares (Chine) :

<https://fr.linkedin.com/company/the-chinese-society-of-rare-earths>

PT Timah TBK (Indonésie) :

www.timah.com

Amérique Latine

Greenpeace Argentine :

www.greenpeace.org/argentina/es

Autorité internationale des fonds marins (Jamaïque) :

<https://www.isa.org.jm/fr>

Moyen-Orient

Agence internationale de l'énergie renouvelable Abou Dabi, Émirats arabes unis :

<http://www.irena.org>

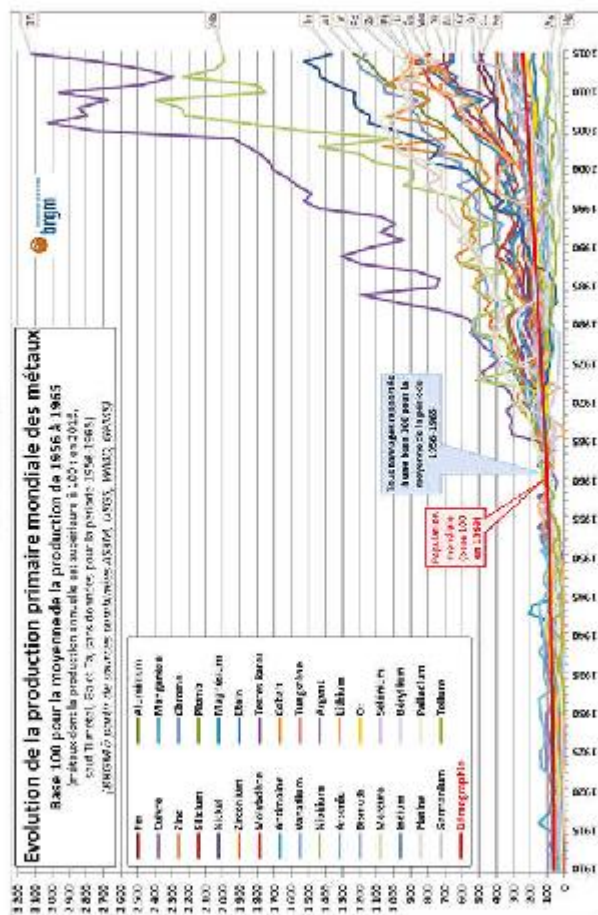
Annexes

ANNEXE 1
TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|---|---|---|--|--|---|--|---|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|---|--|---|---|--|--|--|---|--|---|---|---|---|--|--|---|--|--|---|---|--|---|--|--|---|---|--|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|----------|
| 1 1.00794 H hydrogène gaz | 2 6.941 Li lithium métal | 3 9.01224 Be béryllium métal | 4 12.011 B bor non-métal | 5 10.811 C carbone non-métal | 6 14.00309 N azote gaz | 7 15.999 O oxygène gaz | 8 18.9984032 F fluor gaz | 9 20.01 Ne néon gaz | 10 22.98976928 Na sodium métal | 11 24.30409 Mg magnésium métal | 12 26.9815386 Al aluminium métal | 13 28.0855836 Si silicium métal | 14 30.973762 P phosphore non-métal | 15 32.06 S soufre non-métal | 16 35.453 Cl chlore gaz | 17 39.96238312 Ar argon gaz | 18 40.078 K potassium métal | 19 39.0983 Ca calcium métal | 20 44.955912 Sc scandium métal | 21 47.867 Ti titane métal | 22 50.9415 V vanadium métal | 23 50.9415 Cr chrome métal | 24 51.99616 Mn manganèse métal | 25 55.845 Fe fer métal | 26 58.933195 Co cobalt métal | 27 58.933195 Ni nickel métal | 28 58.933195 Cu cuivre métal | 29 63.546 Zn zinc métal | 30 65.38 Ga gallium métal | 31 69.723 Ge germanium métal | 32 72.64 As arsenic non-métal | 33 74.9216 Se sélénium non-métal | 34 78.96 Br brome liquide | 35 79.904 Kr krypton gaz | 36 83.904 Xe xénon gaz | 37 85.4678 Rb rubidium métal | 38 87.62 Sr strontium métal | 39 88.90584 Y yttrium métal | 40 90.9073 Zr zirconium métal | 41 91.224 Nb niobium métal | 42 92.90638 Mo molybdène métal | 43 95.94 Tc technétium non-métal | 44 97.9072 Ru ruthénium métal | 45 101.07 Rh rhodium métal | 46 101.07 Pd palladium métal | 47 106.367 Ag argent métal | 48 107.8682 Cd cadmium métal | 49 112.411 In indium métal | 50 114.818 Sn étain métal | 51 118.710 Sb antimoine non-métal | 52 121.757 Te tellure non-métal | 53 127.603 I iode non-métal | 54 131.29 Xe xénon gaz | 55 132.90545196 Ba baryum métal | 56 137.327 La lanthane métal | 57 138.90471 Ce cerium métal | 58 140.12 Pr praseodyme métal | 59 140.90765 Nd néodyme métal | 60 144.242 Pm prométhée non-métal | 61 144.91258 Sm samarium métal | 62 150.36 Eu europium métal | 63 151.964 Gd gadolinium métal | 64 157.25 Tb terbium métal | 65 158.92535 Dy dysprosium métal | 66 162.5001 Ho holmium métal | 67 164.930329 Er erbium métal | 68 167.259 Tm thulium métal | 69 168.934216 Yb ytterbium métal | 70 173.054478 Lu lutécium métal | 71 175.053 Uuo unbinilium non-métal | 72 176.031 Uus ununseptium non-métal | 73 177.037 Uup ununpentium non-métal | 74 178.034 Fj fennium non-métal | 75 179.037 Uut ununtrium non-métal | 76 180.034 Cn copernicium non-métal | 77 181.034 Rg roentgenium non-métal | 78 183.034 Ds darmstadtium non-métal | 79 184.034 Mt meitnerium non-métal | 80 186.034 Hs hassium non-métal | 81 187.034 Bh bohrium non-métal | 82 188.034 Sg seaborgium non-métal | 83 189.034 Db dubnium non-métal | 84 190.034 Rf rutherfordium non-métal | 85 191.034 La lanthane métal | 86 192.034 Ce cerium métal | 87 193.034 Pr praseodyme métal | 88 194.034 Nd néodyme métal | 89 195.034 Pm prométhée non-métal | 90 196.034 Sm samarium métal | 91 197.034 Eu europium métal | 92 198.034 Gd gadolinium métal | 93 199.034 Tb terbium métal | 94 200.034 Dy dysprosium métal | 95 201.034 Ho holmium métal | 96 202.034 Er erbium métal | 97 203.034 Tm thulium métal | 98 204.034 Yb ytterbium métal | 99 205.034 Lu lutécium métal | 100 206.034 Lr lawrencium non-métal | 101 207.034 No nobélium non-métal | 102 208.034 Md mendelevium non-métal | 103 209.034 Fm fermium non-métal | 104 210.034 Es einsteinium non-métal | 105 211.034 Cf californium non-métal | 106 212.034 Bk berkelium non-métal | 107 213.034 Cm curium non-métal | 108 214.034 Am americium non-métal | 109 215.034 Pu plutonium non-métal | 110 216.034 Np neptunium non-métal | 111 217.034 U uranium non-métal | 112 218.034 Pa protactinium non-métal | 113 219.034 Th thorium non-métal | 114 220.034 Ac actinium non-métal | 115 221.034 Ra radium non-métal | 116 222.034 Fr francium non-métal | 117 223.034 Ra radium non-métal | 118 224.034 Ac actinium non-métal | 119 225.034 Th thorium non-métal | 120 226.034 Pa protactinium non-métal | 121 227.034 U uranium non-métal | 122 228.034 Np neptunium non-métal | 123 229.034 Pu plutonium non-métal | 124 230.034 Am americium non-métal | 125 231.034 Cm curium non-métal | 126 232.034 Bk berkelium non-métal | 127 233.034 Cf californium non-métal | 128 234.034 Es einsteinium non-métal | 129 235.034 Fm fermium non-métal | 130 236.034 No nobélium non-métal | 131 237.034 Md mendelevium non-métal | 132 238.034 Lr lawrencium non-métal | 133 239.034 Uuo unbinilium non-métal | 134 240.034 Uus ununseptium non-métal | 135 241.034 Uup ununpentium non-métal | 136 242.034 Fj fennium non-métal | 137 243.034 Cn copernicium non-métal | 138 244.034 Rg roentgenium non-métal | 139 245.034 Ds darmstadtium non-métal | 140 246.034 Mt meitnerium non-métal | 141 247.034 Hs hassium non-métal | 142 248.034 Bh bohrium non-métal | 143 249.034 Sg seaborgium non-métal | 144 250.034 Db dubnium non-métal | 145 251.034 Rf rutherfordium non-métal | 146 252.034 La lanthane métal | 147 253.034 Ce cerium métal | 148 254.034 Pr praseodyme métal | 149 255.034 Nd néodyme métal | 150 256.034 Pm prométhée non-métal | 151 257.034 Sm samarium métal | 152 258.034 Eu europium métal | 153 259.034 Gd gadolinium métal | 154 260.034 Tb terbium métal | 155 261.034 Dy dysprosium métal | 156 262.034 Ho holmium métal | 157 263.034 Er erbium métal | 158 264.034 Tm thulium métal | 159 265.034 Yb ytterbium métal | 160 266.034 Lu lutécium métal | 161 267.034 Lr lawrencium non-métal | 162 268.034 No nobélium non-métal | 163 269.034 Md mendelevium non-métal | 164 270.034 Fm fermium non-métal | 165 271.034 Es einsteinium non-métal | 166 272.034 Cf californium non-métal | 167 273.034 Bk berkelium non-métal | 168 274.034 Cm curium non-métal | 169 275.034 Am americium non-métal | 170 276.034 Pu plutonium non-métal | 171 277.034 Np neptunium non-métal | 172 278.034 U uranium non-métal | 173 279.034 Pa protactinium non-métal | 174 280.034 Th thorium non-métal | 175 281.034 Ac actinium non-métal | 176 282.034 Ra radium non-métal | 177 283.034 Fr francium non-métal | 178 284.034 Ra radium non-métal | 179 285.034 Ac actinium non-métal | 180 286.034 Th thorium non-métal | 181 287.034 Pa protactinium non-métal | 182 288.034 U uranium non-métal | 183 289.034 Np neptunium non-métal | 184 290.034 Pu plutonium non-métal | 185 291.034 Am americium non-métal | 186 292.034 Cm curium non-métal | 187 293.034 Bk berkelium non-métal | 188 294.034 Cf californium non-métal | 189 295.034 Es einsteinium non-métal | 190 296.034 Fm fermium non-métal | 191 297.034 No nobélium non-métal | 192 298.034 Md mendelevium non-métal | 193 299.034 Lr lawrencium non-métal | 194 300.034 Uuo unbinilium non-métal | 195 301.034 Uus ununseptium non-métal | 196 302.034 Uup ununpentium non-métal | 197 303.034 Fj fennium non-métal | 198 304.034 Cn copernicium non-métal | 199 305.034 Rg roentgenium non-métal | 200 306.034 Ds darmstadtium non-métal | 201 307.034 Mt meitnerium non-métal | 202 308.034 Hs hassium non-métal | 203 309.034 Bh bohrium non-métal | 204 310.034 Sg seaborgium non-métal | 205 311.034 Db dubnium non-métal | 206 312.034 Rf rutherfordium non-métal | 207 313.034 La lanthane métal | 208 314.034 Ce cerium métal | 209 315.034 Pr praseodyme métal | 210 316.034 Nd néodyme métal | 211 317.034 Pm prométhée non-métal | 212 318.034 Sm samarium métal | 213 319.034 Eu europium métal | 214 320.034 Gd gadolinium métal | 215 321.034 Tb terbium métal | 216 322.034 Dy dysprosium métal | 217 323.034 Ho holmium métal | 218 324.034 Er erbium métal | 219 325.034 Tm thulium métal | 220 326.034 Yb ytterbium métal | 221 327.034 Lu lutécium métal | 222 328.034 Lr lawrencium non-métal | 223 329.034 No nobélium non-métal | 224 330.034 Md mendelevium non-métal | 225 331.034 Fm fermium non-métal | 226 332.034 Es einsteinium non-métal | 227 333.034 Cf californium non-métal | 228 334.034 Bk berkelium non-métal | 229 335.034 Cm curium non-métal | 230 336.034 Am americium non-métal | 231 337.034 Pu plutonium non-métal | 232 338.034 Np neptunium non-métal | 233 339.034 U uranium non-métal | 234 340.034 Pa protactinium non-métal | 235 341.034 Th thorium non-métal | 236 342.034 Ac actinium non-métal | 237 343.034 Ra radium non-métal | 238 344.034 Fr francium non-métal | 239 345.034 Ra radium non-métal | 240 346.034 Ac actinium non-métal | 241 347.034 Th thorium non-métal | 242 348.034 Pa protactinium non-métal | 243 349.034 U uranium non-métal | 244 350.034 Np neptunium non-métal | 245 351.034 Pu plutonium non-métal | 246 352.034 Am americium non-métal | 247 353.034 Cm curium non-métal | 248 354.034 Bk berkelium non-métal | 249 355.034 Cf californium non-métal | 250 356.034 Es einsteinium non-métal | 251 357.034 Fm fermium non-métal | 252 358.034 No nobélium non-métal | 253 359.034 Md mendelevium non-métal | 254 360.034 Lr lawrencium non-métal | 255 361.034 Uuo unbinilium non-métal | 256 362.034 Uus ununseptium non-métal | 257 363.034 Uup ununpentium non-métal | 258 364.034 Fj fennium non-métal | 259 365.034 Cn copernicium non-métal | 260 366.034 Rg roentgenium non-métal | 261 367.034 Ds darmstadtium non-métal | 262 368.034 Mt meitnerium non-métal | 263 369.034 Hs hassium non-métal | 264 370.034 Bh bohrium non-métal | 265 371.034 Sg seaborgium non-métal | 266 372.034 Db dubnium non-métal | 267 373.034 Rf rutherfordium non-métal | 268 374.034 La lanthane métal | 269 375.034 Ce cerium métal | 270 376.034 Pr praseodyme métal | 271 377.034 Nd néodyme métal | 272 378.034 Pm prométhée non-métal | 273 379.034 Sm samarium métal | 274 380.034 Eu europium métal | 275 381.034 Gd gadolinium métal | 276 382.034 Tb terbium métal | 277 383.034 Dy dysprosium métal | 278 384.034 Ho holmium métal | 279 385.034 Er erbium métal | 280 386.034 Tm thulium métal | 281 387.034 Yb ytterbium métal | 282 388.034 Lu lutécium métal | 283 389.034 Lr lawrencium non-métal | 284 390.034 No nobélium non-métal | 285 391.034 Md mendelevium non-métal | 286 392.034 Fm fermium non-métal | 287 393.034 Es einsteinium non-métal | 288 394.034 Cf californium non-métal | 289 395.034 Bk berkelium non-métal | 290 396.034 Cm curium non-métal | 291 397.034 Am americium non-métal | 292 398.034 Pu plutonium non-métal | 293 399.034 Np neptunium non-métal | 294 400.034 U uranium non-métal | 295 401.034 Pa protactinium non-métal | 296 402.034 Th thorium non-métal | 297 403.034 Ac actinium non-métal | 298 404.034 Ra radium non-métal | 299 405.034 Fr francium non-métal | 300 406.034 Ra radium non-métal | 301 407.034 Ac actinium non-métal | 302 408.034 Th thorium non-métal | 303 409.034 Pa protactinium non-métal | 304 410.034 U uranium non-métal | 305 411.034 Np neptunium non-métal | 306 412.034 Pu plutonium non-métal | 307 413.034 Am americium non-métal | 308 414.034 Cm curium non-métal | 309 415.034 Bk berkelium non-métal | 310 416.034 Cf californium non-métal | 311 417.034 Es einsteinium non-métal | 312 418.034 Fm fermium non-métal | 313 419.034 No nobélium non-métal | 314 420.034 Md mendelevium non-métal | 315 421.034 Lr lawrencium non-métal | 316 422.034 Uuo unbinilium non-métal | 317 423.034 Uus ununseptium non-métal | 318 424.034 Uup ununpentium non-métal | 319 425.034 Fj fennium non-métal | 320 426.034 Cn copernicium non-métal | 321 427.034 Rg roentgenium non-métal | 322 428.034 Ds darmstadtium non-métal | 323 429.034 Mt meitnerium non-métal | 324 430.034 Hs hassium non-métal | 325 431.034 Bh bohrium non-métal | 326 432.034 Sg seaborgium non-métal | 327 433.034 Db dubnium non-métal | 328 434.034 Rf rutherfordium non-métal | 329 435.034 La lanthane métal | 330 436.034 Ce cerium métal | 331 437.034 Pr praseodyme métal | 332 438.034 Nd néodyme métal | 333 439.034 Pm prométhée non-métal | 334 440.034 Sm samarium métal | 335 441.034 Eu europium métal | 336 442.034 Gd gadolinium métal | 337 443.034 Tb terbium métal | 338 444.034 Dy dysprosium métal | 339 445.034 Ho holmium métal | 340 446.034 Er erbium métal | 341 447.034 Tm thulium métal | 342 448.034 Yb ytterbium métal | 343 449.034 Lu lutécium métal | 344 450.034 Lr lawrencium non-métal | 345 451.034 No nobélium non-métal | 346 452.034 Md mendelevium non-métal | 347 453.034 Fm fermium non-métal | 348 454.034 Es einsteinium non-métal | 349 455.034 Cf californium non-métal | 350 456.034 Bk berkelium non-métal | 351 457.034 Cm curium non-métal | 352 458.034 Am americium non-métal | 353 459.034 Pu plutonium non-métal | 354 4 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|---|---|---|--|--|---|--|---|--|---|---|---|--|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|---|--|--|--|--|---|--|---|---|--|--|--|---|--|---|---|---|---|--|--|---|--|--|---|---|--|---|--|--|---|---|--|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|--|---|---|--|--|--|---|---|--|--|--|---|--|---|--|---|---|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|----------|

