



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

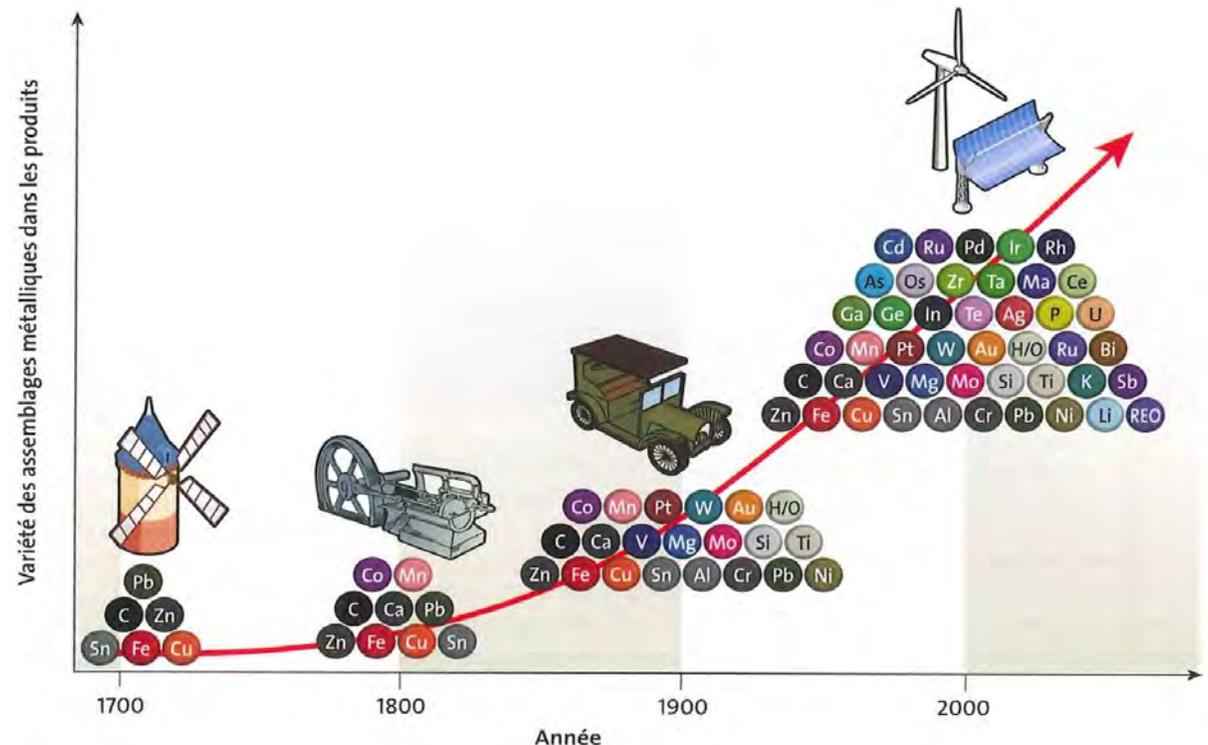


Transition numérique



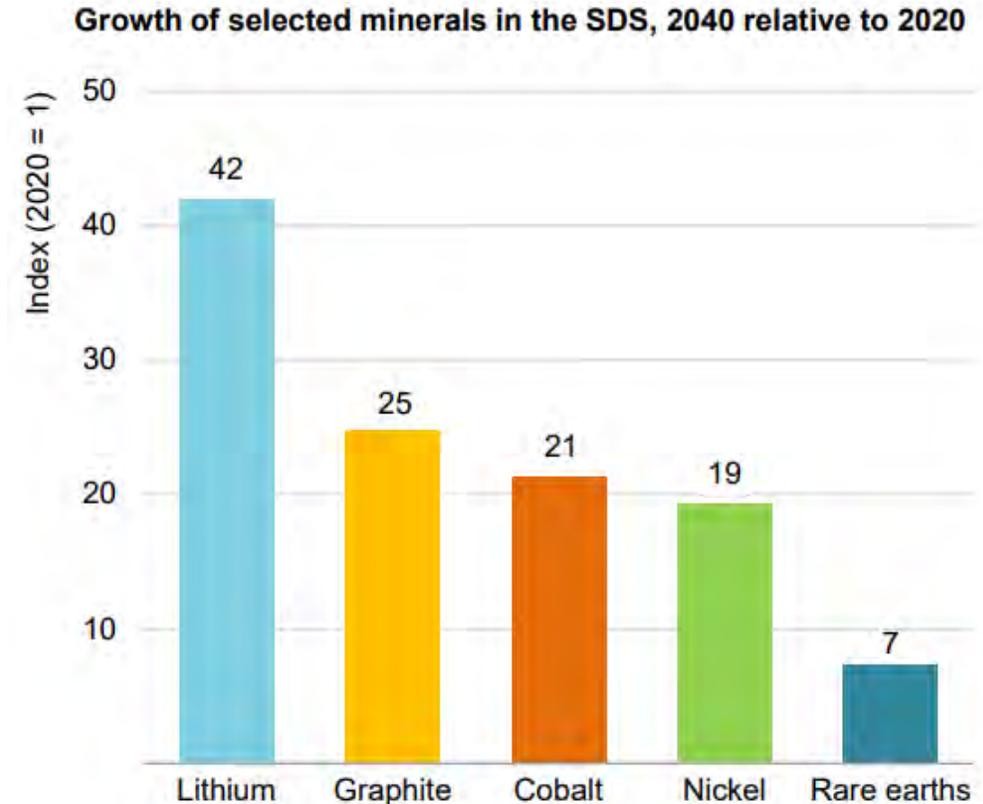
Croissance économique

- 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**



La transition énergétique va nécessiter des métaux

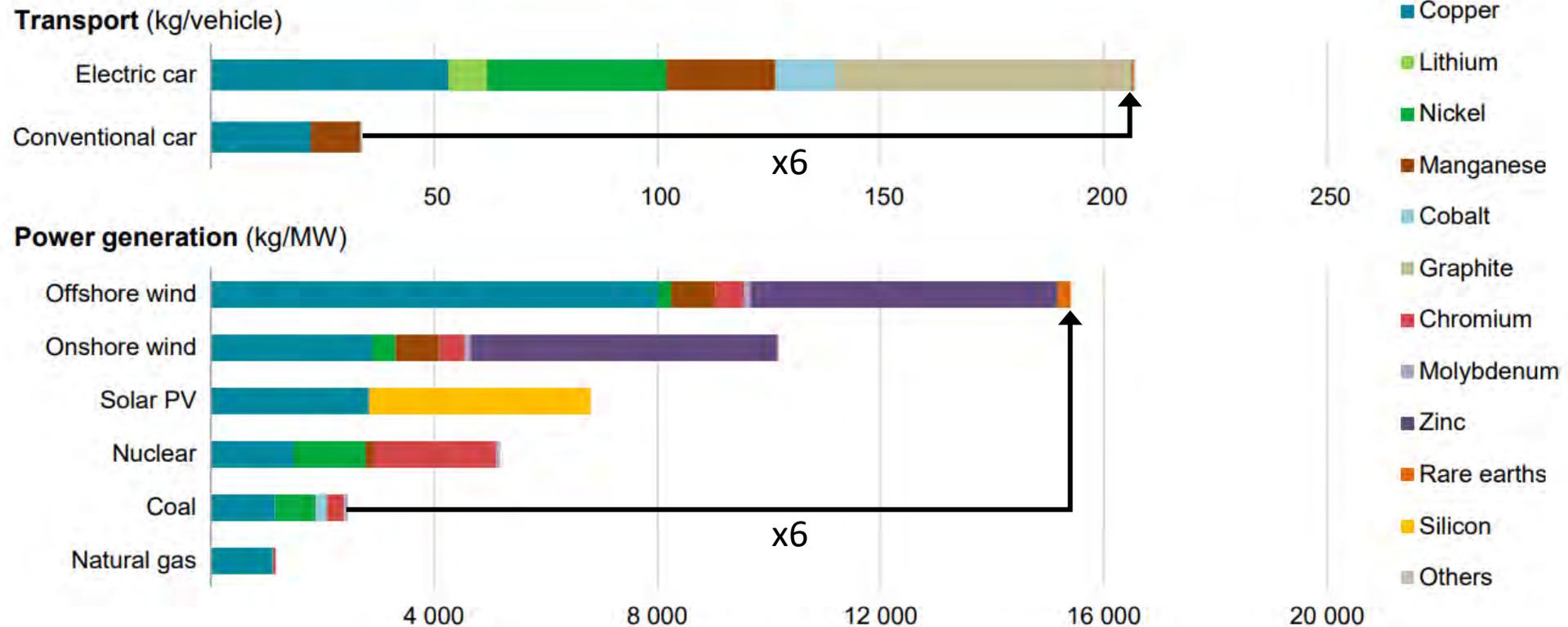
- **Les clés de la transition énergétique :**
 - amélioration de l'efficacité énergétique
 - production d'énergie bas-carbone
 - développement de réseaux intelligents et de capacités de stockage
- La transition énergétique se traduit par **une forte augmentation des besoins en métaux** qui concerne aussi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



