



HAL
open science

Attitudes et Représentations Sociales de la Transition Énergétique

Taha Hannachi, Antoine Mourato, Jacques Py, Valérie Le Floch, Alain Somat,
Charlotte Delagnes, Sarra Hajji

► **To cite this version:**

Taha Hannachi, Antoine Mourato, Jacques Py, Valérie Le Floch, Alain Somat, et al.. Attitudes et Représentations Sociales de la Transition Énergétique: Comment des outils numériques peuvent-ils faciliter l'expérience directe avec les technologies du sous-sol?. Agence National de la Recherche (ANR). 2023. hal-04417615

HAL Id: hal-04417615

<https://hal.science/hal-04417615>

Submitted on 25 Jan 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 - NoDerivatives 4.0
International License



CLLE, UMR 5263 du CNRS

Attitudes et représentations sociales de la transition énergétique.

Comment des outils numériques peuvent-ils faciliter l'expérience directe avec les technologies du sous-sol ?

Contributeurs par ordre alphabétique :
Charlotte Delagnes, Sarra Hajji, Taha Hannachi, Valérie Le Floch, Antoine Mourato, Jacques Py et Alain Somat

sous la responsabilité scientifique de Jacques Py et Alain Somat

27/03/2023

Table des matières

Liste des figures	v
Liste des tableaux	viii
Introduction	1
Premier volet : les Représentations sociales et les attitudes	2
Second volet : Déterminants individuels des attitudes	3
Troisième volet : Apport de l'expérience directe de l'objet	3
Etude préparatoire sur les représentations du changement climatique, de la transition énergétique, et de ses modalités	6
Introduction	6
Méthodes d'analyse	8
L'analyse générale des corpus : méthode Reinert et LDA	8
L'étude des champs lexicaux du corpus	9
Mesure de la tonalité émotionnelle des documents	9
Mesure de l'engagement personnel des auteurs	9
Synthèse des principaux résultats	10
Conception de la transition énergétique dans la presse et les consultations citoyennes	10
Fonction de la science dans le débat sur le changement climatique et la transition énergétique	11
Références à la capture du carbone dans les corpus presse et Grand Débat	12
Deux conceptions des modalités de transition énergétique ?	13
Conclusion de l'étude préparatoire aux travaux du lot 2.1.	16
Quel apport du « serious gaming » dans l'information sur la transition énergétique ?	17
Expérience 1 : Impact du Serious Game vs. Vidéo d'un diaporama commenté sur les connaissances.	17
Objectif	17
Procédure	17
Matériel	18
Population	26
Résultats	28
Effet du dispositif sur l'appropriation des notions de cycle du carbone et de transition énergétique	34

Expérience 2 : de la vidéo diaporama à un film de réalité virtuelle immersive en passant par la vidéo 2D ?	45
Objectif	45
Procédure et matériels	45
Population	60
Résultats et discussion	63
Retour d'expérience sur la réalité virtuelle immersive.	63
Effet de la réalité virtuelle sur les connaissances.	66
Les croyances sur les bénéfices/risques de la CSC.	69
Attitude envers l'usage des différentes sources d'énergies.	70
Analyse du contenu des associations libres	70
Limites	83
Limites de l'expérience VR :	83
Limites de l'expérience SG :	83
Perspectives	84
Expérience 3 : l'effet de la VR sur implication dans le jeu	84
Expérience 4 : l'effet de l'exposition à une source d'enseignement explicite sur l'acquisition et la cristallisation des connaissances promulgué par le jeu	88
Références	89
Annexe : Rapport pour la société Total en vue de la préparation du Lot 2.1	94
Introduction	97
Objectifs de l'étude	97
Méthodes d'analyse	98
L'analyse générale des corpus : méthode Reinert et LDA	98
L'étude des champs lexicaux du corpus	99
Mesure de la tonalité émotionnelle des documents	99
Mesure de l'engagement personnel des auteurs	100
Le corpus EuroPresse	101
Présentation du corpus	101
Méthode de recherche d'articles de presse	101
Analyse Iramuteq	103
Classification de Reinert	103
Analyse des champs lexicaux du corpus EuroPresse	106

Le sous-corpus CSC	108
Classification de Reinert	108
<i>Le corpus Reddit</i>	111
Présentation du corpus	111
Analyse du corpus Reddit	112
<i>Le corpus Grand Débat</i>	117
Présentation du corpus	117
Analyse des contributions au Grand Débat	117
Le problème le plus important dans le domaine de l'environnement	117
Les réponses à apporter	120
L'Allocation de Dirichlet Latente	122
Autres points abordés	124
<i>Le corpus Vrai Débat</i>	129
Présentation du corpus	129
Analyse des contributions au Vrai Débat	129
<i>Synthèse des principaux résultats</i>	133
Conception de la transition énergétique dans la presse et les consultations citoyennes	133
Fonction de la science dans le débat sur le changement climatique et la transition énergétique	134
Références à la capture du carbone dans les corpus presse et Grand Débat	135
Deux conceptions des modalités de transition énergétique ?	136
Implications pour des projets de CSC ou d'ingénierie du sous-sol	139
<i>Bibliographie</i>	140
<i>Annexe 1 – Index lexicaux construits pour les analyses</i>	141
Sources d'énergie	141
Enjeux	141
Mode d'action	142
Monde du vivant	142
Concepts importants	142
Comportements	143

Acteurs _____	143
Pronoms et déterminants possessifs _____	143

<i>Annexe 2 – Fiche projet demi-journée d'études « les gilets jaunes en politique », 28/11/2019</i> _____	145
--	------------

Liste des figures

Figure 1 : interface principale de jeu.....	19
Figure 2 : interface d'achat d'améliorations du secteur du transport	20
Figure 3 : interface du mix énergétique pour l'électricité et la chaleur	20
Figure 4 : exemple d'aléa et de choix proposés pour le résoudre.....	21
Figure 5 : message d'avertissement à l'issue de l'installation du jeu	24
Figure 6 : comparaison des moyennes des scores de connaissances par groupe et par temps de mesure	31
Figure 7 : comparaison des moyennes des scores de connaissances par cluster et par temps de mesure	33
Figure 8 : le robot Kapt posé sur une borne dans la « Discovery Area ».....	51
Figure 9 : la maquette du littoral	51
Figure 10 : consigne au participant pour valider le rapport pour la zone d'exploration du sous-sol.	52
Figure 11 : la campagne d'acquisition sismique sur la vue en coupe du sous-sol.	53
Figure 12 : appel en cours avec l'experte géophysicienne et image de la coupe sismique.....	54
Figure 13 : appel en cours avec le responsable des opérations d'injection et maquette montrant les pipelines installés sur le littoral.	55
Figure 14 : observation de l'infiltration du CO2 dans la roche depuis le « Nemo ».....	56
Figure 15 : propagation du CO2 dans la roche au bout de dix ans sur la vue en coupe du sous-sol.	57
Figure 16 : schéma du bouchon de ciment dans le forage.....	58
Figure 17 : affichage des objectifs atteints.....	58
Figure 18 : diapositive sur la campagne d'acquisition sismique.....	59
Figure 19 : diapositive sur l'injection du CO2 dans le réservoir.	60
Figure 20 : Répartition dans les conditions expérimentales selon la catégorie socioprofessionnelle	61
Figure 21 : comparaison des moyennes de l'attitude pro-environnementale entre les groupes	61
Figure 22 : comparaison des moyennes de propension à l'immersion entre les groupes	62
Figure 23 : répartition de la perception du niveau de connaissances sur le CSC avant l'exposition aux dispositifs expérimentaux.....	63
Figure 24 : comparaison des moyennes du cyber-malaise suite à l'exposition aux différents dispositifs	64

Figure 25 : comparaison des moyennes du niveau de transpiration suite à l'exposition aux différents dispositifs	64
Figure 26 : comparaison des moyennes du niveau difficulté à se concentrer à l'issu de l'exposition aux différents dispositifs	65
Figure 27 : comparaison des moyennes des scores du sentiment de présence à l'issu de l'exposition aux différents dispositifs	66
Figure 28 : comparaison des moyennes des scores de connaissance sur le CSC après exposition aux différents dispositifs	67
Figure 29 : comparaison des moyennes des scores de connaissance sur le CSC après exposition aux différents dispositifs des participant ayants des connaissances limitées voire inexistante	68
Figure 30 : évolution de la perception des connaissances sur le CSC après exposition aux dispositifs	69
Figure 31 : représentation graphique de correspondance des mots sur le changement climatique avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon avant l'exposition aux dispositifs	75
Figure 32 : représentation graphique de correspondances des mots sur le changement climatique avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon après l'exposition aux dispositifs	76
Figure 33 : représentation graphique de correspondances des mots sur le changement climatique avec les caractéristiques psychologiques de l'échantillon après l'exposition aux dispositifs ..	77
Figure 34 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur le sous-sol avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon avant l'exposition aux dispositifs	78
Figure 35 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur le sous-sol avec les caractéristiques psychologique de l'échantillon après deux semaines de l'exposition aux dispositifs.....	79
Figure 36 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur la technologie du captage et stockage du CO2 avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon avant l'exposition aux dispositifs	80
Figure 37 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur la technologie du captage et stockage du CO2 avec les caractéristiques psychologiques de l'échantillon après deux semaines de l'exposition aux dispositifs.....	81
Figure 38 : protocole expérimental de l'expérience 3	Erreur ! Signet non défini.
Figure 39 : protocole expérimental de l'expérience 4	88

Liste des tableaux

Tableau 1 : répartition dans les groupes selon les paramètres sociodémographiques	27
Tableau 2: comparaison des moyennes des différentes dimensions du questionnaire de l'acceptation pour les deux conditions expérimentales à une moyenne de référence (norme = 4)	29
Tableau 3 : répartition des groupes expérimentaux selon les conditions	30
Tableau 4 : moyennes et écarts types des scores de connaissances selon les conditions expérimentales.....	31
Tableau 5 : analyse de fréquence des associations libres sur le changement climatique.....	72
Tableau 6 : analyse de fréquence des associations libres sur le sous-sol.....	73
Tableau 7 : analyse de fréquence des associations libres sur le captage et le stockage du CO2	73

Introduction

Le fait que les technologies du sous-sol tel que le stockage de l'énergie et du CO₂ et la géothermie, ne fassent pas encore l'objet d'une attitude ancrée pour la plupart des gens, présente un intérêt scientifique et pragmatique particulier. Il s'agit, en effet, d'un cas de figure innovant puisque les études dans le champ de la persuasion ou des représentations sociales¹ ont toujours porté sur des attitudes ou opinions déjà existantes. Ainsi, le modèle tri-componentiel des attitudes (Rosenberg, et al., 1960) trouve sa pertinence dans l'idée plus récemment développée par Fazio (Fazio, 1990) de force de l'attitude. Nous avons des opinions sur « tout » et nous pouvons nous positionner le long d'une échelle variant d'un pôle « pour » à un pôle « contre » (composante évaluative de l'attitude) ou d'un pôle « j'aime » à un pôle « je n'aime pas » (composante affective de l'attitude) à propos d'une infinité d'objets sociaux. Cependant, c'est la connaissance de l'objet (la composante cognitive de l'attitude, dont on attend qu'elle corresponde à une représentation la plus objective possible du sous-sol et des technologies de son exploitation), en particulier forgée par l'expérience vécue en rapport avec cet objet, qui va se montrer déterminante dans l'évaluation de la force de l'attitude et permettra de prédire des comportements, ce que l'on ne peut pas faire uniquement sur la base de la composante évaluative ou affective (Channouf, et al., 1996). Lorsqu'une attitude possède un certain ancrage (une certaine force), on observe que l'individu traite les stimuli liés à l'objet de l'attitude de manière relativement automatique du fait de la saillance et de la disponibilité de l'attitude en mémoire. En revanche, lorsque l'attitude présente un caractère superficiel, l'individu a besoin de recourir à un ensemble d'informations provenant de son environnement pour pouvoir se positionner à l'égard de l'objet. Ces informations sont décrites précisément par Fishbein et Ajzen (Fishbein, et al., 1975) à travers leur modèle de l'action raisonnée. Une attitude se construit sur la base de croyances et de l'information disponible. Elle pourra engendrer une intention (comportementale) une fois articulée aux croyances normatives en lien avec l'objet de l'attitude et à la motivation du sujet à émettre un comportement en rapport avec cet objet. Ainsi par exemple, si l'on souhaite appréhender l'opinion qu'ont les gens par rapport aux OGM en vue de prédire leurs comportements (d'achat, de lecture des étiquettes décrivant les composants d'un objet...), il faut recueillir les éléments de connaissance (e.g. les OGM ont permis de produire de l'insuline, les OGM augmentent le risque d'allergie...), les éléments

¹ « Les représentations sociales réfèrent à la connaissance de sens commun ». Guimelli (1999, p 63). « Elles recouvrent donc l'ensemble des croyances, des connaissances et des opinions qui sont produites et partagées par les individus d'un même groupe, à l'égard d'un objet social donné », Guimelli (1999, p 63).

affectifs (les individus sont pour ou contre le développement des OGM) et l'intention comportementale (à quel point les individus vont-ils être attentifs à la composition des produits de consommations qu'ils achètent ?)

