

Le lithium géothermal alsacien au cœur de la transition énergétique

Lithium de France
GEOHERMAL

15 mai 2023

Romain MILLOT, Directeur Scientifique

Observatoire Hommes Milieux Fessenheim

LabEx BRHHM

cnrs

Université de Strasbourg

Les lundis de l'OHM

Cycle de conférence de l'OHM Fessenheim

Le lithium géothermal alsacien au cœur de la transition énergétique

1- Quel est le contexte , quels sont les enjeux...

2- Le Lithium ? ...

3- Le projet de **Lithium de France en Alsace.**

Quel est le contexte ?



Transition énergétique et écologique

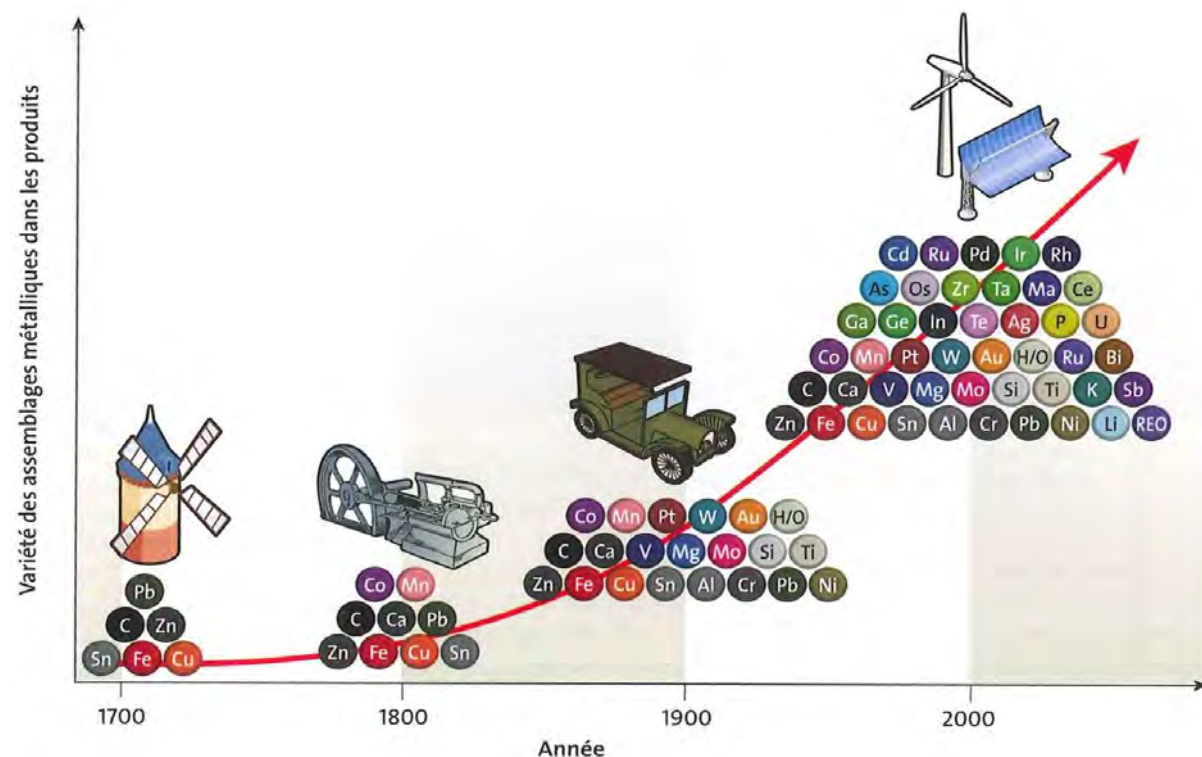


Transition numérique



Croissance économique

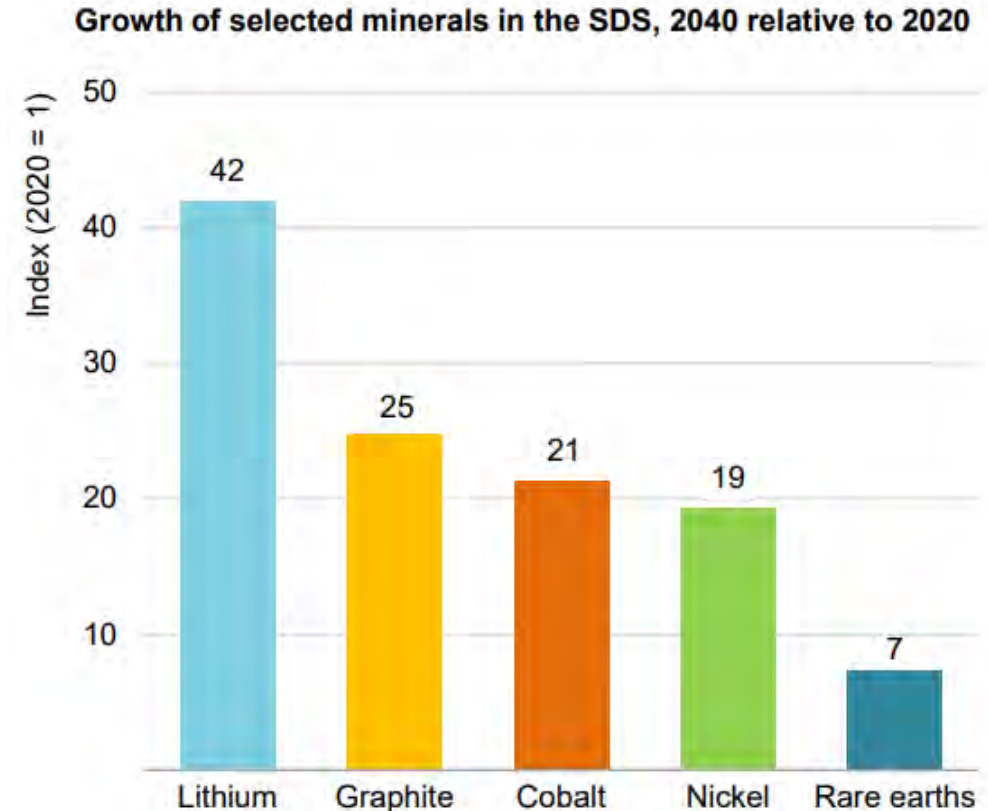
- Les nouvelles technologies sont très gourmandes en ressources minérales → **augmentation forte de la demande**
- Les technologies innovantes reposent sur des matériaux finalisés de plus en plus complexes → **métaux mineurs ou rares / exigences de pureté**



Evolution de la quantité de substances minérales utilisées dans quelques technologies majeures (source : Van Schaik et Reuter, 2012)

La transition énergétique va nécessiter des métaux

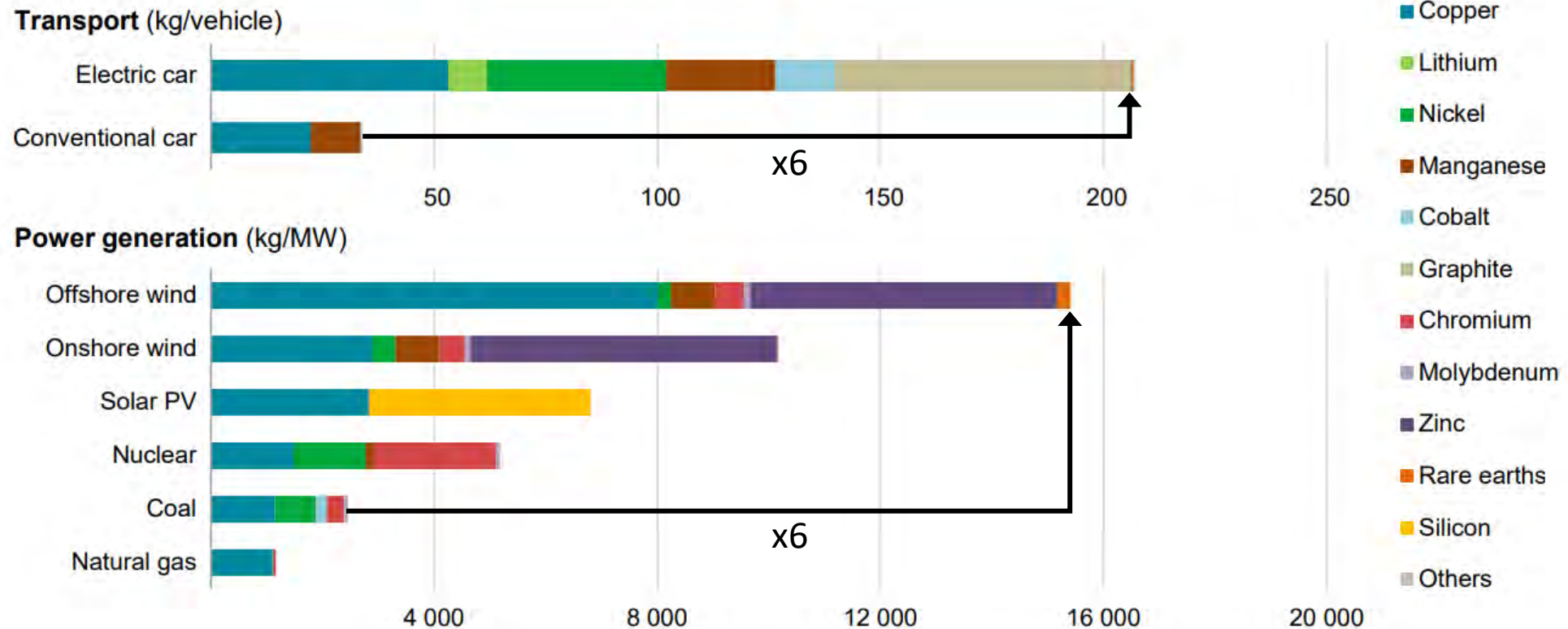
- **Les clés de la transition énergétique :**
 - amélioration de l'efficacité énergétique
 - production d'énergie bas-carbone
 - développement de réseaux intelligents et de capacités de stockage
- La transition énergétique se traduit par **une forte augmentation des besoins en métaux** qui concerne aussi bien
 - les métaux "historiques" (Cu, Al...)
 - que "nouveaux" (Li, Mn, Co...)