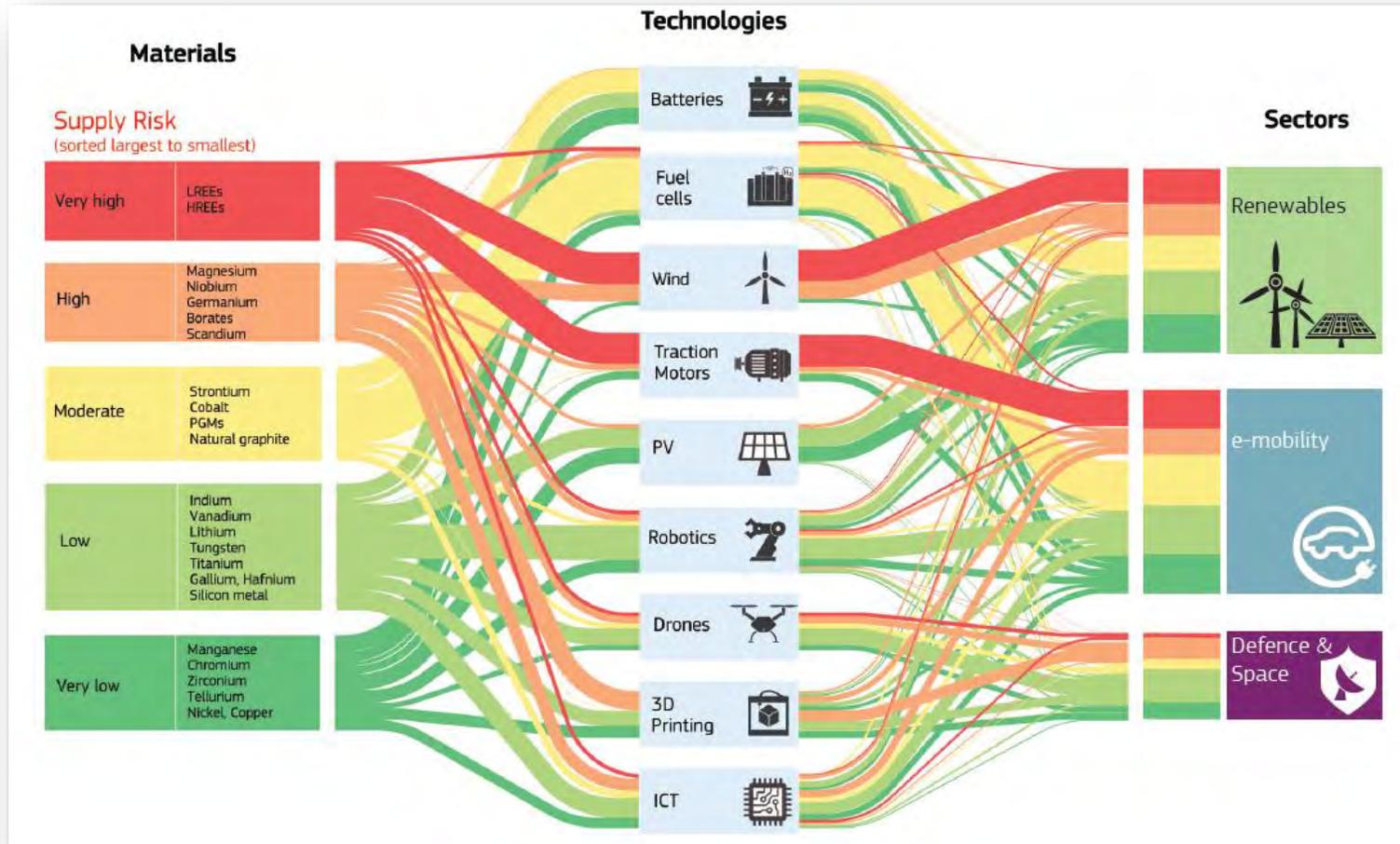
Demande en substances minérales pour l'utilisation d'énergies bas carbone par scénario (source IEA)

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)		(289)		(293)				
(223)	(226)	(227)	(261)	(262)	(263)	(262)	(265)	(266)	(269)	(272)	(277)		(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**.

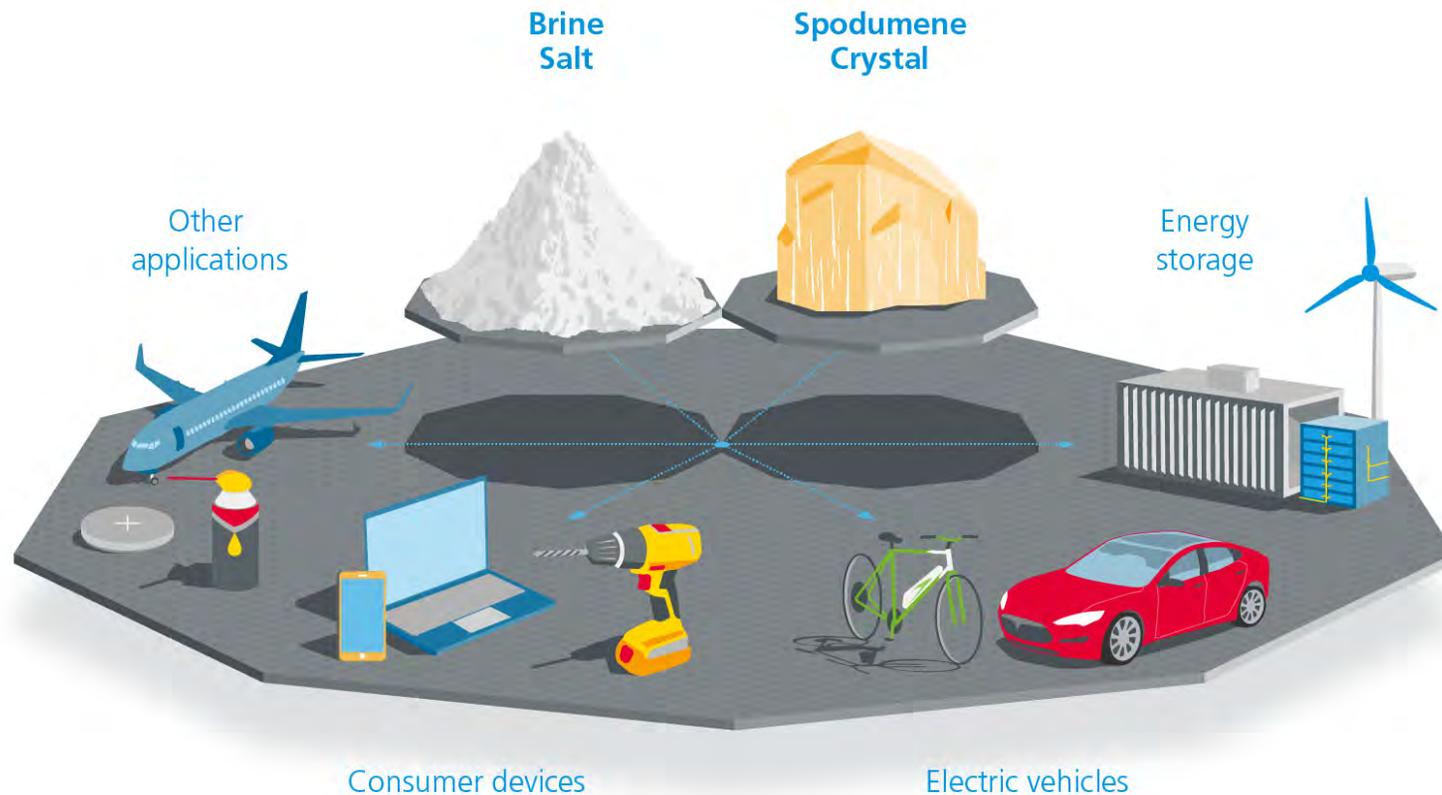


58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
140.116	140.50765	144.24	(145)	150.36	151.964	157.25	158.92534	162.50	164.93032	167.26	168.93421	173.04	174.967
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
232.0381	231.036888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



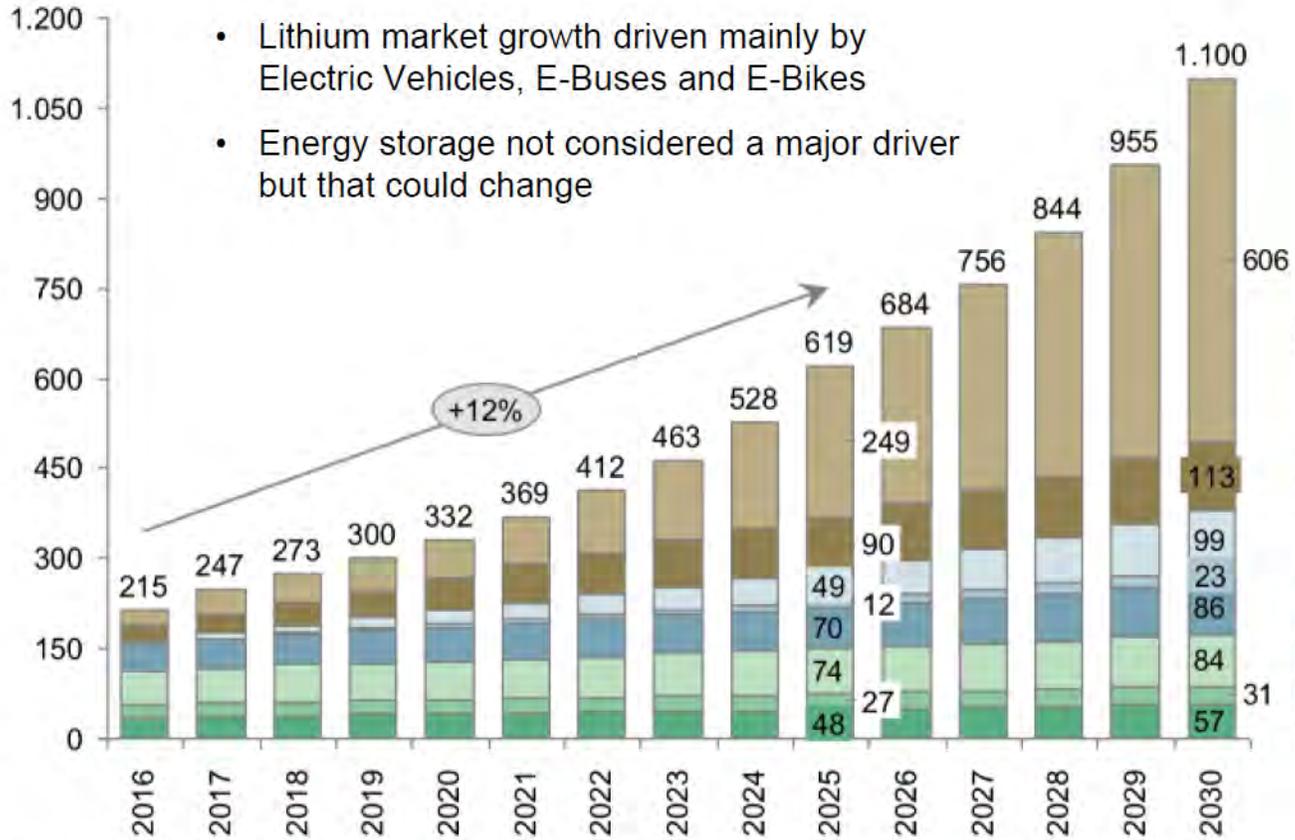
Le Lithium a une importance stratégique pour de nombreuses **applications industrielles**, notamment pour son utilisation dans les domaines suivants