Le niveau de connaissance et d'expérience constitue donc deux variables indispensables à prendre en considération pour l'étude des attitudes à l'égard des technologies du sous-sol notamment le captage et le stockage du CO₂. Au-delà de cette attitude spécifique, il s'agira aussi d'appréhender des attitudes dites plus générales envers le changement climatique, la transition énergétique et les énergies renouvelables, variables potentiellement prédictives du comportement. Afin d'avoir une vue d'ensemble de la problématique, trois volets structurent notre démarche. Le premier volet a pour objectif de mener une étude sur les représentations sociales ou collectives du stockage du CO₂ et les objets qui lui sont proches (i.e. le changement climatique, la transition énergétique, le sous-sol, les risques liés aux opérations du sous-sol, l'exploitation et la production d'hydrocarbures, le stockage de gaz naturel, le gaz de schistes, le stockage de déchets radioactifs, ...). Le second volet consistera à apprécier sur le plan individuel l'attitude que chaque citoyen se fait du stockage. Enfin, le troisième volet visera à appréhender l'expérience directe ou non de l'objet de l'attitude.

Premier volet : les Représentations sociales et les attitudes

Nous pourrons ainsi apprécier si le grand public possède, comme on le suppose, une très faible connaissance de l'objet « captage et stockage du CO₂ », mais si néanmoins cette faible connaissance est associée à un sentiment plutôt positif ou négatif, et cela en fonction de l'appartenance à un groupe social particulier. Selon Moscovici (2012) « la représentation collective permet « de nous familiariser avec ce qui nous est étranger [...] de réduire la marge d'incommunicabilité qui existe entre nous » (p. 51) ». « Elle permet aussi « de concevoir des objets qui existent sans être perçus ou qui sont perçus sans exister » (Moscovici, p. 28). Aussi la très probable absence de connaissances sur le sous-sol, les possibilités et conditions d'exploitation de ses ressources, et les enjeux d'implémentation de la transition énergétique, créent une zone de forte incertitude qui peut se traduire par des attitudes différenciées à propos de ces différents objets ou filières. Enfin, le lien entre ces attitudes qu'on suppose spécifiques à l'égard de ces technologies de stockage et les attitudes de niveau plus général voire macro à l'égard de la transition énergétique, voire à l'égard du changement climatique constitue certainement un élément crucial pour envisager le déploiement ou non de ces technologies particulières, destinées à participer à la transition énergétique.

Second volet : Déterminants individuels des attitudes

Au-delà de la dimension collective partagée des représentations sociales sur la transition énergétique et les moyens d'y parvenir, il est indispensable de dégager les facteurs individuels, voire de personnalité qui participent à la constitution des attitudes à l'égard de ces objets, en particulier à l'égard du stockage du CO₂ dans le sous-sol. L'idéologie politique et les valeurs (notamment l'individualisme vs le collectivisme) constituent également très probablement des déterminants de ce type d'attitude. De même, les comportements écologiques (tri des déchets, compostage, économies d'énergie, alternatives à l'automobile, etc.) pourront constituer un prédicteur d'attitudes générales sur la transition énergétique et d'attitudes spécifiques sur certaines technologies liées à la production des ressources énergétiques du sous-sol (géothermie, mais aussi hydrocarbures), ou au stockage du CO₂. Enfin, différentes variables de personnalité telles que « le besoin de cognition » (Cacioppo et Petty, 1982) étudiées en psychologie sociale semblent pertinentes pour rendre compte de la démarche de la personne pour obtenir des connaissances sur ce type d'objets, sur la consistance que la personne cherche à obtenir entre différents éléments de connaissance ou entre ses attitudes et ses comportements (autorégulation comportementale, préférence pour la consistance), ou encore sur la propension de l'individu à éviter la confusion et l'ambiguïté (besoin de clôture, Kruglanski & Webster (1996).

Troisième volet : Apport de l'expérience directe de l'objet

On se focalisera ici sur la problématique du sous-sol et l'expérience que l'on peut en avoir à travers des lectures, des discussions ou débats mais aussi en stimulant une confrontation des individus à l'objet sous-sol grâce à l'utilisation de la réalité virtuelle et de la modélisation. Etant donné la difficulté pour les individus à se représenter l'interaction directe avec l'objet « sous-sol » et la technologie du captage et stockage du CO₂, deux dispositifs numériques ont été créés. Le premier, « Climate Crusade » est un jeu sérieux (cf. encadré ci-dessous, pour une présentation spécifique sur l'avantage du jeu sérieux) sur mobile téléchargeable pour Android via le Play Store contenant diverses informations sur le changement climatique et les solutions qui favorisent la transition écologique. Le deuxième est un film de réalité virtuelle immersive visible pas un casque de réalité virtuelle contenant des informations sur la technologie du captage et du stockage du CO₂. Ces informations même si elles relèvent de la science (avec ses limites) peut servir de socle commun sur lequel l'échange peut se construire. Dans le cas des activités liées au sous-sol associées à la transition énergétique, faisant l'objet de peu de connaissances et parfois de représentations biaisées en raison de la proximité (au moins

technologique) avec les opérations d'extraction des hydrocarbures, l'expérience directe avec l'objet de l'attitude présente certainement une importance capitale. Elle devrait permettre d'étayer la composante cognitive de l'attitude, c'est-à-dire les connaissances des individus et ce faisant amener à une éventuelle modification de la composante évaluative de l'attitude.

Encadré : Ce que permettent les serious game

Les Serious game sont des jeux développés pour avoir des effets sur le joueur qui dépassent le cadre du divertissement (Ritterfeld, et al, 2009). Les serious games (SG) ne se limitent, cependant, pas au storytelling, à l'art et aux logiciels. Ils peuvent faire appel à des activités pédagogiques dont l'objectif est de transmettre des connaissances ou des compétences. Cet ajout rend les jeux « sérieux » (Zyda, 2005). Par leur double-fonction (i.e., divertissement et transmission), les serious games s'inscrivent dans une approche plus large, celle de la « gamification » (Deterding et al., 2011 ; Lejeune, 2012 ; McGonigal, 2011). Celle-ci se définit par l'implémentation d'un ou plusieurs principes du jeu (e.g., feedback pour générer de la compétitivité en vue d'amorcer l'engagement et améliorer la performance) au sein d'une réalité de type organisationnelle (Herzig, et al, 2012), commerciale (Terlutter et Capella, 2013), sociale ou politique. Plusieurs noms sont utilisés dans la littérature pour désigner ces dispositifs technologiques. Selon Djaouti et al. (2011), cette diversité d'appellations reflète un champ en pleine maturation qui, par ailleurs, mobilise des acteurs de différents secteurs (e.g., public, scientifique et privé). Parmi les caractéristiques relatives à la gamification de l'expérience d'apprentissage, celles identifiées comme empiriquement effectives sont le feedback, les stratégies pour faire varier les niveaux de difficulté et la disponibilité d'un support pour la mémoire (Connolly et al., 2012).

Toutefois, les travaux publiés sur les SG à visée éducative ne font pas l'objet d'un consensus quant à leur efficacité dans l'apprentissage d'un nouveau contenu. Parmi les explications mobilisées, on peut relever la diversité des dispositifs technologiques et pédagogiques utilisés dans ces études ainsi que la faible comparabilité des protocoles d'évaluation mobilisés (e.g., absence de groupe contrôle, évaluation qualitative versus quantitative ou mixte, problématique de l'exposition aux connaissances dans un schéma pré-test/ post-test pour discriminer l'effet d'apprentissage imputable au dispositif technologique, etc.). Dans leur revue de littérature sur l'apprentissage par jeux sérieux (Game-based learning), Connolly et al., (2012) concluent que les jeux inscrits dans cette approche sont généralement efficaces pour générer de la motivation et atteindre des objectifs d'apprentissage situés aux niveaux élémentaires de la pyramide de Bloom², c'est-à-dire les niveaux de l'acquisition de connaissances et de la compréhension.

Initier une activité d'apprentissage implique donc chez l'utilisateur d'y consacrer de l'énergie et la volonté d'y investir du temps. Si ces conditions peuvent être perçues comme contraignantes dans d'autres contextes, les modalités d'apprentissage qu'impliquent les jeux-vidéos tendent à être vécues paradoxalement comme

² Cf. <https://www.bienenseigner.com/taxonomie-de-bloom/> Bloom et collaborateurs ont publié un cadre de catégorisation des objectifs pédagogiques selon 6 niveaux

- **Connaissance** : L'apprenant est capable de se souvenir des informations.
- **Compréhension** : L'apprenant est capable de comprendre l'information.
- **Application** : L'apprenant est capable d'utiliser les informations d'une nouvelle manière.
- **Analyse** : L'apprenant est capable de décomposer l'information en ses parties essentielles.
- **Synthèse** : L'apprenant est capable de créer quelque chose de nouveau à partir de différents éléments d'information.
- **Évaluation** : Apprenant est capable de juger ou à critiquer l'information.

divertissantes. Breuer et Bent (2010) expliquent cette différenciation de l'expérience d'apprentissage par rapport au rôle-clé que joue l'interaction dans les processus d'apprentissage. Plus particulièrement, les processus cognitifs et affectifs sous-tendant les interactions proposées dans le jeu-vidéo considéré (e.g., immersion et engagement).

Au bilan, c'est grâce à l'articulation de ces trois volets, collectifs et individuels et expérience directe que l'on pourra cerner les connaissances, croyances, attitudes, intentions comportementales à propos du stockage de l'énergie, du CO₂ et de la géothermie. Le premier, de type représentationnel, visera à étudier les liens entre les attitudes vis-à-vis des technologies liées au stockage du CO₂, et la notion de transition énergétique. Le second de nature individuel, visera à cerner les facteurs géographiques, idéologiques et de personnalité qui structurent les attitudes concernant les différentes filières d'exploitation des ressources du sous-sol, facilitent l'articulation entre différents éléments de connaissance à propos de la transition énergétique, et déterminent la consistance cognitive et comportementale. La troisième approche permettra de montrer l'importance d'une expérience directe avec ces objets peu connus pour construire une attitude plus élaborée qu'on sait plus fermement liée à des comportements en rapport avec l'attitude. Dans le présent projet de recherche, nous proposons d'adopter une démarche permettant de s'intéresser à la **pertinence des dispositifs numériques de Réalité Virtuelle Immersive (RVI) et de Serious Game** en termes d'apports pédagogiques, mais aussi en termes d'implications dans les processus sociocognitifs relatifs à la représentation d'objets peu ou non-familiers et complexes tels que le concept de transition écologique et la technologie de captage et de stockage géologique de CO₂. Nous supposons donc que l'expérimentation de ces objets *via* les deux dispositifs technologiques considérés impliquerait des changements cognitifs et représentationnels. Si tel était le cas, il s'agirait de décrire et d'expliquer les caractéristiques et modalités de ces potentiels effets à la lumière des approches structurelles et socio-dynamiques issues des paradigmes théoriques et méthodologiques des représentations sociales et des attitudes.

