



HAL
open science

Mesurer l'acceptabilité de projets de stockage géologique de CO₂: une proposition autour d'un système d'indicateurs

Guillaume Marchand, Yannick Bouet

► To cite this version:

Guillaume Marchand, Yannick Bouet. Mesurer l'acceptabilité de projets de stockage géologique de CO₂: une proposition autour d'un système d'indicateurs. 2023. halshs-04608371

HAL Id: halshs-04608371

<https://shs.hal.science/halshs-04608371>

Preprint submitted on 11 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

Mesurer l'acceptabilité de projets de stockage géologique de CO₂ : une proposition autour d'un système d'indicateurs

Guillaume Marchand, ingénieur d'étude à Akkodis, guillaume.marchand@akkodis.com

Yannick Bouet, ancien ingénieur d'étude à Akkodis, yannick.bouet@realtimeseismic.com

Résumé : Après une période de difficulté et de désillusion au début des années 2010, les technologies de captage, valorisation et stockage géologiques de carbone (CSCV) ont récemment opéré un retour dans les stratégies de décarbonation d'un certain nombre de pays européens, y compris en France. Cependant, il subsiste de nombreuses incertitudes concernant l'acceptabilité sociale du stockage géologique et les opérateurs des futurs projets de CSCV auront besoin d'outils pour l'évaluer. La mesure de l'acceptabilité sociale et des différents facteurs pouvant l'influencer (la confiance, la distribution des risques et de bénéfices, la participation des populations dans la prise de décision...) est une pratique encore peu développée, surtout dans le domaine du CSCV. Nous proposons dans cet article les résultats d'une réflexion sur la construction d'un système d'indicateurs pour l'évaluation de l'acceptabilité d'un site de stockage géologique de CO₂ en détaillant l'architecture de ce système et des critères le composant. Nous espérons ainsi ouvrir un débat sur la mesure de l'acceptabilité sociale qui peut éventuellement dépasser le cadre du CSCV.

Mots-clés : indicateurs, acceptabilité, captage et stockage géologique du Carbone, France.

Abstract : After a period of difficulty and disillusionment in the early 2010s, carbon capture, utilization, and geological storage (CCUS) technologies have recently made a comeback in the decarbonization strategies of several European countries, including France. However, numerous uncertainties remain regarding the social acceptance of geological storage, and operators of future CCUS projects will need tools to assess it. The measurement of social acceptance and various influencing factors (trust, risk and benefit distribution, public participation in decision-making, etc.) is a practice that is still underdeveloped, especially in the field of CCUS. In this article, we present the results of a reflection on the construction of an indicator system for the evaluation of the acceptance of a CO₂ geological storage site, detailing the architecture of this system and the criteria it comprises. We hope to initiate a debate on the measurement of social acceptability that may potentially extend beyond the scope of CCUS.

Keywords: indicators, acceptance, Carbone Capture Utilisation and Storage, France.

Introduction :

Les choix opérés en matière de transition énergétique à l'échelle mondiale font la part belle au déploiement de nouvelles technologies comme les énergies renouvelables, le captage et le stockage géologique de carbone (CCS), l'hydrogène ou les bio-énergies (voir par exemple le scénario Net Zero de l'AIE, 2021). L'acceptabilité sociale est devenue un enjeu majeur dans le processus de déploiement de ces filières ainsi que leur territorialisation, c'est-à-dire la mise en œuvre de ces technologies dans des projets localisés (Wüstenhagen et al., 2007). L'acceptabilité sociale est une notion-valise, voire pour certains embarrassante en raison de sa polysémie et de son origine entrepreneuriale (Barbier et Nadaï, 2015). Si certains esprits critiques y voient un moyen de faire « avaler la pilule » aux citoyens sous couvert de participation des parties prenantes à la prise de décision (Kent et Lane, 2009), d'autres considèrent l'acceptabilité sociale comme un véritable processus démocratique de dialogue et de négociation autour d'un projet. Ce dialogue vise à l'obtention d'un arrangement entre les personnes et entités impliquées, arrangement qui pourra évoluer en fonction de l'avancée des projets et des dynamiques socio-spatiales au sein des territoires concernés (Fournis et Fortin, 2014). Nous

adopterons ici cette dernière définition de l'acceptabilité comme processus de dialogue et de négociation autour d'un projet. Parmi les solutions proposées dans la lutte contre le réchauffement climatique, le captage, transport, stockage et valorisation du carbone (CSCV en français, CCUS en anglais) est une technologie discutée dans le monde technique et scientifique depuis plus de quarante ans maintenant, cependant, elle demeure largement méconnue du grand public et a fait face à un intérêt politique variable selon les pays et les époques¹. Depuis la fin des années 2010, le CSCV connaît un regain d'attention, certains observateurs comme Cornot-Gandolphe (2021) parlent, par exemple, d'un « nouvel élan » à l'échelle européenne, mais des incertitudes demeurent quant à l'acceptabilité de cette filière au niveau sociétal (point de vue de l'opinion publique sur la légitimité de cette technologie) mais aussi local (risque de résistance ou d'opposition pour les futurs voisins d'installations liées au CSCV). En France, le CSCV a été inscrit dans la version 2019 de la Stratégie Nationale Bas Carbone et il est prévu de capter et stocker en couche géologique profonde 5 MtCO₂ provenant des industries et 10 MtCO₂ provenant de la production de bioénergies, ce qui correspond à 18% du volume de séquestration de carbone prévu au total, tout moyen confondu. Face à ces objectifs annoncés, certains s'interrogent quant à la possibilité de déployer des sites de stockage géologique terrestres (ou *onshore*), à l'instar de l'ADEME qui voit dans l'acceptabilité sociale l'un des principaux freins au déploiement de tels sites sur le territoire national (ADEME, 2020). Dans un certain nombre de projets visant à analyser le potentiel de mise en œuvre de sites de stockage *onshore* (PYCASSO en Nouvelle Aquitaine et Occitanie mais aussi *Strategy* CCUS dans le Bassin-Parisien et l'axe rhodanien), les problématiques d'acceptabilité sociales ont clairement été identifiées comme possibles éléments de blocage. L'objectif de ce texte est de faire état de notre réflexion pour la mise en place d'une méthode d'évaluation de l'acceptabilité des projets de stockage géologique *onshore* à une échelle locale. Cette réflexion est issue d'un projet de recherche interne à la société AKKODIS, nommé CO₂-STAR, dont l'objet est la gestion des risques sociaux et environnementaux liés à ces opérations de stockage. Il s'agit d'une recherche financée sur fonds propres et par le crédit d'impôt recherche (CIR), visant à établir une preuve de concept autour des indicateurs d'acceptabilité². En l'absence de bases de données publiques qui correspondent à nos besoins, nous nous sommes essentiellement appuyés sur une revue de la littérature afin de définir les grands principes méthodologiques de notre système d'indicateurs, ce que nous proposons d'exposer ici. Notre but est donc de présenter l'état de notre réflexion à ce sujet et, nous l'espérons, d'ouvrir un débat autour de celui-ci. Nous pensons que les idées exposées ici pourront être utiles à toute personne intéressée par les facteurs influençant la perception et la réception sociale des technologies de CSCV, mais aussi d'autres technologies en lien avec la transition énergétique. Cet article sera articulé en deux parties : la première présentera de façon synthétique les quelques méthodes existantes de mesure de l'acceptabilité sociale puis, la seconde détaillera le système d'indicateurs que nous proposons et les choix théoriques et méthodologiques qui lui servent de fondement.

