

Sous la direction de STopMicro

ANATOMIE D'UNE PUCE

Éditions
Le monde à l'envers

Grenoble — 2026

Les textes qui suivent sont issus du colloque « Semi-conducteurs : l'impossible relocalisation » organisé par le collectif STopMicro et les Soulèvements de la terre les 28 et 29 mars 2025 à Grenoble. Ces deux jours de conférences, qui ont réuni 700 personnes, furent suivis d'une manifestation à Bernin et Crolles devant les usines de puces électroniques de Soitec et STMicroelectronics.

Pour cette édition, tous les textes ont été retravaillés par les auteurs, autrices et STopMicro ; une préface inédite a été demandée à Celia Izoard.

No puçaran !

TABLE DES MATIÈRES

10 — **Préface**

Peut-on relocaliser l'empire ?

Celia Izoard

Le numérique est une technologie impériale. Que devient-elle quand l'empire vole en éclats ?

19 — **Partie 1: Dans le ventre d'une puce**

20 — **1 – Combien de tours du monde faut-il pour fabriquer une puce « made in France » ?**

collectif STopMicro

D'où viennent les matériaux utilisés par STMicroelectronics et Soitec ? Le collectif STopMicro a enquêté pour retracer les liens internationaux des entreprises iséroises.

43 — **2 – Voyage au cœur des usines d'assemblage de puces électroniques**

collectif STopMicro

Après leur gravure dans les salles blanches du Grésivaudan, les puces iséroises partent dans d'autres usines à l'autre bout du monde pour les phases de découpe, d'assemblage et de test. Partons pour un voyage dans ces pays où l'industrie électronique délocalise les tâches subalternes de la fabrication.

67 — 3 — *Un téléphone propre, ça n'existe pas*

Agnès Crépet

Devant la complexité de la division internationale du travail et du capitalisme mondialisé, est-il encore possible de retracer les chemins empruntés par les matières premières et les composants ? Fairphone s'y attelle depuis des années, pour tâcher de créer une filière « propre ». Discussion avec Agnès Crépet de Fairphone et du Mouton Numérique.

85 — **Partie 2: Très brève relation de la destruction du monde**

86 — 4 — *Le Québec est une terre qui a été colonisée pour ses minéraux*

Marc Fafard

Les terres rares sont essentielles à l'industrie de la microélectronique et à la production de semi-conducteurs, c'est pourquoi la France a signé, en octobre 2023, un accord de coopération bilatéral avec le Canada, puis une « déclaration d'intention » avec le Québec sur « les métaux critiques indispensables à la transition énergétique et numérique ». Marc Fafard, activiste canadien membre du collectif Sept-Îles sans uranium, raconte ce qu'est l'extraction de terres rares au Québec et notamment ses impacts environnementaux et sociaux pour les populations autochtones du Canada.

108 — 5 — ***L'histoire minière est étroitement liée à l'histoire de la colonisation***

Azul Blaseotto, Marc Fafard et Roger Moreau

Avec l'explosion de la production des batteries électriques en Europe, la « transition énergétique » cache trop souvent des dommages sociaux et environnementaux. Loin du mythe de la dématérialisation du numérique, l'extraction et l'exploitation de terres rares et du lithium aux Amériques démontre au contraire la réalité et la brutalité de ce système. De la dépossession d'une population locale de ses ressources aux logiques colonialistes de ces industries minières, Azul Blaseotto (autrice de *Vidas de Litio*, Argentine), Marc Fafard (Sept-Iles Sans Uranium, Canada) et Roger Moreau (militant contre l'extraction du lithium, Jujuy, Argentine) nous font part des différentes stratégies pour lutter contre ce système.

136 — 6 — ***Le Congo : une terre de pillage généralisé par les grandes puissances européennes***

Fabien Lebrun et David Maenda Kithoko

L'explosion de la production de biens électroniques est le moteur d'une guerre des métaux technologiques au Congo (RDC). La région des Grands Lacs en Afrique subit depuis des siècles les ravages de la mondialisation : de la traite négrière à la terreur coloniale du roi belge Léopold II jusqu'aux minerais de sang actuels (dont le coltan, essentiel aux smartphones, et le cobalt, pour la transition énergétique). Discussion avec Fabien Lebrun, auteur de *Barbarie numérique. Une autre histoire du monde connecté* et David Maenda Kithoko de l'association Génération Lumière.