Le cadre théorique et méthodologique étant circonscrit, nous présentons ci-après une étude préliminaire visant à dresser un premier état des lieux sur les représentations sociales de la transition énergétique et la technologie du captage et stockage du carbone. Les résultats de cette étude devraient permettre d'enrichir la réflexion autour des outils d'information immersifs et à tester les hypothèses autour des représentations du sous-sol et du captage et stockage du CO₂.

Etude préparatoire sur les représentations du changement climatique, de la transition énergétique, et de ses modalités³

Introduction

En préparation des travaux des lots 2.1 du projet GEFISS, une première étude a été menée afin d'identifier à partir de canaux de diffusion de l'information (1) les réseaux sociaux en ligne, (2) la presse française, (3) les contributions en ligne au moment du Grand Débat National (lancé par le président de la République Française Emmanuel Macron et son gouvernement, de mi-janvier à mi-avril 2019 pour débattre de questions sociétales essentielles), les possibles différentes représentations que différents publics ont de la transition énergétique et de ses ramifications pertinentes: la neutralité carbone, la géo-ingénierie du sous-sol, et la CSC. Les données analysées portent sur une base de données textuelle, issue des trois sources précitées. Nous avons adopté une approche en entonnoir pour la collecte des données, afin d'étudier l'évolution du discours à des degrés croissants de spécificité (cf. Figure 1). Les données collectées dans la presse et sur Reddit offrent, en outre, une visibilité sur l'émergence et l'évolution des discours au cours des dernières années.

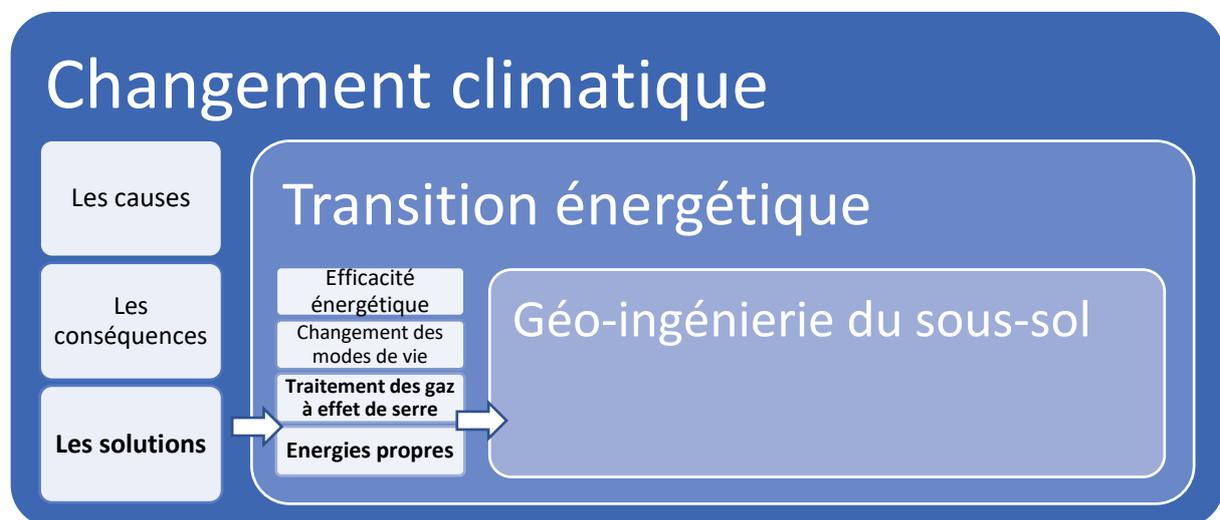


Figure 1 : Objets traités dans l'étude préparatoire, en fonction de leur degré de spécificité

³ Cette partie est une synthèse du rapport complet de cette étude. Pour plus d'informations veuillez vous référer à l'annexe 1

Les trois sources se différencient selon plusieurs variables :

- Le public visé. En effet, le Grand Débat et les consultations alternatives visent à collecter des discours mobilisés par le grand public, Reddit cible les discours des citoyens fortement sensibilisés à la problématique du changement climatique et les journalistes ; dans une moindre mesure des industriels et des personnalités publiques.
- L'expertise de la source : il est attendu des journalistes, un certain niveau d'expertise concernant les sujets qu'ils abordent ; sur Reddit, les échanges entre des sources expertes et non-expertes sont importants ; les contributions au Grand Débat émanent essentiellement de sources non-expertes ;
- La cible du discours : les pouvoirs publics pour le Grand Débat ; les réseaux d'abonnés sur Reddit ; un public variable en fonction du type de presse.

Au bilan : l'objectif de cette démarche d'analyse de corpus était donc d'appréhender, depuis des sources à l'expertise variée (cf. Figure 2), les conceptions forgées par la société à propos du changement climatique, de la transition énergétique et plus spécifiquement, comment les acteurs sociaux envisagent la capture et le stockage du carbone au sein sur la transition énergétique. L'analyse effectuée sur le corpus vise, en outre, à affiner les outils mobilisés par la suite dans des travaux empiriques réalisés dans le cadre des lots 2.1 et 2.2 du projet GEFISS

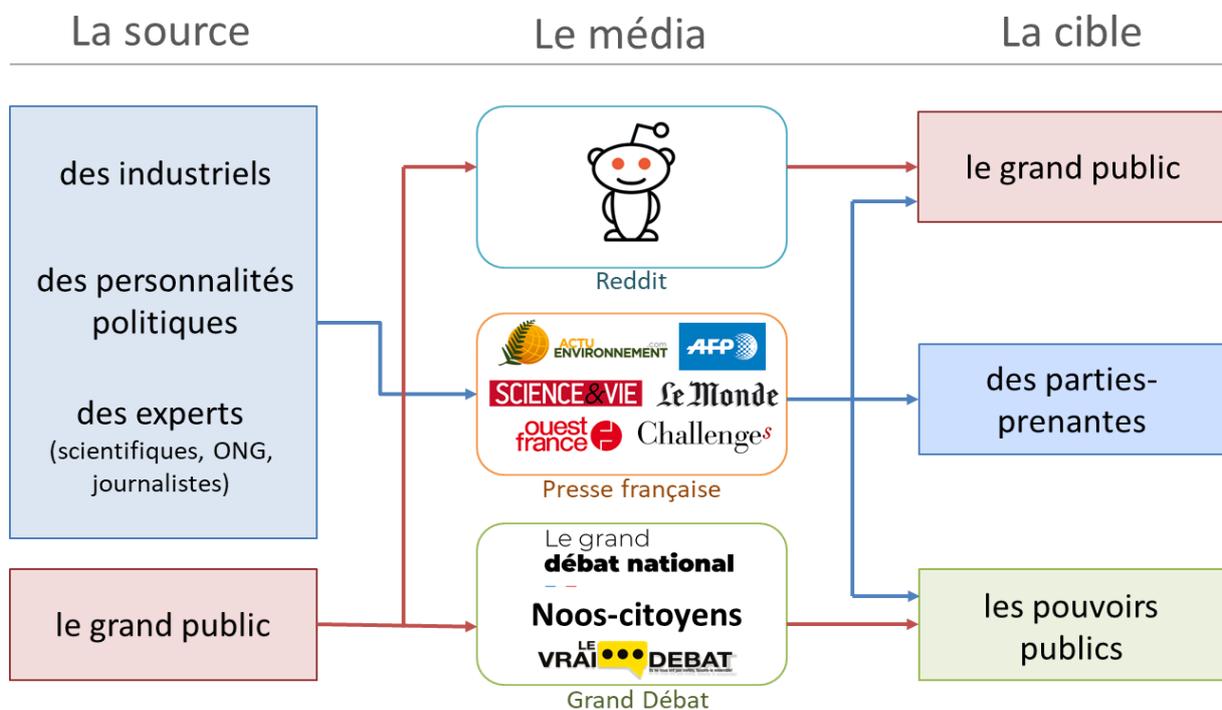


Figure 2 : Source, média, et cible des discours analysés dans le cadre de l'étude préparatoire

Méthodes d'analyse

L'analyse générale des corpus : méthode Reinert et LDA

Pour réaliser cet état des lieux, nous avons eu recours à deux méthodes de traitement statistique. La première est la méthode Reinert (du nom de son auteur Reinert, 1993), qui repose sur la caractérisation des mondes lexicaux d'un corpus, envisagés comme le reflet des mondes mentaux de ses auteurs. La méthode Reinert consiste d'abord à fragmenter le corpus en segments de texte de taille homogène, puis de mesurer la distance lexicale entre les segments afin d'identifier les oppositions les plus fortes au sein du corpus. Par un processus itératif, le modèle opère des regroupements en classes de sens, composés de segments proches entre eux et éloignés de ceux associés à d'autres classes. Ces classes de sens, caractéristiques de larges portions du corpus, représentent les thèmes et les idées dominantes du corpus.

La deuxième méthode d'analyse, l'Allocation de Dirichlet Latente (Blei et al., 2003), ou LDA, s'inscrit dans la lignée des *topic models*, regroupant des méthodes de machine learning dont la vocation est d'identifier des thèmes latents (les topics), dans un document ou un ensemble de documents. Dans un premier temps, un nombre de topics est déterminé par le chercheur⁴. Ces topics sont distribués dans le corpus suivant la loi de Dirichlet⁵ : cela signifie qu'ils ont une taille moyenne prédéfinie, et variant autour de cette moyenne. Certains topics vont rendre compte d'une part importante du corpus, d'autres non. La LDA est un modèle bayésien, qui vise à déterminer la probabilité d'hypothèses, comme celle qu'un document, ou un mot isolé, appartienne à un topic plutôt qu'un autre. Dans l'Allocation de Dirichlet Latente, chaque document est représenté comme un mélange de topics, dimensions latentes caractérisés par une certaine distribution des mots qui constituent le lexique du corpus. L'utilité étant (1) de réduire de larges ensembles de documents à un nombre restreint de dimensions, caractérisées par leur lexique, et interprétables par l'utilisateur, (2) à déterminer le poids de ces dimensions latentes dans chaque document du corpus.

⁴ Le choix du nombre de topics peut être motivé par les objectifs du chercheur (un nombre faible s'il souhaite réduire au maximum le nombre de dimensions du corpus, et inversement), ou bien justifié par la composition du corpus (peu de topics pour un corpus très homogène, un nombre plus important pour un corpus hétéroclite).

⁵ Dans un échantillon comportant des variables aléatoires multinomiales la loi de Dirichlet permet de calculer la probabilité de distributions des valeurs au sein d'un échantillon

L'étude des champs lexicaux du corpus

Sur la base d'une analyse préliminaire des corpus Presse et Grand Débat réalisée à l'aide du logiciel Iramuteq, nous avons construit un index de mots ou d'expressions associés à des champs lexicaux récurrents dans les discours étudiés (voir annexe 1).

En fonction du corpus étudié, certains index de mots peuvent n'être représentés que marginalement. Pour l'analyse des contributions au « Vrai débat », nous avons retenu les catégories dont un terme associé apparaît dans au moins 2,5% des contributions (N = 64). Vingt catégories remplissent ce critère. Une telle restriction n'a pas été jugée nécessaire pour le corpus Grand Débat : composé de plus de 150 000 contributions, les champs lexicaux les plus rares sont, tout de même, représentés dans plusieurs centaines de documents.

