



ST – I : Les risques et les ressources géologiques

ST – I – 2 : Les ressources géologiques













Les ressources dans notre vie quotidienne

Barytine

Potasse, phosphates, nitrates

Quartz, Al-silicates, Al-chromite

Diamant, corindon, grenat, grès

Micas, asbeste, talc, vermiculite

Feldspaths, quartz, argiles

Ocre, argiles, diatomite, barytine

Sables, graviers, pierre, ardoise, gypse, anhydrite,

lave, pouzzolane, marbre, magnésite

Boues de forage, papeterie

Engrais

Réfractaires

Abrasifs

Isolants, emballage

Céramique, verrerie

Peintures et charges

Matériaux routiers et matériaux de construction



Substances énergétiques

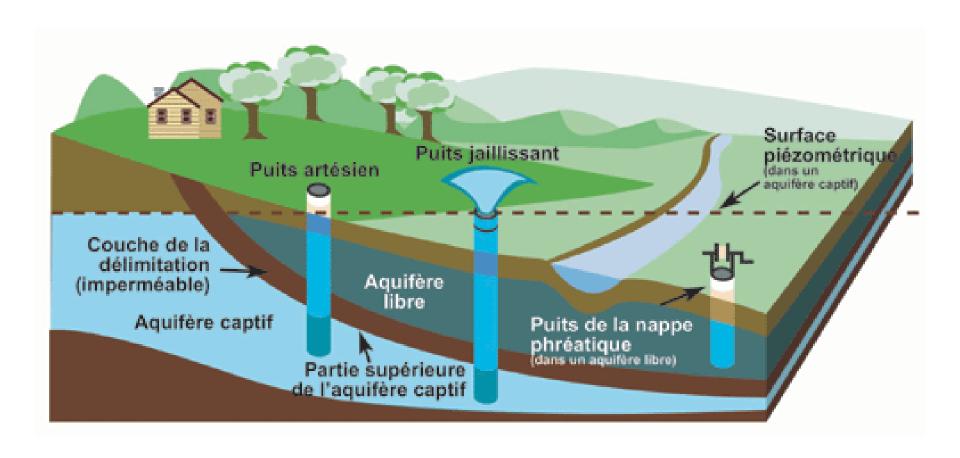
Métaux

Document 1.
Classification et usage de substances minérales.

Substances non métalliques

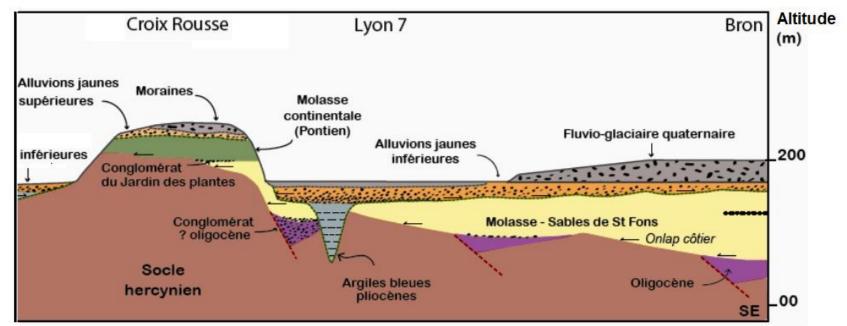
Bousquet R. et Robert C. « géosciences » Belin ed, 2013

Document 2. Aquifères et puits.



[https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/eau-apercu/sources/eaux-souterraines.html]

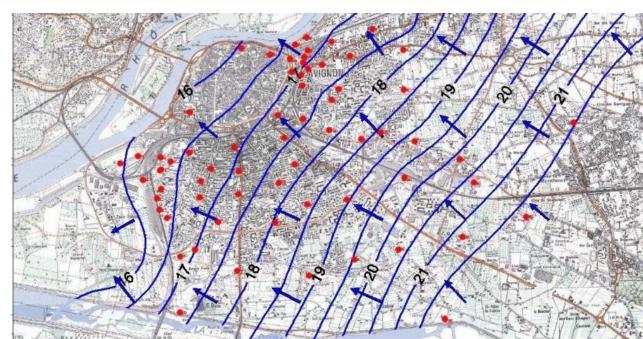
Document 3. La nappe du Rhône à Lyon.



Coupe géologique simplifiée de la Croix-Rousse à Bron

Gilles Dromart, 2019 in : https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/geologie-Lyon.xml, modifié

Déplacement de l'eau dans la nappe et isopièzes





Calcaire à gryphées dans l'encadrement d'une porte, quartier St Jean, Lyon

https://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/Img562-2017-03-13.xml

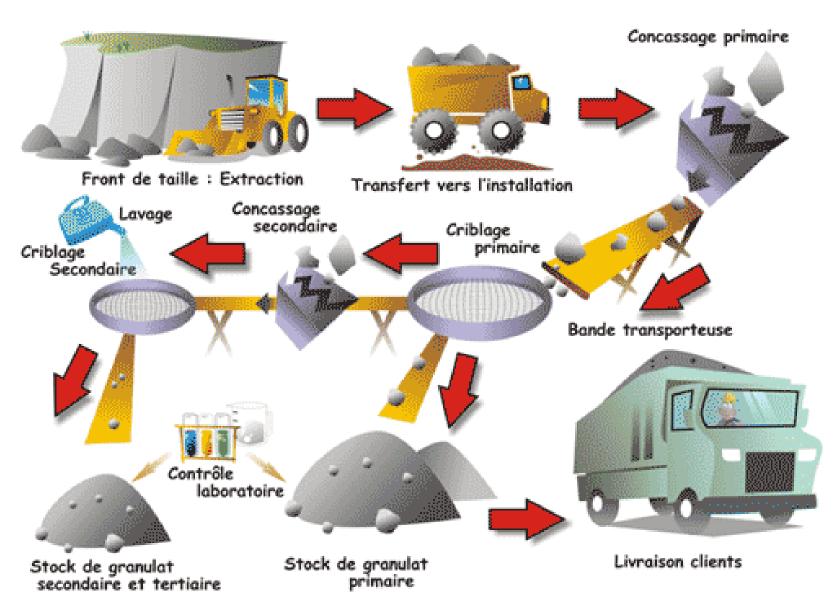
Pierre dorée du Beaujolais : le calcaire à entroques des Monts d'Or