166 — 7 — ***Histoire d'une vallée minière en France***

Nicolas Rouillé

Dans son ouvrage *L'Or et l'Arsenic. Histoire orale d'une vallée minière*, Nicolas Rouillé explore l'histoire de la mine de Salsigne, située dans l'Aude, qui fut à une époque la plus grande mine d'or d'Europe Occidentale, et la première mine d'arsenic au monde. Exploitée pendant près d'un siècle, ce site a fermé ses portes en 2004. À travers une série de témoignages recueillis entre 2020 et 2023, l'auteur donne la parole aux habitants et habitantes de la vallée de l'Orbiel. Ces récits mettent en lumière l'impact environnemental et sanitaire laissé par des décennies d'activité minière, ainsi que les préoccupations liées aux projets de relance de l'activité extractive.

189 — 8 — ***L'Europe autonome en extraction de lithium et en fabrication de Tesla ?***

Tesla Stoppen!, Stop Mines 03 et Minas não, sim à Vida

Dans un contexte géopolitique tendu, les pays de l'Union européenne se sont lancés dans l'ouverture de mines de métaux critiques et d'usines. L'idée est simple : relocaliser l'industrie électronique au nom d'une prétendue « souveraineté industrielle ». Pour autant ces projets ne favorisent pas l'autonomie des territoires et accroissent au contraire une dépendance à un système capitaliste écocidaire. Discussion avec des opposant-es à l'usine Tesla en Allemagne, Stop Mines 03 (collectif luttant contre le projet d'une mine de lithium dans l'Allier) et Minas não, sim à Vida (collectif luttant contre des projets de mine au Portugal)

211 — **Postface**

Sauver le capitalisme et la nature ?

Hélène Tordjman

Le capitalisme industriel repose sur la croissance, l'innovation technique et l'extension du domaine des marchés. La critique du capitalisme ne peut se faire sans un ré-examen de la place de la technique dans nos sociétés, et en particulier aujourd'hui du numérique. Hélène Tordjman, économiste, est l'auteur de *La croissance verte contre la nature*.

236 — **Annexes**

236 — **Annexe 1 – *Minerais de sang***

Note de lecture sur Minerais de sang : Les esclaves du monde moderne, de Christophe Boltanski

Lila Chouli

En 2010, Christophe Boltanski cherche à reconstituer le trajet accompli par les minerais de cassitérite (étain oxydé). Depuis les mines artisanales du Congo sous surveillance de miliciens jusqu'à la City de Londres, en passant par Singapour, cette enquête de terrain nous fait rencontrer les « esclaves du monde moderne ».

240 — **Annexe 2 – *Des mines pour sauver la planète ?***

Note de lecture sur La Ruée minière au XXI^e siècle. Enquête sur les métaux à l'ère de la transition, de Celia Izoard

Romain Mainieri

Travail journalistique extrêmement documenté, le livre de Celia Izoard nous fait découvrir la réalité de l'exploitation minière contemporaine, alors que l'on s'apprête, au nom de la « transition » à extraire dans les prochaines décennies autant de minerais que depuis les débuts de l'humanité.

PRÉFACE

PEUT-ON RELOCALISER L'EMPIRE ?

**Le numérique est une technologie impériale.
Que devient-elle quand l'empire vole en éclats ?**

CELIA IZOARD

La voyez-vous, la borne de validation des cartes de transport ? C'est le gros rectangle gris d'environ un mètre cinquante de haut que vous passez à l'entrée du métro. Il y a quelques jours, quand je suis descendue dans une station à Toulouse, des techniciens avaient ouvert ces bornes pour la maintenance. On voyait ce qui est d'ordinaire invisible : l'intérieur. Au milieu de fils de toutes les couleurs, j'ai vu des plaques en epoxy vert d'une quarantaine de centimètres de long. Sur ces cartes électroniques se déploie une sorte de ville à l'américaine : des alignements de points argentés, des lumières rouges, des tours cylindriques, des blocs rectangulaires. Certains de ces rectangles, noirs, entourés de petits traits argentés perpendiculaires, ressemblent à des entrepôts logistiques miniatures avec leurs alignements de camions : voici les puces électroniques, appelées aussi semi-conducteurs ou encore circuits intégrés.