Mesure de la tonalité émotionnelle des documents

En complément à l'analyse des champs lexicaux, nous avons mesuré la tonalité émotionnelle des documents du corpus à l'aide de la version française du *Lexicoder Sentiment Dictionary* (Duval & Pétry, 2016; Young & Soroka, 2012). Le *LSD* est un dictionnaire de 4 151 mots étiquetés selon leur valence, dont 2 867 mots négatifs et 1 284 mots positifs⁶. Pour chaque document, nous avons décompté le nombre de mots négatifs et positifs présents, puis calculé un score de tonalité émotionnelle de la manière suivante : (total des mots positifs - total des mots négatifs) / nombre de mots (non-vides) dans le document. Les scores peuvent ainsi être inférieurs ou supérieurs à zéro, selon la tonalité dominante du document, et plus ou moins élevés, selon la polarisation de la tonalité émotionnelle. La mesure de la tonalité émotionnelle des documents a pour fonction d'identifier une polarisation positive ou négative des discours produits en référence aux objets étudiés.

Mesure de l'engagement personnel des auteurs

Une deuxième propriété générale des documents étudiés est la personnalisation des contributions. Il s'agit du niveau d'engagement ou de responsabilité que l'auteur associe à ses propos. Les pronoms et les déterminants possessifs employés constituent un indicateur de la personnalisation du discours, puisqu'ils permettent de quantifier dans quelle mesure les propos

⁶ Les termes sont traduits de la version originale du LSD. Afin de valider l'étiquetage, trois juges ont étiqueté les mots traduits comme positifs, neutres, ou négatifs, sans consulter les autres. Les mots inclus dans le lexique français sont ceux ayant été étiquetés de façon consensuelle.

impliquent directement l'auteur (« je », « mon », « notre »), ou ne l'impliquent pas (« leur », « vous », « ceux-là »)⁷. Selon l'objet abordé (par exemple, un groupe social, une solution possible à un problème environnemental), l'implication du locuteur dans ses propos peut manifester la distance psychologique à l'objet qui correspond à la représentation mentale d'un objet selon un degré d'abstraction plus ou moins important (Trope & Liberman, 2010). Ainsi par exemple, des élus seraient perçus comme un groupe lointain, peu accessible, peu semblable au mien, ou manifester une prise de responsabilité vis-à-vis d'un fait passé ou d'un enjeu d'avenir (comme l'absence de responsabilité personnelle dans les émissions de gaz à effet de serre).

Synthèse des principaux résultats

Conception de la transition énergétique dans la presse et les consultations citoyennes

De l'analyse du corpus EuroPresse, il apparaît que la transition énergétique est **en premier lieu associée aux controverses politiques nationales et aux personnalités qui les incarnent**. C'est d'abord un terme employé en référence à une actualité politique. Concernant les acteurs de la transition énergétique, nos constats sont les suivants :

- **Une conception descendante du rôle de l'Etat** : celui-ci propose, impose, interdit, mais consulte peu, n'a pas vocation à prendre la mesure et faciliter des initiatives privées, ne laissant qu'une marge restreinte à l'innovation citoyenne ou industrielle.
- **Les citoyens sont d'abord perçus comme des acteurs de la transition énergétique en tant que consommateurs**. En conséquence, les initiatives écologiques correspondent à des gestes quotidiens liés à la consommation, et à l'application d'une politique écologique. Au vu des avis manifestées dans les consultations citoyennes (l'inquiétude vis-à-vis des conséquences du réchauffement climatique, le constat d'un certain immobilisme des acteurs de la transition, le besoin de changements plus radicaux dans nos modes de vie), **la conception du citoyen comme consommateur responsable peut être considéré par certains comme trop restreint, et engendrer de la frustration, voire une défiance** vis-à-vis de la politique de l'Etat.
- Enfin, l'industrie n'est que rarement perçue comme un vecteur de solution de transition énergétique aux côtés de l'Etat, mais tout au plus comme un prestataire. Dans l'ensemble, **celle-ci pâtit d'une image fortement dégradée par sa responsabilité**

⁷ Il s'agit d'une mesure classique du style linguistique, employée dans d'autres domaines de la psychologie sociale et cognitive (e.g. Burgoon, 2018; Hauch et al., 2015)

dans les émissions de gaz à effet de serre, une certaine méfiance quant à sa logique de fonctionnement et ses intérêts propres.

L'analyse des contributions au Grand Débat confirme les tendances observées dans la presse. Les citoyens réclament une plus grande fermeté de l'Etat face à la pollution et aux pratiques menaçant la biodiversité (en premier lieu l'industrie, l'agriculture intensive, la chasse). De façon assez récurrente, ils réclament, par ailleurs, une politique incitative plus forte vis-à-vis des ménages, et plus d'efforts de sensibilisation auprès des citoyens peu engagés. En ce sens, **les revendications politiques issues du Grand Débat n'impliquent généralement pas de changement radical dans la conception du processus de transition énergétique** (la conception des objectifs à atteindre ou des rôles des différents acteurs par exemple) **mais portent des exigences en termes de moyens alloués, de pratiques à valoriser, encadrer ou bannir.** Les observations tirées des consultations citoyennes indiquent l'absence (dans une majorité des réponses), d'une vision globale de la transition énergétique, comme l'articulation d'un ensemble de solutions, mais plutôt des prises de positions cas par cas au sujet d'une mesure ou d'une technologie.

Nous n'avons, par ailleurs, identifié que peu de contributions axées sur la revendication d'une modernisation du parc industriel. Cette absence relève, selon nous, d'une perception incorrecte de la dépendance réciproque de l'industrie et de l'Etat. Tout en manifestant une certaine méfiance vis-à-vis du gouvernement, les citoyens considèrent qu'il existe un rapport de force entre l'industrie et l'Etat qui devrait pencher en faveur du second pour réaliser la transition énergétique.

De ce fait, et conformément aux préconisations des rapports du GIEC, nous avons ainsi proposé de mettre l'accent sur une conception systémique de la transition énergétique dans l'élaboration du serious game, ainsi que sur l'implication active des principales parties-prenantes dans le processus.

Fonction de la science dans le débat sur le changement climatique et la transition énergétique

On note une moindre fréquence d'apparition des termes associés à la science sur la période 2013-2019, en comparaison aux périodes précédentes. Une hypothèse à l'évocation moindre du lexique de la science tient au **glissement d'un débat sur le changement climatique vers celui des solutions à apporter à partir de 2012.** L'expertise scientifique est plus naturellement mobilisée dans la presse pour argumenter sur les mécanismes du changement climatique et ses conséquences probables qu'elle ne l'est pour débattre des solutions à apporter. Au vu des

discours analysés, **le changement climatique relève principalement du champ de la science, la transition énergétique de celui du politique**. Au vu des propos recueillis dans les consultations en ligne (Vrai Débat, Grand Débat), où l'on n'observe que rarement des suggestions quant aux techniques à implémenter dans le cadre de la transition énergétique, **l'accent politique et éthique du débat ne s'accompagne pas d'une réflexion scientifiquement motivée à propos des technologies de réduction des gaz à effet de serre**.

Références à la capture du carbone dans les corpus presse et Grand Débat

Dans la presse, CSC et géo-ingénierie du sous-sol **ne parviennent que ponctuellement à capter l'attention de la presse non-spécialiste**, et, malgré leur pertinence dans le débat sur les solutions de transition énergétique, leur **fréquence d'apparition tend à décliner dans la presse** au fil des années ($r = -.32, p < .001$ pour la CSC, $r = -.09, p < .001$ pour la géo-ingénierie du sous-sol). Néanmoins, nous n'avons pas à ce stade déterminé s'il s'agit d'une tendance de fond (un désintérêt de la part de la presse), ou du fait d'une fréquence moindre d'évènements en lien avec la CSC.

La capture et le stockage du carbone n'est que très rarement évoquée dans les consultations citoyennes sur le thème de la transition énergétique. A la question des solutions à apporter aux problèmes environnementaux, nous avons sélectionné les contributions évoquant la capture et/ou le piégeage du carbone. Peu d'entre elles évoquaient explicitement la CSC, la majorité portant sur la séquestration naturelle du carbone. Pour les contributions peu explicites, nous avons sélectionné les argumentaires évoquant des *techniques* de captage, des *recherches* sur le captage, ou la *récupération* du carbone là où il est émis. Après un tri manuel des contributions, nous avons identifié 52 contributeurs réclamant le développement de techniques de capture du carbone. Il s'agit certes d'une solution spontanément évoquée par des citoyens (d'autant plus que certaines propositions semblent ignorer l'existence de projets de séquestration du carbone sur le territoire français, ni disposer d'une connaissance même superficielle des techniques aujourd'hui à l'étude⁸), mais très marginale au vu de la taille de l'échantillon étudié (52 contributions sur 135 518). Associé à la proposition de capter le carbone, 17 contributeurs évoquent l'usage à faire du carbone capté :

⁸ On relève dans les contributions telles que « *investir fortement pour trouver un moyen de piéger le co2* », « *donner des moyens importants à la science pour trouver des moyens de capter le carbone émis par les hommes* »

- **Treize des dix-sept contributeurs souhaitent voir recycler le carbone.** En particulier, neuf d'entre eux proposent de réemployer le carbone comme source d'énergie, dans la production d'hydrocarbures de synthèse ou de biomasse,
- **Deux des dix-sept contributeurs proposent de piéger le carbone** dans le sous-sol.

Avant de répondre à la question analysée ici (« Que faudrait-il faire selon-vous pour apporter des solutions à ce problème ? »), les contributeurs devaient se prononcer sur le problème environnemental le plus important de leur point de vue. A cette question, le groupe des contributeurs proposant de recourir au captage du carbone se distinguent nettement de l'échantillon pris dans son ensemble. Alors que 29% des contributeurs du Grand Débat National identifient les *dérèglements climatiques* comme le principal problème pour l'environnement, ils sont 70% (36 sur 52), à l'affirmer dans le sous-groupe évoquant la capture du carbone comme solution. A l'inverse, sept contributeurs (13,5%) identifient la *pollution de l'air* comme le problème le plus important et trois (6%) identifient la *biodiversité et la disparition de certaines espèces* (contre 20% et 22% respectivement pour le total des contributions). En comparaison à la moyenne des contributeurs, **le sous-échantillon réclamant la CSC paraît donc particulièrement attentif aux dérèglements climatiques**, au détriment des problèmes liés à la pollution ou la biodiversité.

Ces observations confirment donc l'absence, à de rares exceptions, dans le grand public, d'une connaissance de la technologie, et plus généralement, d'une méconnaissance des technologies du sous-sol. Celle-ci apparaît néanmoins, parfois spontanément comme une piste à explorer afin de répondre à l'urgence climatique. L'étude préparatoire confirme donc que la CSC constitue un objet propice à l'étude de l'émergence d'une représentation. Les résultats indiquent par ailleurs un lien possible entre l'acceptabilité de cette technologie et la représentation du changement climatique, le public spontanément favorable à celle-ci manifestant par ailleurs plus souvent un sentiment d'urgence vis-à-vis des dérèglements climatiques

Deux conceptions des modalités de transition énergétique ?

