



INTERNATIONAL CONFERENCE

GROUNDWATER, KEY TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

PARIS - May 18 -20, 2022



french
water
partnership



ORGANIZED BY IAH-CFH, UNESCO-IHP, THE FRENCH WATER PARTNERSHIP, UNDER THE PATRONAGE OF THE FRENCH NATIONAL COMMISSION FOR UNESCO AND WITH THE SUPPORT OF THE MINISTRY FOR ENVIRONMENT, SEINE-NORMANDY WATER AGENCY, AND SORBONNE UNIVERSITY

Projet Géodénergies Therma'Li

Étude des dépôts minéraux générés, lors du refroidissement et de l'extraction du Lithium, par les fluides géothermaux de Soultz-sous-Forêts

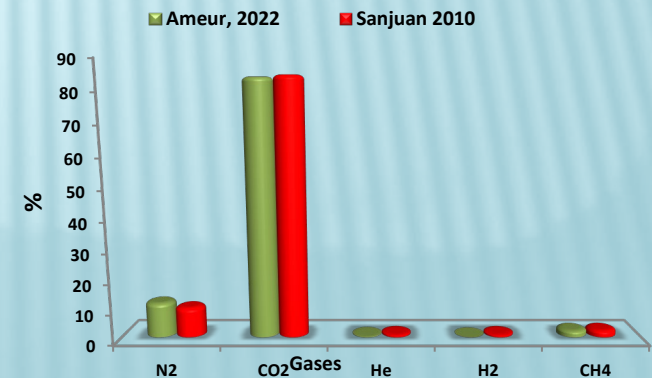
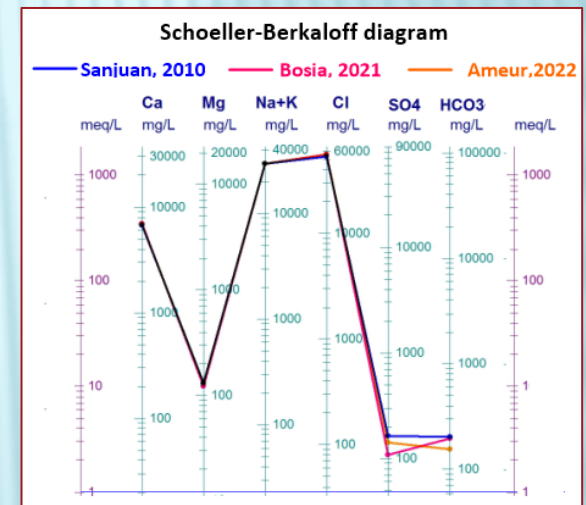
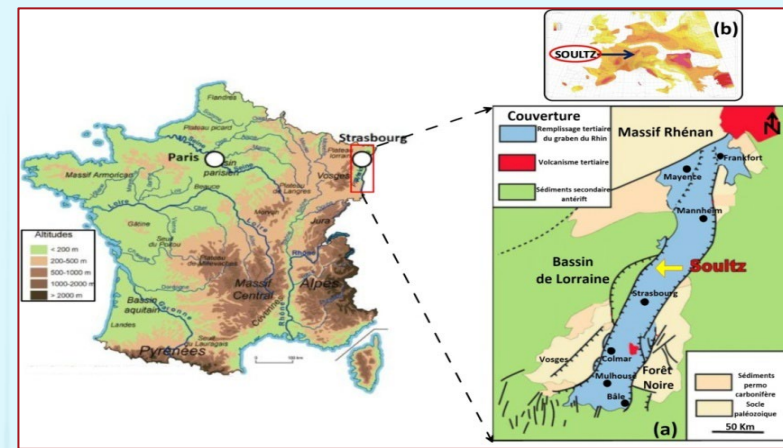
19/05/2022



Contexte

Les saumures géothermales du Fossé Rhénan :

- ❖ exploitées pour la production locale de **chaleur** et d'**électricité**, puits de production de **5Km**
- ❖ proviennent principalement de réservoirs fracturés granitiques, de forte salinité (**100 g/L**), faciès de type Na(Ca)Cl et de pH~5
- ❖ Lithium présent en quantité importante: entre **150 et 220 ppm**
- ❖ La composition chimique des fluides de Soultz est stable depuis plusieurs années



Objectif du projet

Le projet Therma'Li, à travers le procédé de l'entreprise française Adionics (le procédé d'extraction AquaOmnes), vise à extraire les sels de lithium des eaux géothermales

Problématiques rencontrées

La forte minéralisation de la saumure exploitée conduit à des phénomènes de dépôt “**scaling**”, lorsque le fluide baisse en température et en pression, qui sont délétères au procédé de géothermie actuel et au futur procédé d'extraction du lithium