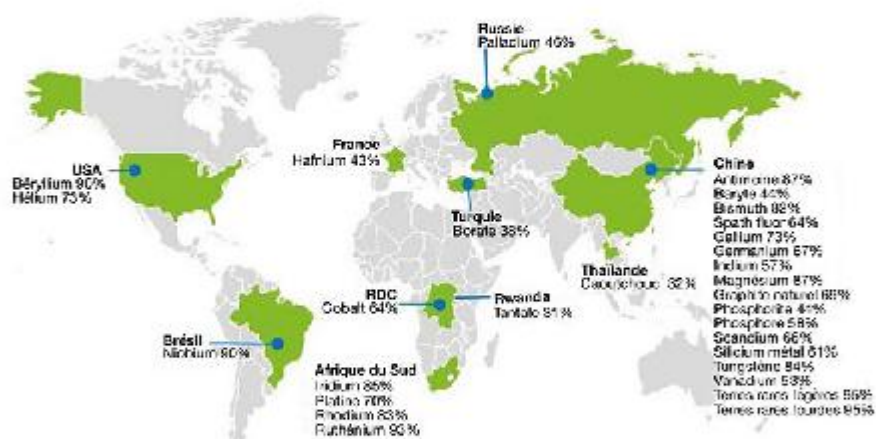
ANNEXE 2

ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE MONDIALE DES MÉTAUX



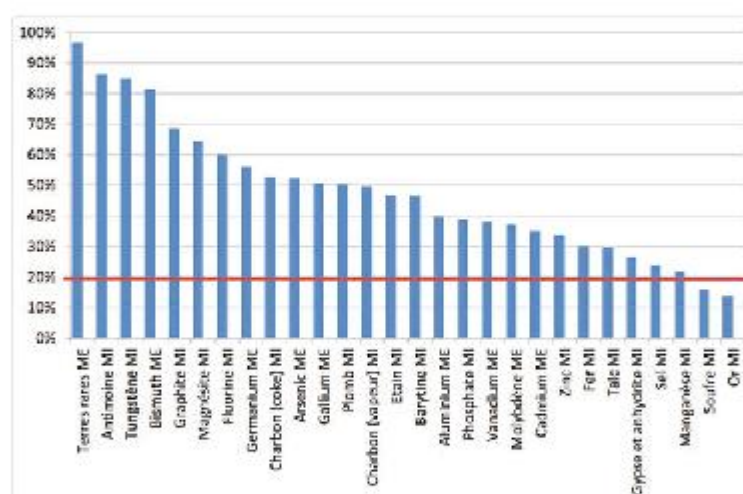
ANNEXE 3

CARTE DES PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS DE MINÉRAIS RARES



Source : « Étude sur la révision de la liste des Matières Premières Critiques – Résumé analytique », Commission européenne, septembre 2017.

ANNEXE 4 PART RELATIVE DE LA CHINE DANS LA PRODUCTION MINIÈRE ET MÉTALLURGIQUE MONDIALE



Part relative de la Chine dans la production minière (« MI ») et métallurgique (« ME ») mondiale en 2011. La barre rouge représente la part de la population chinoise dans la population mondiale.

Source : World Mining Data, édition 2013.