¹ Pour un rappel de l'historique du CSCV, nous renvoyons aux textes de Popiolek, 2019, Marchand, 2021, Cornot-Gandolphe, 2021 et Pigeon, 2022.

² Pour être transparent sur d'éventuels conflits d'intérêts, nous rappelons qu'en tant que société de services, Akkodis cherche à accompagner le développement de différentes technologies en lien avec la transition énergétique. Si notre société participe à des instances de réflexion autour du CSCV, elle le fait sous un angle essentiellement technique et en dehors de toute idéologie. Akkodis Research ne cherche pas à promouvoir une technologie plutôt qu'une autre. Via cet article, les auteurs souhaitent partager leur réflexion sur le sujet de la mesure de l'acceptabilité sociale et communiquer autour de leurs recherches comme cela est le cas dans la recherche publique. Cependant, Akkodis propose aussi, en parallèle, des services facturés auprès de différents clients autour des questions d'acceptabilité sociale mais le travail présenté ici respecte les principes de neutralité scientifique et ne vise pas à satisfaire les intérêts de nos futurs clients ou de leurs futurs opposants.

I. La mesure de l'acceptabilité sociale, une pratique encore rare

Les travaux sur les indicateurs d'acceptabilité des projets industriels et des technologies en lien avec la transition énergétique sont relativement rares. Les principales publications sont originaires du secteur minier, qui s'est intéressé à cette question via le concept de « Permis Social d'Opérer » (Social License to Operate³) au début des années 2010 (Santiago et al., 2021). Les principales références en matière de mesure de l'acceptabilité sociale ont été publiées par Boutilier et Thomson (2011) et Zhang, Moffat et leurs collègues (2014 et 2015).

Le modèle de Boutilier et Thomson dit de la pyramide du PSO a connu différentes itérations, nous présenterons ici seulement la dernière version publiée en 2011. Ce modèle s'intéresse principalement aux rapports entre un opérateur de projet, ici minier, et une communauté locale supposée l'accueillir. Les auteurs distinguent 4 issues possibles à l'issue d'une procédure de dialogue et de concertation entre ses deux acteurs. Lorsque les communautés attribuent une légitimité économique à un projet, en reconnaissant que celui-ci leur apportera certains bénéfices, cela permet d'atteindre le premier niveau de l'acceptation (en jaune). Lorsque celle-ci est satisfaite ainsi que la légitimité socio-politique (sensation que l'entreprise respecte les attentes et les principes de la communauté) et la confiance interactionnelle (sensation d'être engagé dans un dialogue ouvert et symétrique), c'est le niveau de l'approbation (en vert clair) qui est atteint. Lorsqu'en plus de ces différents critères, la confiance institutionnelle est satisfaite (institutionnalisation des relations, respect mutuel des intérêts des deux parties), le dernier niveau d'acceptabilité est obtenu, celui de l'identification psychologique (en vert foncé). L'acceptabilité est donc théorisée comme un processus cumulatif, il est impossible d'atteindre le sommet de la pyramide sans satisfaire les critères situés en dessous. Lorsqu'aucun critère n'est satisfait, le projet a de fortes chances d'être refusé (en rouge).

Ce modèle a connu un certain succès en raison de sa simplicité d'évaluation. La localisation d'un projet au sein de la pyramide est évaluée via un questionnaire comportant seulement 15 affirmations rédigées en des termes simples pour être comprises par le plus grand nombre. Ces affirmations sont évaluées selon une échelle Likert en 5 points⁴. Les questions se répartissent entre les quatre parties de la pyramide évoquées précédemment, des tests statistiques ayant été effectués à partir de données collectées dans une vingtaine de pays pour vérifier la corrélation entre elles. Le score final d'acceptabilité est obtenu en faisant la moyenne des notes obtenues pour les 15 questions/critères. Ce modèle a été largement commenté. Sur le plan théorique, certains auteurs comme Gehman et al. (2017) remettent en question l'idée que l'acquisition de l'acceptabilité soit cumulative et que la confiance institutionnelle dépende de la satisfaction des trois autres critères. Concernant les études visant à tester et modifier le système d'évaluation, il est possible de citer celle de Richert et al. (2015) menée sur des projets d'hydrocarbures en Australie de l'Ouest. Grâce à des tests statistiques, ces derniers ont identifié des recouvrements entre les différentes parties de la pyramide, ils concluent que le modèle pourrait être résumé à deux axes principaux : la légitimité économique étendue (incluant certains critères interactionnels et socio-politiques) et la légitimité sociale. D'autres équipes de recherche ont essayé quant à elle de le complexifier, par exemple Lesser et al. (2021) ont décidé de le transformer en diamant pour étudier de façon symétrique les différents niveaux de résistance. Ils ont également élargi sa perspective, l'approche de Boutilier et Thomson est centrée sur l'acceptabilité

³ Le Permis Social d'Opérer est défini par Boutilier et Thomson (2011) comme la perception des parties prenantes sur l'acceptabilité d'une compagnie et de ses opérations locales.

⁴ Par exemple l'une des affirmations visant à évaluer la légitimité économique est « Nous pouvons gagner quelque-chose de notre relation avec l'opérateur minier », l'interviewé doit choisir où il se situe parmi les (niveaux de l'échelle Likert, « je ne suis pas du tout d'accord » donnant une valeur d'un point et « je suis tout à fait d'accord » une valeur de 5 points.

locale et les relations entre entreprise et communauté, eux ont choisi d'y inclure aussi des paramètres sociétaux plus larges comme la confiance dans le gouvernement pour réguler les activités industrielles, l'opinion générale sur une industrie et les valeurs sociétales fondamentales.