Les verrous scientifiques à étudier

Réaliser un diagnostic thermodynamique des fluides géothermiques afin d'identifier les risques de **dépôts minéraux**, en particulier à **basse température**, et l'impact de ces dépôts sur la **récupération du lithium**

Les moyens

Revue bibliographique

Barite Scale Control at the Soultz-sous-Forêts (France) EGS Site

Julia Scheiber¹, Andrea Seibt², Johannes Birner³, Nicolas Cuenot¹, Albert Genter¹ and Wilfried Moeckes¹

Formation of alternating layered Ba-Sr-sulfate and Pb-sulfide scaling in the geothermal plant of Soultz-sous-Forêts

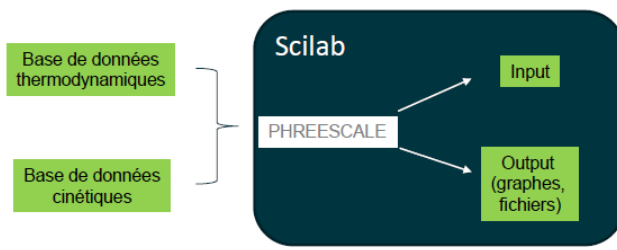
Fabian Nitschke, Julia Scheiber, Utz Kramar, Thomas Neumann



Approche numérique



Approche expérimentale



Démarche suivie



Echantillonnage sur site des eaux géothermales de Soultz (Avril 2021)

Eaux brutes

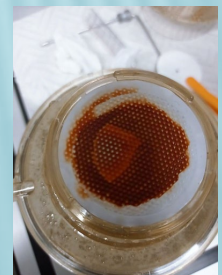
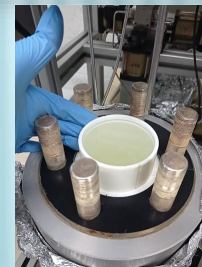
Eaux des expériences

Analyse des phases liquides et solides

Mise en place du protocole expérimental en laboratoire pour évaluer l'effet de la température sur le fluide et les phases solides

Approche expérimentale

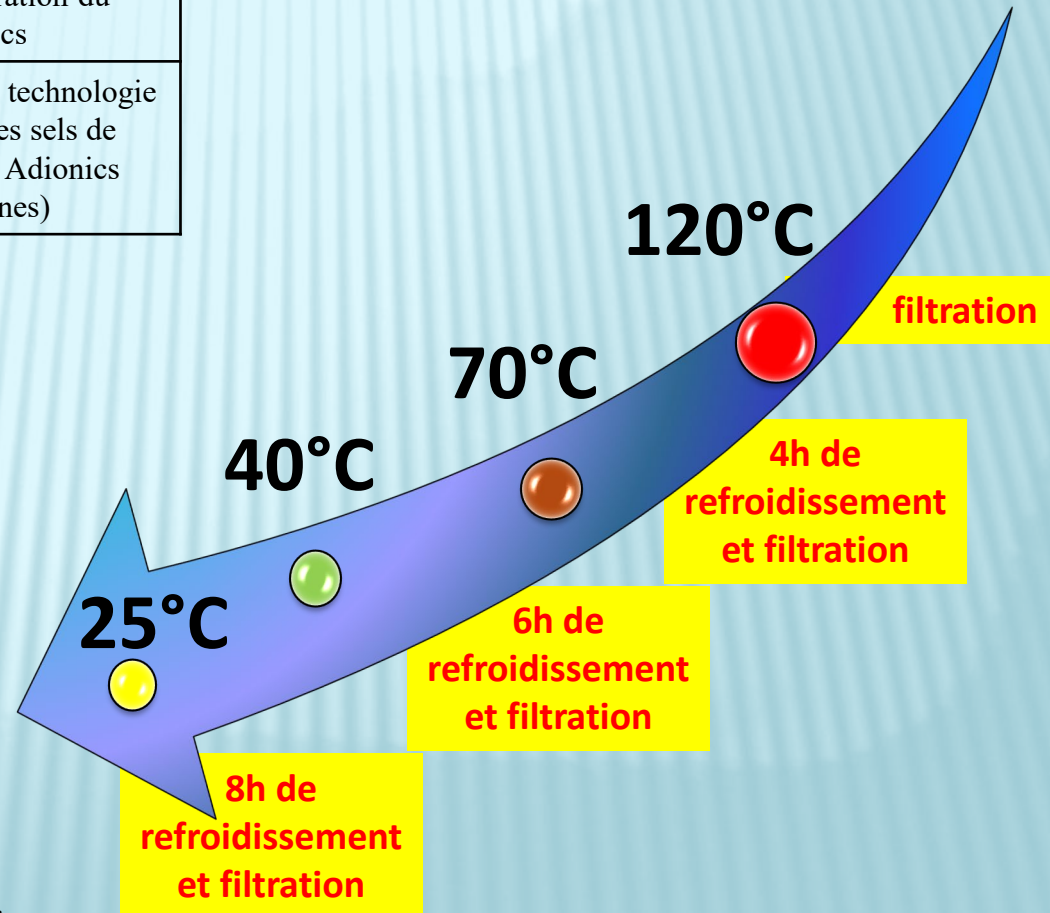
- ✓ Plateforme BIOREP
- ✓ Expériences en conditions de T et P, proches de celles du réservoir
- ✓ Les échantillons d'eau du site (0.5 L) sont placés dans des réacteurs fermés en téflon.
- ✓ Les échantillons d'eau sont montés en conditions (P, T) au contact d'une pression de CO_2 de 6 bar
- ✓ Suivi des paramètres en temps réel
- ✓ Lorsque l'équilibre P, T est atteint, l'expérience est arrêtée et l'échantillon est filtré à l'intérieur de l'étuve pour éviter toute baisse de température de fluide
- ✓ Pour chaque paliers de température, les eaux ont été filtrées et analysées pour caractériser les précipités et effectuer un bilan géochimique