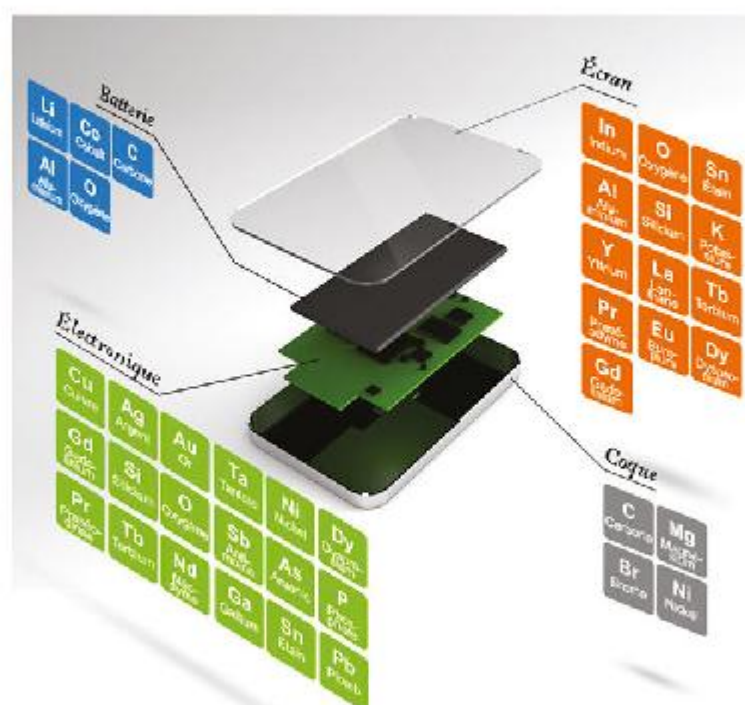
ANNEXE 5 APERÇU DES MÉTAUX RARES CONTENUS DANS UNE VOITURE ÉLECTRIQUE

**Les voitures électriques et hybrides peuvent contenir
 de 9 à 11 kg¹ de terres rares**
 (Deux fois la quantité trouvée dans les voitures à essence)



Source : « The Race for Rare Metals », *The Globe and Mail*, 16 juillet 2011.

ANNEXE 6 COMPOSITION EN MÉTAUX RARES D'UN IPHONE



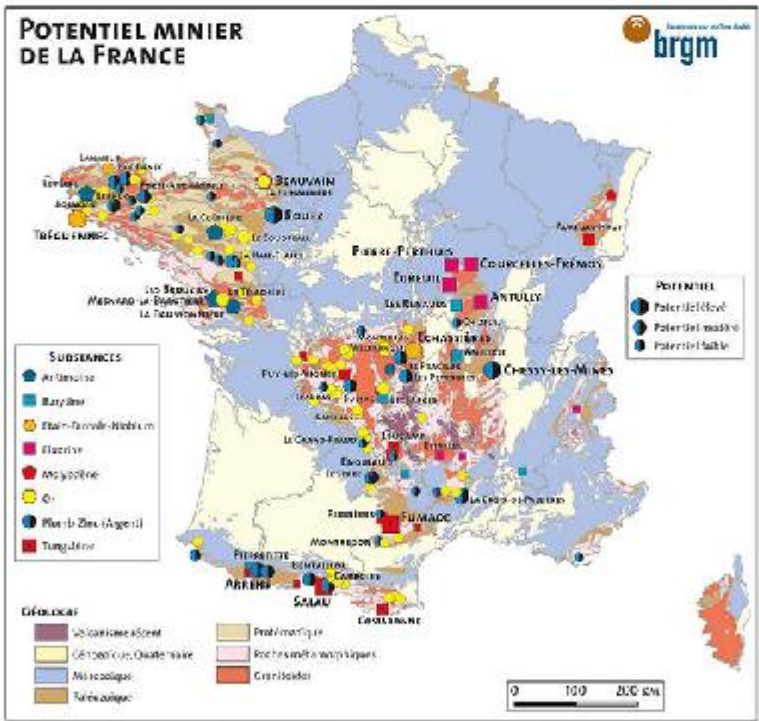
Source : Damien Hypolite pour Sciences et Avenir.

ANNEXE 7
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TAUX
DE RECYCLAGE DES MÉTAUX

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 H | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 He |
| 3 Li | 4 Be | | | | | | | | | | | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne |
| 11 Na | 12 Mg | | | | | | | | | | | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar |
| 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr |
| 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe |
| 55 Cs | 56 Ba | * | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn |
| 87 Fr | 88 Ra | ** | 104 Rf | 105 Db | 106 Sg | 107 Bh | 108 Hs | 109 Mt | 110 Ds | 111 Rg | 112 Uub | 113 Uut | 114 Uug | 115 Uup | 116 Uuh | 117 Uus | 118 Uuo |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| * Lanthanides | | | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu |
| ** Actinides | | | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | 103 Lr |

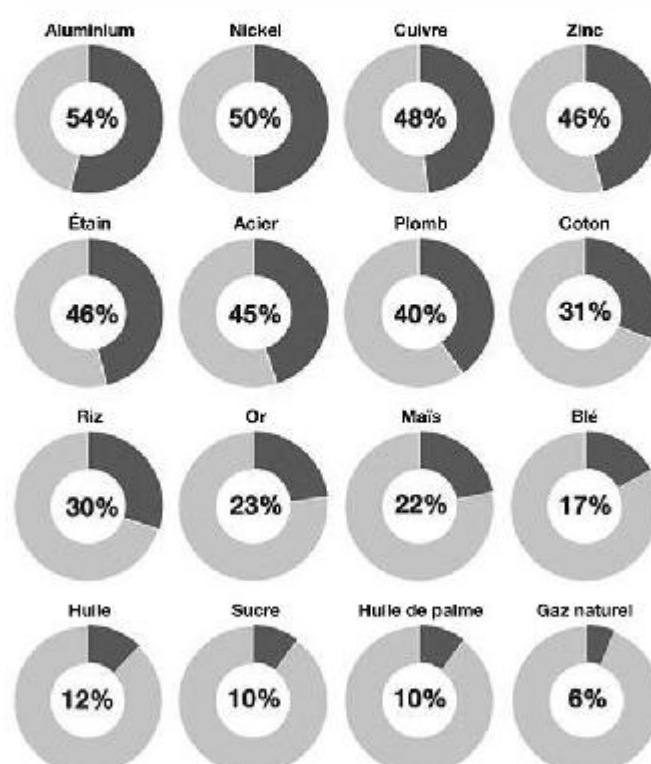
Source : « Recycling Rates of Metals : A Status Report », United Nations Environment Programme, 2011.

ANNEXE 8 POTENTIEL MINIER DE LA FRANCE



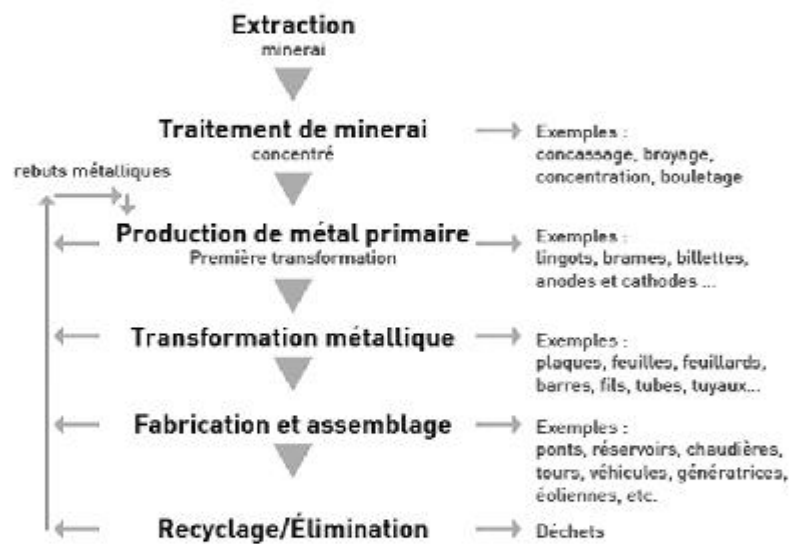
Source : BRGM.