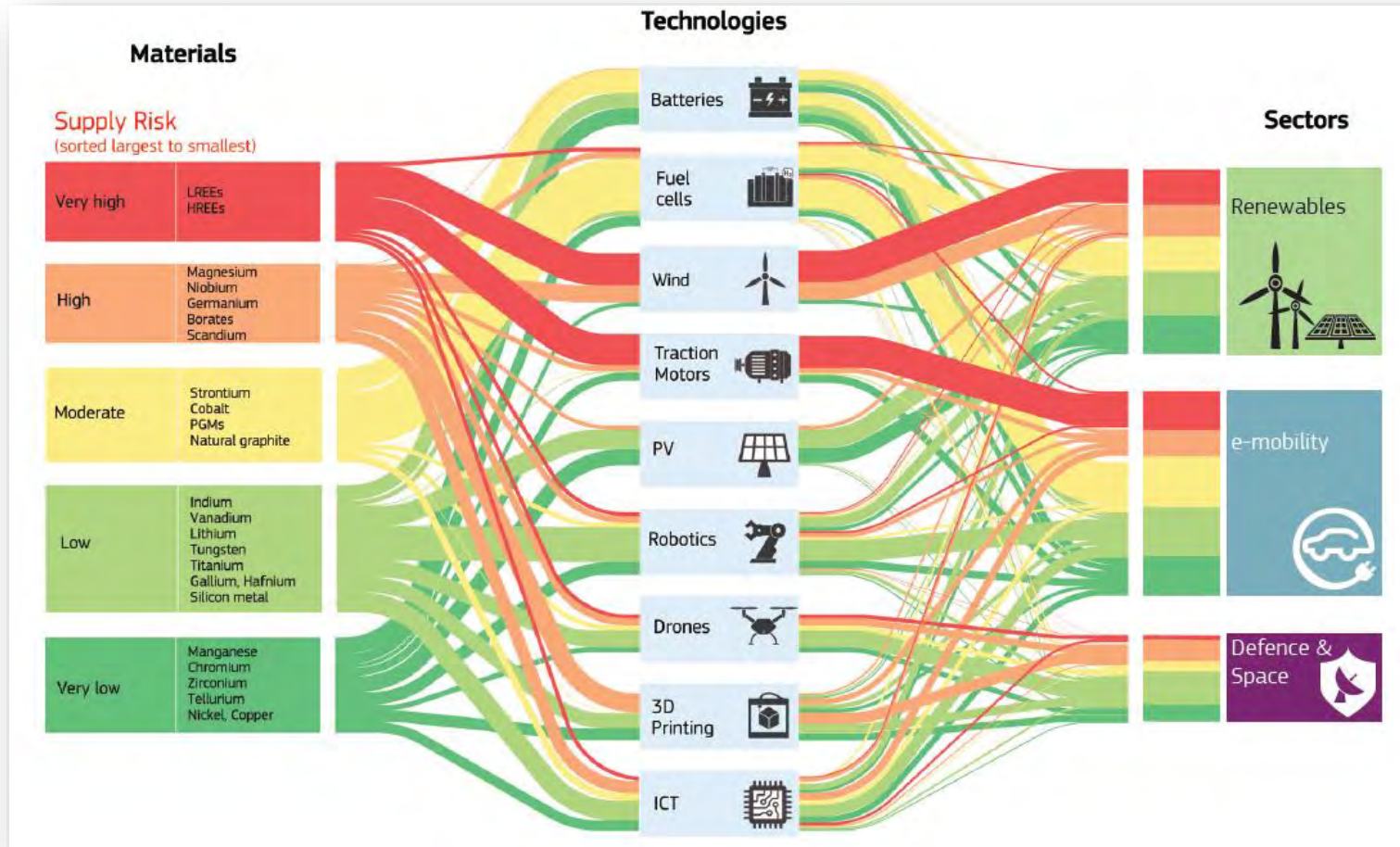
Demande en substances minérales pour l'utilisation d'énergies bas carbone par scénario (source IEA)

La transition énergétique va nécessiter des métaux

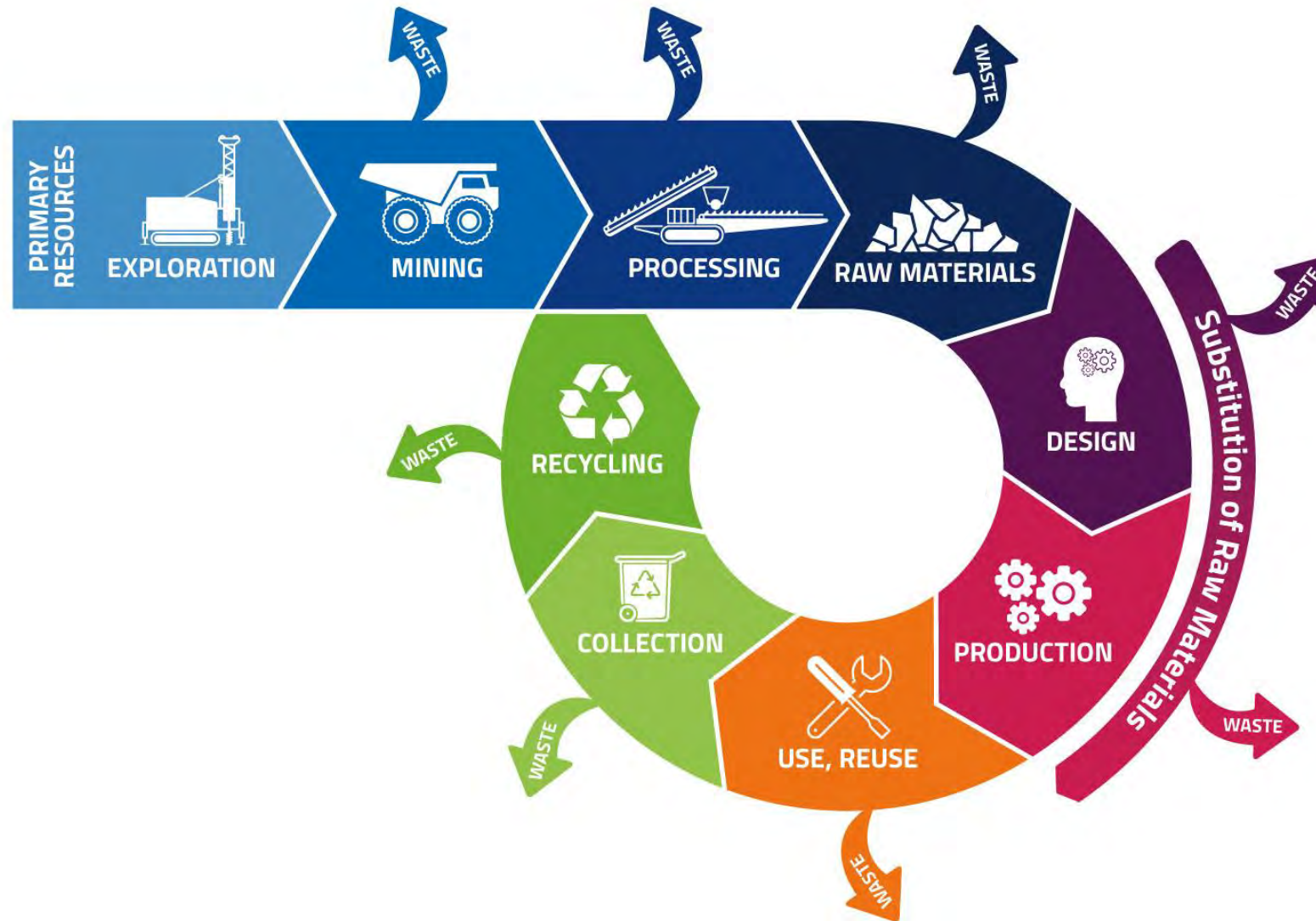
→ Les nouvelles technologies de production d'énergie bas-carbone et la mobilité électrique sont fortement demandeuses en métaux



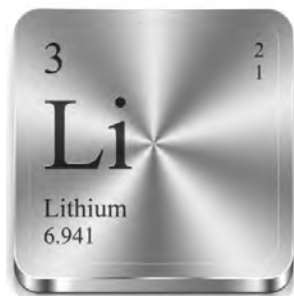
Quel est le contexte ?



Chaîne de valeur du lithium



Le lithium ?



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|-----------|--------|----------|---------|-----------|--------|-----------|---------|-----------|---------|----------|---------|-----------|--------|-----------|----------|-----------|---------|------------|---------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | H | He | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 1.00794 | 4.002602 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 10.811 | 12.0107 | 14.00674 | 15.9994 | 18.9984032 | 20.1797 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 26.581538 | 28.0855 | 30.973761 | 32.066 | 35.4527 | 39.948 |
| 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | | | | |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | | | | |
| 39.0983 | 40.078 | 44.955912 | 47.867 | 50.9415 | 51.9961 | 54.938049 | 55.845 | 58.933200 | 58.6534 | 63.545 | 65.39 | 69.723 | 72.61 | 74.92160 | 78.96 | 79.504 | 83.80 | | | | |
| 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | | | | |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | | | | |
| 85.4678 | 87.62 | 88.90584 | 91.224 | 92.90638 | 95.94 | (98) | 101.07 | 102.90550 | 106.42 | 196.56655 | 112.411 | 114.818 | 118.710 | 121.760 | 127.60 | 126.90447 | 131.29 | | | | |
| 55 | 56 | 57 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | | | | |
| Cs | Ba | La | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | | | | |
| 132.90545 | 137.327 | 138.9055 | 178.49 | 180.9479 | 183.84 | 186.207 | 190.23 | 192.217 | 195.078 | 196.56655 | 200.59 | 204.3833 | 207.2 | 208.58038 | (209) | (210) | (222) | | | | |
| 87 | 88 | 89 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | | 114 | | 116 | | 118 | | | | |
| Fr | Ra | Ac | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | (269) | (272) | (277) | | (289) | (287) | (289) | | (293) | | | | |
| (223) | (226) | (227) | (261) | (262) | (263) | (262) | (265) | (266) | (269) | (272) | (277) | | (289) | (287) | (289) | | (293) | | | | |

- Le lithium est un métal blanc argenté qui appartient au groupe des **métaux alcalins** et qui est le léger et le plus réactif d'entre eux.
- À la fin du XXe siècle, le lithium est devenu un **matériau important**.
- Il est utilisé dans les batteries lithium-ion en raison de son **potentiel électrochimique élevé**.

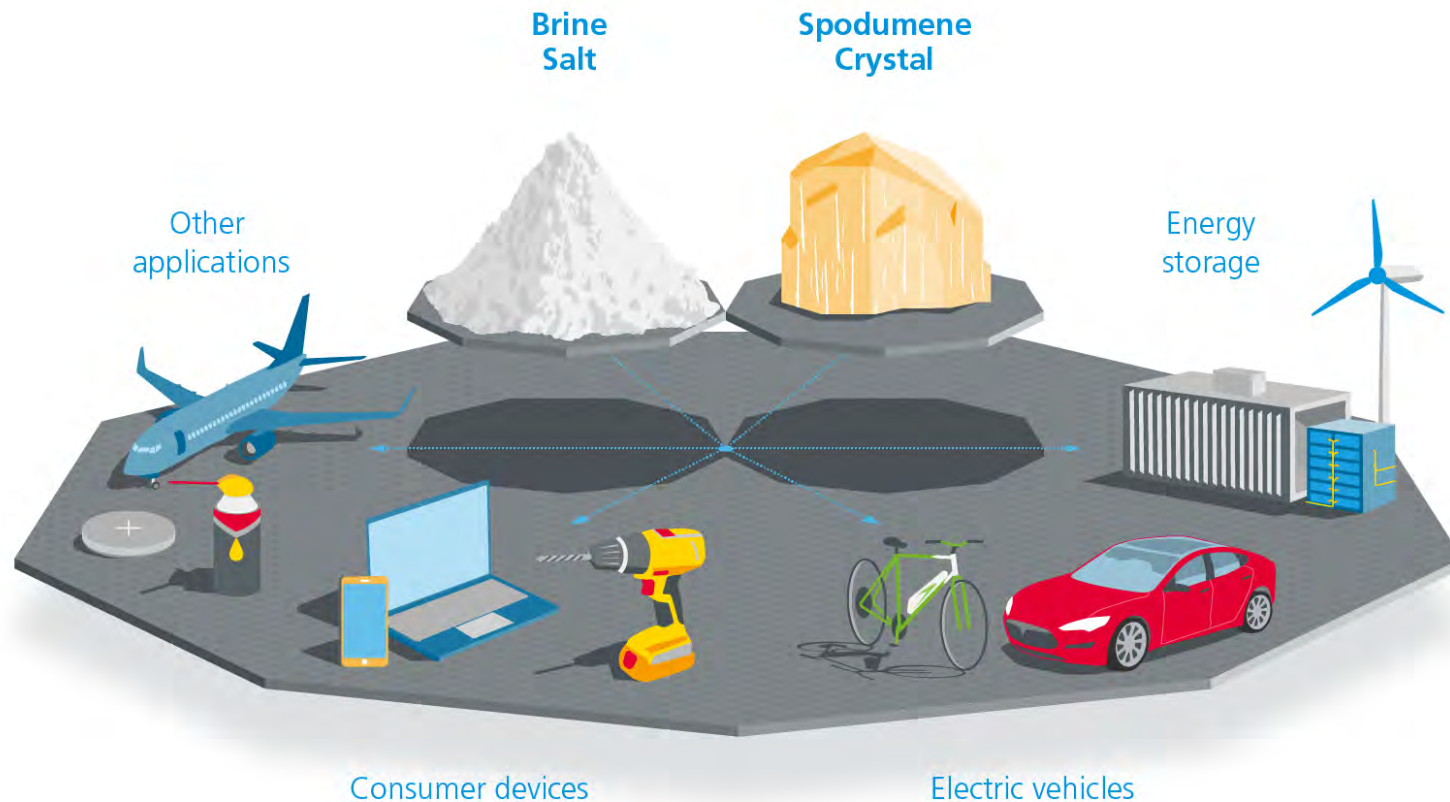


| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------|----------|-------|--------|---------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|---------|
| 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 |
| Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu |
| 140.116 | 140.50765 | 144.24 | (145) | 150.36 | 151.964 | 157.25 | 158.92534 | 162.50 | 164.93032 | 167.26 | 168.93421 | 173.04 | 174.967 |
| 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 |
| Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |
| 232.0381 | 231.036888 | 238.0289 | (237) | (244) | (243) | (247) | (247) | (251) | (252) | (257) | (258) | (259) | (262) |

Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission

Le lithium ?