Pierre de Villebois (= choin), ancien palais de Justice, quartier St Jean, Lyon



Production de granulats à partir de roches massives



pouzzolane

Diversité des granulats



graviers de basalte



sables et gravillons



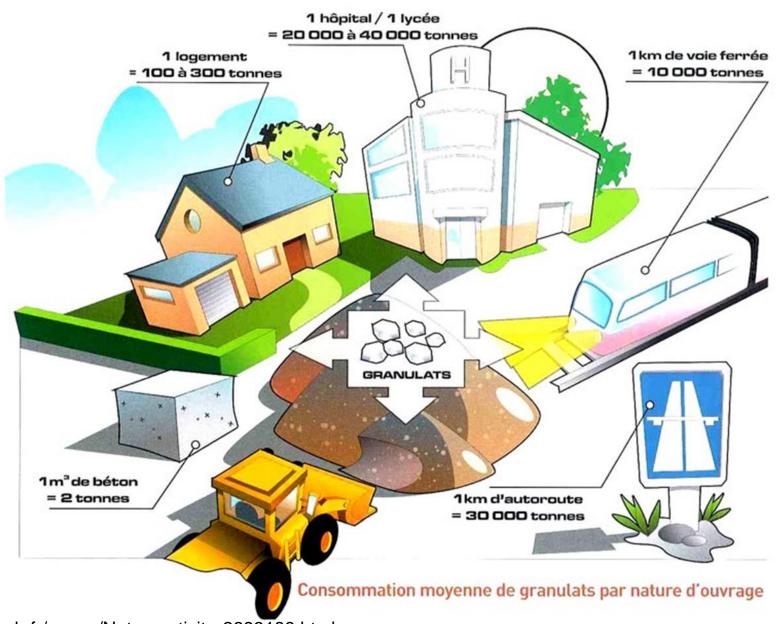
https://www.lafarge.fr/granulats

graviers calcaires



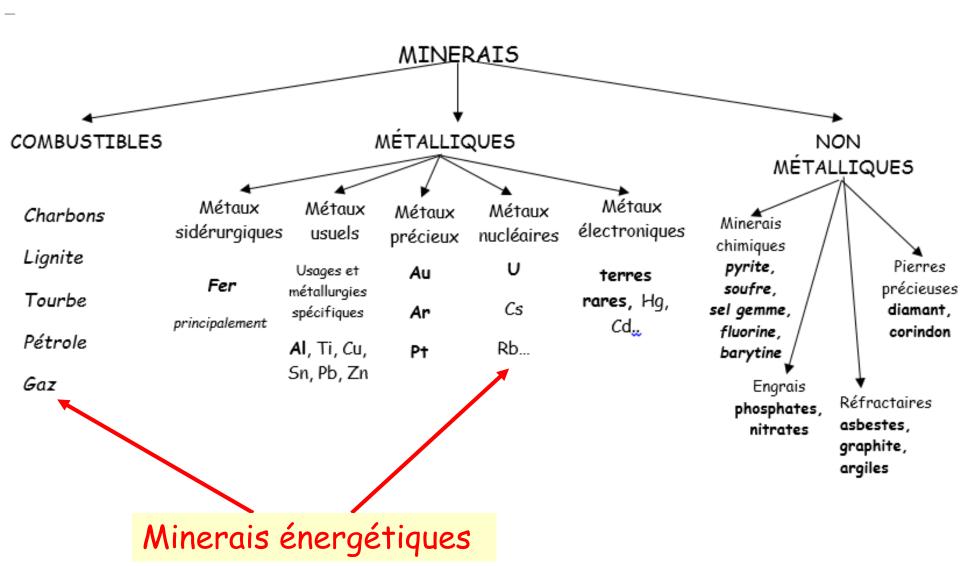
galets

Utilisation des granulats



http://sas-sab.fr/pages/Notre_activite-2693188.html

Document 4. Diversité des minerais.



Ressources énergétiques

Non renouvelables

Energies fossiles



charbon



Pétrole, gaz naturels

Energie nucléaire

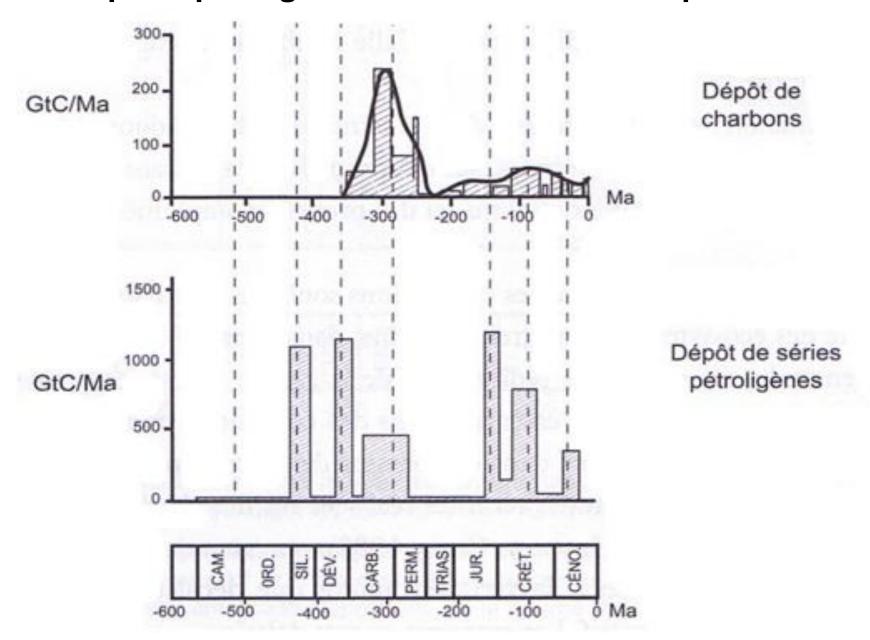


Renouvelables

Géothermie

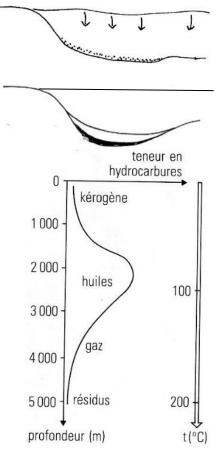


Répartition dans le temps de la formation des principaux gisements de charbons et pétrole