Fig.1 Deuxième version de la pyramide du PSO (Boutilier et Thomson, 2011)

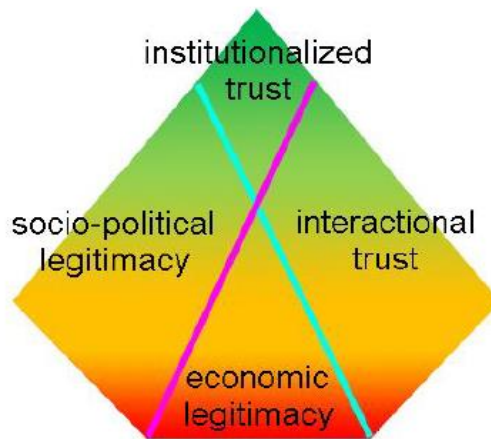
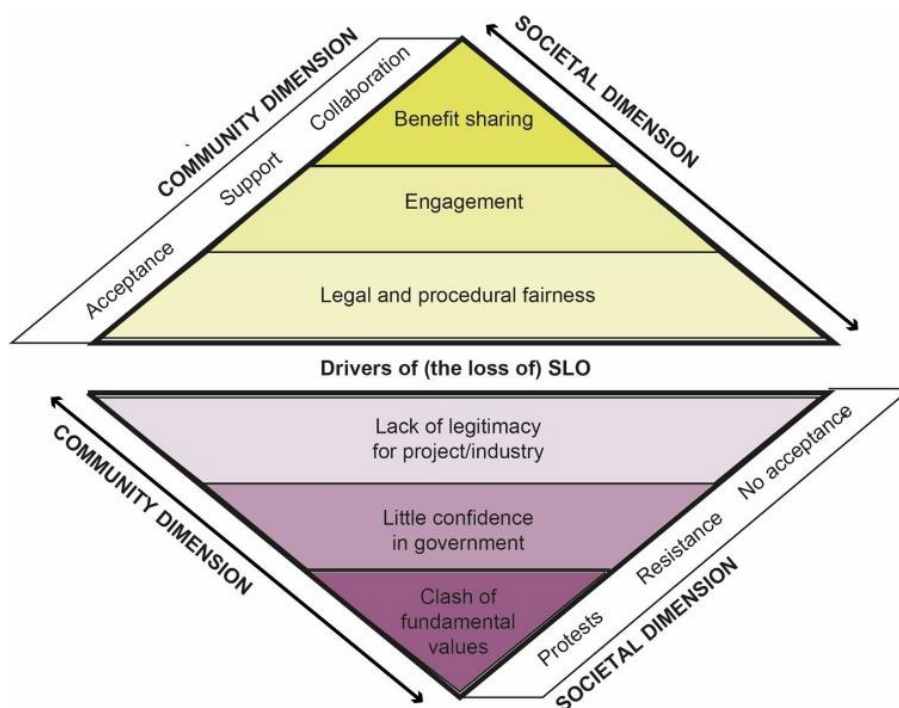


Fig.2 Modèle d'évaluation du PSO proposé par Lesser et al. (2021)

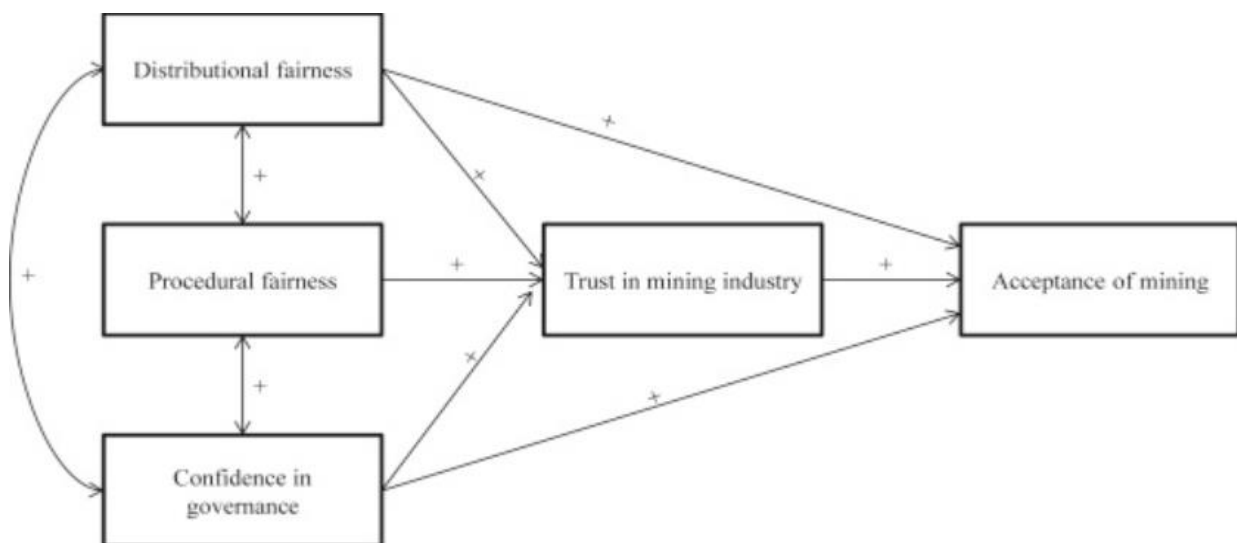


Le deuxième groupe de travaux de référence a été porté par Zhang, Moffat et leurs collègues. Ces derniers ont produit deux modèles visant à évaluer l'acceptabilité mais aussi la prédire via différents facteurs (Moffat et Zhang, 2014 et Zhang et al., 2015). Nous commenterons ici seulement la deuxième version, celle de 2015. Dans cette version, les auteurs cherchent à voir si l'acceptabilité sociale peut-être prédite par : la justice distributive (répartition équitable des coûts et des bénéfiques), la justice procédurale (participation des populations à la prise de décision), la confiance dans la gouvernance (perception de la législation et de la capacité de contrôle des pouvoirs publics) et la confiance dans