Organigramme et protocole des expériences

Plage de température des expériences réalisées	Critère de choix de cette température
120°C	Se rapprocher de la température de remontée des fluides depuis le puits de production GPK2
60 à 70°C	Température d'injection minimale des puits d'injection de Soultz. Température de régénération du procédé d'adionics
25°C à 40°C	Température idéale pour la technologie d'extraction sélective des sels de Lithium développée par Adionics (procédé AquaOmnes)

- ✓ T0 +1 mois : début des expériences
- ✓ Saumures à une température ambiante (25°C)
- ✓ 2 h de réchauffement pour atteindre 120°C
- ✓ 1h la durée de l'expérience
- ✓ sur les 4 expériences différentes de 120 °C, 70,40 et 25 °C : eau renouvelée à chaque fois



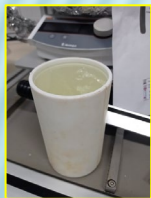
Analyse de la phase: liquide
(anions, cations et traces)

Analyse des filtres :

MEB

DRX

Mise en solution des filtres

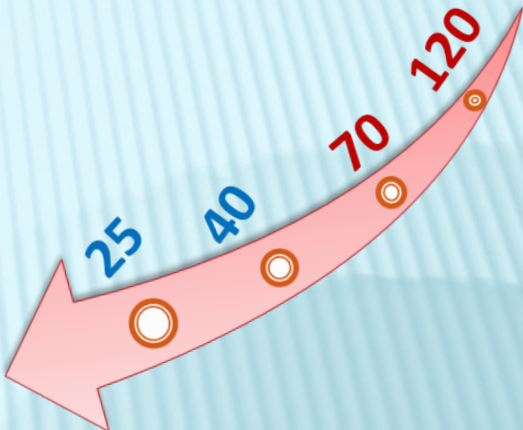
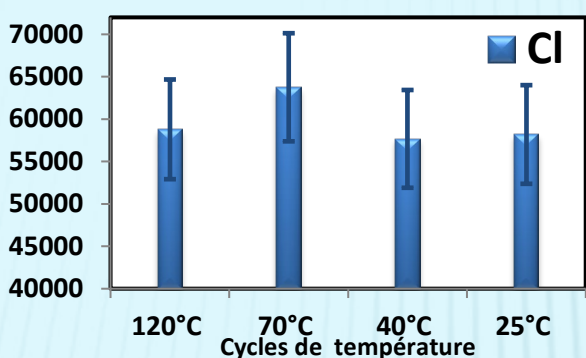
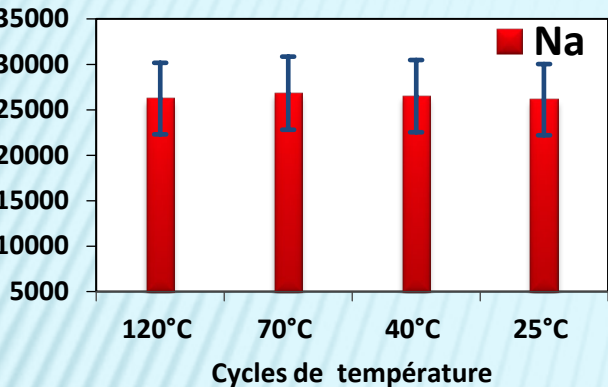