- 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

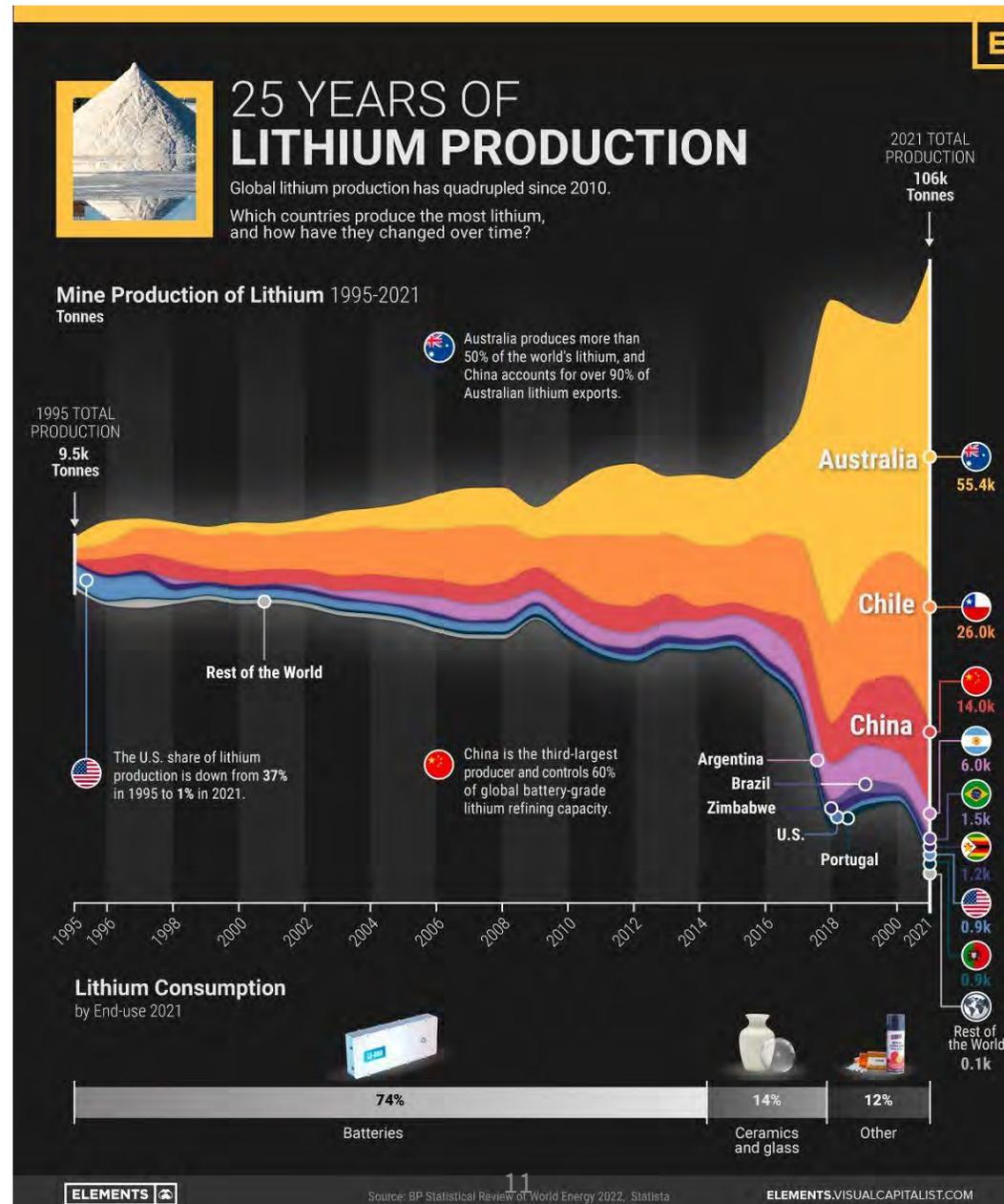
Other



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

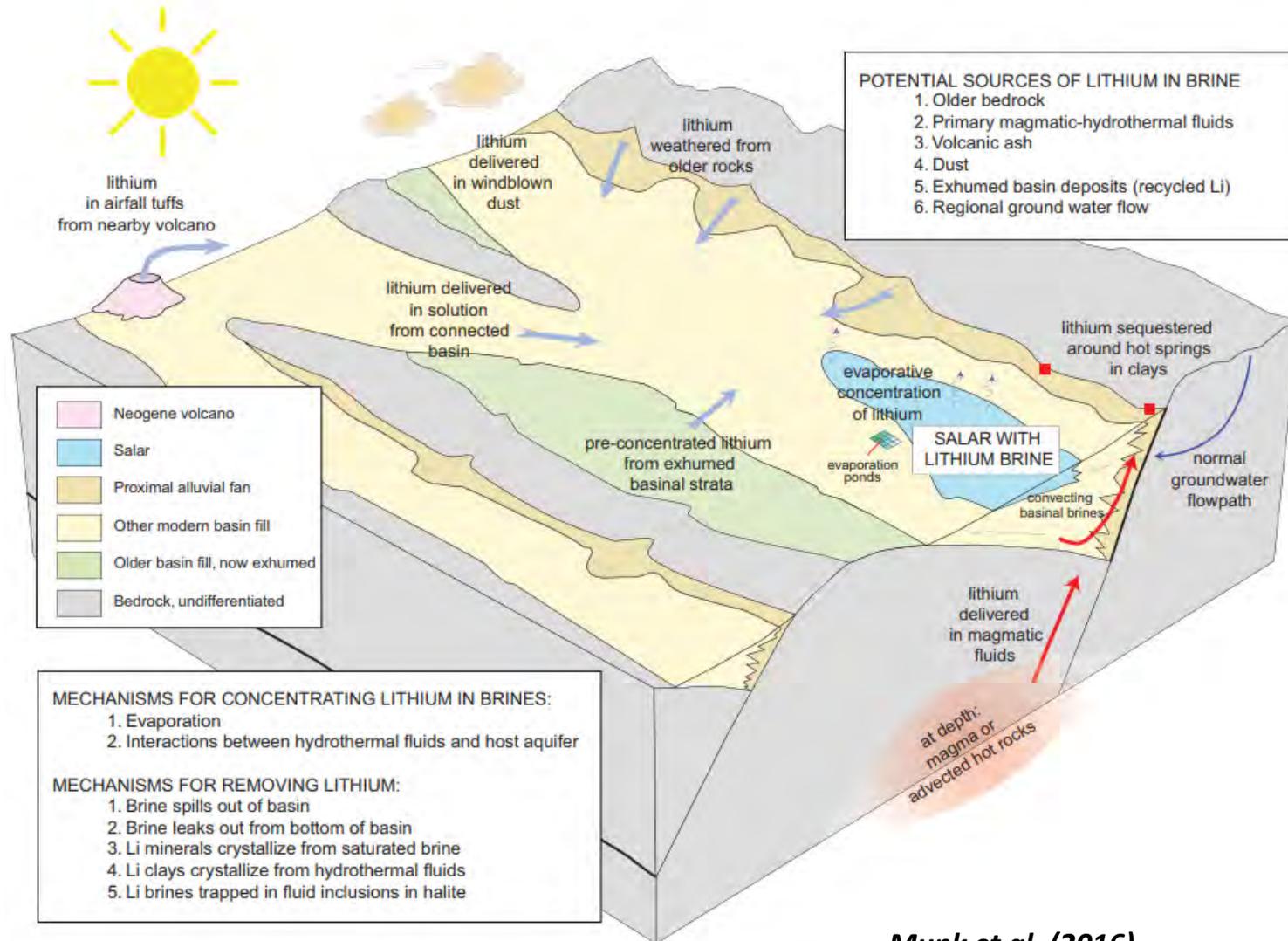


Economist.com



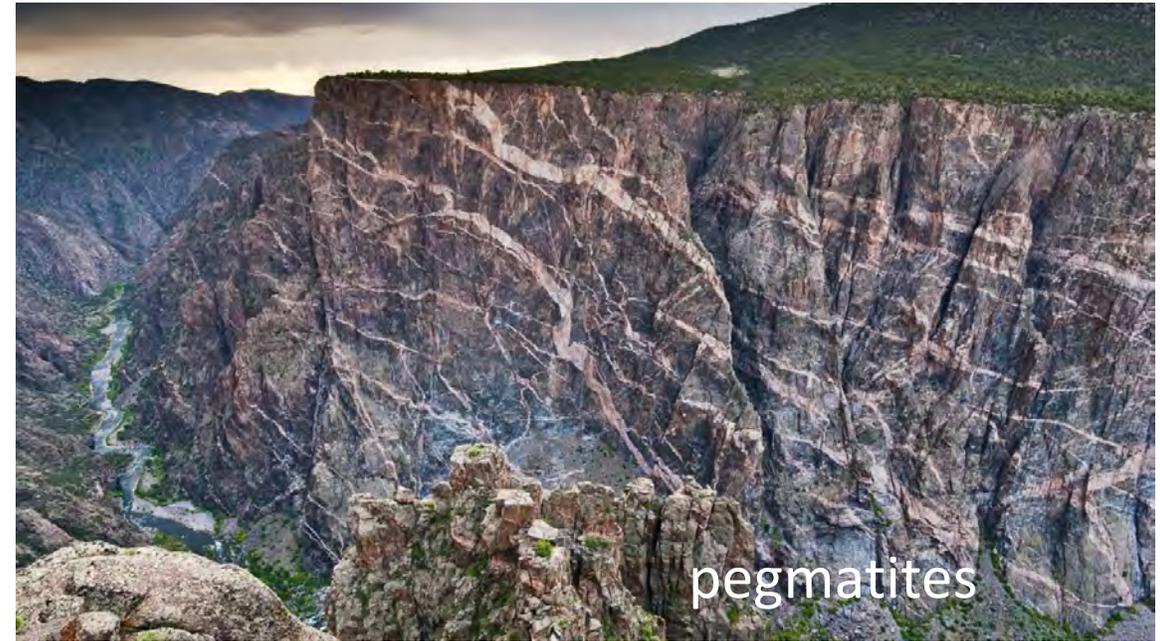
**Membre
d'Arverne Group,
entreprise à mission**

Lithium: lacs salés/salars



*Munk et al. (2016)