J'ai rencontré Hubert Cros, concepteur de systèmes électroniques pour des entreprises du sud-ouest. Il m'a raconté que dans une borne comme celle-ci, on utilise quelques dizaines de puces. On en trouve près de 160 dans un téléphone, environ 3 500 dans une voiture hybride. Leur puissance de calcul varie considérablement. Une puce de la borne de validation peut contenir jusqu'à 10 000 transistors, mais celles que l'on trouve dans les serveurs des data centers (utilisées par exemple pour les calculs en « intelligence arti-

ficielle ») contiennent autour de 100 milliards de transistors : dix millions de fois plus.

Toujours est-il que cette simple borne destinée à lire une carte de transport, ouvrir la barrière et émettre un bip positif ou un bip négatif selon la validité de la carte, cet objet que l'on peine aujourd'hui à qualifier de « high tech », nécessite déjà près d'un million de composants électroniques à lui seul. À l'intérieur de cet objet inutile, aux finalités marchandes et bureaucratiques, on pourrait retrouver des traces du monde entier : des dizaines de minéraux extraits et raffinés dans des endroits différents, des acides et des solvants venus de partout, des sites de montage et d'assemblage éclatés sur plusieurs continents. À l'image de ces bornes, depuis une quarantaine d'années, la vie dans les pays riches est irriguée par des puces électroniques omniprésentes et invisibles. Dans une brochure d'information pour le grand public, l'association européenne des entreprises de semi-conducteurs (ESIA) se plaît à rappeler que les semi-conducteurs sont indispensables « aux soins médicaux critiques », « aux infrastructures d'eau », « à l'agriculture durable qui nourrit le monde »¹. Dans le même document, elle explique que « la fabrication de semi-conducteurs est l'activité de fabrication la plus complexe que l'on connaisse actuellement. Avant d'atteindre le stade du produit final, une puce peut faire 2,5 fois le tour du monde et traverser 80 frontières ». Comment en sommes-nous arrivés là ?

Il y a des technologies emblématiques de certaines formes politiques. Le métier à tisser mécanique, par exemple, cristallise le capitalisme industriel anglais du XIX^e siècle : le coton produit en Inde, les usines textiles de Manchester alimentées au charbon, les cotonnades vendues aux marchands d'esclaves africains. La puce de silicium, elle, est un pur produit de l'hégémonie néolibérale des puissances occidentales des années 2000. Produire un tel objet nécessite d'avoir

1. ESIA, « Semiconductors : strategic enabler of everyday life », 2024.

amassé des quantités inouïes de capitaux excédentaires (grâce aux réformes néolibérales) et d'être le bénéficiaire ultime de chaînes d'approvisionnement d'une complexité prodigieuse, réparties sur des dizaines de pays. Au fond, la puce est la quintessence du « mode de vie impérial » tel que les sociologues allemands Brand et Wissen l'ont défini : un quotidien où les objets les plus ordinaires sont des produits hypermondialisés reposant sur des relations de pouvoir asymétriques.

C'est la *pax americana* qui a rendu possible la Silicon Valley et ses chaînes d'approvisionnement tentaculaires. Si cette domination mondiale n'avait pas existé, naturalisée au début des années 2000 au point de passer pour « la fin de l'Histoire », si le monde n'avait pas été cet espace de libre-échange commodément organisé pour achalander les multinationales occidentales, il ne serait venu à l'idée de personne de numériser les activités humaines. Il paraît inconcevable de rendre une société entière dépendante, pour sa survie, d'un objet qui repose sur l'activité de dizaines de mines aux quatre coins du monde, franchissant 80 frontières différentes avant d'atteindre le stade du produit final. En d'autres termes : le numérique est une technologie impériale. Que devient-elle quand l'empire vole en éclats ?