Nous avons dans cette analyse de corpus fait le constat d'une opposition entre CSC et capture du carbone par les plantes. Celle-ci apparaît comme symptomatique d'un **clivage entre deux modes de raisonnement vis-à-vis des solutions aux problèmes environnementaux**. Une partie des contributeurs prônent l'adoption de solutions valorisant le rôle de notre écosystème dans la régulation (planter des arbres ou capter le co2 dans les terres agricoles ; initiative 4 pour

1000 du CIRAD ; toits végétalisés ; introduction ou réintroduction d'espèces animales ; agriculture écoresponsable et permaculture ; pratiques non-polluantes comme les circuits courts), l'objectif commun à ces revendications étant de **repenser notre environnement, de façon à stimuler des processus naturels favorables à la réduction des émissions des gaz à effet de serre**. D'autres contributeurs relèvent une nécessité de faire intervenir la technologie dans le but de réintroduire un équilibre dans le cycle du carbone, dépolluer, ou produire de l'énergie de façon non-polluante (hydrogène, éolien et photovoltaïque, nucléaire parfois), le but étant de **placer l'efficacité énergétique et la neutralité carbone au cœur de la feuille de route du progrès technologique**, ou inversement, de **mettre le progrès technologique au service de la réduction des émissions de gaz à effet de serre**. En conséquence, nous pouvons envisager les conceptions individuelles de la transition énergétique comme distribuées entre deux pôles :

- **Une conception techno-centrée**, selon laquelle **la science, dotée des moyens nécessaires fournis par l'Etat, peut être en mesure de répondre à temps à l'essentiel des enjeux qui pèsent sur notre environnement**. La crise écologique est un problème sans précédent pour l'humanité, mais nous avons, au prix d'une convergence des efforts, les moyens de réaliser une transition douce, qui n'affectera que peu nos modes de vie.

« Il faut mettre le paquet sur la recherche pour trouver les solutions qui permettront de dépolluer la planète, traiter le plastique, capter le carbone, créer du froid, soigner les coraux, repeupler les mers... »

(Exemple de contribution issue du Grand Débat)

- **Une conception éco-centrée**, selon laquelle **les menaces qui pèsent aujourd'hui sur l'environnement sont la preuve qu'une remise en cause profonde de notre rapport à l'écosystème est nécessaire**. La crise écologique doit ainsi être l'occasion de repenser de nombreux aspects déficients du fonctionnement de notre société (l'agriculture, les transports, le logement et l'alimentation, mais aussi souvent l'économie toute entière, ainsi que les systèmes de gouvernance).

« *Les solutions pour éviter d'aggraver la situation et pour résister aux conséquences du mal déjà causé sont les mêmes, il faut une société résiliente, écologique, sociale, solidaire et juste !* »

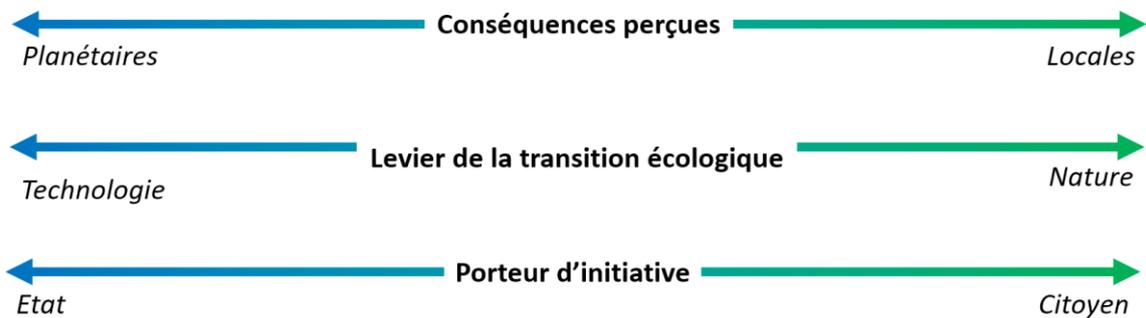
(Exemple de contribution issue du Grand Débat)

On observe une **faible porosité entre ces deux modes de raisonnement**, qui n'apparaissent que rarement conjointement dans les arguments des contributeurs. Par ailleurs, ils renvoient à des constats sensiblement différents quant à la nature du problème : **les contributeurs mettant l'accent sur les solutions naturelles sont plus sensibles aux problèmes liés à la biodiversité, ceux mettant l'accent sur des solutions technologiques sont plus sensibles aux dérèglements climatiques** qui touchent la planète (à l'instar des contributeurs évoquant la CSC). Au vu des variations observées dans les réponses au Grand Débat sur le thème des problèmes environnementaux, il apparaît, en outre, que **les premiers sont généralement plus attentifs aux conséquences et solutions locales** (baisse locale de la biodiversité, possibilités d'aménagements locaux, concernant l'agriculture, les transports ou l'urbanisme, par exemple) ; **les autres sont à l'inverse plus attentifs aux problèmes et solutions à l'échelle planétaire** (multiplication de catastrophes climatiques d'ampleur, volonté d'une politique de valorisation des technologies non-polluantes à l'échelle mondiale). En tant que mesure de transition, la CSC trouve clairement sa place dans le deuxième mode de raisonnement.

Parmi les solutions aux problèmes environnementaux, deux grandes catégories de solution se distinguent dans les corpus des consultations citoyennes :

- Les solutions les plus clairement identifiées et revendiquées par les contributeurs des consultations nationales sont **celles qui responsabilisent et impliquent le citoyen**. Jugées positivement par les citoyens, leur mise en place nécessite une prise de conscience collective, des efforts au quotidien, et traduisent une philosophie de vie marquée par un respect pour l'environnement, un souhait de renouer avec la nature.
- A l'inverse **d'autres solutions n'engagent pas les citoyens**, et, de fait, sont représentées plus rarement, et le plus souvent de façon imprécise. Neutres, elles relèvent des modes de production d'énergie, de leur stockage et de leur acheminement, de l'efficacité énergétique, et sont de la responsabilité de l'état (ou de l'industrie, *via* la contrainte de l'Etat). Celles-ci sont jugées nécessaires, mais ne rencontrent pas une

adhésion aussi forte puisqu'elles n'entrent pas directement en écho avec les valeurs des citoyens.



La revendication d'une conception technologique de la transition est cependant difficilement concevable pour de nombreux contributeurs, puisqu'il s'agit d'une solution d'abord industrielle, et à ce titre, jugée brutale. En effet, admettre pour l'industrie un rôle d'acteur de la transition s'oppose frontalement aux conceptions préexistantes. Il s'agit dès lors d'une question de cohérence du discours, puisqu'il est difficilement concevable de pointer du doigt le mal que représente l'industrie et la solliciter pour résoudre les problèmes qu'elle engendre.

Conclusion de l'étude préparatoire aux travaux du lot 2.1.

En conclusion, nous avons identifié deux principaux enjeux dans l'élaboration d'un dispositif d'information sur la transition énergétique en vue d'un débat éclairé entre les parties prenantes. D'une part, il existe une grande variation du degré de connaissance des différentes modalités de transition, et d'ancrage des représentations à leur sujet. Certaines comme le nucléaire, l'éolien, l'efficacité énergétique des logements sont largement connues et commentées, d'autres pratiquement absentes des discours, qu'il s'agisse de la presse, des réseaux sociaux, ou des consultations citoyennes. En conséquence, il apparaît essentiel de fournir un socle de connaissances suffisant à propos d'objets largement méconnus, notamment en ce qui concerne les technologies du sous-sol.

D'autre part, les réflexions au sujet de la transition énergétique présentent deux caractéristiques notables. Elles sont centrées, de façon ponctuelle, sur une technologie ou une mesure politique, en dehors d'une vision d'ensemble du processus. Par ailleurs, les attitudes à leur égard sont dépendantes d'une vision soit techno-centrée, soit éco-centrée. Les technologies sont ainsi susceptibles de recueillir l'approbation ou non des citoyens en fonction de leur adéquation avec la vision privilégiée par ceux-ci. Il semble nécessaire de permettre aux parties prenantes de se

déporter d'une conception exclusivement éco-centrée, ou techno-centrée, et d'envisager le débat au sujet des modalités de transition énergétique au prisme d'un ensemble de solutions possibles, dont le rapport coût-bénéfice est à déterminer de façon systémique.

Quel apport du « *serious gaming* » dans l'information sur la transition énergétique ?

Expérience 1 : Impact du Serious Game vs. Vidéo d'un diaporama commenté sur les connaissances.

Objectif : Le protocole de cette expérience consiste à comparer les connaissances et les représentations des participants avant et après la participation à un Serious Game (SG) vs. Au visionnage d'une vidéo (V) contenant les mêmes informations.

Procédure

L'ensemble de cette expérience s'est déroulé en ligne, sur la plateforme Qualtrics pour les questionnaires, et via YouTube ou le Google Play Store pour l'accès aux dispositifs. L'expérience commence par une première mesure de connaissances et une tâche d'association libre sur les thèmes du changement climatique, la transition écologique, la transition énergétique, le sous-sol et le captage et le stockage du carbone. Un questionnaire d'attitude pro-environnementale (le nouveau paradigme écologique - New Ecological Paradigm Scale - NEPS, Schleyer-Lindenmann et al., 2014), et un questionnaire de besoin de cognition⁹ (Salama-Younes et al. 2014) ont été aussi administrés dans cette partie (ces questionnaires sont décrits ci-après, dans la partie matériel). Ensuite, pour tester l'éventuel apport du serious game sur l'acquisition des connaissances, les participants sont répartis dans deux conditions expérimentales : le groupe qui joue au serious game et le groupe qui regarde une vidéo correspondant à diaporama power-point commenté (ce dernier groupe fait figure de groupe contrôle). Après exposition aux dispositifs, les participants répondent de nouveau aux questions de connaissances et accomplissent une nouvelle fois la tâche d'association libre. Ils remplissent aussi un questionnaire d'acceptation basé sur la théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation de la technologie (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003). Ce questionnaire a pour objectif d'apprécier l'attitude des participants envers le dispositif et leurs intentions de l'utiliser par la suite. La dernière étape de l'expérience se réalise après un délai de deux semaines. Au

⁹ Pour rappel, le besoin de cognition, en référence à Cacioppo et Petty (1996) puis à Ginet et Py, 2020, constitue une mesure intéressante lorsqu'il s'agit de comprendre la façon dont les individus traitent des informations.

cours de cette étape, les participants répondent uniquement aux questions de connaissances et remplissent la tâche d'association libre.

Matériel

Climate Crusade¹⁰ est le jeu sérieux mobile que nous avons utilisé et qui vise à informer sur le changement climatique et les solutions pour le mitiger. Il s'agit d'un jeu de stratégie en temps réel inspiré du jeu mobile populaire *Plague Inc* (développé par Ndemic Creations, Miniclip). Il a été développé par le studio CCCP en collaboration avec l'équipe du lot 2.1. du projet GÉFISS et l'entreprise Blue Dot et est téléchargeable par les appareils Android *via* le Play Store. Le synopsis du jeu (cf. ci-dessous, l'ensemble des captures d'écran permettant la description du jeu) est une version fictive du réchauffement climatique, présentée au joueur lors d'une courte introduction illustrée qu'il visionne la première fois qu'il ouvre l'application : l'empereur d'un peuple extraterrestre mangeur de planètes (les moissonneurs) compte laisser les humains réaliser leur propre cuisson *via* l'effet de serre causé par leurs émissions de CO₂. Le but du jeu est de stabiliser la température de la planète et ne jamais dépasser un seuil maximal de +6°C au-dessus des moyennes préindustrielles, sachant que dans le jeu la température ne peut jamais diminuer. Le seul moyen de le faire est d'atteindre la neutralité carbone et d'absorber le CO₂ atmosphérique. Pour cela, le joueur doit débloquer des améliorations en dépensant des points de recherche qui sont obtenus automatiquement chaque année mais aussi collectés par le joueur au cours de la partie.