Résultats d'analyses des :

- ✓ eaux des expériences à différents paliers de températures de la phase liquide
- ✓ eaux des expériences à différents paliers de températures de la phase solide

Résultats des eaux des expériences à différents paliers de températures de la phase liquide

Éléments majeurs

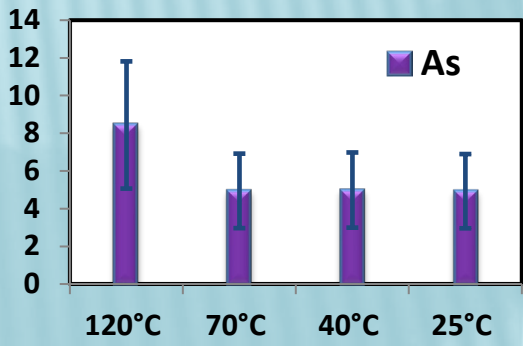
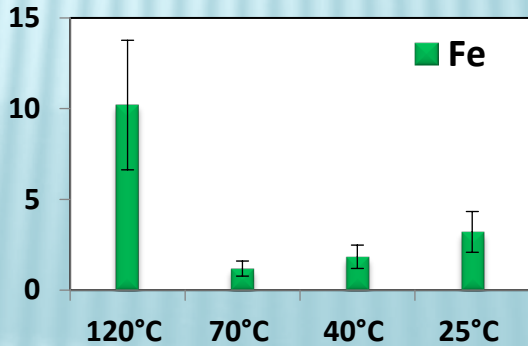


✓ Pas de variation significative des concentrations des anions et des cations majeurs des eaux

Éléments traces

mg/l	Sr	Br	B	Rb	Mn	Si	Fe	Cs	Ba	F-	As	Zn	Pb	I	Ag	Sb
120°C	443	237.60	43.32	26.26	18.70	15.7	10.2	16.04	9.77	7.8	8.44	2.80	0.30	1.49	0.17	0.05
70°C	411	224.37	42.47	24.87	18.12	14.7	1.19	14.90	8.20	5.35	4.94	2.99	0.33	1.47	0.08	0.04
40°C	445	240.56	43.44	26.36	19.10	16.1	1.84	16.33	8.10	5.79	4.99	2.98	0.32	1.40	0.08	0.05
25°C	434	240.40	41.43	25.38	18.40	13.2	3.21	15.74	7.93	5.57	4.93	2.93	0.24	1.40	0.05	0.06

✓ $[Fe]_{total}$ et $[As]_{total}$: 2 à 3 fois plus importantes à 120 °C qu'à 25 °C