Le vent tourne, l'empire occidental se lézarde et se fragmente. Depuis quelques années, la planète n'est plus cette base logistique commode, aménagée par les politiques de la Banque mondiale et du Fonds monétaire international pour achalander les multinationales occidentales. La Chine, deuxième puissance économique mondiale, ne peut plus être considérée comme un sous-traitant de l'électronique. Elle a construit des monopoles sur les métaux critiques et pourrait envahir Taïwan, où la majorité des puces électroniques du monde sont fabriquées. L'hégémonie est terminée, il y a plusieurs empires en concurrence pour les ressources et les marchés. Converties au capitalisme, les classes dirigeantes des BRICS+ (Brésil, Russie, Inde, Chine, Afrique du Sud, Iran,

Égypte, Émirats arabes unis, Indonésie et Éthiopie) veulent des métaux, des semi-conducteurs, etc. pour produire peu ou prou les mêmes objets : des voitures, des avions, des armes, des satellites, des téléphones, des écrans et le reste de l'infrastructure numérique.

En Europe, aux États-Unis, les entreprises exigent de leurs États qu'ils les aident à garantir leur approvisionnement en matières premières et en composants. Qu'ils ouvrent des mines et des usines, qu'ils réindustrialisent les territoires dont ces mêmes entreprises ont déménagé il y a vingt ans pour augmenter leurs profits. En 2022, le gouvernement fédéral des États-Unis a voté un « Chips Act » pour subventionner la production de puces électroniques dans le pays. En 2023, les députés européens votent à leur tour l'European Chips Act, une réplique de cette loi visant à produire sur le continent 20 % de la demande européenne de semi-conducteurs. À Crolles, près de Grenoble, l'État a promis 2,9 milliards d'euros pour subventionner l'agrandissement de l'usine *STMicroelectronics*, un groupe franco-italien dont le siège est en Suisse.

Mais peut-on seulement rapatrier ces chaînes d'approvisionnement mondiales ? Au sein de la classe politique, personne ne semble se poser cette question, pourtant cruciale : est-il possible de produire des puces électroniques dans un seul pays, ne serait-ce que sur un seul continent ? Pas plus qu'on ne se demande sérieusement si on peut produire des batteries électriques, des armes et des satellites à partir d'un seul continent. Est-ce de l'ignorance, du cynisme ? Tout le monde semble avoir oublié que l'industrialisme est fondé sur l'impérialisme – sur les « échanges », comme disent les manuels scolaires. L'industrie automobile française s'est construite avec du caoutchouc et du cuivre congolais, du plomb et du cobalt maghrébins, du nickel kanak, du pétrole moyen-oriental, etc. Les chaînes d'approvisionnement de *STMicroelectronics* d'aujourd'hui sont mille fois plus longues, imbriquées et complexes que celles de l'entreprise Renault dans les années soixante. Le fait que *STMicro*, à Crolles, ait plus

de 6 600 fournisseurs directs² donne une idée de la complexité des process dont dépend ce gigantesque site. La moindre puce de quelques millimètres peut contenir des dizaines de métaux différents : arsenic, tantale, titane, antimoine, gallium.... Pourtant, que ce soit à droite, à gauche ou chez les écologistes, tout le monde applaudit ces investissements de « souveraineté technologique » qu'on appelle même « relocalisations ».

Nous voici à Grenoble, où toute une industrie de l'électricité et de l'électronique est installée de longue date pour bénéficier de l'eau des montagnes. Les entreprises de semi-conducteurs implantées depuis les années 1990 ont régulièrement augmenté leurs prélèvements d'eau, si bien qu'en une décennie, la consommation de STMicro a presque doublé. Et ce alors même que les épisodes de sécheresse se multiplient et s'aggravent. Après l'été 2022, un été caniculaire, le collectif STopMicro est entré en scène en déposant des caisses et des caisses de bouteilles devant Eaux de Grenoble Alpes, la régie chargée du service de l'eau dans l'agglomération. 336 litres exactement, autant que les entreprises STMicroelectronics et Soitec en consommeront à chaque seconde après leur agrandissement. À eux deux, ces sites engloutiront autant d'eau qu'une ville de 400 000 habitants et autant d'électricité qu'une ville de 230 000 habitants.