FORMATION DE PETROLE

FORMATION DE CHARBON



plancton

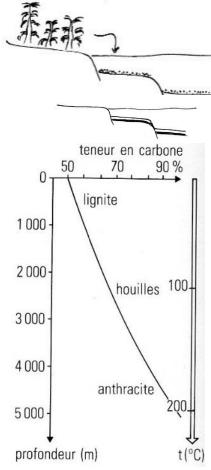
Production de matière organique

végétaux terrestres

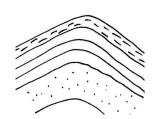
Dépôt et incorporation aux sédiments

Conservation par des conditions réductrices + subsidence (enfouissement rapide 1 cm/siècle)

Transformation des sédiments et de la matière organique : diagenèse



Migration des hydrocarbures dans des roches réservoir et piégeage Ex : anticlinal ou diapir salifère

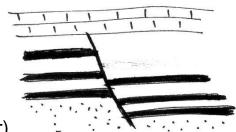




Constitution du gisement

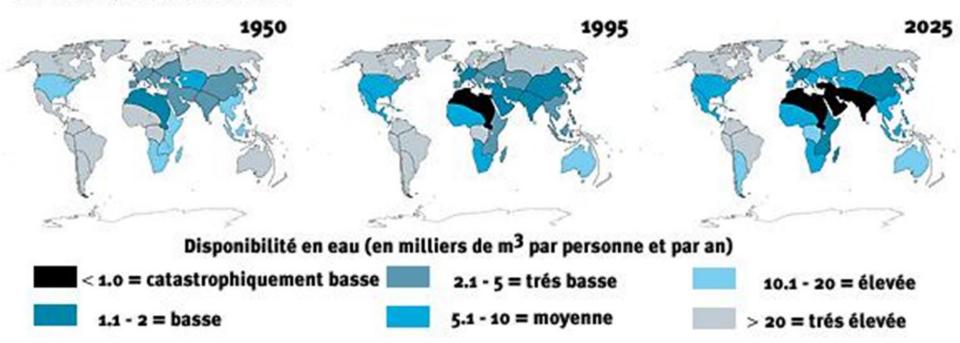
(O. Monnier, prof. BCPST2, Montpellier)

Veines de charbon stratifiées dans les roches sédimentaires

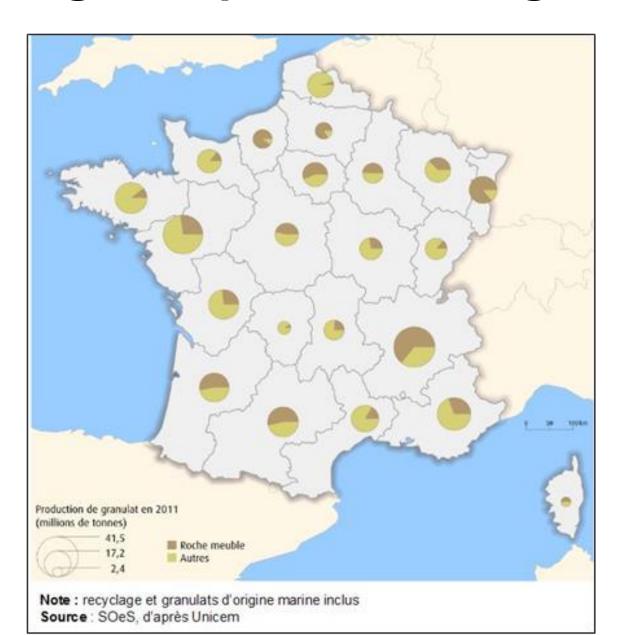


Document 5. L'eau, une ressource inégalement répartie.

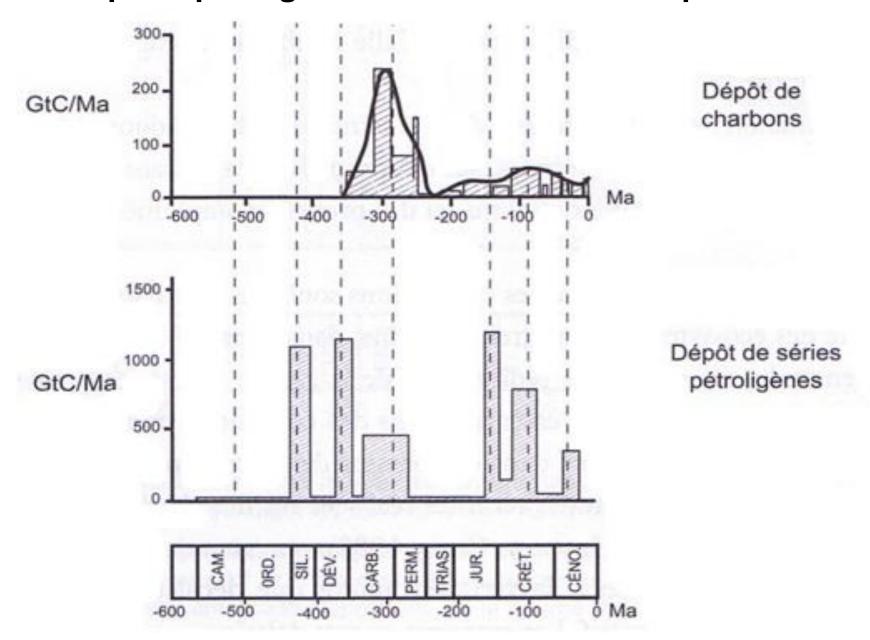
Le monde de la soif



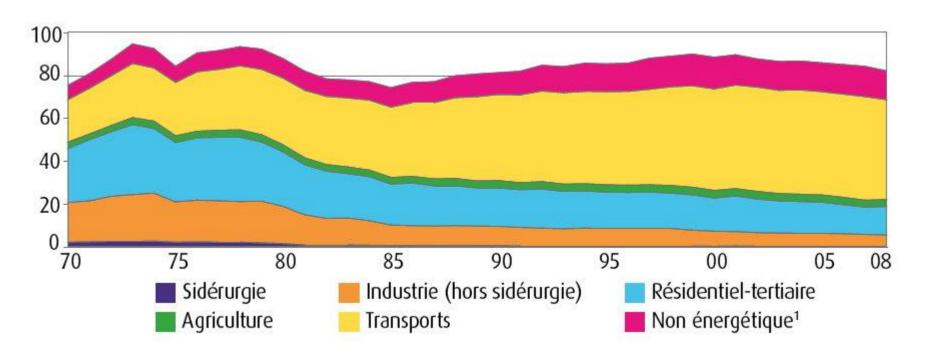
Une inégale répartition des granulats



Répartition dans le temps de la formation des principaux gisements de charbons et pétrole