ANNEXE 9
PART DE LA CHINE DANS LA CONSOMMATION MONDIALE
DE CERTAINES MATIÈRES PREMIÈRES



Sources : *The Wall Street Journal*, World Bureau of Metal Statistics, World Gold Council, BP Statistical Review of World Energy 2015, Metalysics via Morgan Stanley, US Department of Agriculture.

ANNEXE 10 CYCLE DE VIE DES MÉTAUX



Sources: Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, « Guide de rédaction d'une étude d'opportunité économique et de marché pour la transformation au Québec », octobre 2015, p. 1.

ANNEXE 11
PRINCIPALES UTILISATIONS INDUSTRIELLES
DES MÉTAUX RARES

| Ressource | Utilisations |
|----------------|---|
| Antimoine | Retardants du feu (additif dans les plastiques), catalyse du polyéthylène |
| Baryte | Boues de forage pétroliers et gaziers, industrie du verre, radioprotection, santé, métallurgie, pyrotechnie |
| Béryllium | Télécoms et électronique, industrie aéronautique, nucléaire civil et militaire |
| Bismuth | Générateurs thermoélectriques (automobile), supraconducteurs à haute température, soudure sans plomb |
| Borate | Verres et céramiques |
| Cobalt | Portables, ordinateurs, véhicules hybrides, aimants |
| Charbon à coke | Sidérurgie |
| Spath fluor | Acide fluorhydrique, métallurgie de l'acier et de l'aluminium, céramiques, optiques |
| Gallium | Semi-conducteurs, éclairages par diodes photoluminescentes |
| Germanium | Photovoltaïque, fibres optiques, catalyse, optique infrarouge |
| Indium | Puces électroniques, écrans LCD |
| Magnésium | Alliages d'aluminium |

| Ressource | Utilisations |
|--|---|
| Graphite naturel | Véhicules électriques, aérospatiale, industrie nucléaire |
| Niobium | Satellites, véhicules électriques, industrie nucléaire, joaillerie |
| Silicium métal | Circuits intégrés, panneaux photovoltaïques, isolateurs électriques |
| Tantale | Condensateurs miniaturisés, superalliages |
| Tungstène | Outils de découpe, blindage, électricité, électronique |
| Vanadium | Aciers spéciaux, industrie spatiale, catalyse |
| Métaux platinoïdes (ruthénium, rhodium, palladium, osmium, iridium, platine) | Catalyseurs, bijouterie |
| Terres rares (voir tableau ci-après) | Aimants permanents, voiture électrique, éoliennes, TGV, scanners médicaux, lasers, transmission de données par fibre optique, luminophores d'écrans, protection des billets de banque, catalyse |

Sources : OPECST, BRGM, Connaissance des énergies, Futura-Sciences, Niohes, Leontech.

ANNEXE 12
PRINCIPALES UTILISATIONS INDUSTRIELLES
DES TERRES RARES

| Ressource | Utilisations |
|------------|--|
| Lanthane | Composés supraconducteurs, lentilles, éclairages |
| Cérium | Pots catalytiques, raffinage pétrole, alliages métalliques |
| Praséodyme | Pierres à briquet, colorant, aimants |
| Néodyme | Aimants permanents, autocatalyseurs, raffinage pétrole, lasers |
| Prométhium | Composés luminescents |
| Samarium | Aimants de missiles, aimants permanents, motorisations électriques |
| Europium | Lasers, réacteurs nucléaires, éclairages, géochimie, phosphores rouges des tubes cathodiques |
| Gadolinium | Substance phosphorescente dans des tubes cathodiques |
| Terbium | Activateur des photophores verts pour tubes cathodiques, aimants permanents |
| Dysprosium | Aimants permanents, moteurs hybrides |
| Holmium | Lasers, magnétisme, composés supraconducteurs |
| Erbium | Réseaux de télécommunications optiques longue distance, médecine nucléaire |

| Ressource | Utilisations |
|-----------|---|
| Thulium | Radiographie portable, lasers, supraconducteurs haute température |
| Ytterbium | Aciers inoxydables, ion actif pour cristaux laser, radiographie portable |
| Lutécium | Émetteur de rayonnement bêta |
| Scandium | Éclairage, marqueur, alliages d'aluminium |
| Yttrium | Photophores rouges des tubes cathodiques, alliages supraconducteurs, briques réfractaires, piles à combustible, aimants |

Sources : Strat, British Geological Survey, École de guerre économique, Congressional Research Service, Portal de l'IE.

ANNEXE 13 LISTE DES MATIÈRES PREMIÈRES CRITIQUES POUR L'UE

| Matières premières | Principaux producteurs mondiaux (moyenne 2010-2014) | Principaux importateurs dans l'UE (moyenne 2010-2014) | Sources de l'approvisionnement de l'UE (moyenne 2010-2014) | Taux de dépendance à l'égard des importations ¹ | Indice de substitution EUSR ² | Taux de recyclage des matières en fin de vie ³ |
|--------------------|--|---|--|--|--|---|
| Antimoine | Chine (87 %) Viet Nam (11 %) | Chine (90 %) Viet Nam (4 %) | Chine (92 %) Viet Nam (4 %) | 100 % | 0,91/0,93 | 28 % |
| Baryte | Chine (44 %) Inde (18 %) Maroc (10 %) | Chine (32 %) Maroc (37 %) Turquie (7 %) | Chine (34 %) Maroc (30 %) Allemagne (8 %) Turquie (6 %) Royaume-Uni (5 %) Autres pays de l'UE (4 %) | 80 % | 0,95/0,94 | 1 % |
| Béryllium | États-Unis (50 %) Chine (8 %) | Sans objet | Sans objet | Sans objet | 0,99/0,99 | 0 % |
| Bismuth | Chine (82 %) Mexique (11 %) Japon (7 %) | Chine (84 %) | Chine (84 %) | 100 % | 0,96/0,94 | 1 % |
| Borée | Turquie (38 %) États-Unis (23 %) Argentine (12 %) | Turquie (98 %) | Turquie (93 %) | 100 % | 1,0/1,0 | 0 % |
| Cobalt | République démocratique du Congo (64 %) Chine (5 %) Canada (5 %) | Russie (91 %) République démocratique du Congo (7 %) | Finlande (66 %) Russie (31 %) | 32 % | 1,0/1,0 | 0 % |
| Charbon à coke | Chine (54 %) Australie (13 %) États-Unis (7 %) Russie (7 %) | États-Unis (39 %) Australie (36 %) Russie (9 %) Canada (8 %) | États-Unis (38 %) Australie (34 %) Russie (9 %) Canada (7 %) Pologne (1 %) Allemagne (1 %) République tchèque (1 %) Royaume-Uni (1 %) | 63 % | 0,92/0,92 | 0 % |