La population de la région est probablement inquiète de voir disparaître ses ressources en eau, comme la plupart d'entre nous. Mais il y a un mur qui l'empêche de contester cet accaparement, c'est le consensus politique sur la « relocalisation ». *Il faut bien produire des puces. Il vaut mieux les produire ici qu'ailleurs.*

De fait, si vous avez écouté sur France Inter l'interview de Jean-Marc Chéry, PDG de STMicroelectronics, vous devriez être convaincu que cette consommation d'eau va au

2. Combien de tours du monde faut-il pour fabriquer une puce « made in France » ?, *infra*, page 20.

moins servir à produire des puces « made in France »³. Il y a des arguments pour tous les bords politiques : ça évitera des pénuries qui risquent de paralyser l'économie ; les conditions de production seront meilleures à Crolles que chez un sous-traitant asiatique. Répondant aux journalistes, le PDG a laissé entendre que l'usine produisait « plusieurs milliards de puces chaque année » à partir d'une matière première qui serait une « plaquette de silicium ». Tout ceci est faux.

C'était le premier enjeu du colloque des 28 et 29 mars 2025 qu'ont organisé le collectif STopMicro et les Soulèvements de la terre : expliquer en quoi les usines de STMicroelectronics à Crolles et de Soitec à Bernin ne sont qu'une étape d'une chaîne industrielle extrêmement coûteuse et complexe. Elle commence avec l'extraction de quartz dans les rares gisements de quartz de haute pureté qui existent sur la planète. Les étapes de métallurgie nécessaires à la purification de ce minerai de silice durent ensuite plusieurs semaines. D'abord transformé « en silicium métal par addition de carbone issu de charbon ou de bois dans des hauts fourneaux très énergivores⁴ », il est ensuite transformé en polysilicium. « Le polysilicium est alors fondu encore une fois à très haute température en lingots de silicium monocristallin ultra-pur.. Ces lingots seront ensuite découpés en galettes très fines (wafers en anglais). » Ce n'est qu'à ce stade qu'interviennent les usines grenobloises, qui reçoivent ces galettes et y gravent « des milliards de transistors et circuits miniatures par photolithographie (dans l'esprit d'une photo argentique mais en autrement plus complexe) ». À l'issue de ces centaines d'étapes qui durent plusieurs mois dans les salles blanches de l'Isère, ce qui sort du site de STMicroelectronics à Crolles n'est pas encore une puce comme objet séparé. C'est dans d'autres usines dites « OSAT » ou « *back-end* », souvent situées en Asie, que les

3. « Plongée dans le monde des semi-conducteurs », France Inter, émission spéciale à Grenoble, 11/11/2021. 4. Les citations suivantes sont extraites de *Combien de tours du monde faut-il pour fabriquer une puce « made in France » ?*, infra, page 20.

puces sont individuellement découpées, testées et préparées de façon à pouvoir être intégrées à des circuits électroniques. Malgré sa consommation colossale d'eau et d'électricité, la production qui est réalisée dans les Alpes n'est qu'une étape parmi des dizaines d'autres, réparties sur toute la planète.

Une fois établi que la construction ou l'agrandissement d'une usine de semi-conducteurs ne peut pas changer la nature mondialisée de l'électronique, le deuxième enjeu de ce colloque était de déplier le mille-feuille de dominations que contient ce minuscule objet. En tant que technologies impériales, les semi-conducteurs sont des microcosmes. À travers les milliers d'étapes et de substances qui les font exister, ils offrent un instantané mondial des ravages de l'industrie, des dynamiques coloniales et néocoloniales. C'est, par exemple, l'état de guerre permanent de l'est de la République démocratique du Congo dont nous parlent David Maenda Kithoko et Fabien Lebrun. Cette région du Kivu où sont exploités de nombreuses mines artisanales de tantale et d'étain (utilisés dans les condensateurs et les brasures des cartes électroniques) s'est embrasée aux premières heures de la révolution informatique. Les manœuvres des grandes puissances pour bénéficier de cette économie de guerre ont alimenté jusqu'à aujourd'hui le recrutement d'enfants pour la guerre et pour les mines, les viols, les massacres et la déforestation. Parallèlement, l'expansion des marchés des batteries pour les voitures, les data centers et les appareils numériques ont déclenché une ruée sur les gisements de lithium dans les Andes, notamment au nord de l'Argentine, où des dizaines de communautés autochtones résistent à leur déracinement. C'est ce que nous racontent Roger Moreau depuis Salinas Grandes et Azul Blaesotto, venue de Buenos Aires.