Consommation de produits pétroliers par usage final, en France, de 1970 à 2008, en millions de tonnes



On note la très importante décroissance, depuis le choc pétrolier, de la consommation industrielle en valeur absolue, et la croissance des transports.

"Non énergétique" correspond aux usages comme matière première (bitumes, plastiques, cires, huiles....).

L'extraction des « terres rares »



Mine à ciel ouvert de Molycorp (Moutain Pass, Californie) pour l'extraction de terres rares https://www.geo.fr/environnement/definition-terres-rares-scandium-yttrium-et-lanthanides-124433

Impacts environnementaux:

rejets d'éléments toxiques liés à l'extraction et au raffinage Métaux lourds, acide sulfurique...



17 métaux aux propriétés proches Scandium, Yttrium et 15 lanthanides (Lanthane, Cérium, Praséodyme, Néodyme, Prométhium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium,

Nombreuses utilisations (nouvelles technologies)

Erbium, Thulium, Ytterbium, Lutécium)

batteries de voitures électriques, LED, puces de smartphones, écrans d'ordinateurs portables, panneaux photovoltaïques, éoliennes...

Les outils et méthodes de prospection

Forages, carottages

Opération de carottage sur un site d'exploration de lithium au Portugal



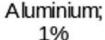
Méthodes géochimiques

Méthodes géophysiques



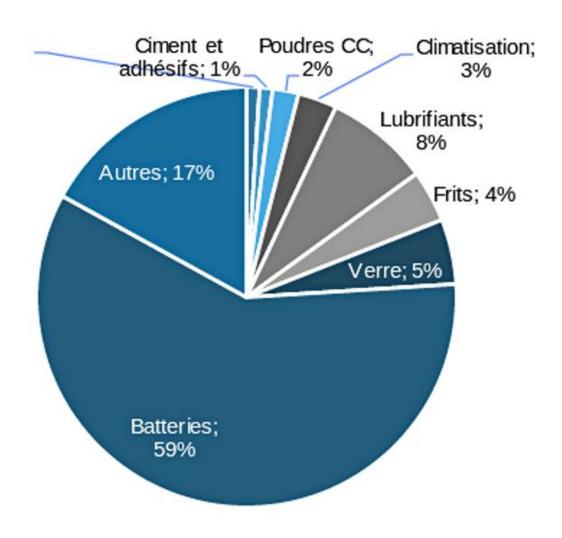


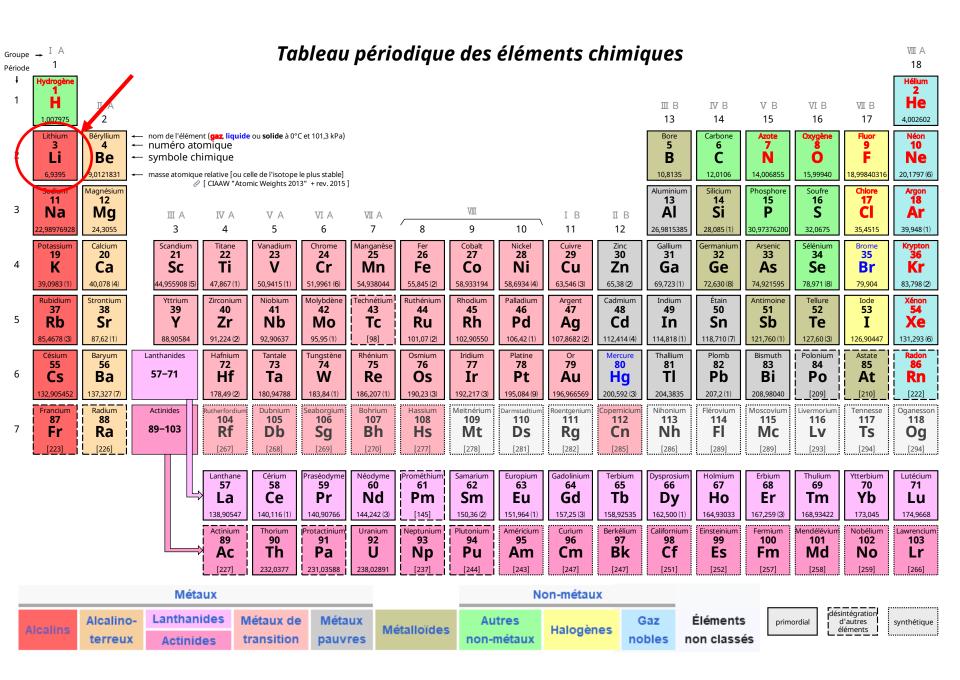
Répartition de la demande mondiale en lithium dans les applications industrielles en 2017



Échantillon de lithium métal

Le lithium métallique ne peut être stocké que dans l'huile et sous atmosphère protectrice car il est trop réactif pour être stocké dans l'eau ou l'air. Il est si peu dense qu'il flotte dans l'huile.