Sources of lithium and its applications



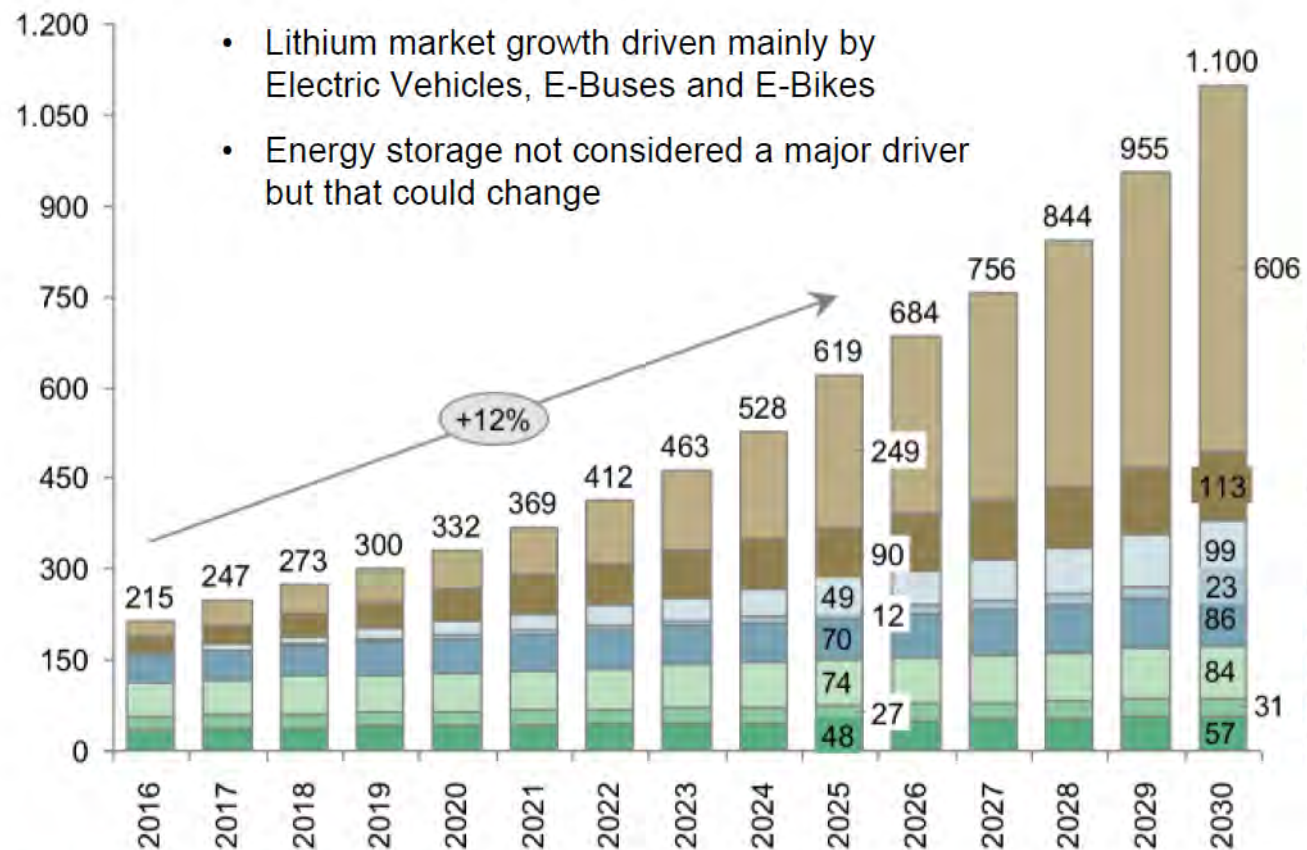
Le Lithium a une importance stratégique pour de nombreuses **applications industrielles**, notamment pour son utilisation dans les domaines suivants

- dans le **stockage de l'énergie**
- dans la production de **batteries** pour les appareils mobiles (ordinateurs, tablettes, smartphones)
- **les véhicules électriques**

Lithium: la demande explose

Demand (LCE kt)

- Lithium market growth driven mainly by Electric Vehicles, E-Buses and E-Bikes
- Energy storage not considered a major driver but that could change



Source: Boston Consulting Group > Metals - mining



Electric Vehicles

E-Buses

E-Bikes

Energy Storage

Consumer Bat.