Que voit-on d'autre dans ces puces de cristal ? On peut voir s'y refléter les mouvements mécaniques et répétitifs des ouvriers et ouvrières de l'électronique en Chine et en Inde, racontées par Agnès Crépet, qui étudie cette industrie

depuis dix ans au sein de l'entreprise Fairphone. Ou encore y voir scintiller les eaux cristallines des lacs des communautés Innus et Inuits de l'extrême nord du Québec, et imaginer la colère des habitant-es du port de Sept-Îles face à un projet d'extraction de terres rares dans des gisements radioactifs. Marc Fafard a traversé l'Atlantique pour venir raconter l'éternel retour de ces entreprises minières dans la région. Elles comptent cette fois extraire du gallium, le métal dont sont faites les nouvelles générations de puces électroniques, dont les performances continuent à doubler tous les deux ans, conformément à la loi de Moore que les puissances économiques font implacablement respecter dans le monde.

À partir de tous ces récits, on comprend aisément que plus on laisse les entreprises disséminer des cartes électroniques dans tout ce qui nous entoure, plus augmentent les accaparements et l'intoxication – à Crolles, à Salinas Grandes, à Sept-Îles et ailleurs – mais aussi le risque de plus en plus évident de guerre des ressources entre puissances économiques rivales. C'est pour mettre la main sur des gisements de terres rares et autres minerais indispensables au numérique que l'administration Trump menace d'occuper le Groenland. C'est pour se procurer le pétrole nécessaire à la course à l'IA et à l'armement qu'elle attaque le Venezuela. Dans ce monde dominé par l'industrie du numérique, du fait des usages et des objets qu'elle impose, chaque puissance économique aurait besoin d'au moins deux continents pour s'approvisionner en ressources. Ce sont les taux de croissance de ce secteur qui nous enferment chaque jour un peu plus dans ce tunnel « hyperloop » au bout duquel il y a la guerre. En retour, cet horizon de l'affrontement inéluctable renforce encore la croissance du numérique, devenu le système nerveux de technologies militaires contemporaines.

Aussi, qu'elle soit prônée par la Chine, les Etats-Unis ou l'Europe, «la souveraineté technologique» ne désigne pas une quête d'autosubsistance qui aurait pour corollaire de laisser le reste du monde en paix, une forme d'autosuffisance

technique et matérielle. La « souveraineté » désigne en réalité le renforcement impérial et la course à l'armement. Le troisième enjeu de ce colloque et de la manif'action qui a suivi est donc devant nous, et pour longtemps. Plutôt que de croire les contes pour enfants de « l'industrie relocalisée », nous devons faire cesser la mise sous dépendance généralisée que crée chaque nouveau service numérisé : l'école des écrans, la e-médecine, les cerveaux perfusés par IA, et ainsi de suite. Ces entreprises en apparence toutes-puissantes ont des vulnérabilités : le risque de désaffection, la révolte des usagers contre la colonisation de la vie par ces technologies pourrait en être une, si des événements aussi riches et festifs que ceux de Grenoble se multipliaient. Dans une perspective plus réaliste, l'autre vulnérabilité évidente de ce secteur est précisément ce que le travail du collectif STopMicro a contribué à mettre en lumière : la fragilité croissante de ses chaînes d'approvisionnement à mesure que le contexte géopolitique se fait plus volatile. Elles pourraient être déstabilisées par la multiplicité des conflits et des résistances qu'elles ont déclenchées, depuis les mines jusqu'aux data centers, si la solidarité internationale parvenait à les amplifier et à les relier comme autant de maillons.

Celia Izoard est journaliste et philosophe, spécialiste des nouvelles technologies au travers de leurs impacts sociaux et écologiques. Elle est l'auteur de Merci de changer de métier. Lettre aux humains qui robotisent le monde (Éditions de la Dernière lettre, 2020), co-auteur de La machine est ton seigneur et ton maître (Agone, 2015). Elle a traduit et postfacé 1984 de George Orwell (Agone, 2021). Son dernier livre, La Ruée minière au XXI^e siècle. Enquête sur les métaux à l'ère de la transition (Seuil, 2024)⁵ a reçu le « coup de cœur du jury » du prix du Livre d'écologie politique 2024.

5. Des mines pour sauver la planète ?, *infra*, page 240.