¹ La dépendance de l'UE à l'égard des importations ne peut être calculée pour le béryllium, étant donné qu'il n'existe pas de production ni d'échanges de minerais ou concentrés de béryllium dans l'UE.

| Matières premières | Principaux producteurs mondiaux (moyenne 2010-2014) | Principaux importateurs dans l'UE (moyenne 2010-2014) | Sources de l'approvisionnement de l'UE (moyenne 2010-2014) | Taux de dépendance à l'égard des imports (6 ans) ² | Indices de substitution EUSI ^{3,4} | Taux de recyclage des matières en fin de vie ^{5,6} |
|----------------------|---|--|--|---|---|---|
| Spécif. zinc | Chine (61 %) Mexique (16 %) Mongolie (5 %) | Mexique (38 %) Chine (17 %) Afrique du Sud (15 %) Namibie (12 %) Kenya (9 %) | Mexique (27 %) Espagne (15 %) Chine (12 %) Afrique du Sud (11 %) Namibie (5 %) Kenya (7 %) Allemagne (2 %) Belgique (4 %) Royaume-Uni (1 %) Autres pays de l'UE (1 %) | 70 % | 0,36/0,57 | 1 % |
| Gallium ² | Chine (85 %) Allemagne (7 %) Kazakhstan (5 %) | Chine (53 %) États-Unis (11 %) Ukraine (9 %) Corée du Sud (8 %) | Chine (36 %) Allemagne (27 %) États-Unis (8 %) Ukraine (6 %) Corée du Sud (5 %) Hongrie (5 %) | 94 % | 0,95/0,56 | 0 % |
| Germanium | Chine (67 %) Finlande (11 %) Canada (8 %) États-Unis (9 %) | Chine (60 %) Russie (17 %) États-Unis (16 %) | Chine (45 %) Finlande (28 %) Russie (12 %) États-Unis (12 %) | 64 % | 1,6/1,0 | 2 % |
| Hélium | France (43 %) États-Unis (41 %) Ukraine (8 %) Russie (8 %) | Canada (67 %) Chine (34 %) | France (71 %) Canada (19 %) Chine (10 %) | 9 % | 0,93/0,57 | 1 % |
| Hélium | États-Unis (73 %) Qatar (12 %) Algérie (10 %) | États-Unis (53 %) Algérie (29 %) Qatar (6 %) Russie (8 %) | États-Unis (51 %) Algérie (29 %) Qatar (8 %) Russie (7 %) Pologne (5 %) | 96 % | 0,90/0,56 | 1 % |
| Indium | Chine (57 %) Corée du Sud (15 %) Japon (10 %) | Chine (41 %) Kazakhstan (19 %) Corée du Sud (11 %) Hong Kong (8 %) | Chine (28 %) Belgique (19 %) Kazakhstan (13 %) France (11 %) Corée du Sud (8 %) Hong Kong (5 %) | 9 % | 0,90/0,57 | 0 % |
| Magnésium | Chine (87 %) États-Unis (5 %) | Chine (94 %) | Chine (94 %) | 100 % | 0,91/0,51 | 0 % |
| Graphite naturel | Chine (69 %) Inde (12 %) Brésil (8 %) | Chine (63 %) Brésil (13 %) Norvège (7 %) | Chine (63 %) Brésil (13 %) Norvège (7 %) UE (< 1 %) | 98 % | 0,93/0,57 | 2 % |

² Le gallium est un sous-produit, les meilleures données disponibles font référence à la capacité de production, et non à la production en tant que telle.

| Matières premières | Principaux producteurs mondiaux (moyenne 2010-2014) | Principaux importateurs dans l'UE (moyenne 2010-2014) | Sources de l'approvisionnement de l'UE (moyenne 2010-2014) | Taux de dépendance à l'égard des importations ³ | Indicateurs de substitution EUSR ⁴ | Taux de recouvrement des matières en fin de vie ⁵ |
|------------------------|---|---|--|--|---|--|
| Caoutchouc naturel | Thaïlande (32 %) Indonésie (25 %) Viêt Nam (8 %) Inde (8 %) | Indonésie (33 %) Malaisie (26 %) Thaïlande (17 %) Côte d'Ivoire (12 %) | Indonésie (32 %) Malaisie (26 %) Thaïlande (17 %) Côte d'Ivoire (12 %) | 100 % | 0,92/0,92 | 1 % |
| Niobium | Brazil (90 %) Canada (10 %) | Brésil (71 %) Canada (13 %) | Brésil (71 %) Canada (13 %) | 100 % | 0,91/0,94 | 0,5 % |
| Phosphate naturel | Chine (14 %) Maroc (13 %) États-Unis (13 %) | Maroc (31 %) Russie (18 %) Syrie (12 %) Algérie (12 %) | Maroc (28 %) Russie (16 %) Syrie (11 %) Algérie (10 %) UE – Tunisie (12 %) | 88 % | 1,0/1,0 | 17 % |
| Phosphore | Chine (88 %) Viêt Nam (10 %) Kazakhstan (13 %) États-Unis (11 %) | Kazakhstan (77 %) Chine (14 %) Viêt Nam (8 %) | Kazakhstan (77 %) Chine (14 %) Viêt Nam (8 %) | 100 % | 0,91/0,91 | 0 % |
| Scandium | Chine (86 %) Russie (26 %) Indonésie (7 %) | Russie (67 %) Kazakhstan (53 %) | Russie (67 %) Kazakhstan (53 %) | 100 % | 0,91/0,95 | 0 % |
| Silicium métall. | Chine (61 %) Brésil (9 %) Norvège (7 %) États-Unis (6 %) France (5 %) | Norvège (55 %) Brésil (18 %) Chine (18 %) | Norvège (23 %) France (19 %) Brésil (12 %) Chine (12 %) Espagne (9 %) Allemagne (5 %) | 64 % | 0,99/0,99 | 0 % |
| Tantal ³ | Rwanda (31 %) République démocratique du Congo (19 %) Brésil (14 %) | Nigeria (81 %) Rwanda (14 %) Chine (5 %) | Nigeria (81 %) Rwanda (14 %) Chine (5 %) | 100 % | 0,94/0,95 | 1 % |
| Tungstène ⁴ | Chine (84 %) Russie (4 %) | Russie (84 %) Bolivie (5 %) Viêt Nam (5 %) | Russie (59 %) Portugal (17 %) Espagne (15 %) Autriche (8 %) | 44 % | 0,94/0,97 | 42 % |

³ Le tantal est régi par le règlement sur les minerais provenant de zones de conflit (règlement (UE) 2017/821), qui établit un système au niveau de l'UE imposant un devoir de diligence à l'égard de la chaîne d'approvisionnement en vue de limiter les possibilités, pour les groupes amont et les forces de sécurité, de se livrer au commerce de l'étain, du tantale et du tungstène, de leurs minerais, ainsi que de l'or.