Ceramics

Greases

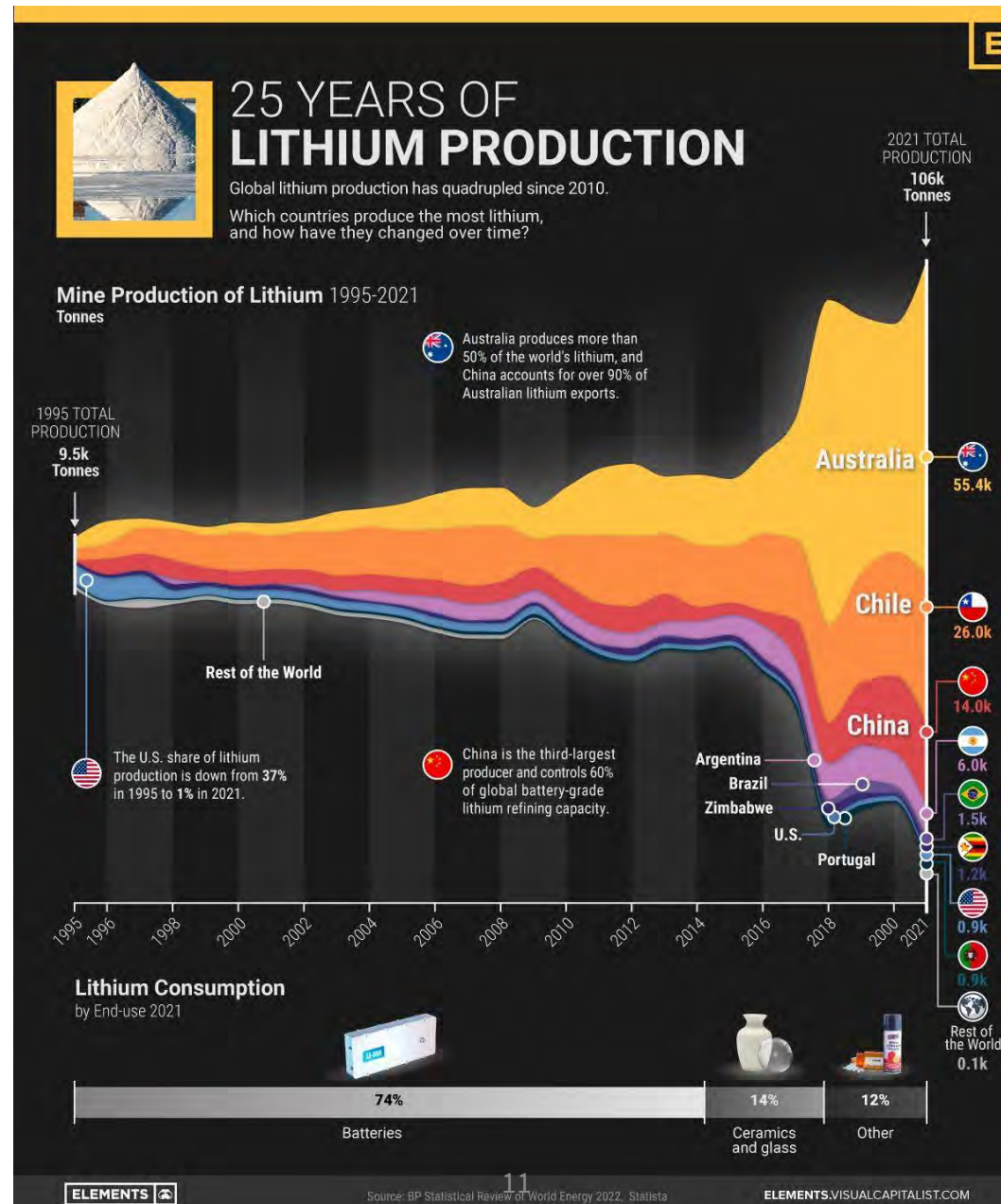
Other



11

Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission

Lithium : la production augmente



Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission

Lithium de France
GEOTHERMAL

Lithium: lacs salés/salars

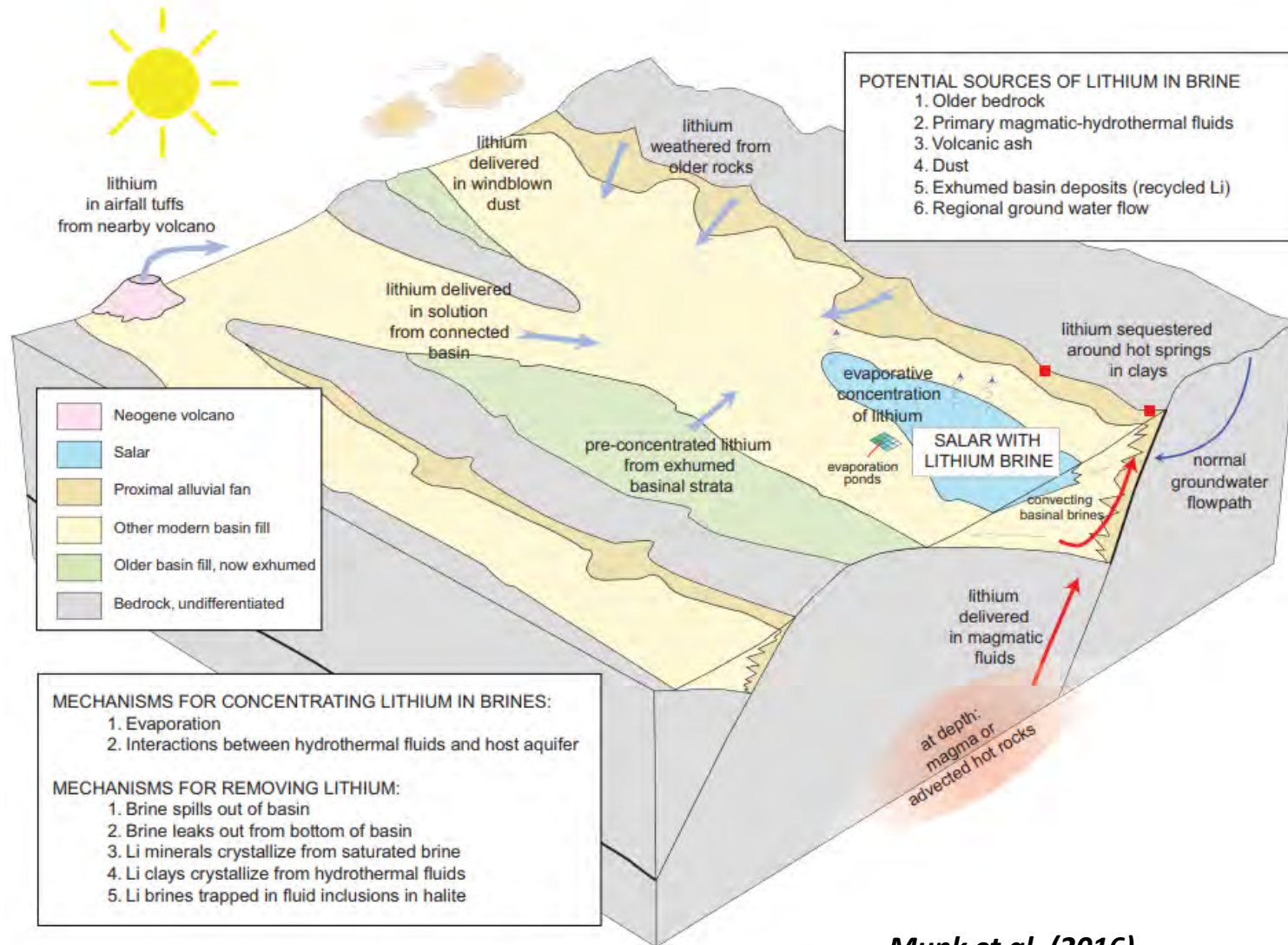


Economist.com



**Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission**

Lithium: lacs salés/salars



Munk et al. (2016)
Reviews in Economic Geology

Lithium dans les roches



pegmatites



granites

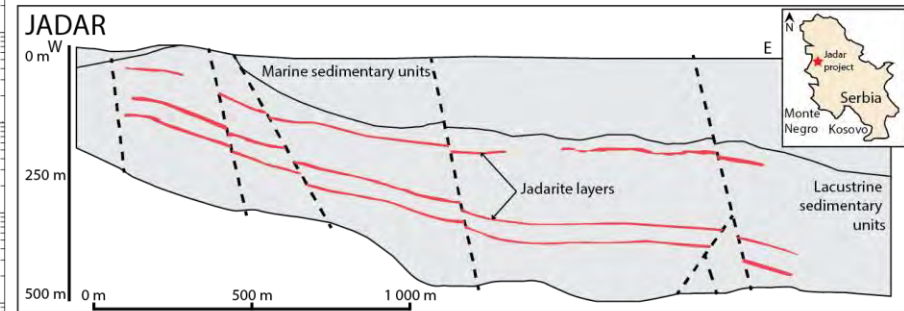
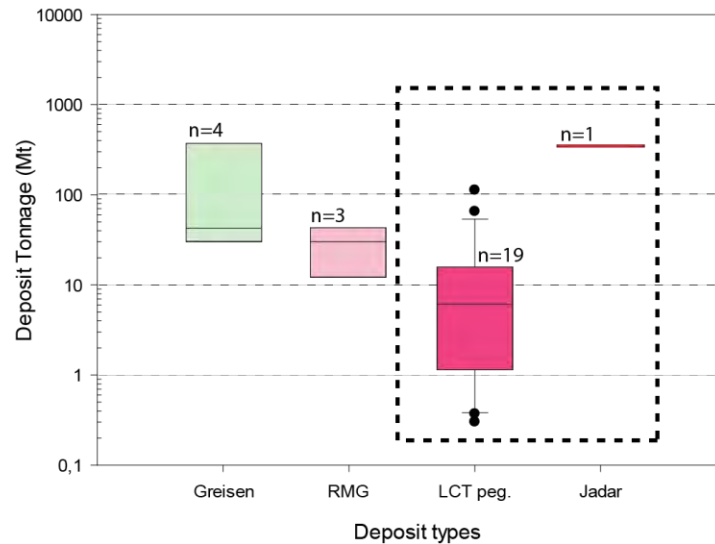
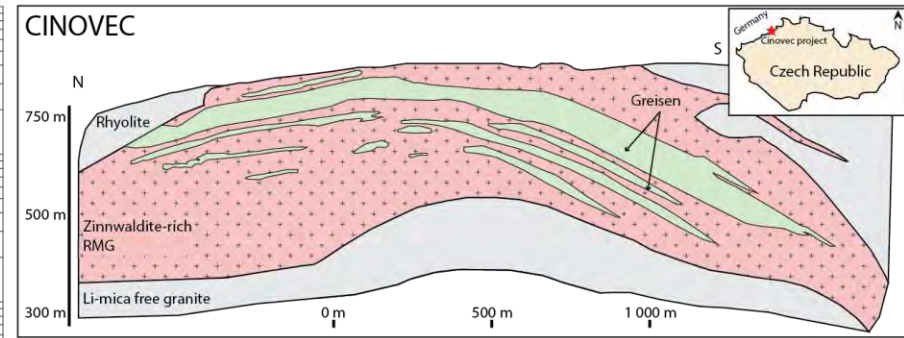
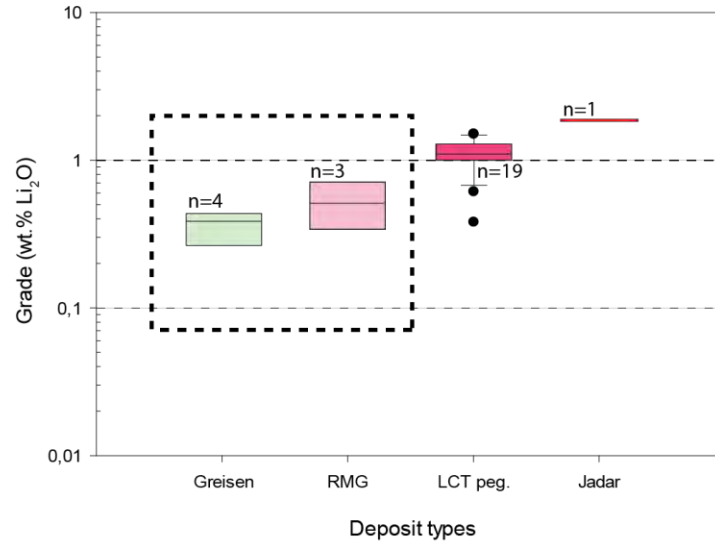
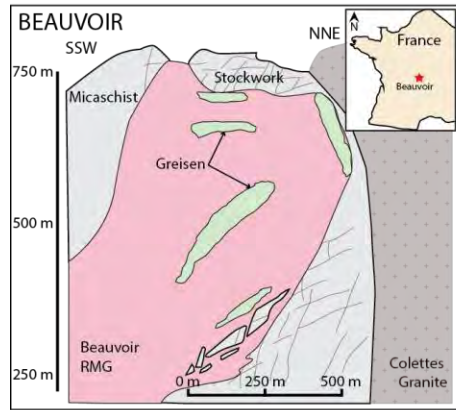


spodumene
petalite
lepidolite





Lithium

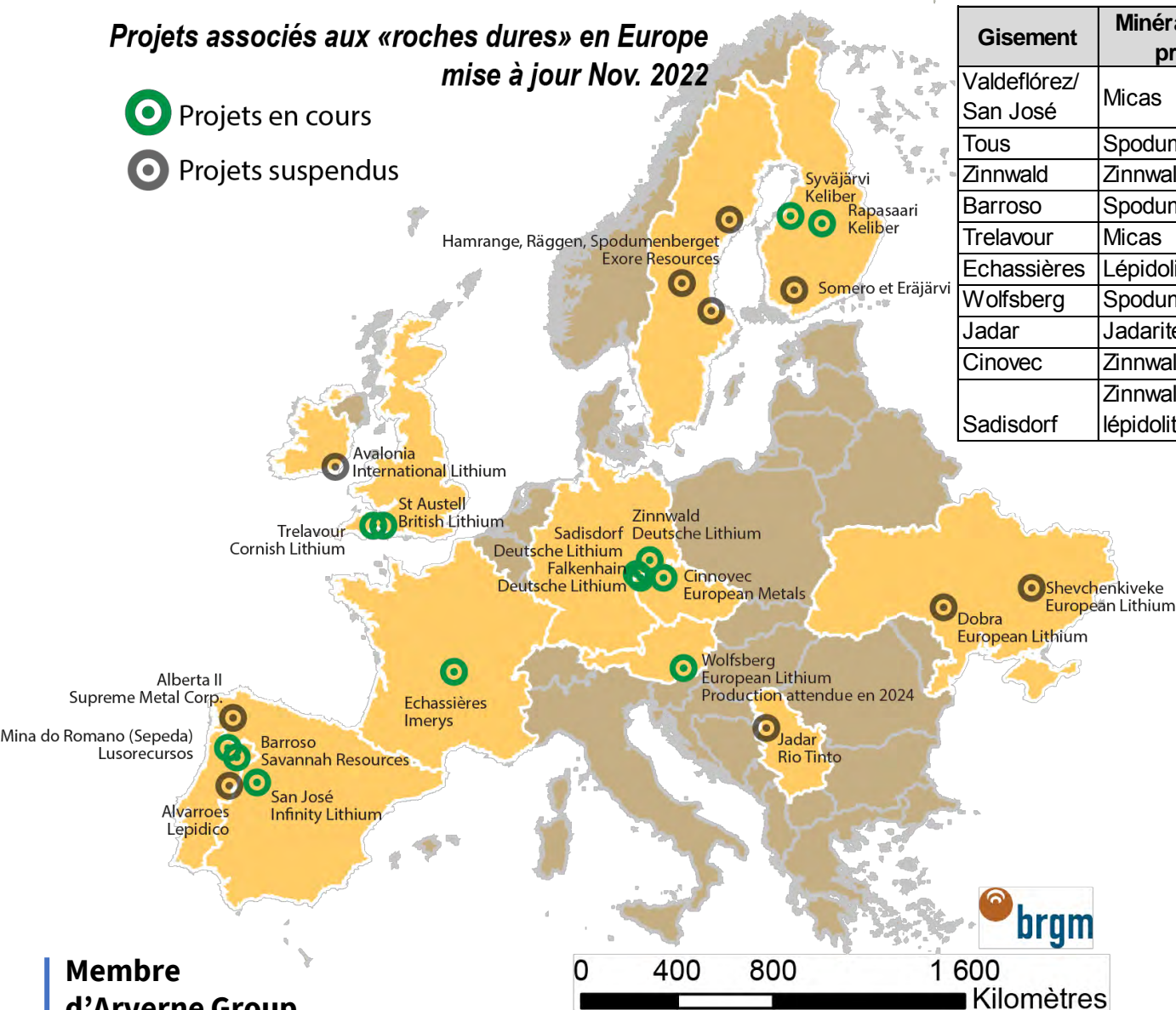
Lithium dans les roches



Lithium dans les roches

Projets associés aux «roches dures» en Europe mise à jour Nov. 2022

-  Projets en cours
-  Projets suspendus



| Gisement | Minéral porteur principal | Compagnie | Pays | Quand |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|--------------------|-------|
| Valdeflórez/ San José | Micas | Infinity Lithium Corporation Ltd | Espagne | 2023 |
| Tous | Spodumene | Keliber | Finlande | 2025 |
| Zinnwald | Zinnwaldite | Zinnwald Lithium | Allemagne | 2026 |
| Barroso | Spodumene | Savannah Resources | Portugal | 2026 |
| Trelavour | Micas | Cornish Lithium | Grande-Bretagne | 2026 |
| Echassières | Lépidolite | Imerys | France | 2028 |
| Wolfsberg | Spodumene | European Lithium | Autriche | 20XX |
| Jadar | Jadarite | Rio Tinto | Serbie | 20XX |
| Cinovec | Zinnwaldite | European metals | République Tchèque | 20XX |
| Sadisdorf | Zinnwaldite, lépidolite | Zinnwald Lithium | Allemagne | 20XX |

Lithium, quel est l'impact ?