l'industrie minière. Le modèle a été testé dans trois pays différents (Australie, Chine et Chili) et auprès de différents types de population (urbains et ruraux en région minière ou non minière). L'évaluation de ces facteurs repose sur une méthode similaire à celle de Boutilier et Thomson (2011) avec un questionnaire concis, les questions étant évaluée par les répondants via des échelles Likert à 5 ou 7 niveaux. Leurs travaux ont notamment montré qu'il pouvait y avoir des variations nationales dans le poids des facteurs influençant l'acceptabilité : en Australie, la justice procédurale surclasse les autres facteurs montrant l'attachement des Australiens à l'inclusion des populations dans la prise de décision, en Chine, c'est la répartition des bénéfices tirés des activités minières qui l'emporte (justice distributive) alors qu'au Chili, l'acceptabilité est plus fortement corrélée à la confiance accordée aux processus réglementaires permettant de contrôler les activités des compagnies minières. Elle a aussi démontré que l'acceptabilité finale ne pouvait être prédite avec les seuls facteurs présents dans le modèle et que d'autres éléments devaient être ajoutés. L'appel a été entendu par d'autres équipes de recherche, notamment Cruz et al. (2021) et França Pimenta et al. (2021) qui ont rajouté l'impact des projets sur l'économie et sur l'environnement ainsi que les moyens mis en œuvre par les opérateurs et le gouvernement pour sa protection pour évaluer et prédire l'acceptabilité de projets miniers au Brésil. Dans les deux cas, les questions environnementales ont eu une influence significative dans les scores d'acceptabilité. Cela est en partie lié à un effet contextuel puisque le Brésil avait connu quelques années avant l'enquête des catastrophes minières importantes (rupture de bassins de rétention des déchets à Mariana en 2015 et Brumadinho en 2019), mais d'autres travaux ont mis en avant le poids des questions environnementales (impact, convictions et valeurs attribuées aux milieux, justice environnementale) dans le fait d'accepter ou non un projet industriel dans un territoire donné (Gough et al., 2018).

En dehors de ces deux groupes de modèles, il existe d'autres approches pour mesurer l'acceptabilité. Certaines sont indirectes et visent à regarder les caractéristiques socio-économiques, écologiques et politiques des territoires pour essayer de déterminer si celui-ci sera favorable ou non à la mise en œuvre d'un projet industriel (Bergeron et al., 2015 ; von Rothkirch et Ejderyan, 2021). D'autres s'intéressent à la partie amont de l'acceptabilité sociale en évaluant les procédures de dialogue avec les parties prenantes (Sufia Azlan et al., 2020). Cependant, elles demeurent plus confidentielles que les méthodes présentées auparavant, pour cette raison, nous ne les avons pas détaillées ici, mais certains éléments ont été utiles à notre réflexion, nous y reviendrons ponctuellement.

Fig.3 Facteurs testés dans la deuxième version du modèle de Zhang et al. (2015)



II. Notre proposition méthodologique pour la mesure de l'acceptabilité du stockage géologique du carbone

II.1. Contexte de l'étude et choix méthodologiques

La création de notre système d'indicateurs s'inscrit dans le projet de recherche nommé CO₂-STAR, appartenant lui-même au programme de R&D interne Décarbonation d'Akkodis qui s'intéresse aux différentes briques technologiques composant la filière du CSCV comme l'amélioration des procédés de captage et de valorisation, les risques socio-environnementaux liés au stockage ou encore les problèmes liés à la réglementation. Le projet décarbonation cherche à anticiper les futurs besoins de nos clients, industriels et producteurs d'énergie, il s'agit donc essentiellement d'un projet de R&D. Notre entreprise est impliquée dans différentes instances de réflexion autour de la filière, comme le Club CO₂ ou le Comité Stratégique de Filière Nouveaux Systèmes Energétiques (CSFNSE), elle ne milite pas pour son développement mais cherche à développer des compétences dans ce domaine au cas où le CSCV viendrait à se développer en France, comme elle le fait pour d'autres technologies, à l'instar de l'éolien flottant. CO₂-STAR vise à la production d'une méthode d'évaluation et de gestion des risques associés au stockage de CO₂ (risque de sismicité induite ou risques de fuite) qui intègre une composante sociale (perception du projet, seuil de tolérance aux nuisances et définition de seuils acceptables de risques). L'objectif est que le développeur d'un projet de stockage géologique de carbone puisse, grâce à nos outils et méthodes, évaluer les risques et leurs incertitudes, les hiérarchiser et définir en conséquence les moyens pour les réduire. Ces moyens incluent des actions d'ordre technique (exemple le monitoring du bruit de fond sismique) et sociétales (mise en place d'un plan d'engagement des parties prenantes externes ou suivi de l'opinion de celles-ci au cours du cycle de vie du projet). Cette approche requiert donc, entre autres choses, la mesure de l'acceptabilité sociale d'un projet de stockage de CO₂ via un système d'indicateurs.

Ce système a été pensé pour être tourné vers l'opérationnel, il se devait d'être facile à comprendre et à utiliser, il est donc volontairement simple et concis pour gagner en efficacité. Nous avons choisi également de combiner dans notre système d'évaluation des indicateurs objectifs (évaluation de processus ou de facteurs pouvant avoir un impact sur l'acceptabilité) et subjectifs (évaluation via des enquêtes d'opinion), ceci afin de compenser les inconvénients des uns et des autres. Comme nous l'avons écrit précédemment, l'acceptabilité sociale est un processus reposant majoritairement sur la confrontation de perceptions, de valeurs et d'opinions diverses, donc mobiliser des indicateurs reposant sur des enquêtes d'opinions pour la mesurer est pertinent. Cependant, ce type d'indicateurs peut souffrir de plusieurs biais déjà identifiés dans la littérature scientifique sur les sondages, par exemple, l'opinion peut être influencée par un certain nombre de critères internes (humeur de l'interviewé au moment de l'enquête) ou externes (changements contextuels) et peut donc fluctuer au cours du temps, voire en fonction de l'interviewer (biais d'attente). Le fait de chercher à les confronter à des indicateurs plus objectifs peut venir contrebalancer certains de ces biais, ou du moins essayer d'apporter de la nuance à l'évaluation qu'il pourrait en résulter. De la même manière, se fonder uniquement sur des indicateurs objectifs n'est pas totalement satisfaisant au vu de la nature du phénomène que nous cherchons à évaluer, il est opportun de confronter l'évaluation des processus, telle qu'elle pourrait être réalisée par un opérateur de projet ou un observateur externe, à la façon dont ils sont perçus par les populations. À titre d'exemple, si un opérateur met en place un espace formel de dialogue avec les populations, cela constitue objectivement un point positif pour l'acceptabilité sociale, mais autant celui-ci sera jugé inefficace ou cosmétique par ces dernières, ici l'opinion récoltée auprès du public-cible permet de contrebalancer l'évaluation initiale. La définition des différents facteurs composant notre système d'indicateurs repose sur une ample revue de la littérature concernant l'acceptabilité de technologies ou secteurs d'activités plus ou moins

controversées (Wüstenhagen et al., 2007 ; Huijts et al., 2012 ; Emodi et al., 2021 ; Kânoğlu-Özkan et Soytaş, 2022 ; Prno et Slocombe, 2014) avec un focus sur celles abordant plus spécifiquement le CSCV (Larkin et Gattinger, 2021 ; Huijts et al., 2007 ; Tcvetkov et al, 2019). Pour la construction de nos indicateurs, nous avons réutilisé lorsque cela faisait sens des éléments de questionnaire ou des critères d'acceptabilité qui ont été publiés dans des revues scientifiques et techniques partant du principe que ceux-ci avaient déjà fait l'objet d'une validation par des pairs (voir les références mentionnées dans la section précédente). Nous avons également passé en revue un grand nombre de guides de bonnes pratiques en matière d'engagement avec les parties prenantes (De Guillebon et al., 2018 ; WRI, 2010).