Reviews in Economic Geology*

Lithium dans les roches



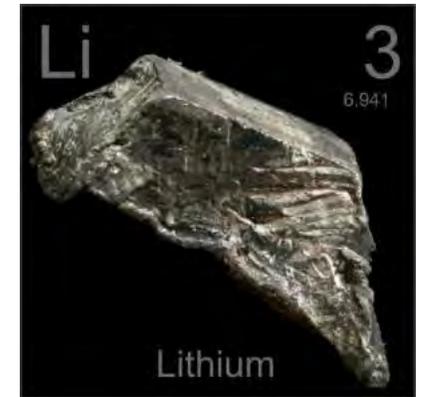
pegmatites



granites

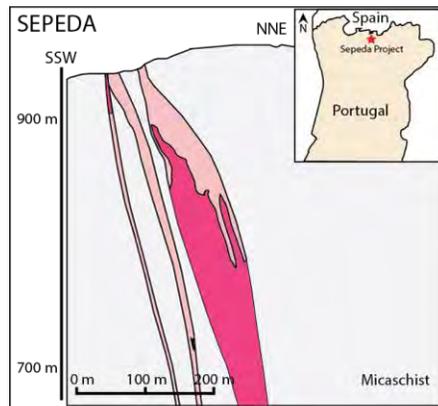
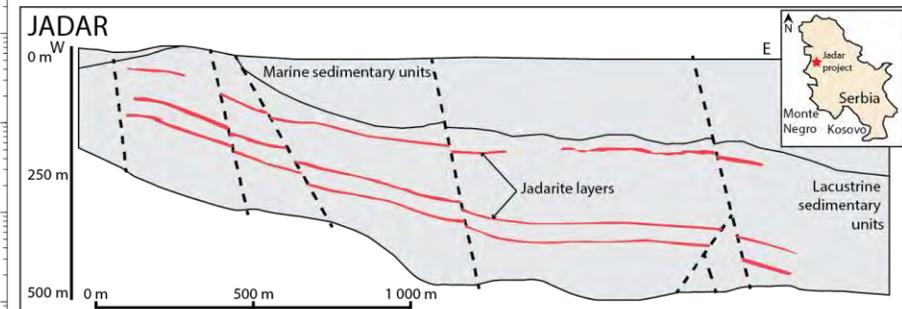
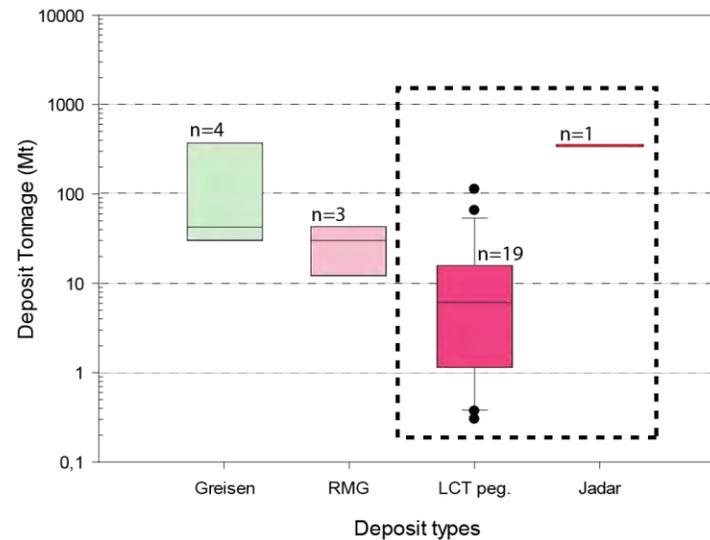
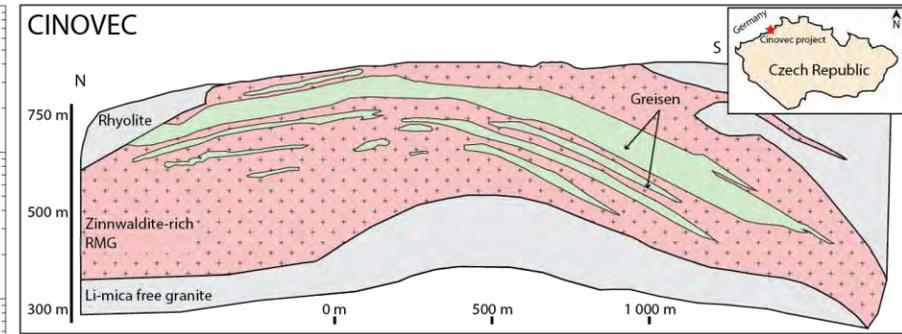
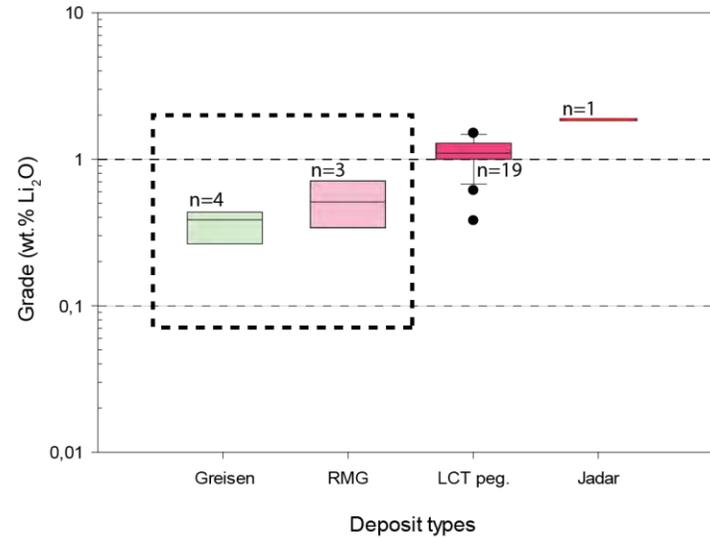
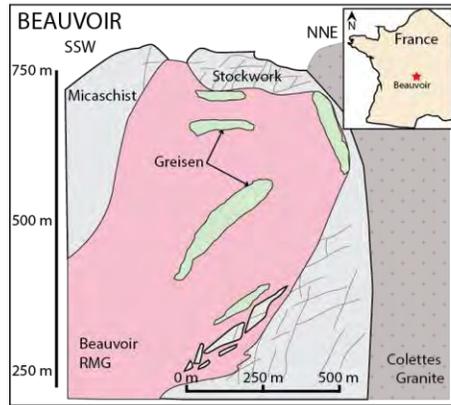


