

## Fiche analytique – Mémoire de Master MUSE

A rendre au secrétariat lors de l'inscription à la soutenance du mémoire

\* champs obligatoires

<b>AUTEUR*</b>	NOM : Martin		PRENOM : Adrian	
<b>TITRE MEMOIRE*</b>	CO <sub>2</sub> storage potential via in situ mineralization in the Swiss underground			
<b>NUMERO MEMOIRE</b>	576			
<b>DATE SOUTENANCE</b>	16 février 2024	Salle: 003	Heure: 14h15	
<b>THEMATIQUE* (AFFILIATION)</b>	Impacts climatiques			
<b>VOLEE MUSE*</b>	2021-2023			
<b>TITRE ACADEMIQUE* (par ex.: licencié en biologie)</b>	Bachelier universitaire en géosciences et environnement, orientation Géographie			
<b>DIRECTION* / EVALUATION</b>	Directeur de mémoire* Prof. Martin K. Patel	Co-directeur de mémoire* -	Nom(s) du ou des juré(s)* Dr. Thanushika Gunatilake	
<b>STAGE (éventuel)</b>	Organisme d'accueil		Maître de stage	
<b>Projet de l'ISE (éventuel) auquel le mémoire est rattaché</b>	-			
<b>Bourse (éventuelle) reçue par l'étudiant</b>	-			
<b>COLLATION*</b>	Nb de pages* 77	Nb de figures* 10	Nb de tableaux* 2	
<b>TERRAIN D'ETUDE OU D'APPLICATION</b>	-			
<b>MOTS-CLES*</b>	Carbon capture and storage (CCS) ; CO <sub>2</sub> storage ; carbon mineralization ; mafic and ultramafic rocks ; site screening and selection ; geological criteria ; Switzerland			
<b>RESUME*</b>	<p>Les technologies de captage et de stockage du carbone (CSC) sont désormais reconnues comme une stratégie d'atténuation essentielle pour atteindre les objectifs climatiques, tant au niveau mondial qu'en Suisse. La Confédération suisse souhaite que le CO<sub>2</sub> capté sur son territoire soit stocké en Suisse, si possible. Le stockage du dioxyde de carbone par carbonatation minérale in situ dans le sous-sol géologique, en particulier par la méthode Carbfix, semble être une solution sûre et permanente pour la séquestration du CO<sub>2</sub>. Cette étude vise donc à évaluer le potentiel de stockage du CO<sub>2</sub> par minéralisation in situ dans le sous-sol suisse. Un ensemble de critères techniques/géologiques a été défini et utilisé pour identifier, évaluer et classer les différentes formations géologiques. L'approche a été organisée autour de points de décision liés à la réduction de l'échelle d'investigation, de l'évaluation au niveau national à l'évaluation de zones spécifiques sélectionnées. Les zones sélectionnées identifiées et évaluées comprennent de grands volumes de massifs de roches mafiques et ultramafiques et sont constituées des unités tectoniques de la nappe de Platta, de la zone de Zermatt-Saas, de la zone d'Arosa (unité Totalp), de la nappe de Tsaté et de la zone d'Ivrea (complexe de Finero), ainsi que des zones du côté suisse de la nappe de Malenco-Forno-Lizun et de la zone d'Antrona. Cependant, bien que ces unités contiennent des roches adaptées à la minéralisation du CO<sub>2</sub>, elles présentent de nombreux défis et limitations. Ces unités sont marquées par une déformation alpine avec des structures et des mélanges de roches très complexes, et l'hydrogéologie de la roche-mère est encore mal comprise et peut constituer une voie de fuite. De plus, les roches mafiques et ultramafiques alpines étant anciennes, altérées et métamorphiques, leur perméabilité et leur porosité semblent très faibles. Le faible gradient</p>			

	<p>géothermique moyen dans les Alpes nécessite généralement des forages très profonds pour atteindre les températures optimales pour la minéralisation du CO<sub>2</sub>. D'autre part, les ressources en eau nécessaires à la dissolution et à l'injection du CO<sub>2</sub> sont déjà soumises à la pression de multiples utilisateurs, ce qui entraîne des pénuries et des conflits potentiels. Enfin, d'autres défis liés à la localisation et à l'accessibilité des sites de stockage, aux coûts financiers, à la réglementation, à l'acceptation sociale et aux impacts environnementaux constituent des obstacles supplémentaires. En conclusion, la présente étude révèle que la séquestration du CO<sub>2</sub> par la minéralisation in situ en Suisse se heurte à de nombreux facteurs limitatifs, même au niveau technique, qui rendent cette option difficilement réalisable et inappropriée. Dans ce contexte, les alternatives basées sur le stockage dans les aquifères salins profonds du plateau suisse et l'utilisation de sites de stockage à l'étranger semblent plus pertinentes.</p>
<b>SUMMARY*</b>	<p>Carbon Capture and Storage (CCS) technologies are now recognized as an essential mitigation strategy for achieving climate goals, both globally and in Switzerland. The Swiss Confederation wants the CO<sub>2</sub> captured on its territory to be stored in Switzerland, if possible. Carbon dioxide storage via in situ mineral carbonation in the geological underground, particularly via the Carbfix method, appears to be a safe and permanent solution for CO<sub>2</sub> sequestration. Therefore, this study aims to evaluate the potential of CO<sub>2</sub> storage via in situ mineralization in the Swiss underground. A set of technical/geological criteria was defined and used to identify, evaluate, and classify the various geological formations. The approach was organized around decision points linked to the reduction of the scale of investigation, from assessment at the national level to evaluation of specific selected areas. The selected areas identified and evaluated include large volumes of mafic and ultramafic rock massifs and consist of the tectonic units of the Platta nappe, the Zermatt-Saas zone, the Arosa zone (Totalp unit), the Tsaté nappe, and the Ivrea zone (Finero complex), as well as areas on the Swiss side of the Malenco-Forno-Lizun nappe and the Antrona zone. However, although these units contain rocks suitable for CO<sub>2</sub> mineralization, there are many challenges and limitations. These units are marked by alpine deformation with highly complex structures and rock mixtures, and the bedrock hydrogeology is still poorly understood and may constitute a leakage path. Moreover, as Alpine mafic and ultramafic rocks are old, altered, and metamorphic, their permeability and porosity seem very low. The low average geothermal gradient in the Alps generally requires very deep boreholes to reach the optimum temperatures for CO<sub>2</sub> mineralization. On the other hand, the water resources needed for CO<sub>2</sub> dissolution and injection are already under pressure from multiple users, leading to potential shortages and conflicts. Finally, other challenges relating to the location and accessibility of storage sites, financial costs, regulation, social acceptance, and environmental impacts are additional obstacles. In conclusion, the present study reveals that CO<sub>2</sub> sequestration by in situ mineralization in Switzerland comes up against numerous limiting factors, even at the technical level, which make this option hardly feasible and unsuitable. In this context, alternatives based on storage in deep saline aquifers on the Swiss plateau and the use of storage sites abroad seem more relevant.</p>
<b>REMARQUES</b>	-