III.2. Définition de l'architecture du système et présentation des indicateurs retenus

Notre système d'indicateurs est structuré en deux parties (cf fig. 4), une pour l'évaluation dite objective, l'autre pour l'évaluation subjective. La partie objective comporte 7 indicateurs thématiques subdivisés en sous-indicateurs dont le nombre varie de 1 à 4. La parties subjective comporte 10 indicateurs thématiques eux-mêmes subdivisés en 2 ou 4 sous-indicateurs. Chaque sous-indicateur est évalué en utilisant une échelle allant de 0 à 4 points.

L'évaluation de la partie objective est réalisée en suivant des critères prédéfinis, nous avons définis une situation idéale (correspondant à 4 points) et une situation minimale (0 point) pour chaque sous-indicateur et l'évaluateur devra placer le curseur de notation en fonction de ces deux bornes.

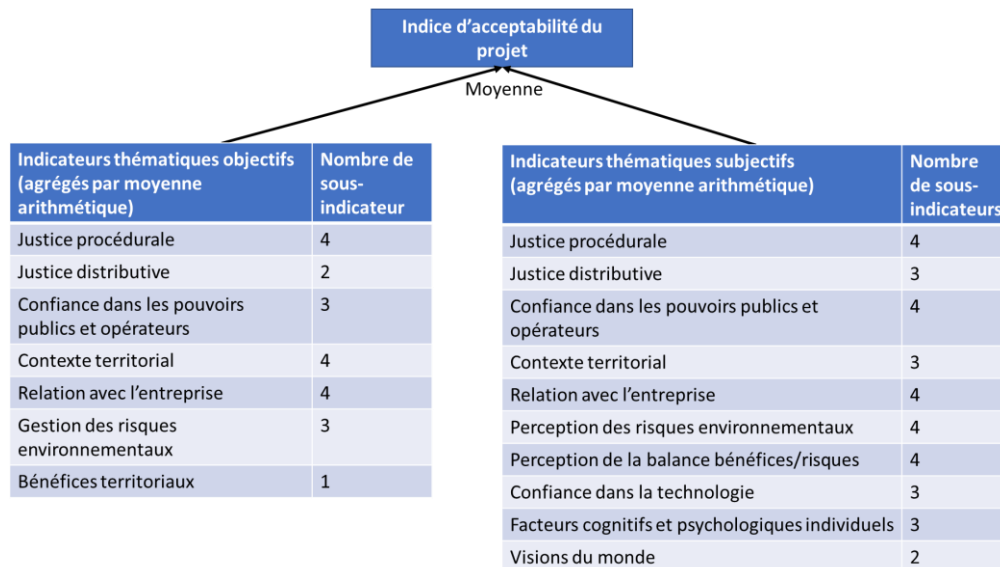
L'évaluation de la partie subjective repose sur une échelle Likert, l'interviewé exprimant son degré d'accord (je suis tout à fait d'accord vaut 4 points) ou de désaccord (je ne suis absolument pas d'accord donne 0 point) par rapport à des affirmations qui lui sont proposées, approche somme-toute classique, comme nous l'avons vu précédemment avec les modèles d'évaluation dérivés de Boutilier et Thomson (2011) ou Zhang et al. (2015).

Pour chaque partie, les scores obtenus pour les sous-indicateurs de chaque thématique sont agrégés entre eux via une simple moyenne arithmétique, puis il en va de même pour les indicateurs thématiques, ensuite les scores obtenus pour la partie objective et la partie subjective sont agrégés entre eux par moyenne arithmétique également. Ce choix méthodologique correspond à notre souhait de simplicité, certains auteurs comme Gehman et al. (2017) critiquent le recours à la moyenne pensant qu'elle gomme les différences de score entre les différents critères évalués et que le recours à la déviation standard serait plus judicieux. Cette remarque est justifiée et, pour éviter ce phénomène de lissage des scores, nous encourageons les utilisateurs du système à faire des allers-retours entre les scores des indices, des indicateurs et des sous-indicateurs. Si le besoin s'en fait sentir, la déviation standard pourra accompagner chacun des scores agrégés.

Nous n'avons pas choisi non plus de recourir à la pondération des critères, qui est une question souvent complexe lorsqu'il s'agit de construire des indicateurs composites, vu qu'il est parfois difficile de justifier qu'un facteur a plus de poids qu'un autre dans le score final. Nous aurions pu éventuellement utiliser les résultats des tests statistiques réalisés dans le cadre des études menées sur la mesure du PSO mentionnées dans la partie précédente, mais le poids des facteurs varie sensiblement d'une étude à l'autre ou d'un territoire à l'autre. Dans l'absolu, nous ne recommandons pas de pondérer les différents éléments du système d'indicateurs, mais si les opérateurs souhaitent le faire, ils le pourront. La partie objective a été pensée pour être évaluée préférentiellement par un ou plusieurs observateurs extérieurs, gage de neutralité, mais il est possible également que l'évaluation soit faite en mélangeant des observateurs internes et externes. Le recours à des évaluateurs internes seuls est à éviter, surtout que les éléments évalués sont supposés être publics, il n'y a pas d'atteinte au secret industriel et donc pas d'empêchement particulier à faire intervenir des évaluateurs extérieurs. Dans le cas d'une évaluation multiple (faite par plusieurs observateurs), les scores pourront être agrégés par moyenne

arithmétique avec indication des écarts éventuels mais il est possible aussi de faire état du niveau de confiance que les évaluateurs confèrent à leur jugement. Pour la partie subjective, l'idéal est de mener une enquête qui réponde aux critères classiques d'échantillonnage et de représentativité. Il est possible également de demander aux interviewés de préciser le niveau de confiance dans leur réponse.