spodumene
petalite
lepidolite



Lithium

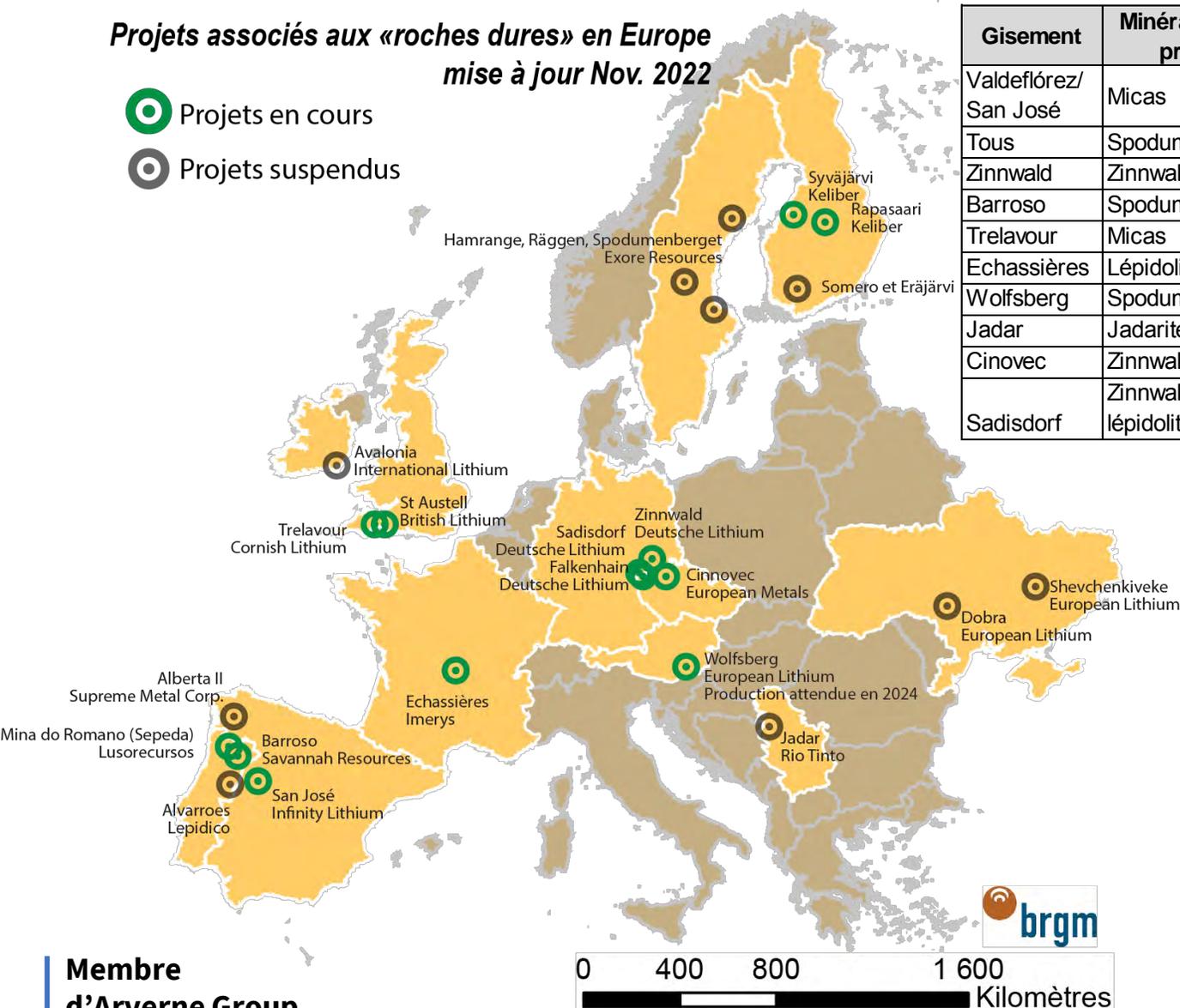
Lithium dans les roches



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 ?

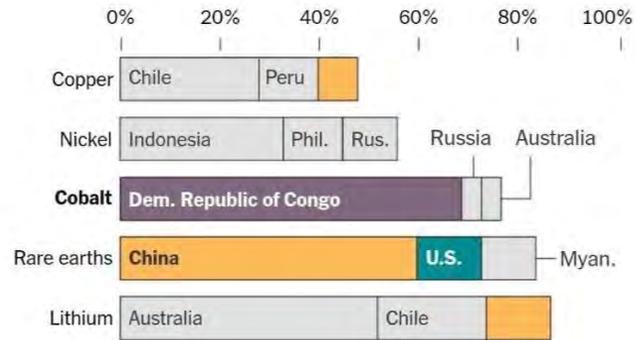


- **Émissions de CO₂**
- **Préservation de la biodiversité**
- **Usage du sol et sous-sol**
- **Consommation d'H₂O**
- **Consommation de réactifs**
- **Génération de déchets**

Lithium, quel est l'impact ?

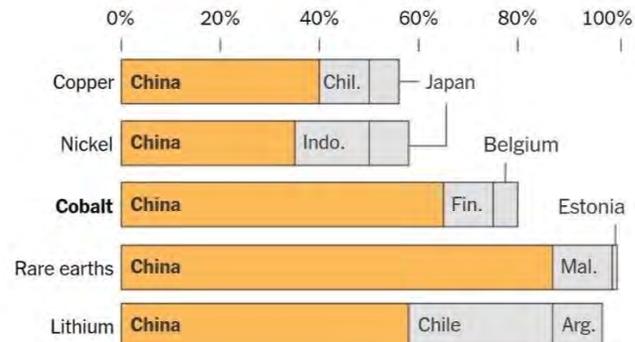
Where Clean Energy Metals Are Produced

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



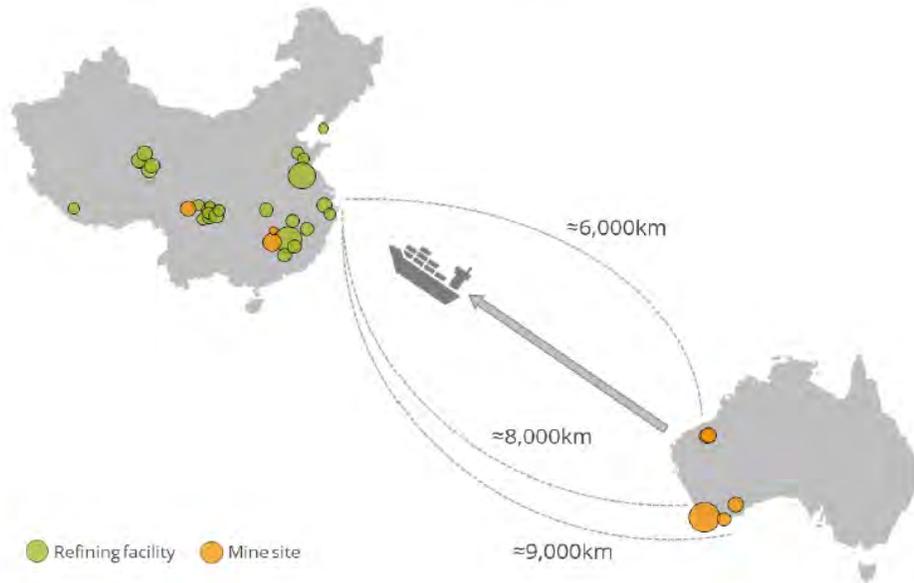
Un ouvrier dans la mine de Barroso, près de Boticas dans le nord du Portugal, le 3 septembre 2018. Francisco Leong/AFP

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
- Jérémi Melleton
Chercheur, BRGM

Impact CO₂ et ressource traditionnelle

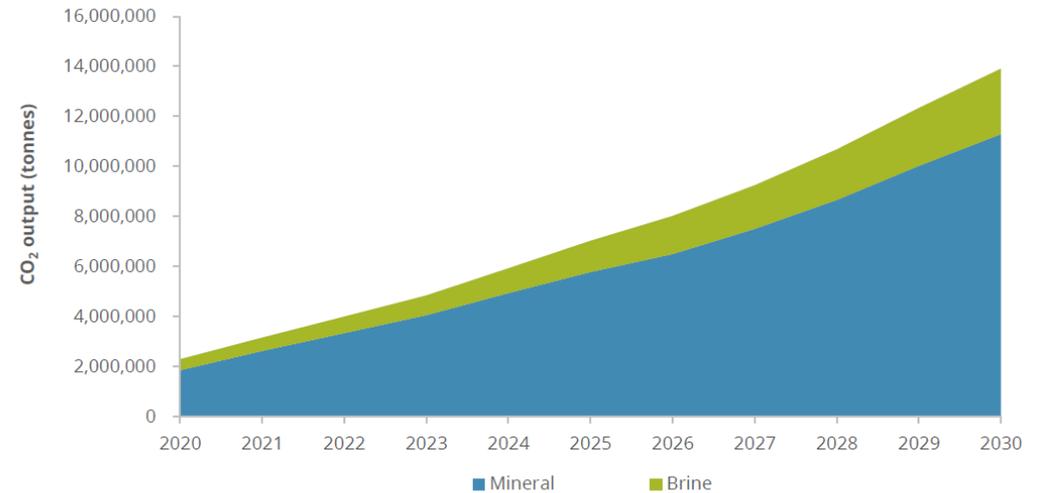
Shipping distances between Australian mineral producers and Chinese refining facilities



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.