¹⁰ Téléchargeable sur <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cccp.Total>

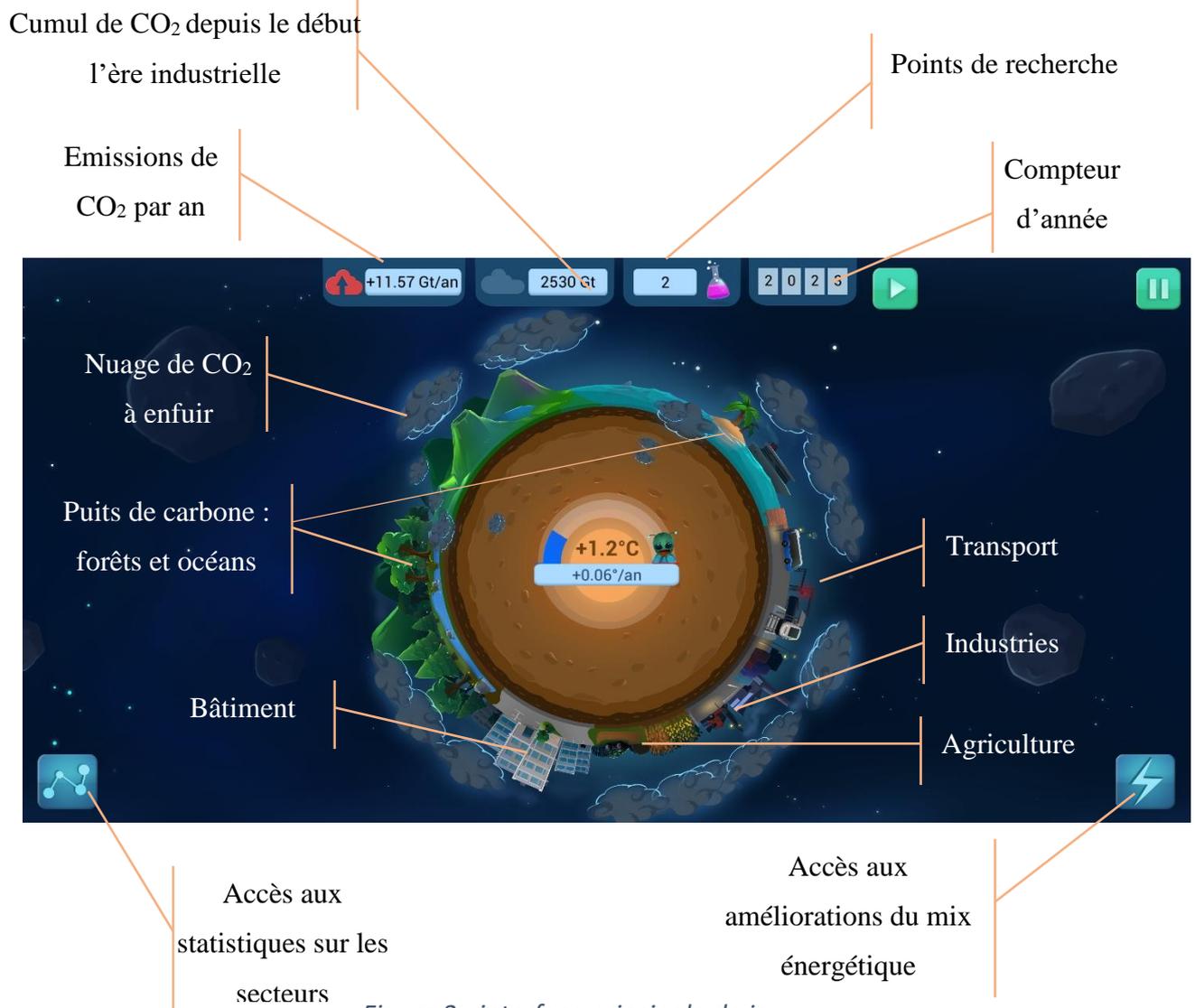


Figure 3 : interface principale de jeu

Pour gagner, le joueur doit optimiser l'usage de ces points et par conséquent s'informer sur les différentes améliorations disponibles. Celles-ci peuvent concerner la production d'électricité et de chaleur, les quatre secteurs d'activité émetteurs de CO₂ que sont l'industrie, les transports, l'agriculture et le bâtiment, ou les deux puits de carbone naturels que sont les océans et les terres inutilisées.



Figure 4 : interface d'achat d'améliorations du secteur du transport

Les améliorations ont divers effets, dont le joueur est informé quantitativement quand il les sélectionne : réduire les émissions, augmenter la capacité d'absorption ou de captage et stockage du carbone, baisser le coût d'autres améliorations. Le joueur peut aussi dépenser des points de recherche dans la modification du mix énergétique qui permet la production d'électricité et de chaleur.

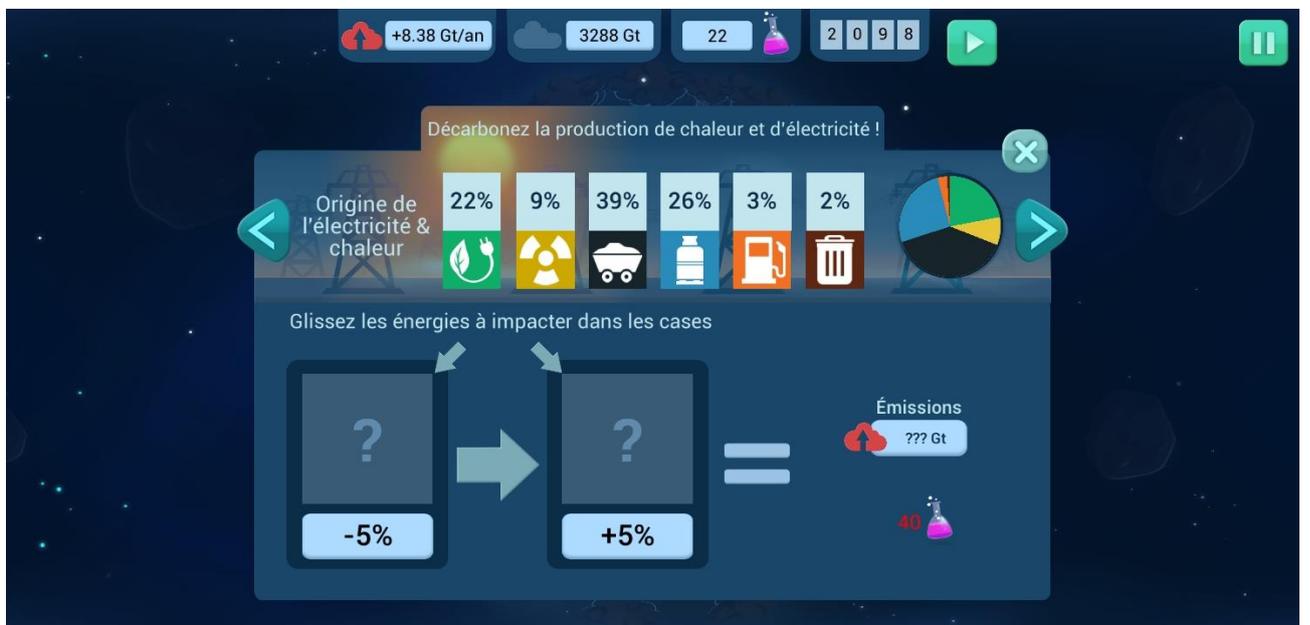


Figure 5 : interface du mix énergétique pour l'électricité et la chaleur

Au cours d'une partie, le joueur est amené à réagir à des aléas qui l'interrompent dans sa gestion de la planète et du climat. Ceux-ci arrivent au hasard ou découlent de choix précédents du joueur

ou de l'atteinte de certains paliers de température. Ils impliquent à chaque fois de choisir entre deux alternatives avec chacune leurs conséquences, entravant ou contribuant plus ou moins à la lutte contre le réchauffement climatique. Une des alternatives nécessite la dépense d'un certain nombre de points de recherche, tandis que l'autre est généralement une acceptation du statu quo. Il faut parfois trancher entre des intérêts environnementaux, sociaux et économiques, selon la situation problématique (figure 6). Dépenser trop de points de recherche d'un coup dans des améliorations au cours d'une partie implique donc le risque de se retrouver démunie et sans capacité de faire un choix d'allocation de ressources face à un potentiel aléa.

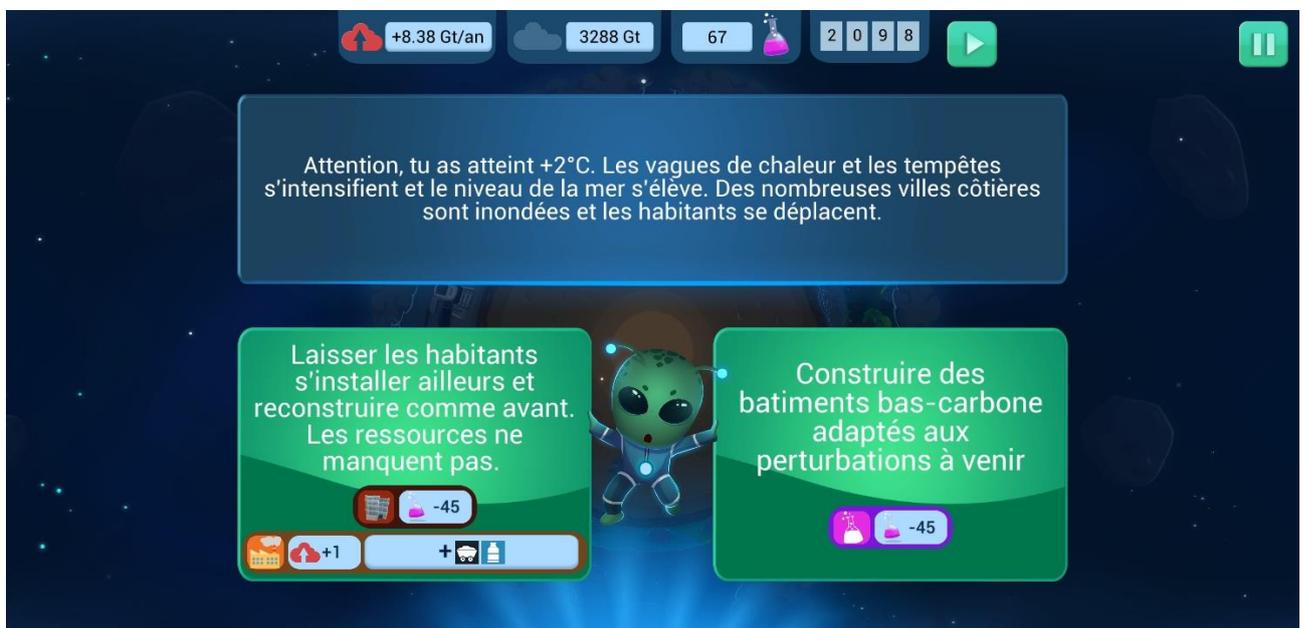


Figure 6 : exemple d'aléa et de choix proposés pour le résoudre

Au centre de l'écran principal est représenté le globe terrestre en 2D, dont la surface est segmentée en plusieurs espaces représentant les quatre secteurs d'activité émetteurs et les deux types de puits de carbone (figure 3). L'aspect des illustrations de la surface peut évoluer selon le niveau de dégradation de la planète. Autour du globe circulent de petits nuages gris représentant le CO₂ dans l'atmosphère, qui sont générés par les secteurs émetteurs et s'accumulent au fur et à mesure. Le joueur peut glisser-déposer les nuages dans les puits de carbone afin de dégager l'atmosphère, ce qui a pour effet d'augmenter ponctuellement la capacité d'absorption du CO₂ des puits de carbone, et permet au joueur de repérer plus facilement les points de recherche à collecter. En effet, c'est autour de la planète et parfois cachés derrière les nuages que ceux-ci apparaissent régulièrement. L'écran principal comporte plusieurs jauges permettant au joueur de suivre l'évolution de la situation dans le temps. Au

centre du globe terrestre sont indiquées la température actuelle par rapport aux moyennes préindustrielles et son augmentation annuelle. Au-dessus du globe sont alignés les compteurs des émissions annuelles de CO₂, de la quantité de CO₂ présente dans l'atmosphère, du nombre de points de recherche possédés par le joueur et l'année.