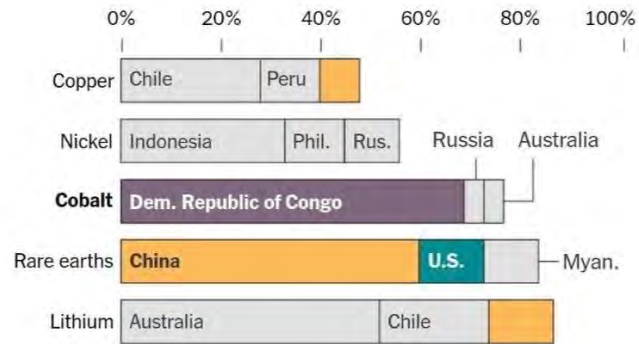


- **Émissions de CO₂**
- **Préservation de la biodiversité**
- **Usage du sol et sous-sol**
- **Consommation d'H₂O**
- **Consommation de réactifs**
- **Génération de déchets**

Lithium, quel est l'impact ?

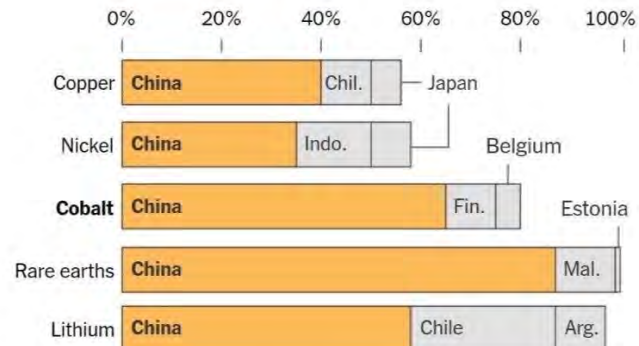
Where Clean Energy Metals Are Produced

Production of key mineral resources is highly concentrated today. Charts show top three producers.



And Where They Are Processed

China dominates the refining and processing of key metals.



Source: International Energy Agency - By The New York Times

Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission

THE CONVERSATION

L'expertise universitaire, l'exigence journalistique

Culture Économie + Entreprise Éducation **Environnement** International Politique + Société Santé Science Podcasts

En anglais

Relocaliser l'extraction des ressources minérales : en Europe, les défis du lithium

Publié: 1 juin 2020, 19:20 CEST - Mis à jour le : 4 août 2021, 11:54 CEST



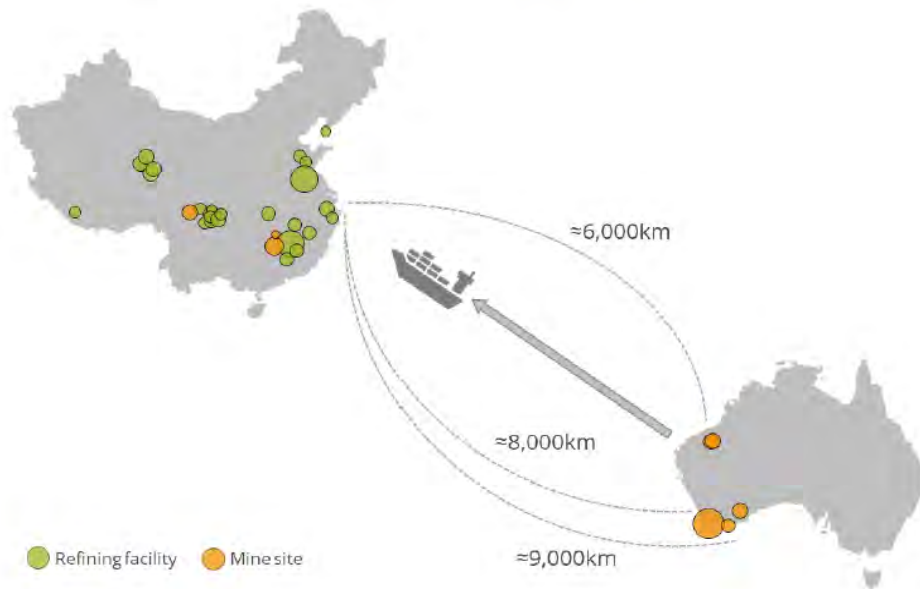
Un ouvrier dans la mine de Barroso, près de Boticas dans le nord du Portugal, le 3 septembre 2018. Francisco Leong/AFP

auteurs

- Romain Millot
Chercheur, géochimiste, BRGM
- Blandine Gourcerol
Chercheuse, BRGM
- Eric Gloaguen
Researcher at BRGM and associated researcher at ISTO, BRGM
- Gaetan Lefebvre
Chercheur, BRGM
- Jérémy Melleton
Chercheur, BRGM

Impact CO₂ et ressource traditionnelle

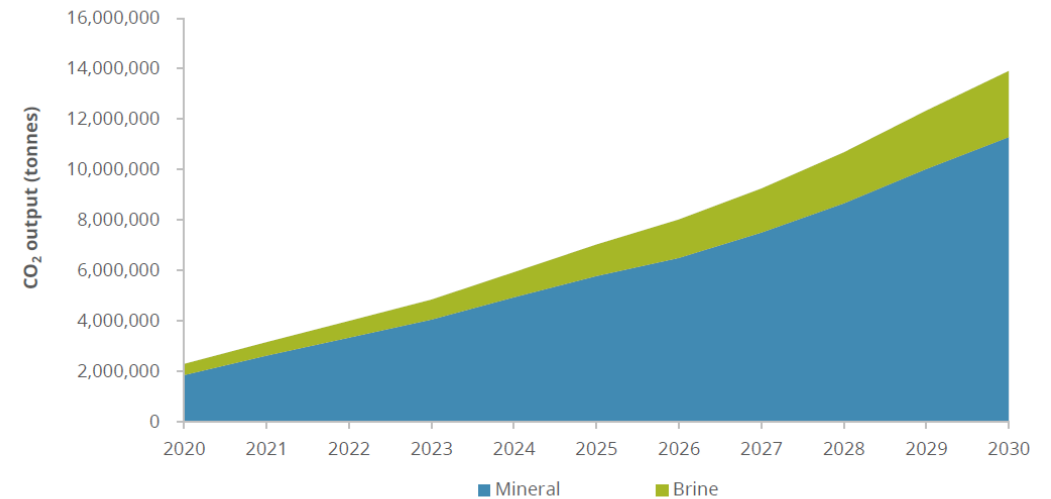
Shipping distances between Australian mineral producers and Chinese refining facilities



Source: Roskill – Lithium Cost Model Service
 Note: Bubble size represents the capacity of mineral producers or refining facility.
 This graphic accounts for both lithium carbonate and lithium hydroxide (and combined) refining facilities.