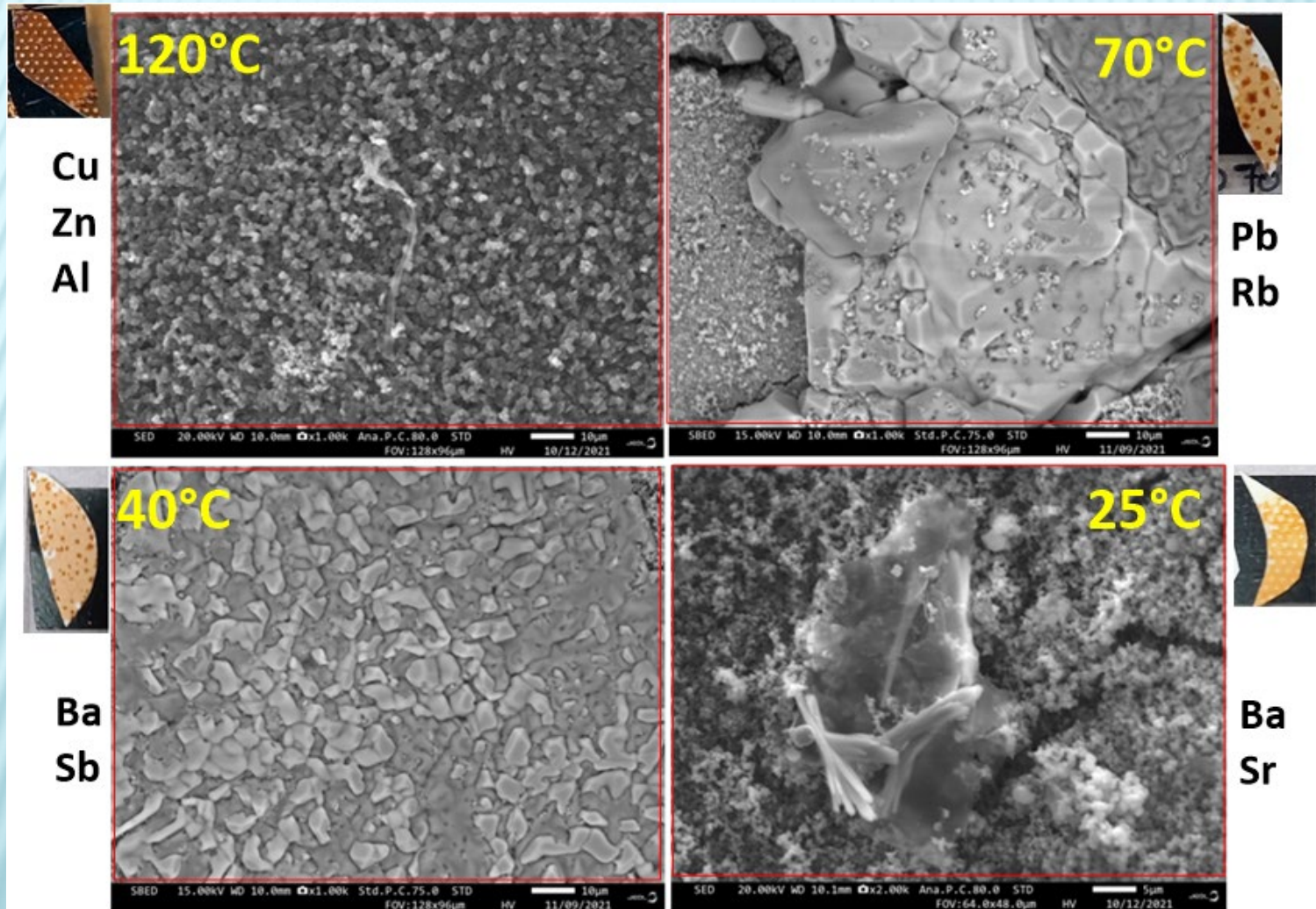


Résultats d'analyses des :

- ✓ eaux des expériences à différents paliers de températures de la phase liquide
- ✓ eaux des expériences à différents paliers de températures de la phase solide

Microscope électronique à balayage (MEB)

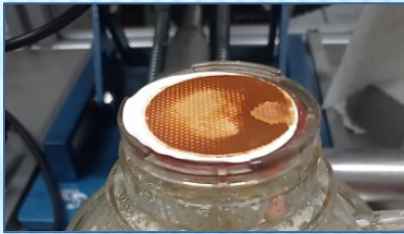
- des éléments en commun Si, Fe et As



Éléments spécifiques pour chaque palier de température

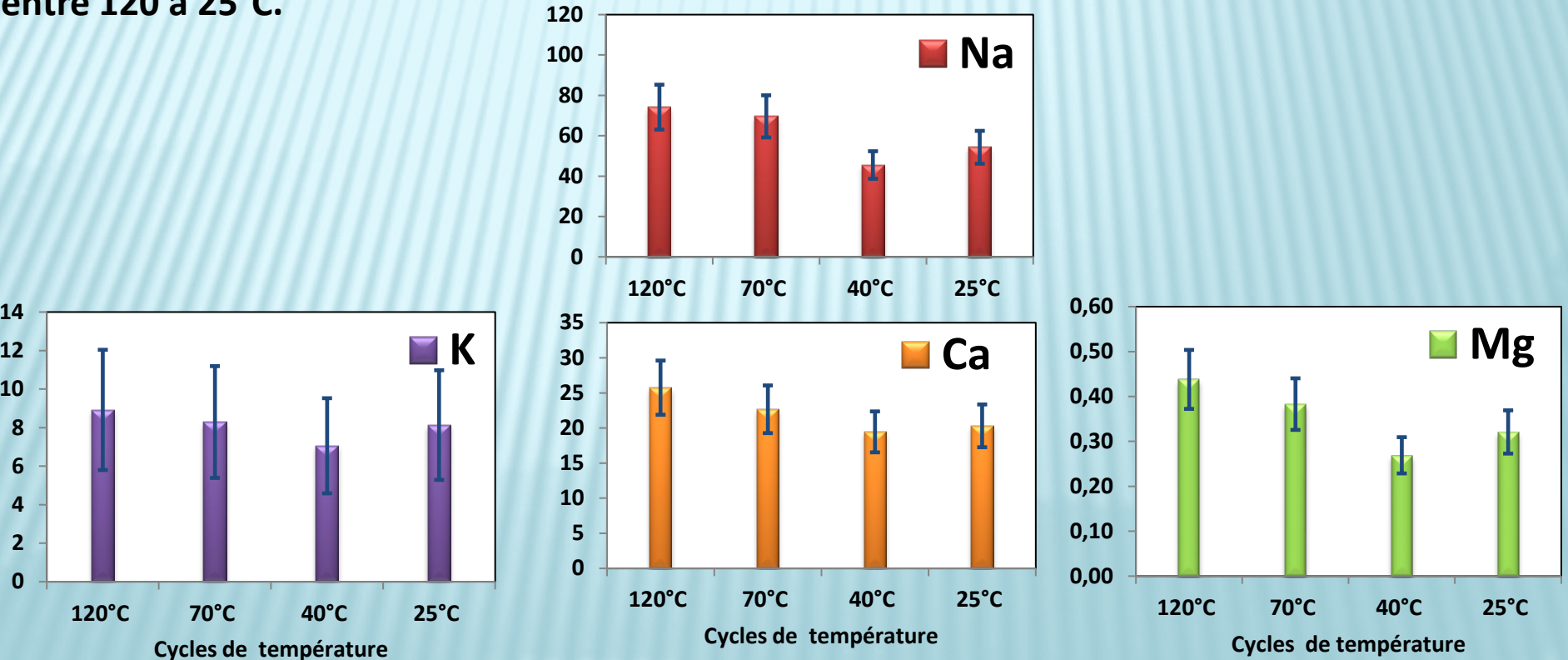
Dissolution des filtres par attaque eau régale