Lorsque le joueur appuie sur un secteur à la surface du globe, des informations sur celui-ci apparaissent : le joueur peut se renseigner sur ses émissions ou absorptions annuelles, ainsi que sa part dans les émissions ou absorptions totales, la quantité de CO₂ stocké par an, l'impact sur les coûts et le niveau d'avancées technologiques atteint via l'achat d'améliorations.

Depuis ces encadrés d'informations sur les secteurs, le joueur peut accéder à l'écran de gestion des secteurs (ex. figure 4) où il peut agir en achetant des améliorations, chaque secteur ayant son onglet. L'inventaire des améliorations est organisé en arbres de technologies. Ainsi, l'accès à certaines améliorations peut dépendre de l'achat précédent d'une autre dans le même domaine. Les premières améliorations accessibles tendent à être moins coûteuses que celles dont l'accès en dépend. Des explications sont fournies à propos de chaque option.

Une icône en bas à droite de l'écran principal permet d'accéder à l'écran de gestion de la production d'électricité et de chaleur, qui comporte deux onglets. Dans le premier onglet, le joueur a la possibilité de dépenser des points de recherche pour réduire de 5 % la part d'une source d'énergie dans le mix énergétique et d'augmenter de 5 % la part d'une autre, parmi les énergies suivantes : énergies renouvelables, nucléaire, charbon, gaz, pétrole, biomasse. Le joueur est informé de l'impact sur les émissions de son choix avant de valider (figure 5). Dans le second onglet, le joueur peut sélectionner des améliorations visant à décarboner les sources d'énergie via des projets de captage et stockage de CO₂.

Enfin, en appuyant sur une icône en bas à gauche de l'écran, le joueur peut accéder au tableau de bord, qui résume l'état de la planète par plusieurs graphiques et donne des informations synthétiques utiles au joueur dans l'élaboration et l'évaluation des impacts de ses stratégies : entre autres, la part de chaque secteur dans les émissions et absorptions totales, la part de chaque énergie dans le bilan énergétique de l'ensemble des secteurs d'activité, la part de chaque énergie dans les émissions totales, et enfin la part de chaque énergie dans le bilan de dépendance énergétique de chaque secteur.

Chaque partie commence en l'an 2021, avec une température moyenne de +1,1°C au-dessus des moyennes préindustrielles et une augmentation annuelle de températures de 0,06°C. Au début de la partie, l'industrie produit 18.8 Gt de CO₂ par an et compte pour 42,37 % des émissions ; les transports produisent 5.93 Gt de CO₂ par an et comptent pour 13.36 % des émissions ; l'agriculture produit 11.42 Gt de CO₂ par an et compte pour 25.74 % des

émissions ; le bâtiment produit 8.22 Gt de CO₂ par an et compte pour 18.53 % des émissions. En tout, 11.57 Gt de CO₂ par an sont ajoutés à l'atmosphère, avec 44 Gt produites par les secteurs d'activité et 33 Gt absorbés par les puits de carbone. Il y a 2500 Gt de CO₂ dans l'atmosphère et la « fin de cuisson », c'est-à-dire l'atteinte du seuil des 6°C, est prévue pour 2103. Le mix énergétique de la production d'électricité et de chaleur en début de partie est de 22 % d'énergies renouvelables, 9 % de nucléaire, 39 % de charbon, 26 % de gaz, 3 % de pétrole et 2 % de biomasse (figure 5).

En fin de partie, le joueur est informé non seulement de l'issue de la partie, du nombre d'années passées, mais aussi de la qualité des conditions de vie sur la planète : gagner la partie ne veut pas dire que la planète est tout à fait vivable au vu de la température atteinte et des conséquences que cela a pu avoir. De plus, le joueur peut observer sur des histogrammes ses statistiques de progression au fil des années, ce qui lui permet de réfléchir à comment il pourrait améliorer sa stratégie : niveaux de température, d'absorption, de stockage et d'émissions, niveau d'avancée de la R&D pour chaque secteur, comparaison du mix énergétique en début et fin de partie et les émissions associées.

Les informations contenues dans le jeu sérieux sont issues de plusieurs sources, notamment des rapports spéciaux du GIEC et des rapports de l'Agence internationale de l'énergie. Le jeu permet ainsi un certain réalisme et une relative fiabilité dans son contenu scientifique¹¹. Néanmoins, en tant qu'outil de vulgarisation ludique avec même une part de fiction, il est évident que les scénarios, les liens de causes à effets et les arbres d'améliorations sont simplifiés et limités. La simulation permet au joueur de vivre plusieurs scénarii fictifs sans se sentir détaché à cause des intervalles de confiance et l'incertitude des scénarios. Le joueur se met également à la place d'une sorte de décideur omniscient à l'échelle mondiale. Le joueur est tout de même prévenu que les résultats du jeu ne présentent en aucun cas des prédictions réelles du futur de la planète (figure 7).

11 Voir références qui ont inspirées les données du jeu sur : <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Mc-NF5QPD5WYOv-sIHlnZs70llGnstJ/edit?usp=sharing&ouid=103722973352068757567&rtfpof=true&sd=true>

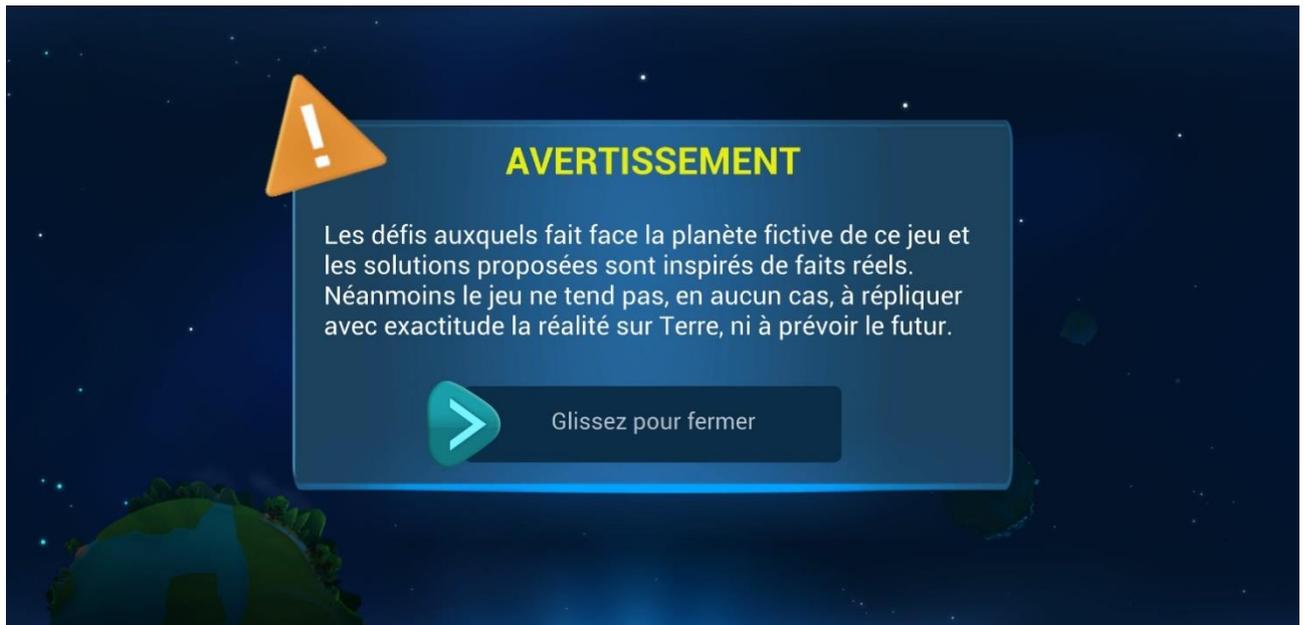


Figure 7 : message d'avertissement à l'issue de l'installation du jeu

On peut citer parmi les messages véhiculés par le jeu : que la lutte contre le réchauffement climatique passera par une transition écologique via un portefeuille de solutions variées impliquant non seulement la réduction des émissions mais aussi l'absorption et le stockage du CO₂, ce qui permettra d'atteindre l'équilibre de la neutralité carbone ; que peuvent et devraient être développées à la fois des solutions technologiques et des solutions plus « naturelles » de gestion des territoires et l'adoption de modes de vie et de production plus durables ; que tous les espaces terrestres jouent un rôle dans le cycle du carbone, dont certains espaces parfois mal connus ou peu médiatisés comme les sols ; que les conséquences d'une hausse significative de la température peuvent vite être alarmantes et avoir des effets en cascade, mais qu'il est possible de les mitiger si l'on agit le plus rapidement possible.

Vidéo¹² : cette vidéo reprend les mêmes informations du jeu sérieux dans un format PowerPoint avec une voix off qui commente les images présentées. Elle aborde le sujet de la pollution atmosphérique et son impact sur le changement climatique, les conséquences de ce dernier et les solutions envisagées pour atteindre la neutralité carbone notamment la technologie du captage et stockage du CO₂.

Les questionnaires :

- Le nouveau paradigme écologique (New Ecological Paradigm Sacale, NEPS) (Schleyer-Lindenmann, et al., 2014) : un questionnaire d'attitude pro-environnementale

¹² Lien vers la vidéo : <https://youtu.be/veswjSX3oIQ>

de 15 items. Ce questionnaire oppose un paradigme social dominant (l'humain est supérieur à la nature et peut la soumettre à ses fins) à un paradigme écologique (l'humain fait une partie de la nature dont l'équilibre est fragile et doit être préservé) (Dunlap et al., 2000). Le questionnaire contient quatre dimensions. La première, « conscience des risques », contient 7 items et représente la conscience de la fragilité de l'écosystème naturel et de la crise qu'il traverse (ex. « *Il n'est pas exagéré de dire que l'être humain est menacé d'une crise écologique* »). La deuxième dimension « anti-anthropocentrisme », évalue la valeur accordée à l'humain dans l'écosystème par rapport aux autres espèces. Cette dimension est composée de 3 items (ex. « *Les humains ne sont pas sur terre pour gouverner le reste de la nature* »). La troisième dimension, elle est intitulée « limite de la croissance ». Cette dimension évoque la centralité de la préoccupation de l'épuisement des ressources naturelles dans la vision éco-centrée (ex. « *La terre est suffisamment vaste pour offrir des ressources illimitées.* »). La quatrième dimension appelée « pessimisme » et regroupant 3 items questionne une vision pessimiste de la capacité de l'humanité à exploiter la nature en la préservant (ex. « *L'ingéniosité humaine n'empêchera pas que la terre devienne invivable* »).

- Le besoin de cognition (Need For Cognition, NFC) : ce questionnaire a été développé par Cacioppo et Petty (1982) et validé en langue française par Salama-Younes, et al., (2014). Il évalue la tendance de l'individu à réfléchir, à expliquer et à s'engager (par plaisir) dans un processus de raisonnement poussé. Il se compose de 11 items dont 7 sont positifs (ex. « *Je préfère les problèmes complexes aux problèmes simples* ») et 4 sont négatifs (ex. « *J'essaie d'anticiper et d'éviter les situations pour lesquelles il y a une forte chance de devoir réfléchir profondément* »). Ce questionnaire présente une structure unidimensionnelle.

- Un questionnaire d'acceptabilité des dispositifs technologiques basé sur le modèle UTAUT (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology) : ce modèle a été développé par Venkatesh et al. (2003) pour intégrer les différentes théories de l'acceptation des technologies et pour fournir un cadre unifié pour expliquer et prédire l'acceptation et l'utilisation des technologies.