Fig n°4 Indicateurs et sous-indicateurs composant l'indice d'acceptabilité



Les thématiques et sous-thématiques explorées dans le système d'indicateurs sont évoquées dans les tableaux n°1 et 2. Notre système reprend un groupe de facteurs clés qui sont retrouvés presque unanimement dans les publications scientifiques présentées dans la partie précédente comme la confiance, la justice distributive ou la justice procédurale, mais nous y avons adjoint d'autres éléments qui n'étaient pas mentionnés par tous comme la qualité des relations entre la communauté et l'entreprise (présents chez Moffat et Zhang, 2014 et Lesser, 2021), le contexte territorial (Prno et Slocombe, 2014 ; Bergeron et al, 2015), l'impact environnemental (Cruz et al., 2021 ; França Pimenta et al., 2021), la perception des risques et bénéfiques (Kânoğlu-Özkan et Soytaş, 2022), les facteurs psychologiques (Huijts et al., 2007 puis 2012) et les visions du monde (Larkin et Gattinger, 2021), autrement-dit l'attitude des interviewés vis-à-vis de questions morales et sociétales plus larges. Nous n'avons pas fait des facteurs comme la connaissance, l'expérience personnelle ou la familiarité des critères de premier ordre au même titre que la confiance ou les différentes notions de justice en raison d'avis divergents sur leur influence en matière d'acceptabilité dans la littérature consultée, mais nous les avons intégrés dans des sous-indicateurs.

L'une des critiques qui avait été émise à l'encontre de la première version du modèle Moffat et Zhang (2014) et la pyramide du PSO de Boutilier et Thomson (2011) consistait à leur reprocher de traiter l'acceptabilité essentiellement à l'échelle locale sous le prisme des relations entre les populations et les entreprises, ce qui laissait de côté bon nombre de facteurs ayant cours à d'autres échelles et pouvant avoir une influence sur l'acceptabilité. Notre système évite ce travers en intégrant des facteurs intervenant à l'échelle locale mais aussi aux échelles supra (confiance dans le gouvernement, la réputation de l'entreprise, la perception des choix stratégiques en matière de transition, etc.). Nous avons aussi choisi d'intégrer des éléments se situant à l'échelle individuelle (perception d'ego sur les bénéfices qu'il tire de la présence d'un site de stockage à proximité ou sur sa capacité à se protéger des risques encourus) mais aussi collective (perception des bénéfices pour la communauté ou le climat global).

Tableau n°1 Indicateurs et sous-indicateurs objectifs

Indicateurs thématiques	Sous-indicateurs (évalué par un observateur externe, grâce à des critères prédéfinis)
Justice procédurale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualité et temporalité du dialogue. 2. Inclusion des parties prenantes externes dans les structures de gouvernance. 3. Qualité de l'information donnée aux parties prenantes externes 4. Prise réelle des parties prenantes sur la prise de décision.
Justice distributive	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inégalité de revenus sur le territoire (exemple indice de Gini de la commune). 2. Présence de mesures économiques ou sociales spécifiques pour des groupes sociaux vulnérables ou marginalisés.
Confiance dans les pouvoirs publics et les opérateurs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réputation de l'entreprise : implication dans des scandales politico-financiers. 2. Réputations de l'entreprise : implication dans des infractions environnementales. 3. Indice de corruption (exemple : reprise de l'indicateur de <i>transparency international</i>).
Contexte territorial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efforts de l'opérateur pour la caractérisation sociale et historique du site. 2. Présence de sites remarquables ou d'aires protégées à proximité de la zone choisie pour le projet. 3. Niveau de mobilisation de la société civile sur les questions industrielles et environnementales. 4. Intérêt politique local manifesté pour le CSCV.
Relation avec l'entreprise	<ol style="list-style-type: none"> 1. Existence de dispositifs de médiation entre l'entreprise et les populations. 2. Existence d'un plan formel d'engagement avec les parties prenantes. 3. Evaluation des actions de dialogue par un observateur externe 4. Mise en place par l'entreprise d'une procédure pour les remontées de doléances.
Gestion des impacts/risques environnementaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualité du plan d'évaluation et de gestion des impacts/risques environnementaux. 2. Mesures prises pour l'anticipation des impacts/dégâts. 3. Volontarisme de l'opérateur en matière de prévention des risques.
Bénéfices territoriaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qualité des contributions socio-économiques prévues.