Remise en solution les sels précipités en utilisant l'acide chlorhydrique (HCl) et l'acide nitrique (HNO₃) par minéralisation au four et montée en température jusqu'aux 175°C pendant 40 min



Eléments majeurs

Concentration en cations majeurs de la phase solide ne présentent pas une grande variation entre 120 à 25°C.



Dissolution des filtres par attaque eau régale

Eléments traces

Eléments	Fe	As	Br	Al	Zn	Ag	B	Sr	Ba	Sb	Pb
120°C	41.67	7.46	0.53	0.57	0.81	0.15	0.11	0.94	0.04	0.01	0.27
70°C	38.46	6.98	0.57	0.04	0.03	0.04	0.12	1.06	0.04	0.06	0.30
40°C	47.60	8.95	0.54	0.05	0.03	0.01	0.11	1.18	0.05	0.08	0.21
25°C	10.99	2.12	0.55	0.04	0.02	0.01	0.09	1.26	0.08	0.07	0.79

Deux familles d'éléments (expérience de 1h) :

🕒 La première famille des éléments : Fe et As. Les phases porteuses de ces éléments se dissolvent rapidement (< 1 h)

🕒 La deuxième famille des éléments : Al, Zn, Ag. Les phases porteuses de ces éléments ont des cinétiques de dissolution plus lentes

Dissolution des filtres par attaque eau régale

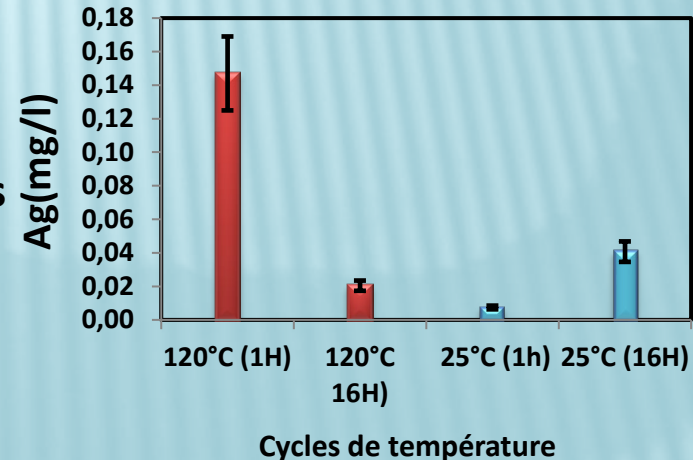
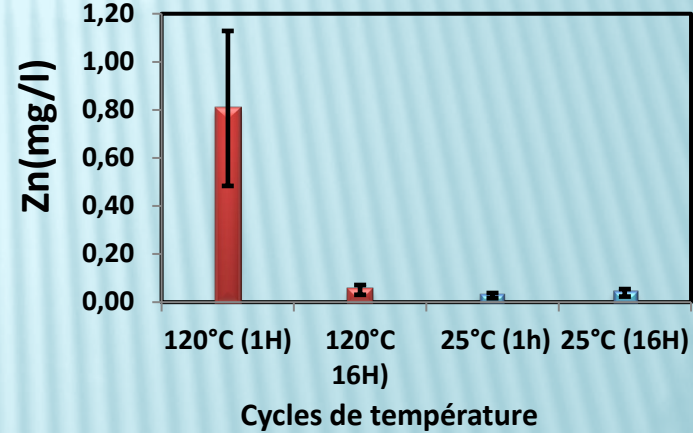
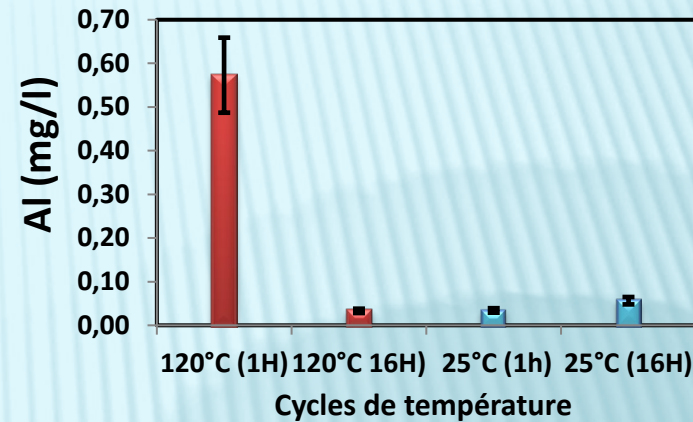
Éléments traces