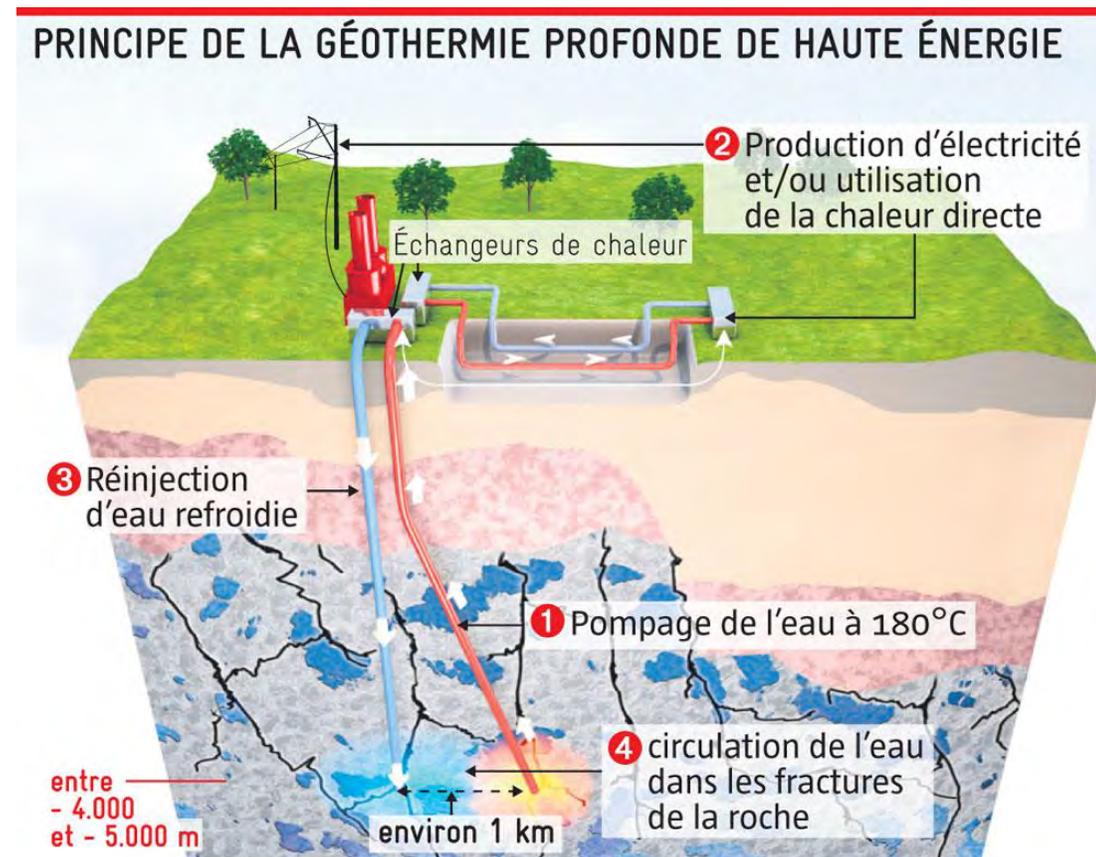


Forecast CO₂ emissions from the lithium supply chain, 2020-2030



Source: Roskill

Ressource non-traditionnelle → eaux géothermales



Source : GEIE Soultz-sous-Forêts/Ecogi

Fossé Rhénan

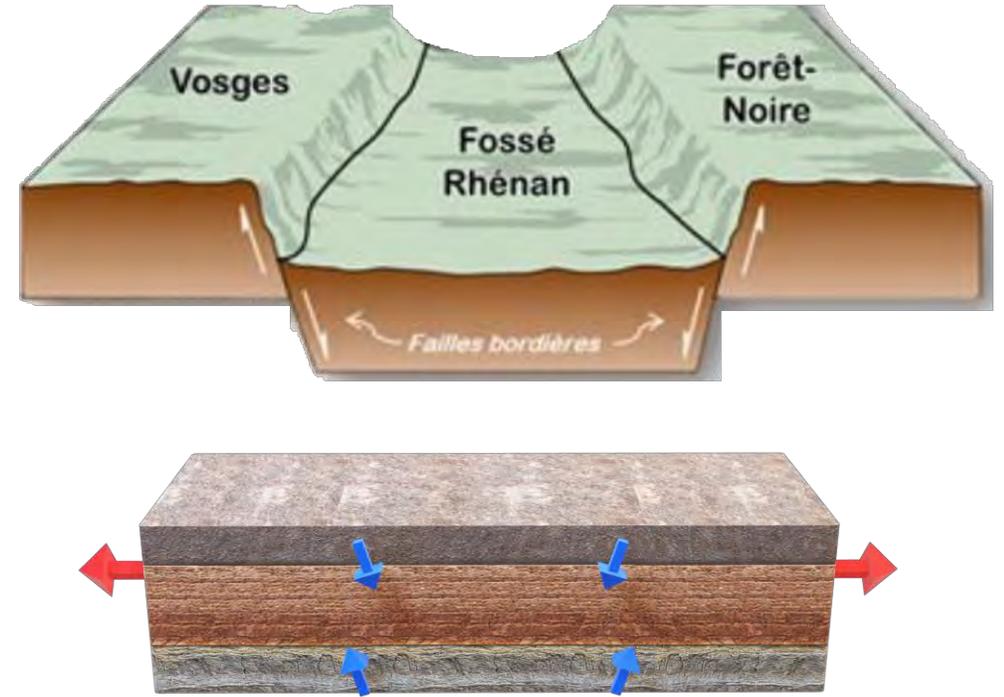
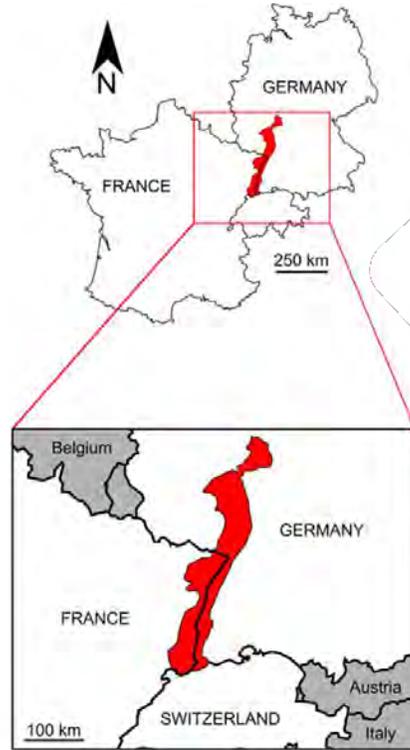
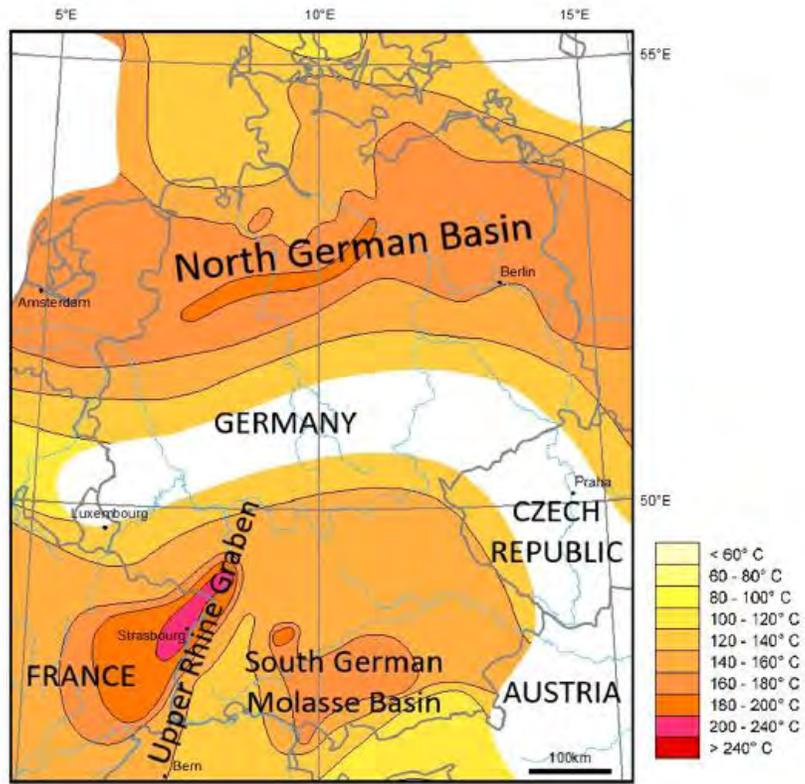
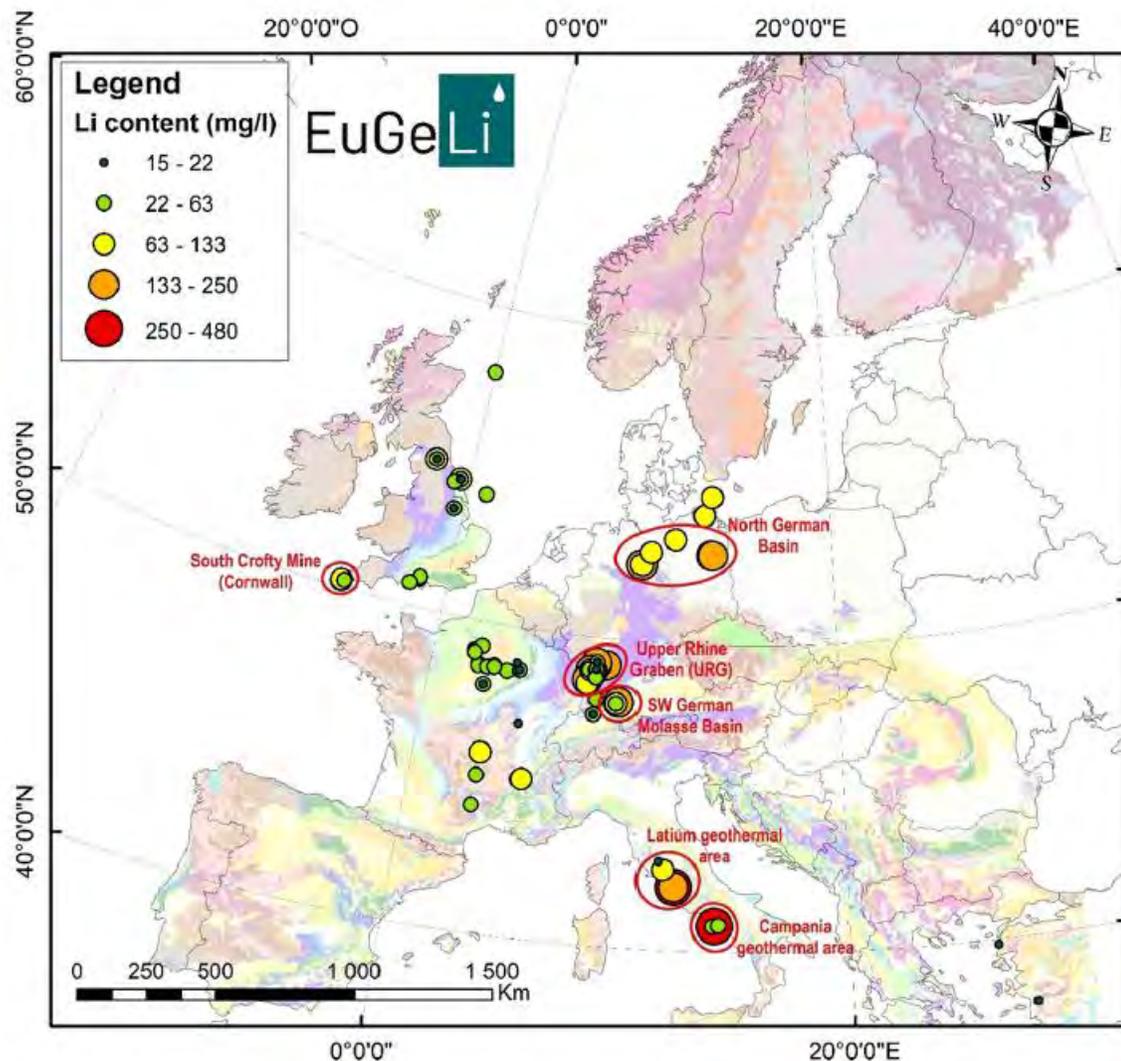


Fig. 3. Map of temperatures extrapolated at a 5 km depth (based on [Hurtig et al., 1992](#)).