Tableau n°2 Indicateurs et sous-indicateurs subjectifs

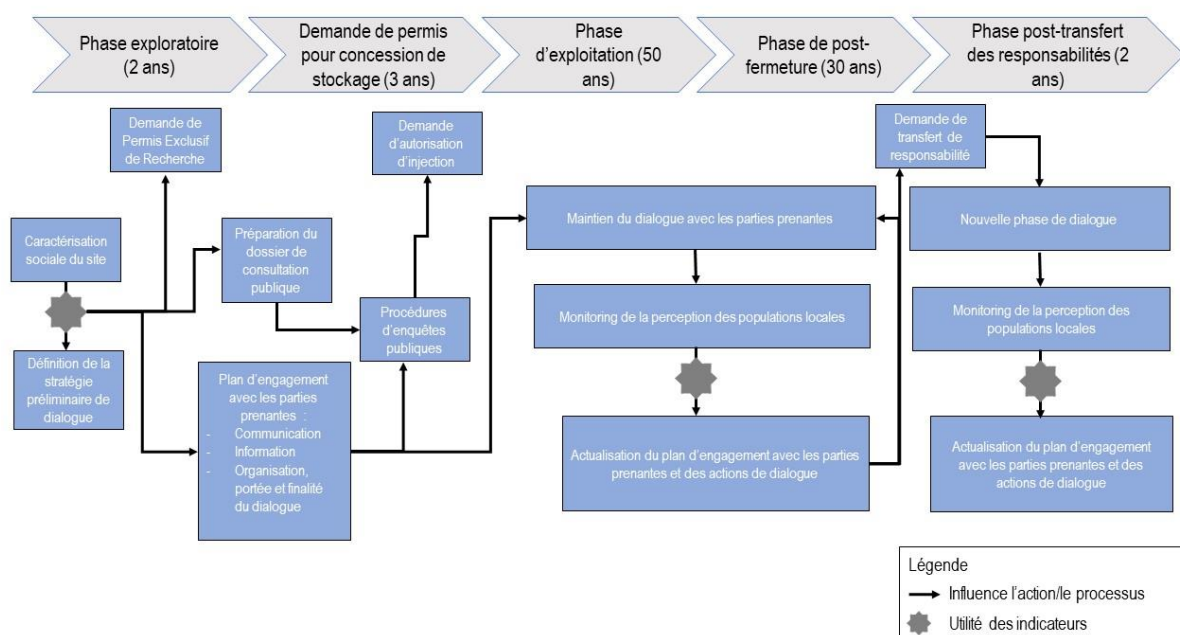
Indicateurs thématiques	Sous-indicateurs (mesuré via opinion des enquêtés sur les sujets abordés)
Justice procédurale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacité d'expression. 2. Influence des populations locales en matière de prise de décision. 3. Qualité de l'information relative au projet et à sa gouvernance. 4. Procédures morales et l'éthique de l'entreprise.
Justice distributive	<ol style="list-style-type: none"> 1. Distribution des bénéfices à l'échelle de la communauté. 2. Distribution des bénéfices à l'échelle individuelle. 3. Méthodes de compensation au vu des nuisances subies.
Confiance dans les pouvoirs publics et les opérateurs	<ol style="list-style-type: none"> 1. Confiance accordée à l'entreprise. 2. Responsabilité sociale de l'entreprise. 3. Efficacité de la législation pour réguler les activités de l'entreprise. 4. Capacité des autorités locales et régionales à encadrer et évaluer les activités de l'entreprise.
Contexte territorial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Légitimité territoriale du CSCV (<i>social and spatial fit</i>) 2. Soutien apporté au CSCV par la majorité de la population locale. 3. Expérience vis-à-vis des activités industrielles au sein du territoire.
Relation avec l'entreprise	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impact des relations établies avec l'entreprise. 2. Qualité du contact avec l'entreprise. 3. Prise en compte des intérêts de la population locale par l'entreprise. 4. Equilibre dans les échanges entre la population locale et l'entreprise.
Perception des impacts/risques environnementaux	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impact sur la qualité de l'air et de l'eau. 2. Impact en matière de sismicité. 3. Impact du CSCV en matière de risques sanitaires. 4. Evaluation personnelle de l'interviewé sur sa compréhension des risques liés au CSCV et de leur probabilité d'occurrence.
Perception des bénéfices et de la balance risques/bénéfices	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bénéfices directs et indirects apportés par le CSCV. 2. Bénéfices apportés par le CSCV au gouvernement et aux entreprises. 3. Bénéfices apportés par le CSCV au niveau global. 4. Rapports entre bénéfices et risques à l'échelle de la communauté.
Confiance dans la technologie CCUS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rôle du CSCV dans la lutte contre le changement climatique. 2. Sûreté du CSCV. 3. Maturité et efficience du CSCV.
Facteurs cognitifs et psychologiques individuels	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sentiments vis-à-vis du CSCV. 2. Evaluation d'ego sur le CSCV et la manière dont il fonctionne. 3. Evaluation de la capacité d'ego à se protéger (ou à être protégé) des risques liés au CSCV.
Vision du monde (Larkin et al, 2021)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Solutions naturelles et comportementales vs solutions technologiques en matière de transition énergétiques. 2. Place des combustibles fossiles dans le futur mix énergétique mondial.

II.3 Perspectives d'utilisation des indicateurs

Les indicateurs produits ici peuvent avoir plusieurs utilités pour les futurs opérateurs de projets de stockage géologique de carbone. Dans un premier temps, ils peuvent participer aux études et analyses

d'avant-projet, afin d'avoir une idée plus précise de la façon dont la technologie CSCV pourra être acceptée localement. À partir des notes obtenues pour les différentes composantes du système, les opérateurs pourront décider de poursuivre le développement du projet ou non, dans le cas où ils décideraient de continuer, les résultats leur permettront de construire leur plan d'engagement avec les parties prenantes⁵ et constituer leur dossier en vue des différentes étapes réglementaires pour la validation du projet par les autorités publiques (en France, enquêtes publiques et délivrance de permis par la préfecture). Durant le cycle de vie du projet, les indicateurs pourront être utilisés pour suivre l'évolution de l'opinion et de la perception du projet à des intervalles réguliers ou après des événements particuliers, ce qui permettra de réorienter éventuellement le plan d'engagement et les actions de dialogue.

Fig. n°5 Cycle de vie des projets et procédures-clés du dialogue social



Conclusion

L'objectif de cet article était de présenter dans les grandes lignes le système d'indicateurs que nous avons conceptualisé afin d'évaluer l'acceptabilité des projets de stockage géologiques *onshore*. Dans le climat actuel de regain d'intérêt autour du CSCV, cette question demeure cruciale, toutefois, l'offre d'outils et de méthodes est assez rare pour la mesure de son acceptabilité sociale.

Le système d'indicateurs que nous proposons reprend des éléments de quelques méthodes qui font autorité dans le domaine de la mesure de l'acceptabilité que ce soit sur le plan thématique (importance des questions de confiance, de gouvernance et de distribution des risques et bénéfices) ou sur le plan méthodologique (notamment dans la construction de notre questionnaire et dans les échelles de notation), ce qui lui confère une certaine validité puisque ces méthodes ont été évaluées par la

⁵ Le plan d'engagement des parties prenantes fait référence à différents aspects fondamentaux de la relation entre l'entreprise et les personnes physiques ou morale impactées par le projet ou ayant une influence sur ce dernier, il couvre les questions de communication, de mise à disposition des informations, d'organisation du dialogue (fréquence, création de canaux et de lieux spécifiques) et de médiation. Il fixe également l'étendue du pouvoir de décision des différentes parties prenantes et l'utilisation qui sera faite des résultats des différentes procédures de consultation/dialogue.

communauté technique et scientifique. Mais nous apportons aussi des éléments nouveaux en intégrant des questions non abordées par les modèles de références et en mélangeant les échelles d'appréciation de l'acceptabilité.

La prochaine étape de notre travail sur ce système d'indicateurs consistera à le tester avec des données collectées sur un potentiel site de stockage afin de le valider mais aussi de le faire évaluer par nos futurs utilisateurs afin de le faire évoluer. Sur ce dernier point, nous avons déjà présenté les principes du système au membres du Club CO₂ et à d'autres clients industriels et les retours sont dans l'ensemble positifs. Nous souhaitons aussi tester les indicateurs pour d'autres technologies et sommes actuellement à la recherche de partenaires académiques et industriels pour accomplir cette tâche.

Bibliographie :

ADEME, 2020. Le captage et le stockage géologique du CO₂ (CSC) en France : le CSC un potentiel limité pour la réduction des émissions industrielles. Avis de l'ADEME (avis technique), 44p

BARBIER, Rémi et NADAÏ, Alain. Acceptabilité sociale: partager l'embarras. [Vertigo] La revue électronique en sciences de l'environnement, 2015, vol. 15, no 3.