	Eléments	Al	Zn	Ag
1h d'expérience	120°C (1h)	0.57	0.81	0.15
	25°C (1h)	0.04	0.02	0.01
16h d'expérience	120°C (16h)	0.03	0.05	0.02
	25°C(16h)	0.06	0.04	0.04

✓ au bout d'1 heure, on n'a pas dissous tous les composés riches en Al , Ag et Zn (cinétique lente)

✓ après 16 h, la dissolution est complète

➡ Absence de phases porteuses de lithium
Aucune trace de lithium détectée dans les phases solides précipitées



Conclusions et perspectives

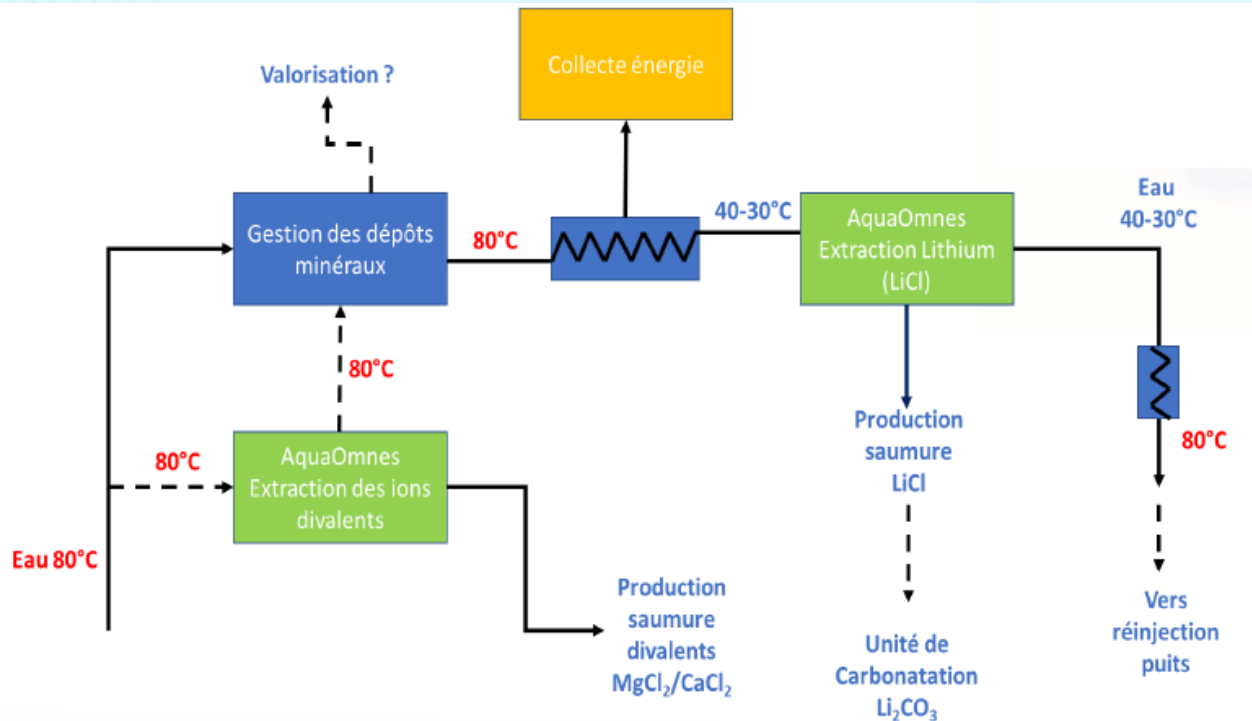
- Les résultats des eaux des expériences en réacteur fermé montrent un enrichissement des précipités en fer et en arsenic à hautes températures (120°C) et en baryum, strontium et plomb à basses températures (25°C).
- Les résultats d'analyse des fluides des expériences sont cohérents avec les résultats de la composition des dépôts solides.
- Cette première description géochimique du système permet d'identifier des gammes de température favorable à la formation de dépôt
- Ces résultats confirment l'absence de phases porteuses de lithium
Ou de trace de lithium dans les phases solides précipitées ce qui est encourageant pour le procédé d'extraction