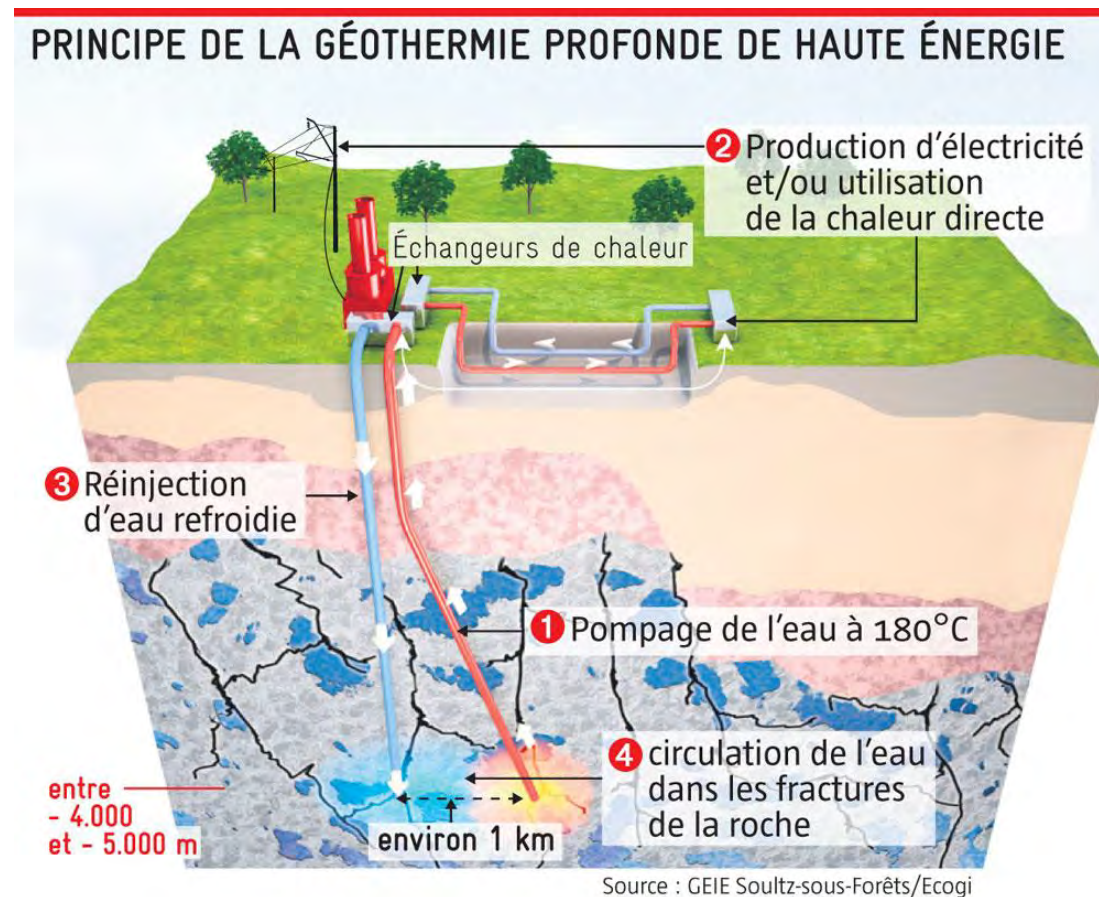


Forecast CO₂ emissions from the lithium supply chain, 2020-2030



Source: Roskill

Ressource non-traditionnelle → eaux géothermales



Fossé Rhénan

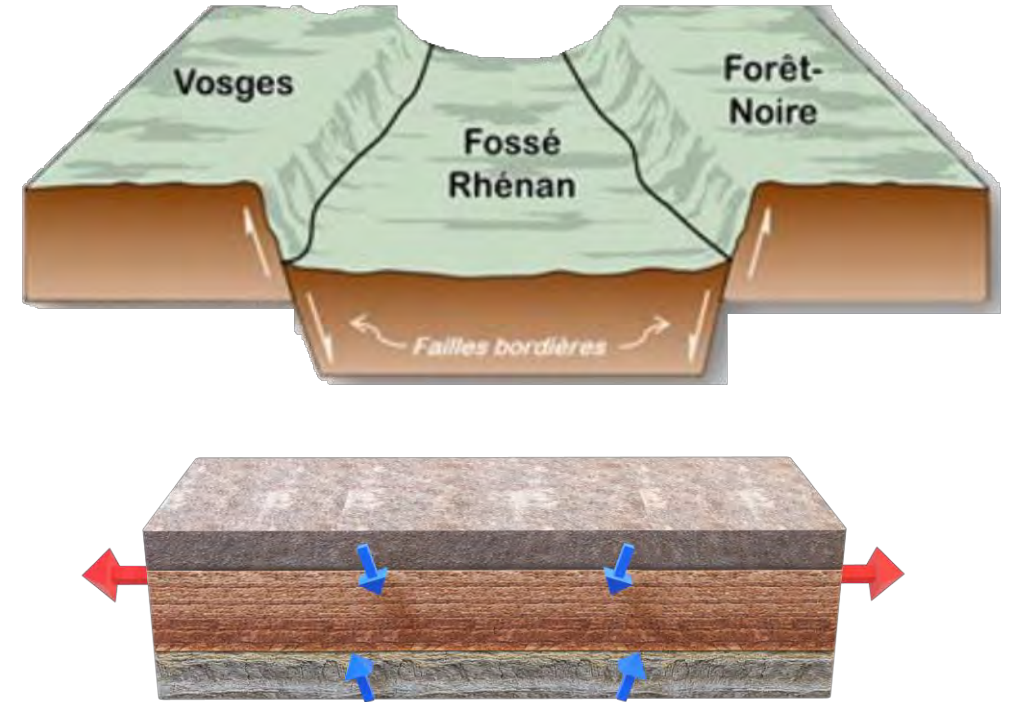
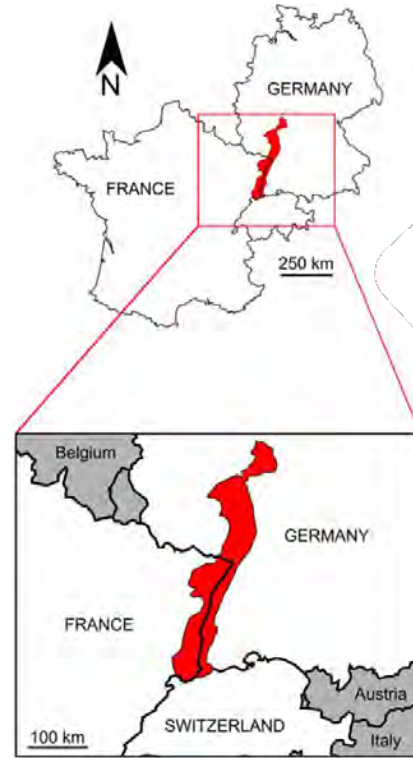
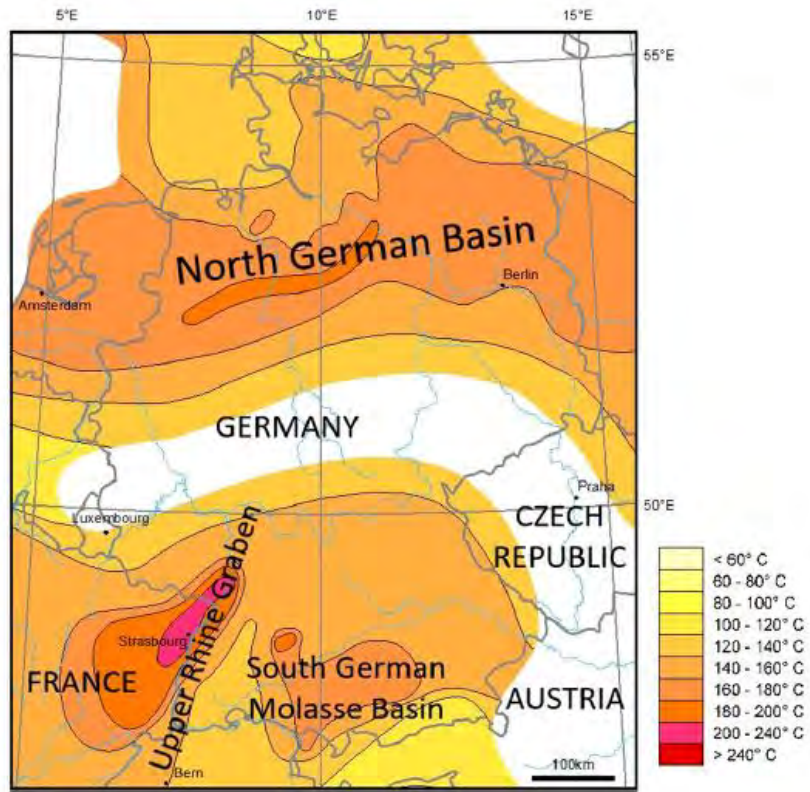
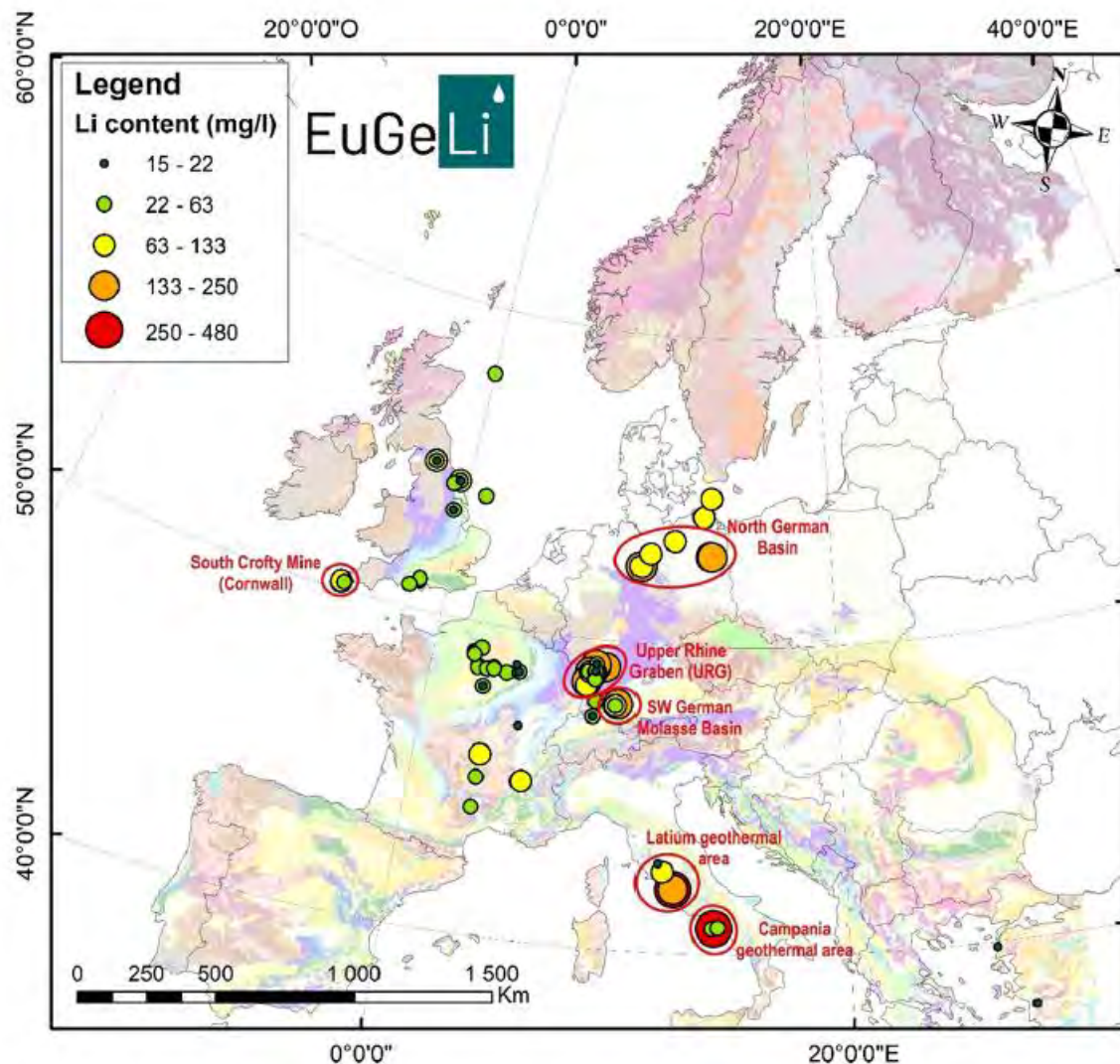
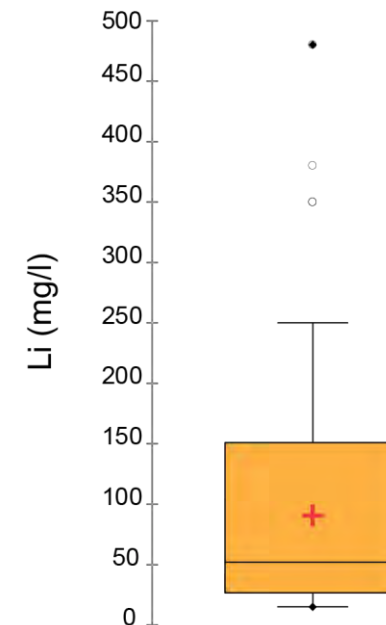


Fig. 3. Map of temperatures extrapolated at a 5 km depth (based on [Hurtig et al., 1992](#)).

Ressource non-traditionnelle → eaux géothermales



- Seules six zones avec des fluides profonds indiquant des concentrations de **Li > 90 mg/l** ont été trouvées en Europe
- Zones géothermiques en **Italie** (Cesano, Campi Flegrei,...)
- Fossé rhénan supérieur (URG) en **France** (Soultz-sous-Forêts, Rittershoffen, Cronenbourg...) et en **Allemagne** (Insheim, Landau, Bruchsal...)
- Zones du bassin de la Molasse du sud-ouest et site géothermique de Groß Schönebeck en **Allemagne**
- Mine de South Crofty en Cornouailles, au **Royaume-Uni**