Abondance du lithium dans l'Univers et dans la croute terrestre – Comparaison avec les autres alcalins légers

Élément	Abondance atomique cosmique normalisée à Si = 10 ⁶ atomes	Abondance atomique dans la croûte terrestre normalisée à Si = 10 ⁶ atomes	Teneur massique dans la croûte (ppm)
Silicium (Si)	10 ⁶	10 ⁶	≈ 280 000
Lithium (Li)	10 ²	10 ³	≈ 20
Sodium (Na)	3.10 ⁴	10 ⁵	≈ 23 000
Potassium (K)	5.10 ³	5.10 ⁴	≈ 20 000

L'abondance cosmique est supposée équivalente à l'abondance dans l'atmosphère solaire, les chondrites primitives et donc la Terre globale.

Le salar d'Atacama (Chili)



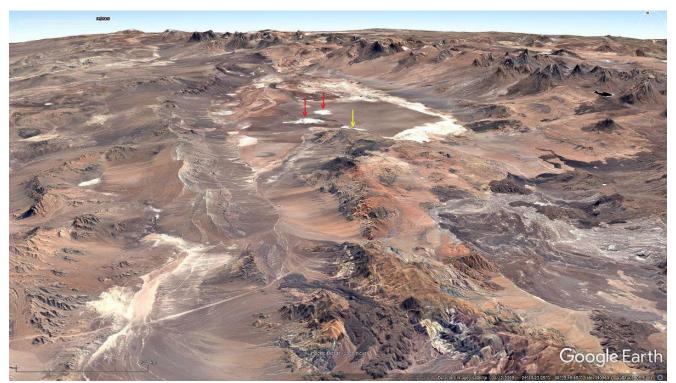
Vue d'une plaine de sels « propres » contenant un peu d'eau liquide en son milieu



Bassins d'évaporation et tas de sels, salar d'Atacama (Chili)

Au fond, la chaine volcanique de 5000 à 6000 m d'altitude. Cette chaine de volcans arrête les pluies (ou plutôt les neiges) venant de l'Amazonie. Cette neige, en fondant, amène de l'eau au salar qui, à l'abri de ces montagnes, ne reçoit quasiment aucune pluie et constitue l'une des zones les plus arides au monde.

→ Des conditions climatiques arides



Vue globale de la dépression d'Atacama (Chili), contenant le salar

Les zones blanches et plates sont majoritairement constituées de sels "propres"; les zones marrons et plates sont constituées d'argiles et autres alluvions, ou de sels "sales". La chaîne de volcans à l'Est de la dépression a une altitude de 5000 à 6000 m, alors que le fond du salar est en moyenne à 2300 m.

Les flèches indiquent les zones (artificielles) d'évaporation.

- → Localisation dans un bassin clos
- → Subsidence tectonique importante



Champ hydrothermal du Tatio, Chili

Dans cette zone volcanique du Tatio, l'hydrothermalisme a un rôle majeur dans la mobilisation du lithium. Le champ hydrothermal du Tatio montre que cet hydrothermalisme est actuellement bien actif

→ Présence d'une activité hydrothermale souterraine

 Dans la Cordillère des Andes, beaucoup de roches acides et riches en alcalins

ex: rhyolite

→ Présence d'une source de lithium conséquente aux alentours du gisement de saumures



- les salars d'Amérique du Sud se sont formés il y a 20 Ma environ
 - → Une durée de fonctionnement importante

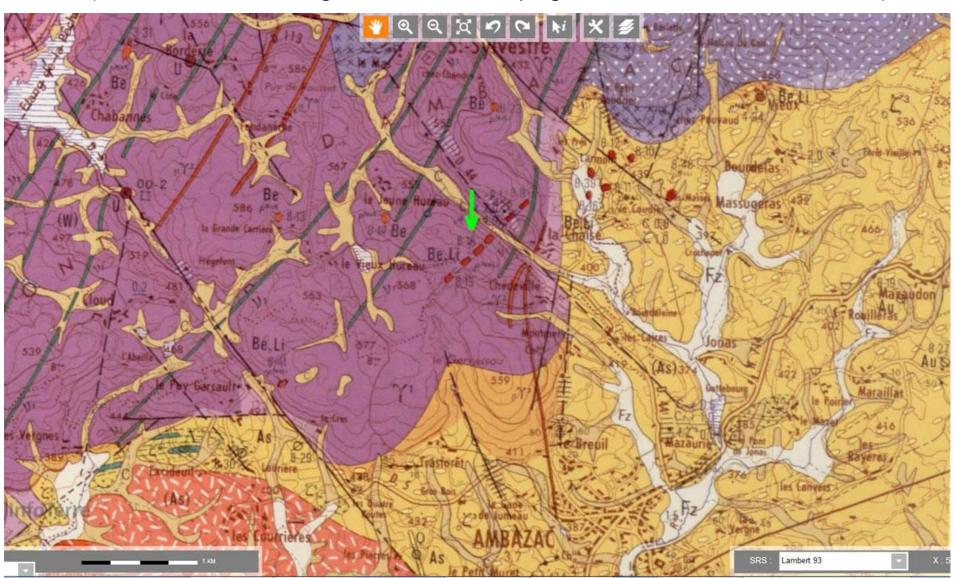
Document 6. Modèle théorique de formation d'un gisement de lithium de type saumure. POTENTIAL SOURCES OF LITHIUM IN BRINE 1. Older bedrock 2. Primary magmatic-hydrothermal fluids lithium lithium 3. Volcanic ash weathered from delivered 4. Loess older rocks lithium in windblown Exhumed basin deposits (recycled Li) in airfall tuffs dust Groundwater leaks in from adjacent basin (4) from nearby volcano lithium delivered in solution from connected 6 lithium sequestered around hot springs basinin clays evaporative 1 concentration Neogene volcano of lithium SALAR WITH pre-concentrated lithium Salar LITHIUM BRINE (6) from exhumed evaporation basinal strata Proximal alluvial fan convecting basinal brines groundwater Other modern basin fill LITHIUM SOURCES, Older basin fill, now exhumed PATHWAYS, AND SINKS lithium Bedrock, undifferentiated delivered in magmatic fluids MECHANISMS FOR CONCENTRATING LITHIUM IN BRINES: 1. Evaporation hot rocks at depth 2. Hydrothermal fluids react with aquifer and liberate Li MECHANISMS FOR REMOVING LITHIUM FROM BRINE POOL: 1. Brine spills out of basin 2. Brine leaks out from bottom of basin 3. Li minerals crystallize from saturated brine 4. Li clays crystallize from hydrothermal fluids Li brines trapped in fluid inclusions in halite Bradley et al. - USGS