Ressource non-traditionnelle → eaux géothermales



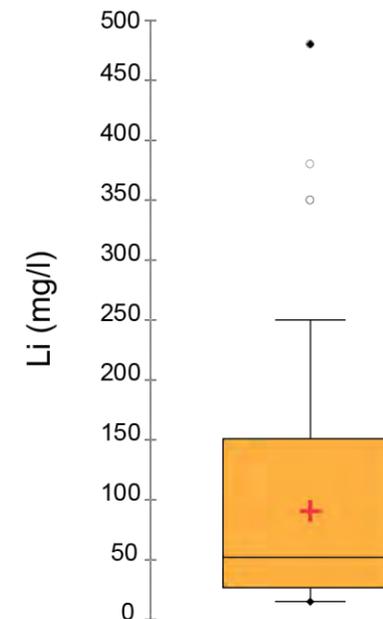
- Seules six zones avec des fluides profonds indiquant des concentrations de **Li > 90 mg/l** ont été trouvées en Europe

- 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**

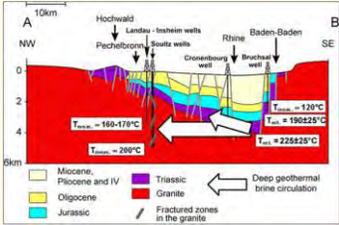
OUTILS À UTILISER

INGRÉDIENTS

 & 

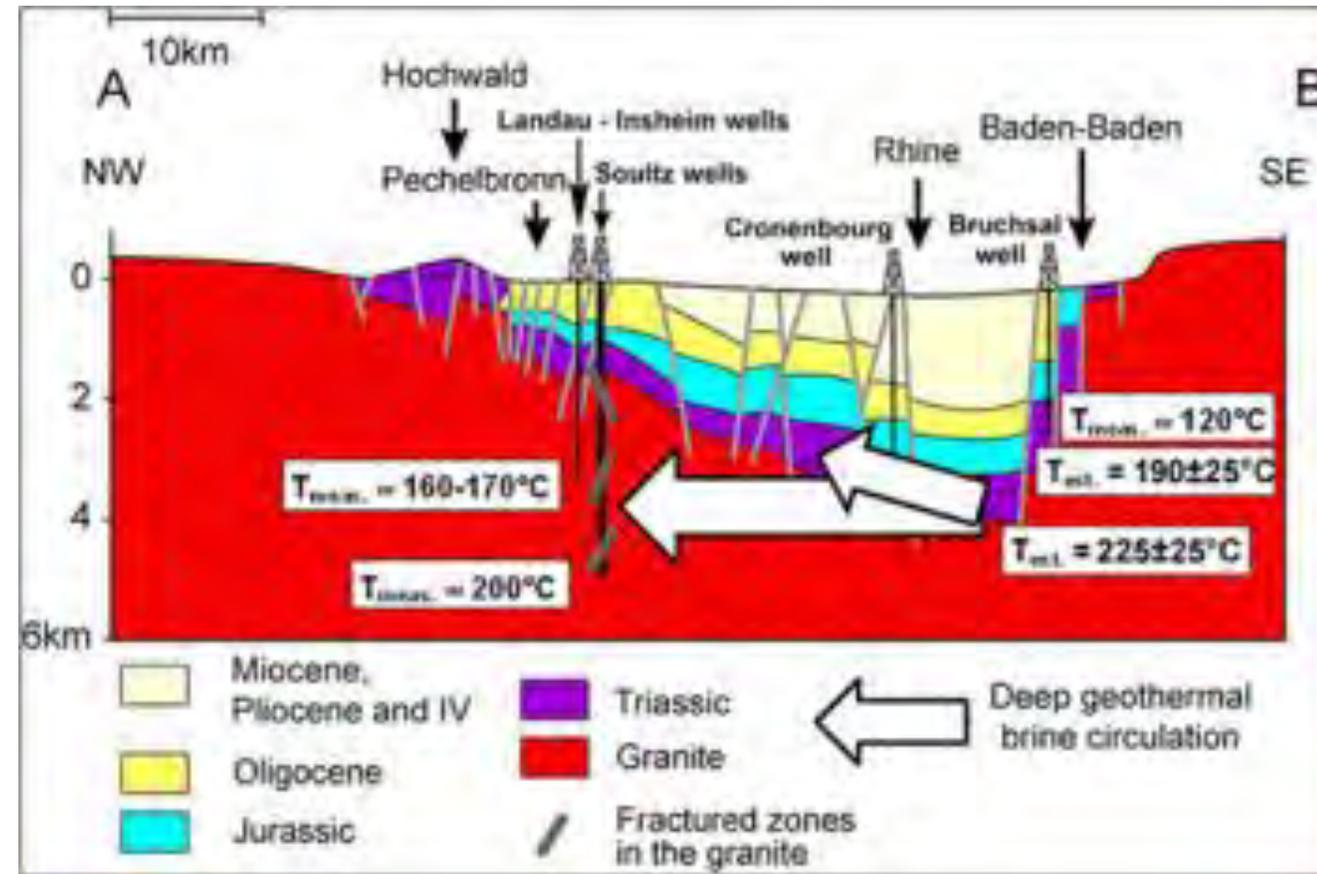
eau & **roche**

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.

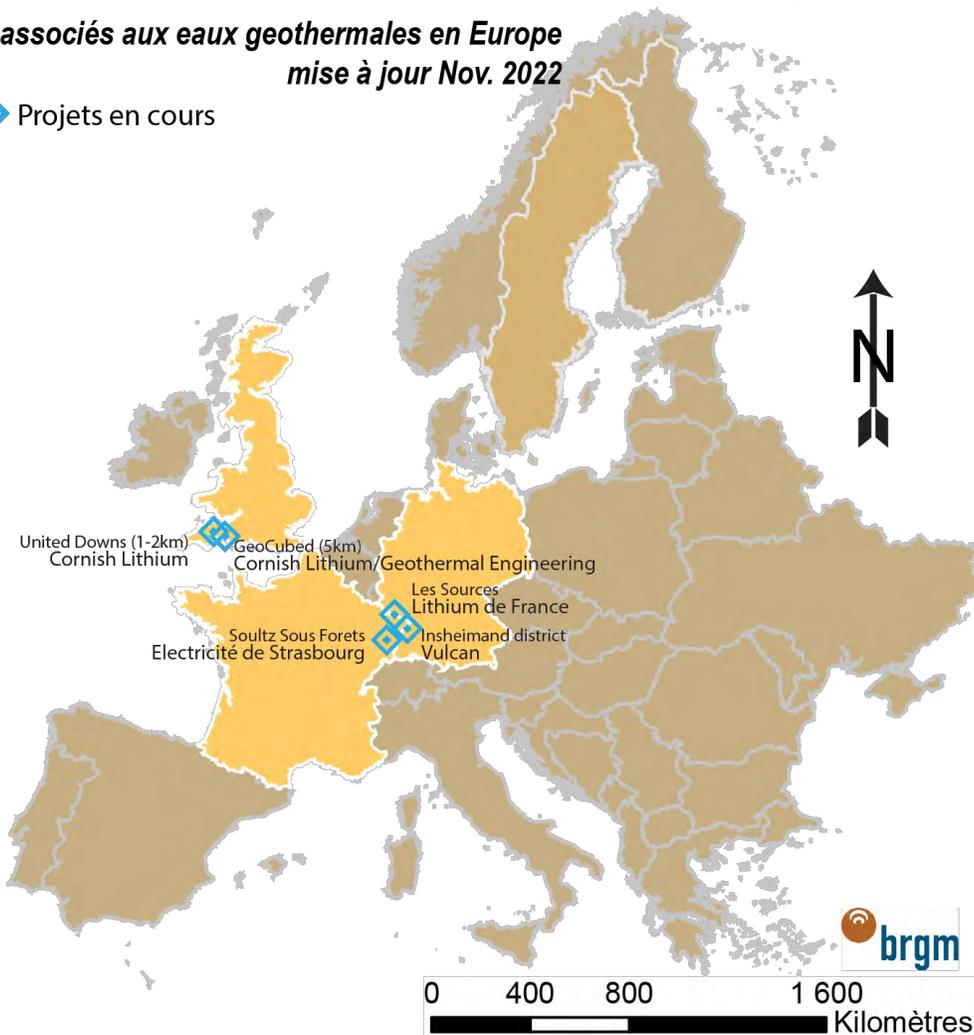


Coupe transversale schématique NW-SE du fossé rhénan supérieur dans lequel plusieurs puits profonds ont été signalés. (Le Carlier et al., 1994; Sanjuan et al., 2010; 2016)

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	
Soultz 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...