⁴ Le tungstène est régi par le règlement sur les minerais provenant de zones de conflit (règlement (UE) 2017/821), qui établit un système au niveau de l'UE imposant un devoir de diligence à l'égard de la chaîne d'approvisionnement en vue de limiter les possibilités, pour les groupes amont et les forces de sécurité, de se livrer au commerce de l'étain, du tantale et du tungstène, de leurs minerais, ainsi que de l'or.

| Matières premières | Principaux producteurs mondiaux (moyenne 2010-2014) | Principaux importateurs dans l'UE (moyenne 2010-2014) | Sources de l'approvisionnement de l'UE (moyenne 2010-2014) | Taux de dépendance à l'égard des importations* | Indices de substitution EISR** | Taux de recyclage des matières en fin de vie*** |
|----------------------|---|---|---|--|--------------------------------|---|
| Vanadium | Chine (53 %) Afrique du Sud (25 %) Russie (20 %) | Russie (71 %) Chine (12 %) Afrique du Sud (13 %) | Russie (60 %) Chine (11 %) Afrique du Sud (10 %) Belgique (5 %) Royaume-Uni (3 %) Pays-Bas (2 %) Allemagne (2 %) Autres pays de l'UE (0,5 %) | 86 % | 0,91/0,54 | 44 % |
| Plombifères | Afrique du Sud (83 %) + kaolin, plume, dolomite, vermiculite Russie (16 %) + palladium | Suisse (34 %) Afrique du Sud (31 %) États-Unis (21 %) Russie (8 %) | Suisse (34 %) Afrique du Sud (31 %) États-Unis (21 %) Russie (8 %) | 99,6 % | 0,95/0,58 | 14 % |
| Terres rares lourdes | Chine (95 %) | Chine (40 %) États-Unis (34 %) Russie (25 %) | Chine (40 %) États-Unis (34 %) Russie (25 %) | 100 % | 0,99/0,89 | 8 % |
| Terres rares légères | Chine (95 %) | Chine (40 %) États-Unis (34 %) Russie (25 %) | Chine (40 %) États-Unis (34 %) Russie (25 %) | 100 % | 0,90/0,93 | 3 % |

Remarques:

(*) Le «taux de dépendance à l'égard des importations» tient compte de l'approvisionnement mondial et des sources d'approvisionnement effectives de l'UE pour le calcul du risque de pénurie d'approvisionnement; ce taux est calculé comme suit: Importations nettes de l'UE / (Importations nettes de l'UE + Production intérieure de l'UE).

(**) L'«indice de substitution» est une mesure de la difficulté à substituer la matière première, évaluée et pondérée pour toutes les applications et calculée séparément pour les deux paramètres que sont l'importance économique («EI») et le risque de pénurie d'approvisionnement («SR»). Les valeurs vont de 0 à 1, 1 correspondant à la substituable la plus faible.

L'importance économique est corrigée par l'indice de substitution (SIEI), lequel dépend des performances techniques et de l'efficacité des

substituts par rapport à leur coût pour diverses applications de chaque matière. Le risque de pénurie d'approvisionnement est corrigé par l'indice de substitution (SISR), lequel dépend de la production mondiale, de la criticité et de la coproduction ou sous-production de substituts pour les diverses applications de chaque matière.

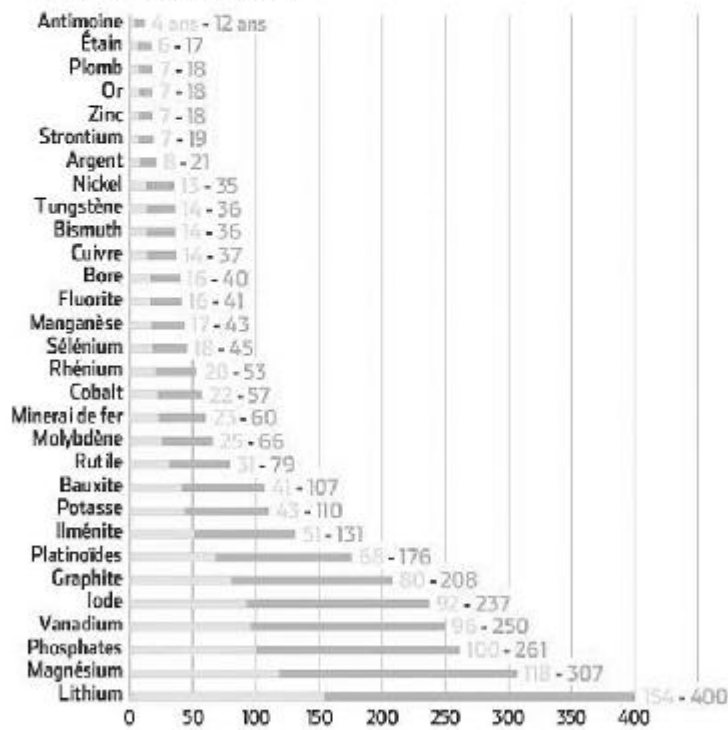
(***) Le «taux de recyclage des matières en fin de vie» mesure le rapport entre le recyclage des vieux métaux et la demande de l'UE pour une matière première donnée, cette dernière correspondant à l'approvisionnement de l'UE en matières primaires et secondaires.

Source : Données extraites du rapport final de l'étude intitulée «Study on the review of the list of Critical Raw Materials», réalisée en 2017 [en anglais].

ANNEXE 14 DURÉE DE VIE DES RÉSERVES RENTABLES DES PRINCIPAUX MÉTAUX NÉCESSAIRES À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Durée de vie des réserves rentables (en années d'exploitation)

■ En cas de boom (demande accrue de 10% pendant dix ans)
 ■ Au rythme actuel de production



Sources : McKinsey, USGS, DERA.

Pour approfondir le sujet : www.metauxrares-lelivre.fr

Si vous souhaitez être tenu informé des parutions
et de l'actualité des éditions Les Liens qui Libèrent,
visitez notre site :

LLL
LES LIENS QUI LIBÈRENT

Rendez-vous aussi sur Facebook



Ou Twitter



Cette édition électronique du livre
La guerre des métaux rares
de Laurent de Sutter a été réalisée le 5 décembre 2017
par Melissa Luciani
pour le compte des éditions
[Les Liens qui Libèrent](#) et du studio [Actes Sud](#).
Elle repose sur l'édition papier du même ouvrage,
achevé d'imprimer en décembre 2017
par l'imprimerie Normandie Roto Impression
(ISBN : 979-10-209-0574-1).