Cristaux de pétalite (minéral riche en lithium) dans une pegmatite du Limousin



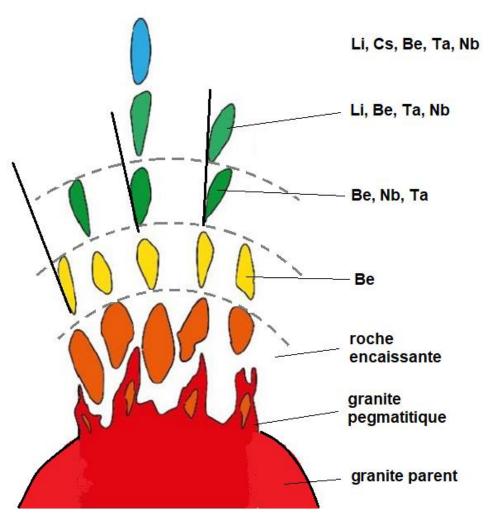
Extrait de la carte géologique d'Ambazac au 1/50 000e

(la flèche verte désigne les filons de pegmatite contenant du lithium)



<u>Document 7</u>. Coupe schématique d'un pluton et de filons pegmatitiques qui l'entourent.

Les éléments incompatibles en concentration remarquable sont indiqués sur la droite



Li lithium
Cs césium
Be béryllium
Ta tantale
Nb niobium

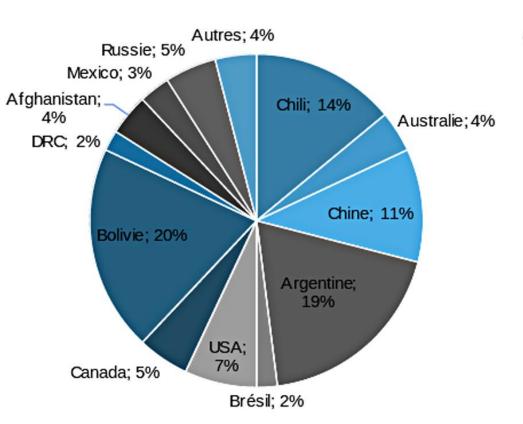
 → La concentration des éléments les plus incompatibles – dont le lithium – augmente avec l'éloignement du pluton

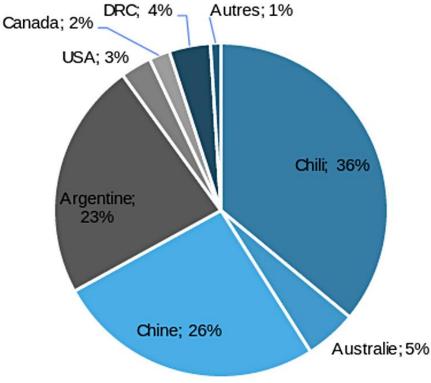
Modifié d'après London (2008) in : Ressources métropolitaines en lithium et analyse du potentiel par méthodes de prédictivité, Rapport BRGM/RP-68321-FR décembre 2018

Document 8. Ressources et réserves en lithium.

Répartition géographique des ressources de lithium (total : 273 Mt Li)

Répartition géographique des réserves de lithium (total : 102 Mt Li)