Merci pour votre attention



QUESTIONS ?

Annexes 1



La récupération de minéraux et de métaux à partir de fluides géothermiques pourrait améliorer considérablement la rentabilité économique des applications géothermiques et augmenter ainsi la production d'énergie géothermique dans le monde.

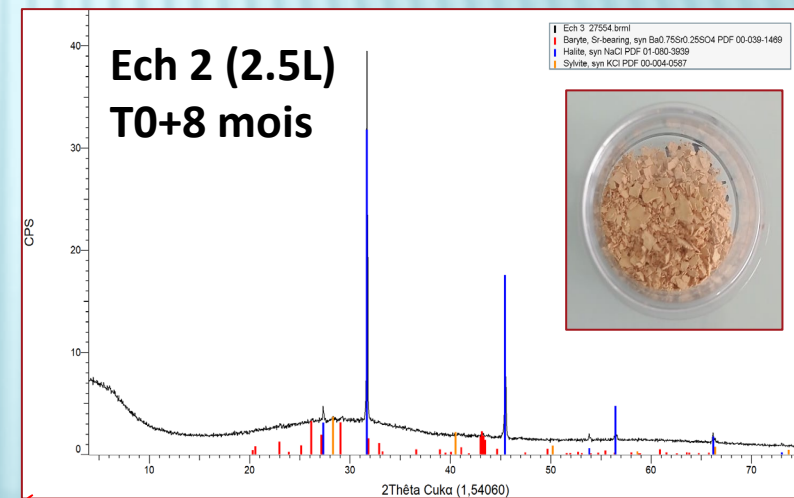
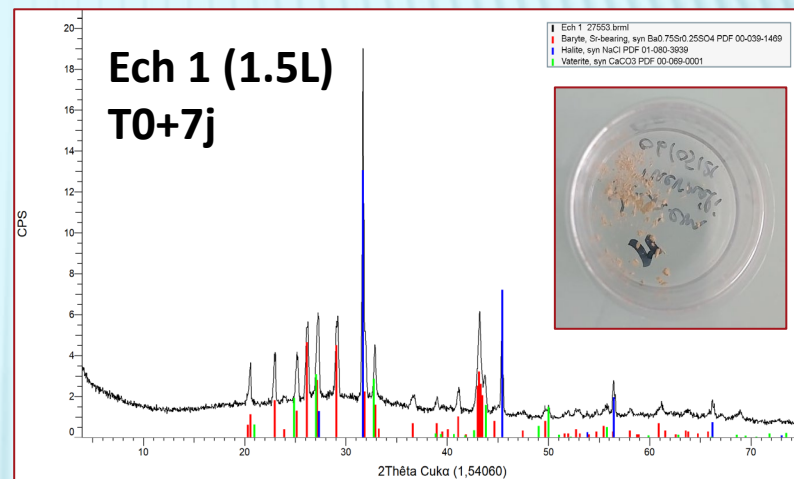
En particulier, le bassin géothermique du plateau Alsacien offre une opportunité exceptionnelle avec ses 155 mg de Lithium par Litre de saumure géothermale, valorisé à plus de 4,5 euros/m³ (exprimé en équivalent carbonate de Lithium), ce qui pour un gisement de 100 m³/h correspond à une valeur potentielle de plus de 4 millions d'euros par an, permettant à terme une contribution importante sur le chiffre d'affaire de la centrale thermoélectrique ; et donc baisser le LCOE de la géothermie à moyen terme.

Résultats d'analyse des eaux brutes prélevées le jour d'échantillonnage de puits de production GPK2

Phase liquide

Phase solide

Les résultats des analyses chimiques et de gaz sont cohérents avec les résultats d'analyses des travaux antérieurs :



- ✓ Présence de sulfate de baryum et de strontium
- ✓ Artefacts : Halite ,vatérite et Sylvite