ISBN : 979-10-209-0578-9

[Couverture](#)
[Présentation](#)
[Titre](#)
[Copyright](#)
[Dédicace](#)
[Exergue](#)
[Préface](#)
[Introduction](#)

[1. La malédiction des métaux rares](#)

[UNE DÉFINITION DES MÉTAUX RARES](#)
[LES MÉTAUX RARES, VECTEURS D'ÉNERGIES NOUVELLES](#)
[UNE RÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE À L'ORIGINE](#)

[D'UNE MUTATION ÉNERGÉTIQUE](#)

[UNE ACCÉLÉRATION DE LA CONSOMMATION](#)

[DES MÉTAUX RARES](#)

[TERRES RARES, MARCHÉ NOIR ET CATASTROPHES ÉCOLOGIQUES](#)
[UN MONDE PLUS VERT TRIBUTAIRE DE MÉTAUX SALES](#)
[DE COLOSSALES RÉPERCUSSIONS SANITAIRES](#)
[UNE SOIF DE RATRAPAGE, AU RISQUE DE L'ANARCHIE](#)
[LES MÉTAUX RARES, UN FLÉAU DEVENU MONDIAL](#)

[2. La part d'ombre des technologies vertes et numériques](#)

[LES GREEN TECH : UN BILAN ÉCOLOGIQUE ACCABLANT](#)
[LA MATÉRIALITÉ DE L'INVISIBLE](#)
[LES PROMESSES DÉÇUES DU RECYCLAGE](#)
[RETOUR À L'ENVOYEUR](#)

[3. La pollution délocalisée](#)

[QUAND LES AMÉRICAINS DOMINAIENT LE MARCHÉ](#)

[DES TERRES RARES](#)

[MONTGOLFIÈRES, AVENTURE ET TERRES RARES :](#)

[LA SAGA DE RHÔNE-POULENC](#)

[UN NOUVEL AGENCEMENT DU MONDE](#)
[L'ILLUSION D'UNE NOUVELLE ÈRE D'ABONDANCE](#)
[L'ABANDON DES POLITIQUES PUBLIQUES](#)

[DE SOUVERAINETÉ MINÉRALE](#)

[4. L'Occident sous embargo](#)

[PÉKIN, NOUVEAU MAÎTRE DES MÉTAUX RARES](#)
[L'« ARME DES MÉTAUX » AU SERVICE DE LA POLITIQUE ÉTRANGÈRE CHINOISE](#)
[DES MANŒUVRES COMMERCIALES AUX RÉPERCUSSIONS PLANÉTAIRES](#)
[VOYAGE CHEZ LA REINE DU PLATINE](#)
[LA RECRUESCENCE DES NATIONALISMES MINIER](#)
[DES MÉTAUX D'INFLUENCE... ET DE CRISE](#)

[5. Main basse sur les hautes technologies](#)

[LA BATAILLE DES SUPER-AIMANTS](#)
[CHRONIQUE D'UNE DÉSINDUSTRIALISATION ANNONCÉE](#)
[VOYAGE DANS LA « SILICON VALLEY DES TERRES RARES »](#)
[L'INDONÉSIE À NOUVEAU « NON ALIGNÉE »](#)

[6. Le jour où la Chine a devancé l'Occident](#)

[LES RECETTES CHINOISES](#)

[DU « COLBERTISME HIGH-TECH »](#)

[DES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES STUPÉFIANTS](#)
[L'OCCIDENT AFFAIBLI](#)
[QUAND DEUX VISIONS DU MONDE S'OPPOSENT](#)

7. La course aux missiles intelligents

SHAMPOING, TONDEUSES POUR CHIEN

ET MISSILES DE HAUTE PRÉCISION

MAGNEQUENCH DANS LE COLLIMATEUR

DES « PRINCES ROUGES »

INTERFÉRENCES CHINOISES DANS LES URNES AMÉRICAINES

DÉNI D'ACCÈS EN MER DE CHINE MÉRIDIONALE

QUAND LES AIMANTS CHINOIS FONT TANGUER

LE PENTAGONE

8. Extension du domaine de la mine

VERS UNE PÉNURIE DE MÉTAUX ?

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET NUMÉRIQUE EN DANGER

LA MULTIPLICATION DES FRONTS MINIER

9. La fin des derniers sanctuaires

LA FRANCE, UN GÉANT MINIER EN SOMMEIL

PARIS À LA CONQUÊTE DES OCÉANS

LE JOUR OÙ LE PRÉSIDENT OBAMA A FAIT SAUTER

LE VERROU DE L'ESPACE

Épilogue

Bibliographie

Remerciements

Annexes

Les Liens qui Libèrent

Table des Matières

| | |
|---|----|
| Présentation | 2 |
| Titre | 3 |
| Copyright | 4 |
| Dédicace | 5 |
| Exergue | 6 |
| Préface | 7 |
| Introduction | 9 |
| 1. La malédiction des métaux rares | 19 |
| Une définition des métaux rares | 20 |
| Les métaux rares, vecteurs d'énergies nouvelles | 21 |
| Une révolution technologique à l'origine d'une mutation énergétique | 22 |
| Une accélération de la consommation des métaux rares | 24 |
| Terres rares, marché noir et catastrophes écologiques | 25 |
| Un monde plus vert tributaire de métaux sales | 27 |
| De colossales répercussions sanitaires | 28 |
| Une soif de rattrapage, au risque de l'anarchie | 30 |
| Les métaux rares, un fléau devenu mondial | 32 |
| 2. La part d'ombre des technologies vertes et numériques | 38 |
| Les green tech : un bilan écologique accablant | 38 |
| La matérialité de l'invisible | 41 |
| Les promesses déçues du recyclage | 45 |
| Retour à l'envoyeur | 50 |
| 3. La pollution délocalisée | 58 |
| Quand les Américains dominaient le marché des terres rares | 58 |
| Montgolfières, aventure et terres rares : la saga de Rhône-Poulenc | 61 |
| Un nouvel agencement du monde | 66 |
| L'illusion d'une nouvelle ère d'abondance | 69 |
| L'abandon des politiques publiques de souveraineté | 71 |

| | |
|--|------------|
| minérale | |
| 4. L'Occident sous embargo | 78 |
| Pékin, nouveau maître des métaux rares | 78 |
| L' « arme des métaux » au service de la politique étrangère chinoise | 80 |
| Des manœuvres commerciales aux répercussions planétaires | 82 |
| Voyage chez la reine du platine | 85 |
| La recrudescence des nationalismes miniers | 87 |
| Des métaux d'influence... et de crise | 90 |
| 5. Main basse sur les hautes technologies | 95 |
| La bataille des super-aimants | 95 |
| Chronique d'une désindustrialisation annoncée | 99 |
| Voyage dans la « Silicon Valley des terres rares » | 101 |
| L'Indonésie à nouveau « non alignée » | 105 |
| 6. Le jour où la Chine a devancé l'Occident | 112 |
| Les recettes chinoises du « colbertisme high-tech » | 112 |
| Des progrès technologiques stupéfiants | 115 |
| L'Occident affaibli | 118 |
| Quand deux visions du monde s'opposent | 121 |
| 7. La course aux missiles intelligents | 126 |
| Shampoing, tondeuses pour chien et missiles de haute précision | 127 |
| Magnequench dans le collimateur des « Princes rouges » | 129 |
| Interférences chinoises dans les urnes américaines | 132 |
| Déni d'accès en mer de Chine méridionale | 135 |
| Quand les aimants chinois font tanguer le Pentagone | 138 |
| 8. Extension du domaine de la mine | 142 |
| Vers une pénurie de métaux ? | 143 |
| La transition énergétique et numérique en danger | 145 |
| La multiplication des fronts miniers | 148 |
| 9. La fin des derniers sanctuaires | 156 |
| La France, un géant minier en sommeil | 156 |
| Paris à la conquête des océans | 160 |
| Le jour où le président Obama a fait sauter le verrou de l'espace | 165 |

| | |
|------------------------|-----|
| Épilogue | 169 |
| Remerciements | 173 |
| Bibliographie | 177 |
| Annexes | 185 |
| Les Liens qui Libèrent | 206 |