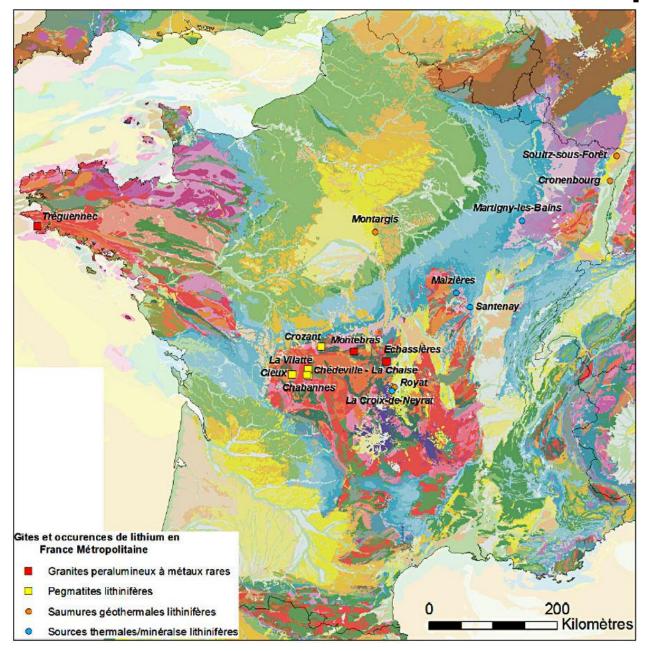




Production mondiale de lithium en 2021



Carte des sites lithinifères en France métropolitaine

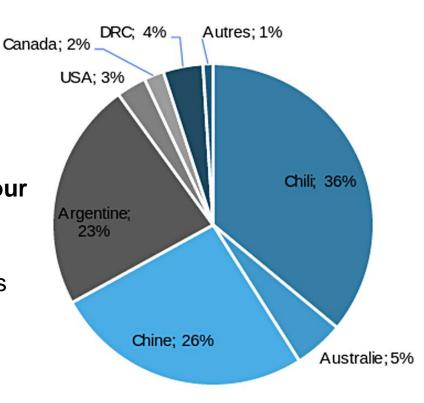


Quelques chiffres sur l'utilisation du lithium

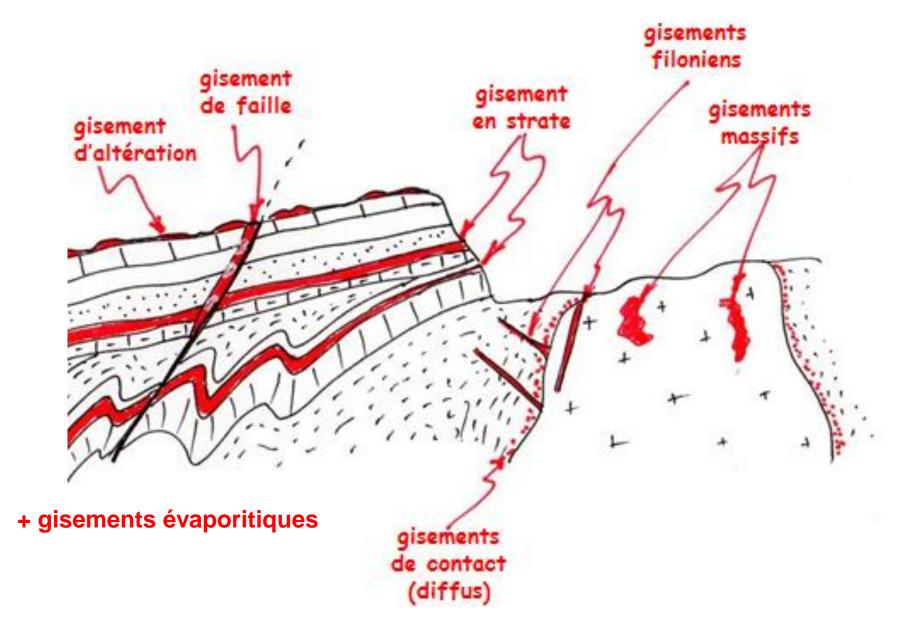
(en équivalent carbonate de lithium ; 10 kg de carbonate de Li ⇔ 2 kg de Li)

Répartition géographique des réserves de lithium (total : 102 Mt Li)

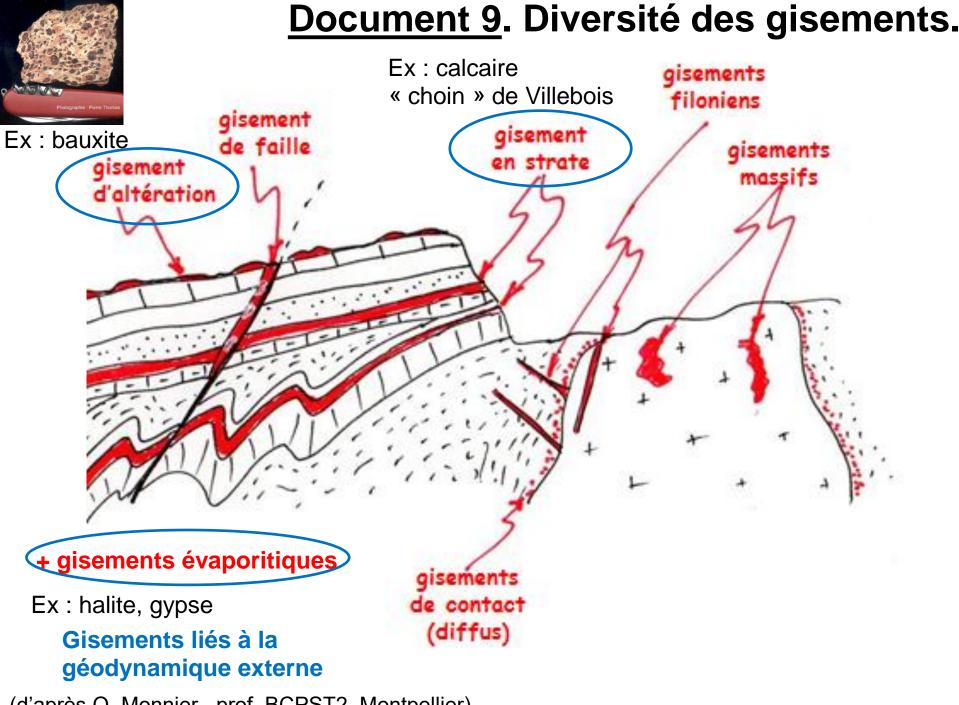
- Batterie de téléphone portable : 2 3 g
- Perçeuse électrique : 40 60 g
- Véhicule 100 % électrique : 10 63 kg
 - 50 kg de carbonate de Li soit 10 kg de Li pour une batterie d'automobile de 50 kWh
 - Parc mondial : **un milliard de voitures en service** (38,7 millions de véhicules particuliers en France au 1er janvier 2022)
 - →10 milliards de kg de Li sont nécessaires pour un parc mondial automobile entièrement électrique



Document 9. Diversité des gisements.



(d'après O. Monnier, prof. BCPST2, Montpellier)



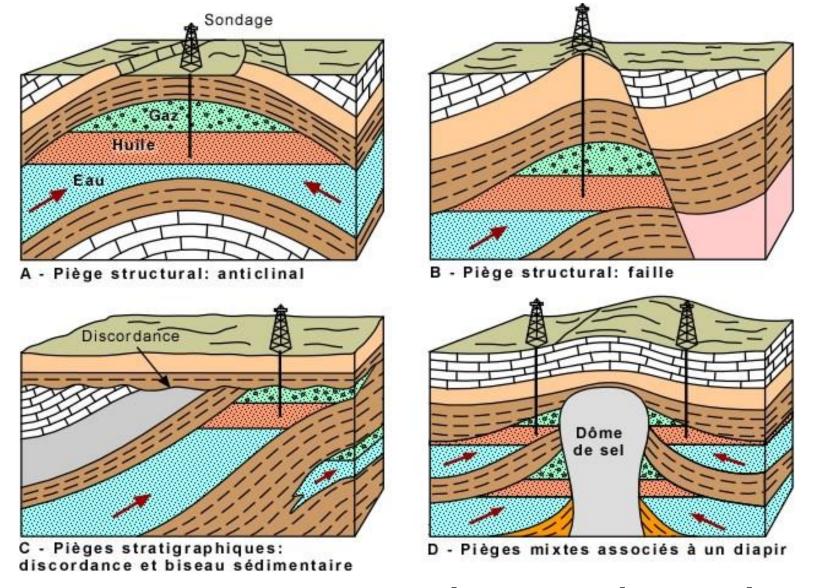
(d'après O. Monnier, prof. BCPST2, Montpellier)