Fiche de Recette

NOM DE LA RECETTE
Lithium géothermal



CUISINE
Sous-sol alsacien

TEMPS DE PRÉPARATION
300 Ma

TEMPS DE CUISSON
**??
T = 200°C**

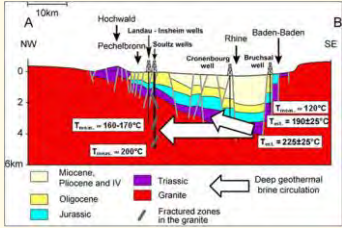
OUTILS À UTILISER

INGRÉDIENTS

 & 

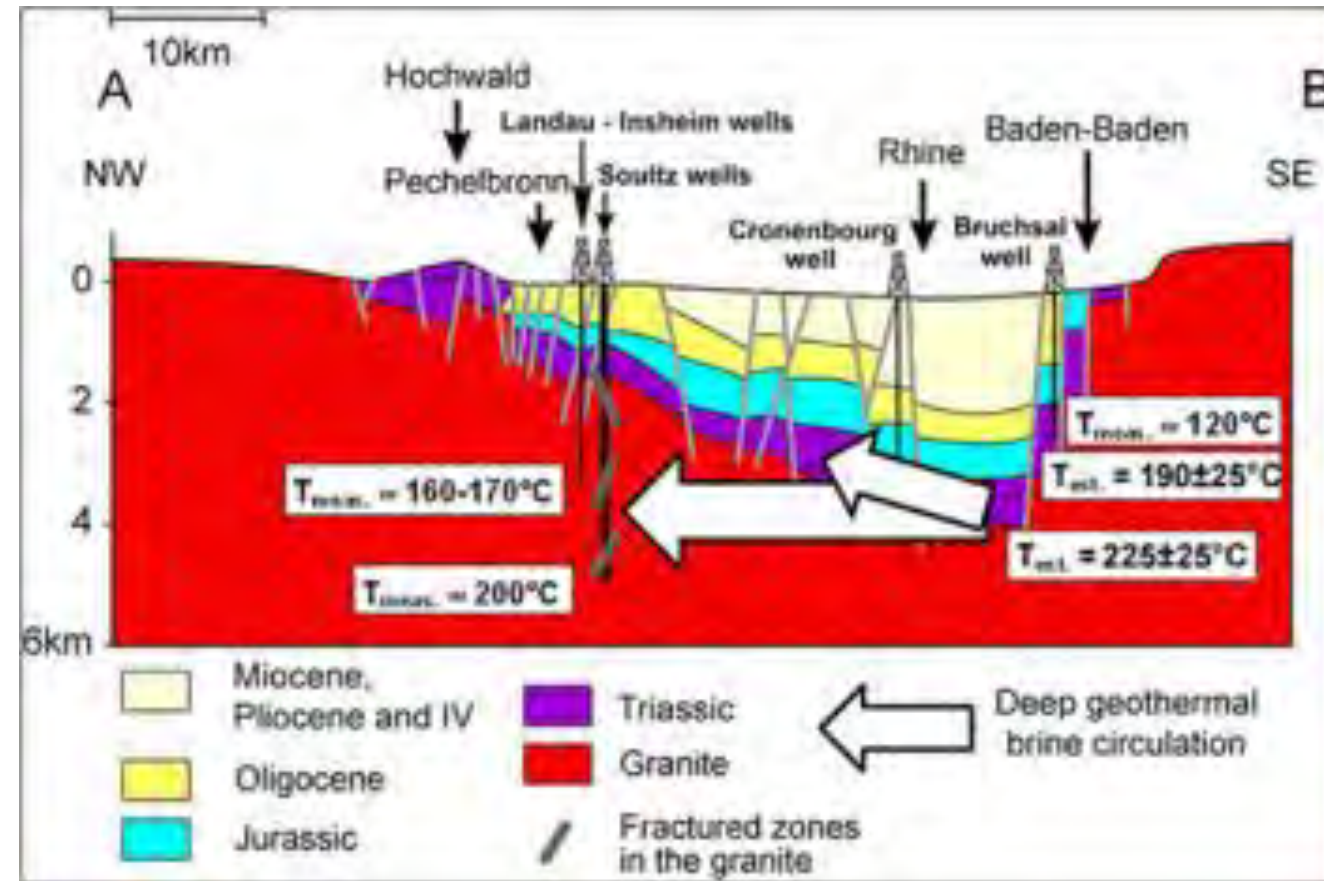
eau & **roche**

PROCÉDURE



Lithium géothermal

- saumures formées par évaporation d'eau de mer pendant les périodes sèches et chaudes, et mélangées à des eaux douces, avec probablement une dissolution de halite (par exemple, les formations du Trias).
- Les principales espèces aqueuses réactives sont contrôlées par les processus d'interaction hydrothermale eau-roche à moyenne et haute température.
- Les processus d'interaction fluide-roche sont généralement dominés
 - la dissolution du plagioclase et du feldspath K, suivie de l'albitisation de ces minéraux,
 - la dissolution des micas (biotite/muscovite),
 - et la précipitation d'illites et la chloritisation.

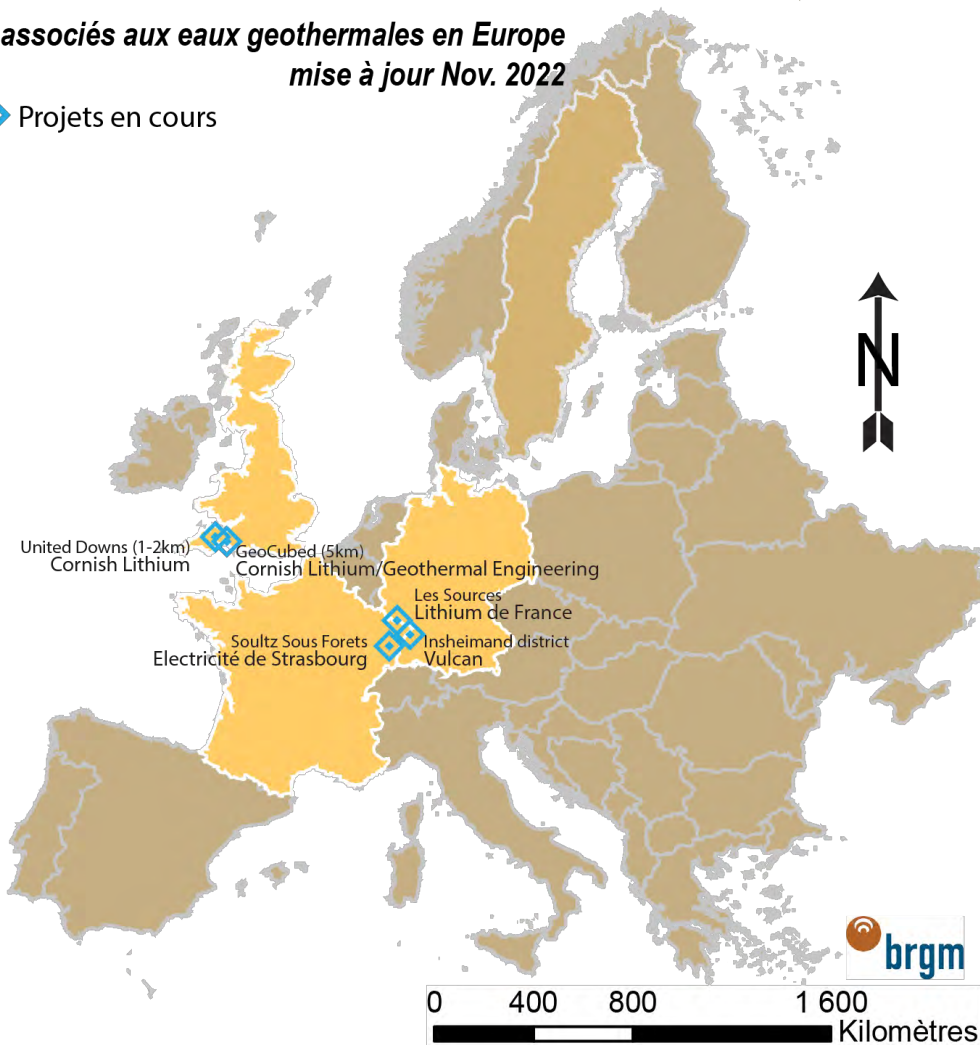


Coupe transversale schématisique NW-SE du fossé rhénan supérieur dans lequel plusieurs puits profonds ont été signalés. (Le Carlier et al., 1994; Sanjuan et al., 2010; 2016)

Ressource non-traditionnelle → eaux géothermales

Projets associés aux eaux géothermales en Europe
mise à jour Nov. 2022

 Projets en cours



| Gisement | Compagnie | Pays | Technologie | Produit final | Quand | Ressources estimées |
|-------------------|--|-----------------|---------------------------|----------------------|-------|---------------------|
| Taro/Ortenau | Vulcan | Allemagne | Direct Lithium Extraction | Hydroxyde de lithium | 2024 | 15,85Mt LCE |
| United Downs | Cornish lithium | Grande-Bretagne | Direct Lithium Extraction | Hydroxyde de lithium | 20XX | |
| GeoCubed | Cornish Lithium/Geothermal Engineering | Grande-Bretagne | Direct Lithium Extraction | Hydroxyde de lithium | 20XX | |
| Soutz sous Forêts | Electricité de Strasbourg | France | Direct Lithium Extraction | Carbonate de lithium | 20XX | |
| Les Sources | Lithium de France | France | NC* | Hydroxyde de lithium | 20XX | |

*NC : non communiqué

Lithium de France, 1^{er} opérateur indépendant français de **chaleur** & de **lithium géothermal**

Une équipe & un projet

- Une équipe réunissant les meilleurs experts du sous-sol, de la géothermie et de l'énergie
 - Un projet environnemental & économique pour le Bas-Rhin, pour ses communes
 - Siège social et bureaux situés à Bischwiller
- Actionnaire fondateur majoritaire : **Arverne Group**, entreprise à mission et énergéticien français spécialisé dans la géothermie

Chaleur + lithium

Un double atout pour l'environnement



Une énergie

- **Locale**
- **Continue**
- **Renouvelable**
- **Multi-usages (industries, collectivités, particuliers)**

- **D'origine géothermale (non-rocheux)**
- **Activité non minière : extraction par puits (70 cm de diamètre)**
- **Impact environnemental faible :**
 - **artificialisation des sols réduite,**
 - **consommation d'eau limitée,**
 - **peu de matériaux utilisés**

Lithium de France, chaleur et lithium géothermal

Notre ambition est de soutenir la création d'une filière industrielle française de production décarbonée de lithium à partir des saumures géothermales...

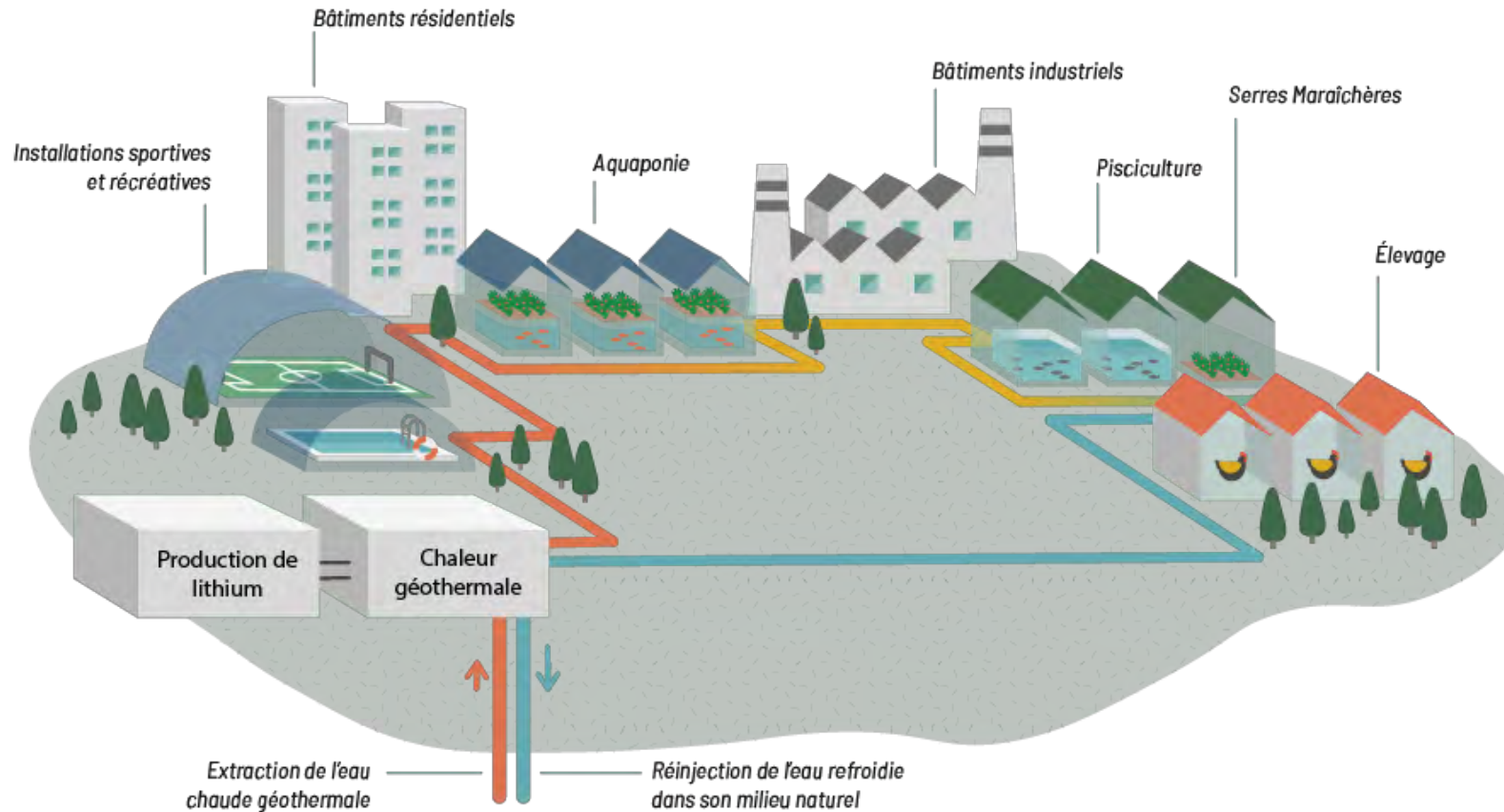
Bénéfices clés : 

- Une réponse industrielle aux **enjeux de souveraineté de la France** et de l'Europe vis-à-vis d'une partie des besoins en approvisionnements en lithium
- Une production de **lithium bas carbone** (pas d'émission de GES)
- La production simultanée de chaleur renouvelable au bénéfice du **développement industriel territorial**