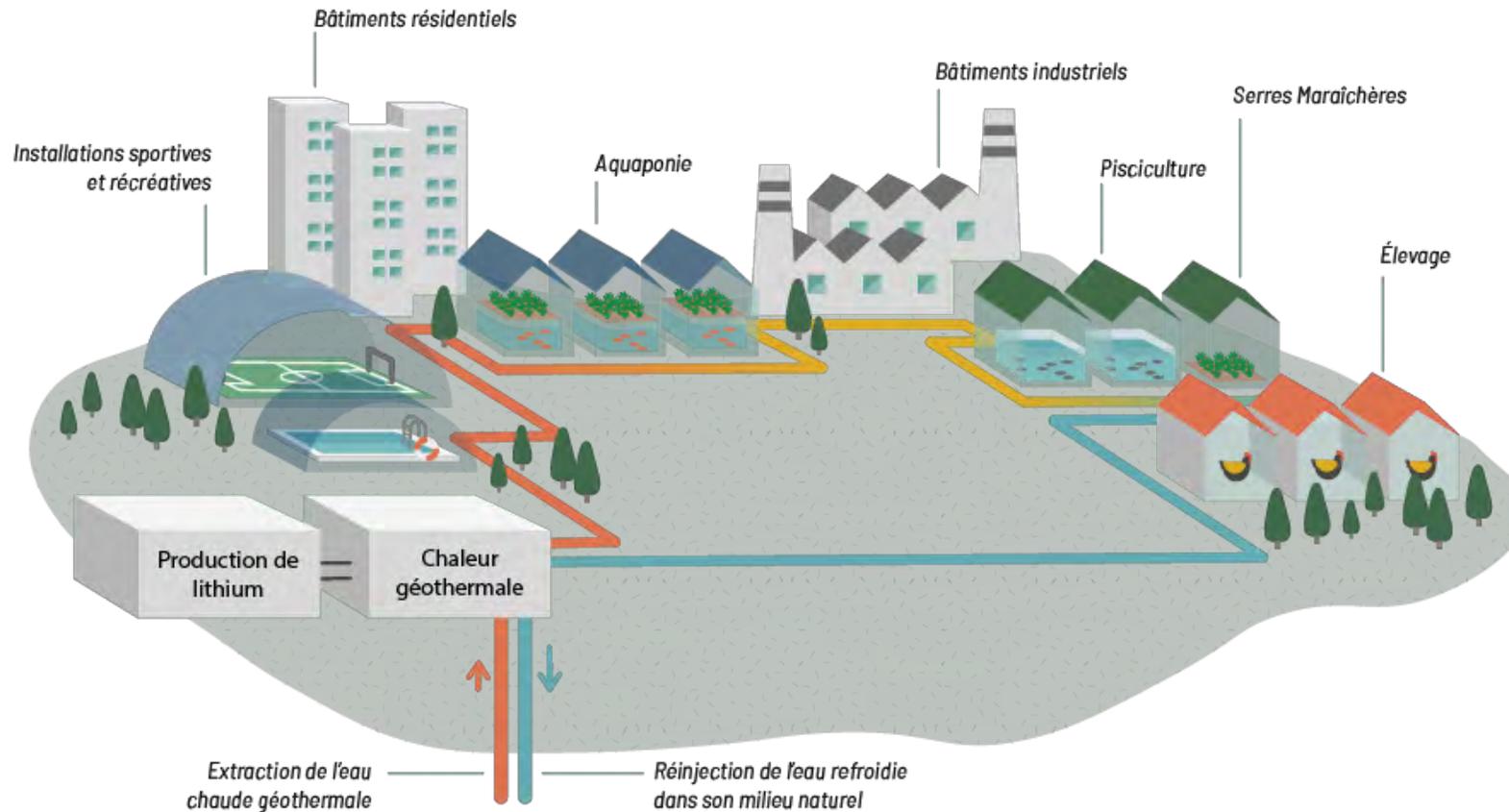
Bénéfices clés : 

- 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



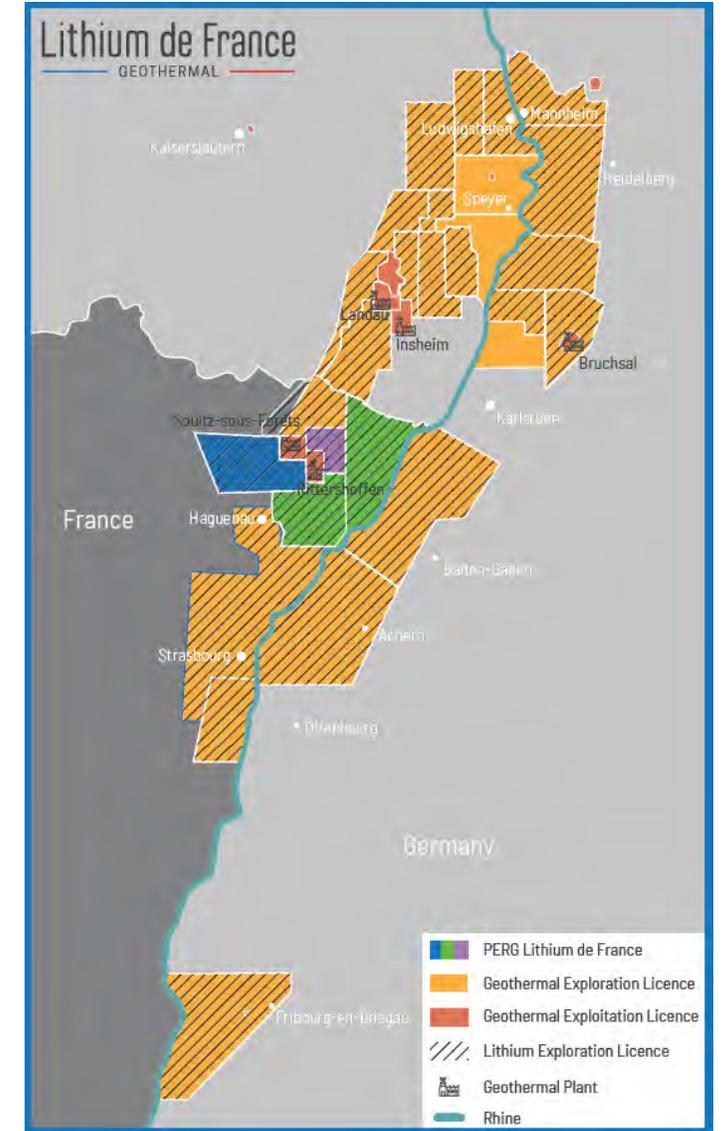
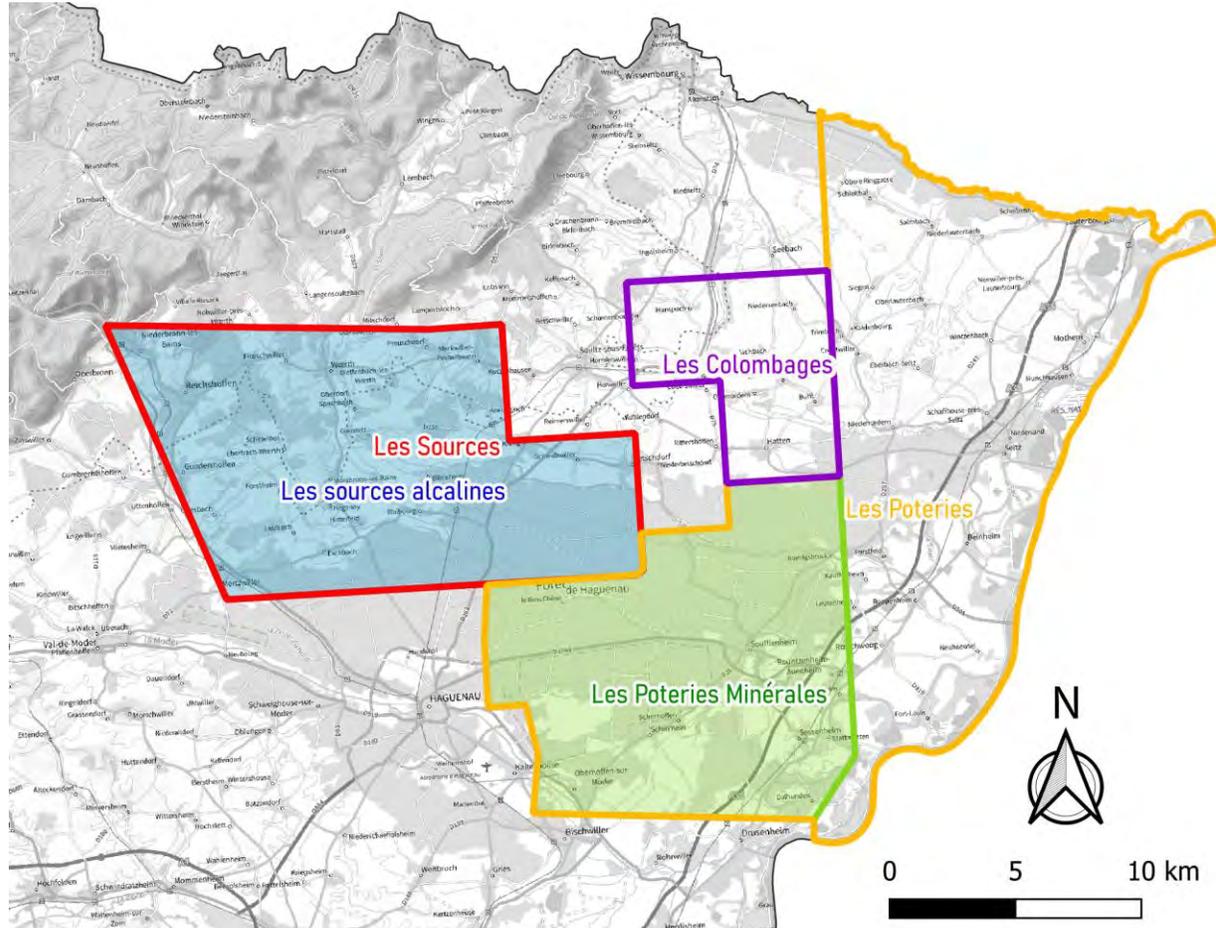
Lithium de France, chaleur et lithium géothermal

→ 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