Filon de barytine (sulfate de baryum) dans un granite hercynien

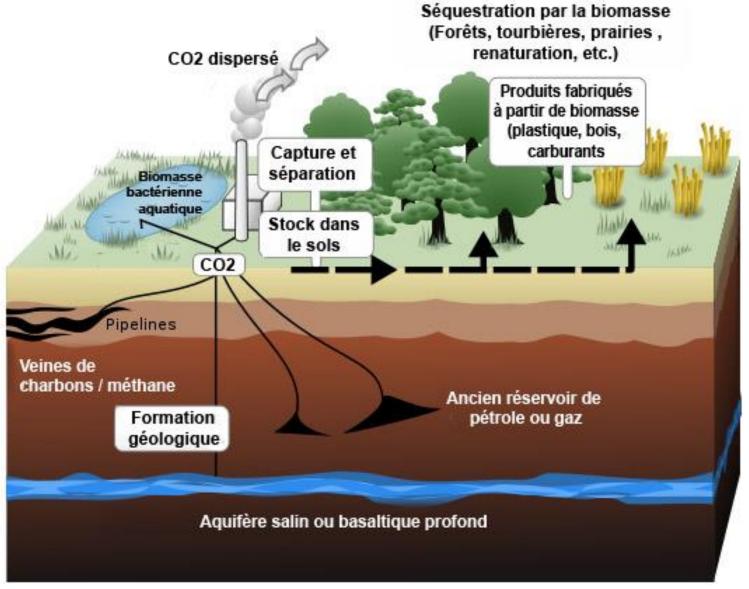


La barytine est exploitée comme minerai de baryum, métal dont certaines propriétés chimiques sont utiles en industrie (charge minérale pour les papiers, peintures...) ou en pharmacie (opacité aux rayons X → visualisation trajet bol alimentaire en radiologie).

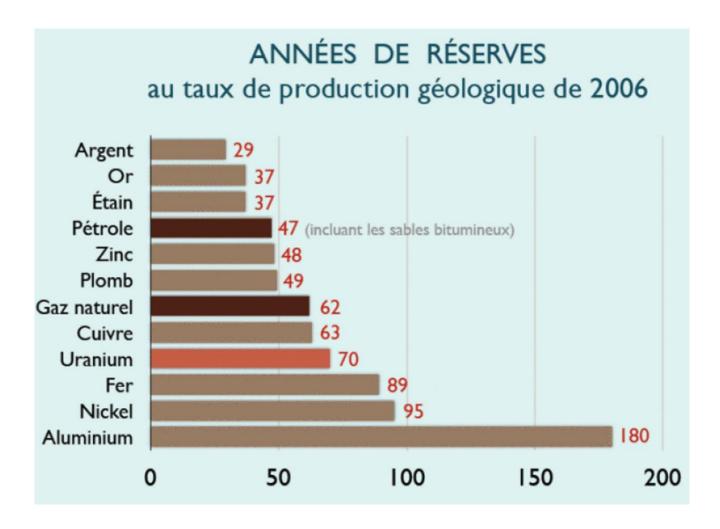


Des lentilles de roches ou de sédiments très perméables peuvent servir de « pièges » à pétrole.

Représentation schématique de certains moyens de stocker le dioxyde de carbone



Document 10.



Trouver de nouveaux gisements ??

P. Langlois « Rouler sans pétrole », Editions Multimondes, 2008, in: http://www.econologie.com/forums/ressources-geologiques-y-a-pas-que-le-petrole-qui-manquera-vt6257.html

Production de pétrole et gaz liquides sur la période 1930 – 2050 (Scénario 2004)

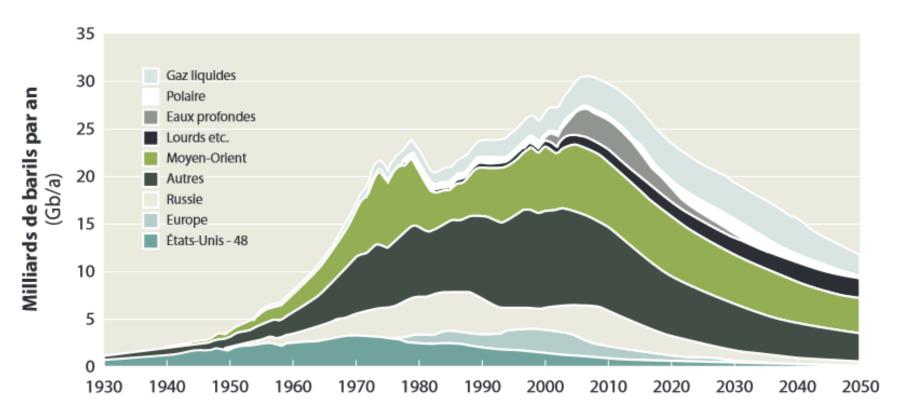


Figure 1.9 – Pétrole et gaz liquides (scénario 2004). Courbe globale de production de pétrole et de gaz liquides, couvrant la période 1930-2050, telle que présentée en 2004 par Colin J. Campbell, fondateur de l'Association for the Study of Peak Oil & Gas (ASPO). La période 2004-2050 constitue une prévision basée sur les réserves mondiales connues et les connaissances des méthodes d'extraction du pétrole et du gaz naturel.

P. Langlois « Rouler sans pétrole », Editions Multimondes, 2008, in: http://media.wix.com/ugd/07b6cc_d6eea69f9840f85275657ccd53ea270b.pdf

L'utilisation du sable

15 milliards de tonnes par an





https://reporterre.net/Le-sable-une-ressourceen-voie-d-epuisement

L'exploitation du sable

Carrière d'exploitation du sable : en domaine continental , les ressources en sable fluviatile s'épuisent.





Ce navire est capable d'extraire 400 000 tonnes de sable par jour.

Une conséquence de l'exploitation du sable

Erosion de la plage, côte américaine



« Le sable, enquête sur une disparition » Documentaire, Arte 2014,

Extrait: https://youtu.be/E-nQxIUMzNs

Exploitation du sable au Maroc

On enlève du sable des plages pour construire des immeubles pour les touristes qui viennent au Maroc pour aller ... à la plage.



La moitié du sable utilisé chaque année dans la construction au Maroc, soit 10 millions m³, est extraite illégalement selon un rapport du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) paru en 2019, mettant en danger le littoral