Lithium de France, chaleur et lithium géothermal

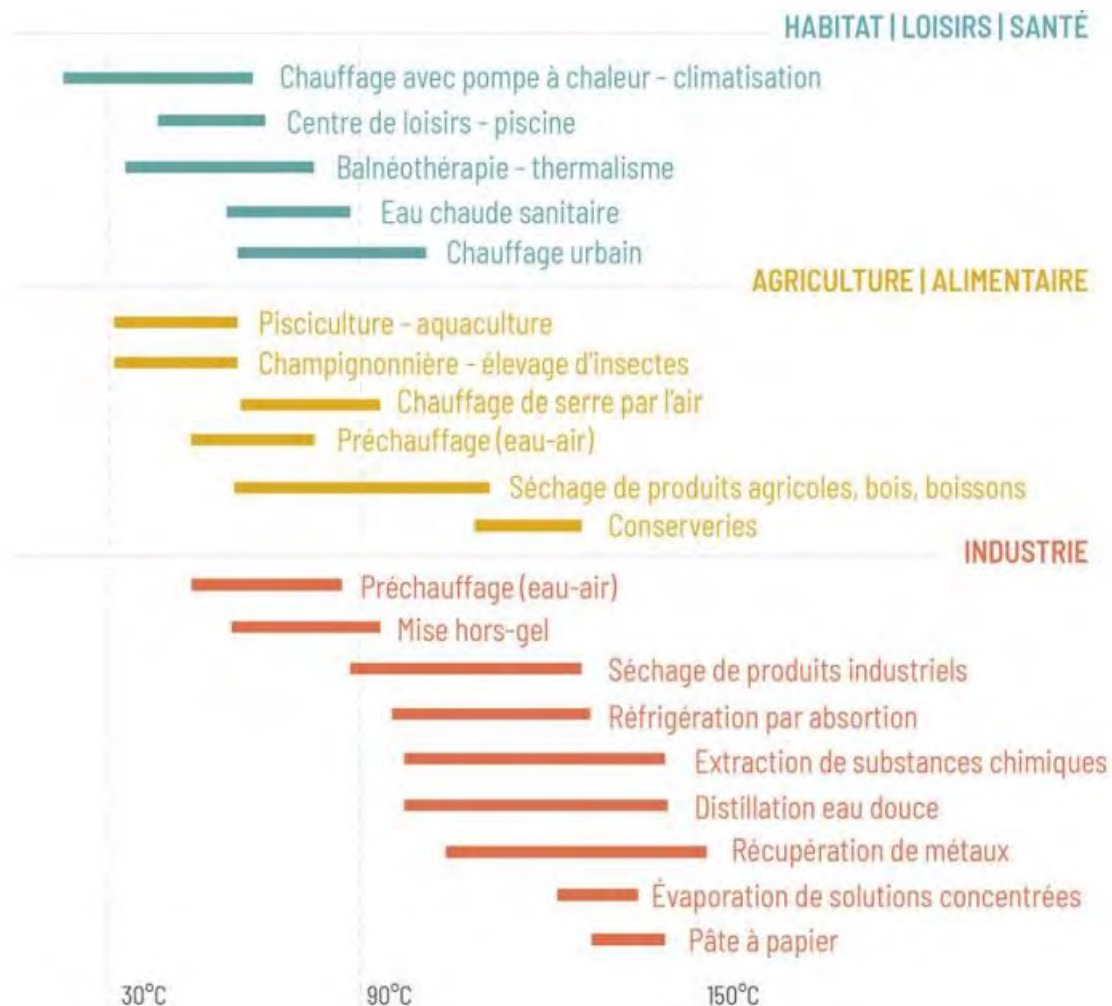
→ Une ressource énergétique locale

Réseau de chaleur Lithium de France



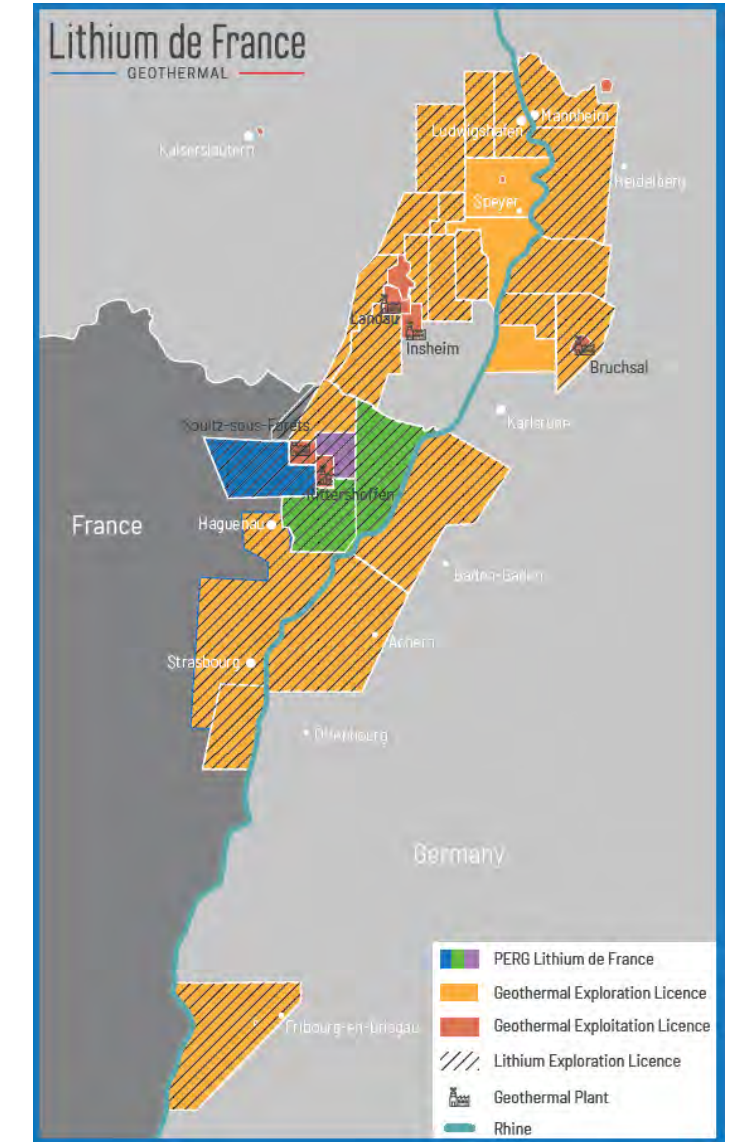
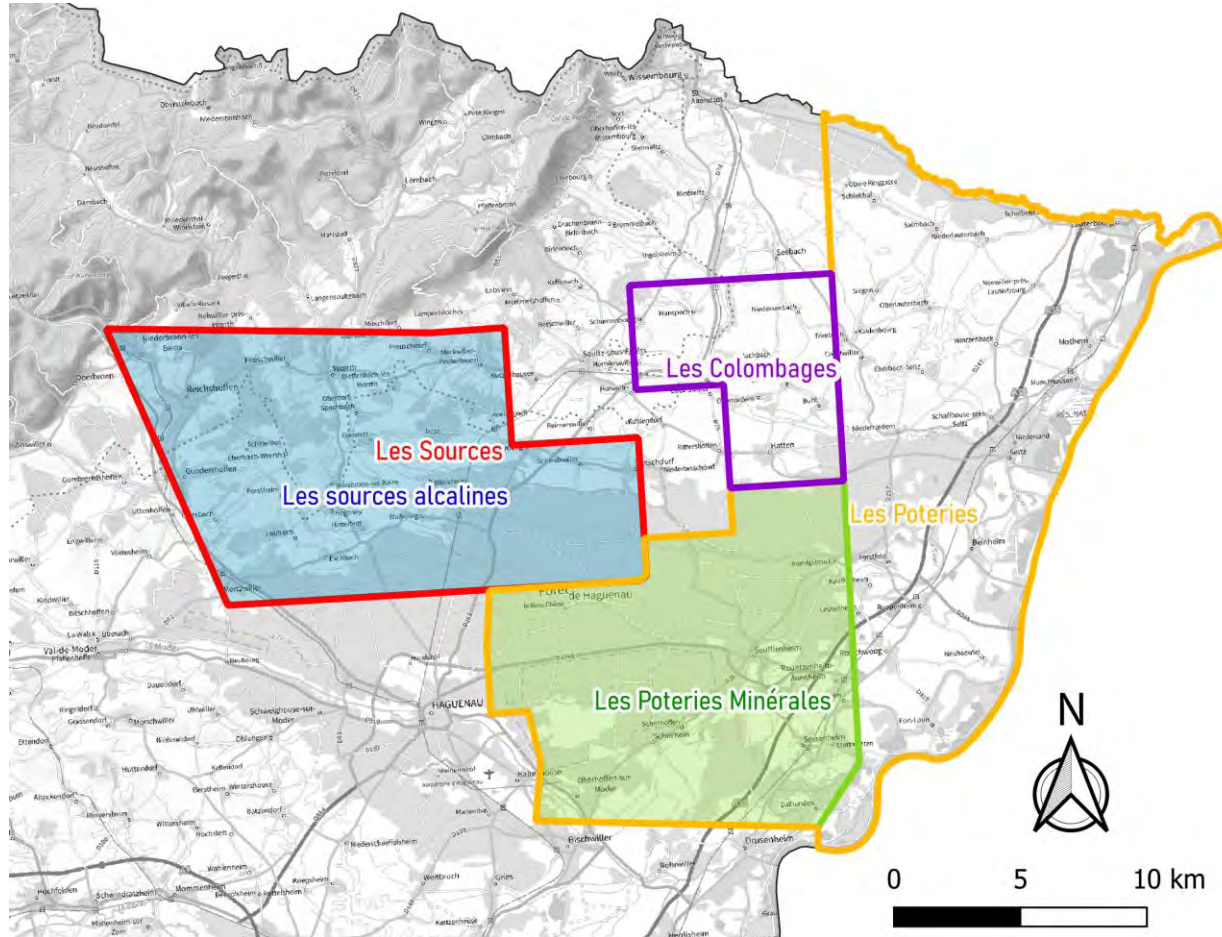
Lithium de France, chaleur et lithium géothermal

→ Une ressource énergétique locale



Lithium de France, chaleur et lithium géothermal

→ Un projet de territoire



Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission

Lithium de France, chaleur géothermale et lithium vert

Des compétences et une expérience unique

Our Team

- Plusieurs domaines d'expertise (ingénieurs, chimistes, géosciences, finance et administratif...)
- Un esprit collaboratif
- Lithium de France affiche avec fierté la parité au sein de son équipe.



Pierre Brossollet
Founder and President



Guillaume Borrel
CEO



Marianne Daryabegui
CFO



Laurent Nicolas
Asset & Planning Manager



Jean-Jacques Graff
Geothermal Energy Manager



David Soubeyrand
Sub-Surface Manager



Romain Millot
Scientific Director



Pascale Ludwig
Executive Assistant



Clio Bosia
Geochemical Engineer



Olivier Seibel
Process Engineer



Nina Bernadet
Communications Officer



Jeanne Vidal
Senior Geologist



Hussam Aldoori
Lithium Process Research Engineer



Jean Caurel
Drilling Manager



Gwendoline Wattelle
Environmental Studies and Mining



Fiona Kempé
Research & Development



Ella Moreau
Research & Development



Pierre-Henri Roche
Research & Development



Xavier Goerke
Development Manager



Johanne Klee
Geologist

Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission

Lithium de France, chaleur géothermale et lithium vert

Une expertise à partager et une dynamique pour l'économie locale
→ **Un vecteur d'attractivité économique**



Le lithium géothermal alsacien au cœur de la transition énergétique: **CONCLUSIONS**

- Enjeux écologiques, économiques et de souveraineté

→ **Développer/structurer une filière chaleur & lithium en Alsace**

- **Leviers de croissance**
 - développements technologiques/innovation
 - filière du recyclage
- **Référentiel normatif** (AFNOR/A59A & ISO/TC333)
 - qualité / sécurité
 - concept de « Mine durable et responsable »

Lithium de France

— GEO THERMAL —



Romain Millot

Directeur Scientifique | Lithium de France