Batellier, P. (2016). Acceptabilité sociale des grands projets à fort impact socio-environnemental au Québec : définitions et postulats, *Vertigo*, Volume 16 Numéro 1.

<http://journals.openedition.org/vertigo/16920> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/vertigo.16920>

Bergeron, K. M., Jébrak, M., Yates, S., Séguin, C., Lehmann, V., Le Meur, P.-Y., Angers, P., Durand, S., & Gendron, C. (2015). Mesurer l'acceptabilité sociale d'un projet minier : Essai de modélisation du risque social en contexte québécois. *Vertigo*, Volume 15 Numéro 3. <https://doi.org/10.4000/vertigo.16737>

Boutilier, R. and Thomson, I. (2011). Modeling and Measuring the Social License to Operate: Fruits of a Dialog Between Theory and Practice. *International Mine Management*, Queensland, Australia.

Cornot-Gandolphe, C., 2021. *Un nouvel élan pour le captage, stockage et utilisation du carbone (CCUS) en Europe*. Etudes de l'IFFRI, centre énergie et climat, 42p.

Cruz, T. L., Matlaba, V. J., Mota, J. A., & Filipe dos Santos, J. (2021). Measuring the social license to operate of the mining industry in an Amazonian town : A case study of Canaã dos Carajás, Brazil. *Resources Policy*, 74, 101892. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101892>

De Guillebon, B., Du Chazaud, S., Henderson, J. Pottier, A., Silva, M. (2018). *L'acceptabilité des projets d'ingénierie du sous-sol, questionnement et mise en perspective au travers de cas concrets*. Projet Géfiss 0 « Gouvernance Élargie pour les Filières d'Ingénierie du sous-sol ». 182 p

Emodi, N. V., Lovell, H., Levitt, C., & Franklin, E. (2021). A systematic literature review of societal acceptance and stakeholders' perception of hydrogen technologies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(60), 30669-30697. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.06.212>

França Pimenta, A. A., Demajorovic, J., Saraiva de Souza, M. T., de Carvalho Pedro, S., & Pisano, V. (2021). Social licence to operate model : Critical factors of social acceptance of mining in the Brazilian Amazon. *Resources Policy*, 74, 102237. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102237>

Gehman, J., Lefsrud, L. M., & Fast, S. (2017). Social license to operate : Legitimacy by another name? *Canadian Public Administration*, 60(2), 293-317. <https://doi.org/10.1111/capa.12218>

- Gough, C., Cunningham, R., & Mander, S. (2018). Understanding key elements in establishing a social license for CCS : An empirical approach. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 68, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.11.003>
- Huijts, N. M. A., Midden, C. J. H., & Meijnders, A. L. (2007). Social acceptance of carbon dioxide storage. *Energy Policy*, 35(5), 2780-2789. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.007>
- Huijts, N. M. A., Molin, E. J. E., & Steg, L. (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance : A review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 525-531. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018>
- Kânoğlu-Özkan, D. G., & Soytaş, U. (2022). The social acceptance of shale gas development: Evidence from Turkey. *Energy*, 239, 122150. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122150>
- Kent, C., & Lane, L. (2009). L'art de faire avaler la pilule. Enquête sur l'acceptabilité sociale. *Revue Z*, 1. https://www.opalesurcasting.net/IMG/Acceptabilite_Z.pdf
- Larkin, P., Bird, S., & Gattinger, M. (2021). Carbon capture, utilization and storage. Polarization, public confidence and decision-making. Positive Energy/University of Ottawa 71
- Lesser, P., Gugerell, K., Poelzer, G., Hitch, M., & Tost, M. (2021). European mining and the social license to operate. *The Extractive Industries and Society*, 8(2), 100787. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.07.021>
- Marchand, G. 2021. Les technologies de captage et de stockage de carbone : l'entrée dans une période charnière. *Bilan Mondial de l'Action Climatique par secteur 2021*, pp. 141-148 <https://www.climate-chance.org/comprendre-observatoire/bilan-mondial-action-climat-par-secteur/>
- Moffat, K., & Zhang, A. (2014). The paths to social licence to operate : An integrative model explaining community acceptance of mining. *Resources Policy*, 39, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.11.003>
- Popiolek, N., 2019 « Le captage et le stockage du carbone à l'ère du renouveau ? ». *La revue de l'énergie*, n° 645, pp. 75-81 <https://www.larevuedelenergie.com/wp-content/uploads/2019/09/645-Dix-ans-captage-stockage-carbone.pdf>
- Prno, J., & Slocombe, D. S. (2014). A Systems-Based Conceptual Framework for Assessing the Determinants of a Social License to Operate in the Mining Industry. *Environmental Management*, 53(3), 672-689. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0221-7>
- Richert, C., Rogers, A., & Burton, M. (2015). Measuring the extent of a Social License to Operate : The influence of marine biodiversity offsets in the oil and gas sector in Western Australia. *Resources Policy*, 43, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.12.001>
- Sufia Azlan, Z., et al. (2020). Investigating the Stakeholder Engagement Indicators towards Renewable Energy Projects Success in Malaysia. *Journal of Humanities and Social Sciences Research*, 2(1), 103-120. <https://doi.org/10.37534/bp.jhssr.2020.v2.n1.id1006.p103>
- Tcvetkov, P., Cherepovitsyn, A., & Fedoseev, S. (2019). Public perception of carbon capture and storage : A state-of-the-art overview. *Heliyon*, 5(12), e02845. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02845>
- Thomson, I. & Boutilier, R. G. (2011). Social license to operate. In P. Darling (Ed.), *SME Mining Engineering Handbook* (pp. 1779-1796). Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy and Exploration.

von Rothkirch, J., & Ejderyan, O. (2021). Anticipating the social fit of CCS projects by looking at place factors. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 110, 103399.
<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103399>

Wüstenhagen, R., Wolsink, M., Bürer, M.J., 2007. Social acceptance of renewable energy innovation : An introduction to the concept. *Energy Policy* 35, 2683–2691.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>

WRI. (2010). Guidelines for Community Engagement in Carbon Dioxide Capture, Transport, and Storage Projects (CCS and Community Engagement).
http://www.wri.org/sites/default/files/pdf/ccs_and_community_engagement.pdf

Zhang, A., Moffat, K., Lacey, J., Wang, J., González, R., Uribe, K., ... & Dai, Y. (2015). Understanding the social licence to operate of mining at the national scale: a comparative study of Australia, China and Chile. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1063-1072. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.097>