Le modèle UTAUT comprend les quatre dimensions de base suivantes : l'utilité perçue, la facilité d'utilisation perçue, les normes sociales et l'auto-efficacité. Il inclut également des facteurs modérateurs tels que le genre, l'âge, l'expérience et la volonté de prendre des risques. Les dimensions utilisées dans cette expérience sont les suivantes :

- 1) L'utilité perçue : est la perception subjective de l'utilisateur quant à l'aptitude d'une technologie à améliorer sa performance dans une tâche spécifique. Cela signifie que plus l'utilisateur perçoit que la technologie lui sera utile pour accomplir une tâche

donnée, plus il est susceptible de l'adopter et de l'utiliser : ex. « *Cette vidéo me paraît utile pour mieux comprendre la notion de transition énergétique.* »

- 2) La facilité d'usage perçue est la perception subjective de l'utilisateur quant à la facilité ou la difficulté d'utilisation d'une technologie. Cela signifie que plus l'utilisateur perçoit que la technologie est facile à utiliser, moins il y aura de barrières à l'adoption et à l'utilisation de la technologie : ex. « *il me paraît simple d'apprendre de nouvelles informations en jouant à ce jeu/en regardant cette vidéo* ».
- 3) Attitude : mesure de l'évaluation globale positive ou négative de l'utilisateur envers la technologie : ex. « *Je suis favorable à l'utilisation de ce type de contenu pour apprendre de nouvelles informations sur la notion d'émissions de CO₂* ».
- 4) Normes subjectives : mesure de la perception de la pression sociale et des attentes envers l'utilisation de la technologie : ex. « *La plupart des gens qui sont importants pour moi comprendraient que j'utilise cette vidéo/ce jeu pour m'informer sur la transition énergétique* ».
- 5) Contrôle comportemental perçu : mesure de la perception de la facilité avec laquelle l'utilisateur peut contrôler l'utilisation de la technologie : ex. « *j'ai le sentiment de garder mon libre arbitre sur le sujet de la transition énergétique* ».
- 6) Fonction sociale perçue : mesure de la contribution de la technologie à répondre aux besoins sociaux et culturels perçus : ex. « *selon moi, jouer à ce jeu/regarder cette vidéo permettre d'améliorer les connaissances sur une notion aussi complexe que celle de la transition énergétique* ».
- 7) Confiance accordée au système : mesure de la confiance de l'utilisateur dans la fiabilité et la sécurité de la technologie : ex. « *Ce jeu/ cette vidéo me semble fiable sur le plan scientifique concernant la transition énergétique* ».
- 8) Affects : mesure des émotions positives ou négatives associées à l'utilisation de la technologie : ex. « *j'ai trouvé cette vidéo/ce jeu divertissant(e)* »
- 9) Intention d'usage : mesure de la probabilité que l'utilisateur utilise effectivement la technologie : ex. « *j'ai l'intention de conseiller cette vidéo à des amis ou à des proches* »

Population

Les participants ont été recrutés par le biais de Panelabs, fournisseur de données quantitatives spécialisé dans la recherche. L'échantillon initialement prévu était de 240 participants, majeurs, résidant en France métropolitaine et possédant un smartphone Android. L'échantillonnage

visait à l'équilibre homme/femmes, ainsi qu'à la représentation la plus variée possible de classes d'âges et de classes socio-économiques.

Après suppression des réponses inexploitable ou incomplètes, 182 participants ont été retenus : 93 qui ont joué au SG et 89 ont visionné la vidéo. L'âge moyen est de 35.6 ans ($ET = 8.03$) pour le groupe « SG » et de 36.6 ans ($ET = 10.6$) pour le groupe « vidéo ». Soixante-sept virgule sept % de participants sont des femmes dans le groupe « serious game », 72% dans le groupe « vidéo ». Le tableau 1, ci-après, résume la distribution des participants dans les groupes expérimentaux selon les paramètres sociodémographiques.

Tableau 1 : répartition dans les groupes selon les paramètres sociodémographiques

Paramètre sociodémographique	Modalité de réponse	Groupe expérimental		
		Groupe vidéo	Groupe SG	
Genre	Homme	25	30	
	Femme	64	63	
Catégorie socioprofessionnelle	Cadres et professions intellectuelles	7	11	
	Professions intermédiaires	16	20	
	Employés	38	41	
	Sans activité professionnelle	12	8	
	Retraités	3	0	
	Etudiants	8	3	
	Agriculteurs exploitants	1	0	
	Artisans commerçants et chefs d'entreprises	0	4	
	Autre	7	6	
	Membre d'une association	Oui	14	14
		Non	74	79
Membre d'un parti politique	Oui	10	8	
	Non	72	79	

Niveau de vie	Catégorie populaire	34	26
	Catégorie moyenne	46	54
	Catégorie aisée	4	7

Résultats

Les analyses de données des questionnaires d'acceptation des deux conditions montrent que, globalement, la perception des deux dispositifs est favorable. Tous les scores sont significativement supérieurs à la moyenne de référence qui est égale à 4 (cf. tableau 2, ci-dessous). Cependant, aucun des deux dispositifs ne se démarque de l'autre en termes d'utilité perçue, de facilité d'usage perçue, de contrôle comportemental perçu et d'intention d'usage. Par exemple, il n'y a pas de différence significative entre l'intention comportementale en lien avec le serious game ($M = 4.86$, $ET = 1.19$) et l'intention de comportementale en lien avec la vidéo ($M = 4.81$, $ET = 1.39$), $p = .798$. Il est à noter, ici, que la dimension de l'intention comportementale est évaluée avec un item qui porte sur l'intention de recommander le jeu et un autre qui porte sur l'intention de rechercher des informations complémentaires.

Par ailleurs, le groupe vidéo a un score moyen sur la dimension « normes subjectives » ($M = 5.78$, $ET = 1.26$) qui est significativement supérieur à celui du groupe serious game ($M = 5.32$, $ET = 1.40$), $t(179) = 2.331$, $p = .021$. Les normes subjectives correspondent à la perception d'une pression sociale par l'individu, représentée par ce que pensent les proches du comportement qu'il veut entreprendre. Ici, nous constatons qu'il y a moins de pression sociale à utiliser une vidéo qu'à utiliser le serious game. En termes de confiance en la fiabilité des informations contenues dans les différents dispositifs, il y a une différence significative entre le groupe vidéo ($M = 5.77$, $ET = 1.09$) et le groupe serious game ($M = 5.30$, $ET = 0.95$), $t(178) = 3.08$, $p = .002$. Entre autres, les participants ont plus confiance dans les informations provenant de la vidéo que celles provenant du serious game.

Tableau 2: comparaison des moyennes des différentes dimensions du questionnaire de l'acceptation pour les deux conditions expérimentales à une moyenne de référence (norme = 4)

Dimension	N	Moyenne	Ecart type	t	ddl	p
Attitude envers la V	87	5.81	1.158	14.60	86.0	< .001
Attitude envers le SG	90	5.64	1.176	13.27	89.0	< .001
Utilité perçue V	88	5.78	1.005	16.66	87.0	< .001
Utilité perçue SG	90	5.61	1.057	14.46	89.0	< .001
Facilité d'usage perçue V	87	5.47	1.311	10.42	86.0	< .001
Facilité d'usage perçue SG	93	5.16	1.506	7.44	92.0	< .001
Contrôle comportemental perçu V	89	5.84	1.089	15.97	88.0	< .001
Contrôle comportemental perçu SG	93	5.59	1.062	14.40	92.0	< .001
Fonction sociale perçue V	89	5.58	1.139	13.12	88.0	< .001
Fonction sociale perçue SG	93	5.32	1.032	12.31	92.0	< .001
Intention comportementale V	89	4.81	1.391	5.49	88.0	< .001
Intention comportementale SG	93	4.86	1.187	6.99	92.0	< .001
Confiance système V	87	5.77	1.086	15.20	86.0	< .001
Confiance système SG	93	5.30	0.953	13.16	92.0	< .001
Affect V	89	5.25	1.532	7.68	88.0	< .001
Affect SG	93	5.48	1.606	8.91	92.0	< .001
Normes subjectives V	88	5.78	1.264	13.25	87.0	< .001
Normes subjectives SG	93	5.32	1.392	9.16	92.0	< .001

Le calcul des corrélations montre que pour la condition expérimentale du SG, le besoin de cognition corrèle positivement mais faiblement avec l'attitude envers le SG ($r = .215, p = .042$), l'utilité perçue ($r = .284, p = .007$), les normes subjectives ($r = .254, p = .014$) et la dimension affective ($r = .260, p = .012$). Cela signifie que plus les participants ont tendance à chercher la stimulation intellectuelle, plus ils sont favorables au SG. On note l'absence de corrélation entre les scores de besoin de cognition et les scores des dimensions du questionnaire de l'acceptation dans la condition vidéo, sauf pour l'intention comportementale (recommandation du jeu ; recherche d'informations au-delà du contenu des dispositifs). Cette dernière corrèle positivement avec le besoin de cognition ($r = .234, p = .028$), ce qui veut dire que la vidéo, au

même titre que le SG, suscite la curiosité pour aller plus loin dans la compréhension des thématiques proposées.

Dans le groupe vidéo, nous observons une corrélation négative entre le score d'attitude pro-environnementale et la dimension affective du questionnaire d'acceptation (« j'ai trouvé cette vidéo divertissante »), $r = -.228$, $p = .032$. Cependant, on observe aucune corrélation entre ces deux dimensions pour le groupe SG. Ce constat pousse à penser que la vidéo, pour les personnes les plus attachés à l'environnement, en vue de son caractère direct de transfert d'information peut provoquer des émotions négatives tandis que le jeu, au vu de son aspect ludique, peut protéger contre ces émotions mais sans pour autant provoquer des émotions positives. L'idée serait que la vidéo développe une vision de la transition écologique incompatible avec les attitudes pro-environnementales défendues par certains participants, et que le jeu présente cette vision de façon plus indirecte, donc plus acceptable pour les joueurs.

Pour évaluer l'effet des dispositifs sur l'acquisition des connaissances, nous avons calculé un score total à partir des questions de connaissances du questionnaire. Il est à rappeler qu'il existe deux variables indépendantes :

- Variable inter-individuelle : l'exposition au dispositif expérimental (vidéo, SG)
- Variable intra-individuelle : le temps de mesure (avant exposition, directement après l'exposition et après deux semaines de l'exposition)

Au total, il y a 6 conditions expérimentales présentées dans le tableau 3 :

Tableau 3 : répartition des groupes expérimentaux selon les conditions

	Avant	Après	Après deux semaines
Temps			
Dispositif			
Groupe vidéo	Vidéo avant	Vidéo après	Vidéo après délai
Groupe SG	SG avant	SG après	SG après délai

Les questions ouvertes ont fait l'objet d'un codage automatique. En effet nous avons cherché dans les réponses des éléments d'informations proposées dans le jeu. Une question ouverte qu'on peut qualifier de question de synthèse de l'apprentissage a fait l'objet d'un codage par plusieurs juges avec discussion sur les points de divergences. C'est dans cette partie que nous

avons constaté la présence du plagiat (recherche sur internet des bonnes réponses) dans les réponses de certains participants. Cela nous a amenés à les supprimer. Finalement, 182 participants ont été retenus pour ces analyses. Les moyennes des scores de connaissances sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 4 : moyennes et écarts types des scores de connaissances selon les conditions expérimentales

Temps	Avant		Après		Après deux semaines	
	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>	<i>M</i>	<i>ET</i>
Dispositif						
Groupe vidéo	10,7	3,81	12,4	4,32	13	4,52
Groupe SG	10	3,64	13,9	4,86	11,9	4,44

Les analyses de comparaison de moyennes (figure 8) montrent que pour les deux dispositifs, le niveau de connaissance, deux semaines après l'exposition, sont supérieurs au niveau des connaissances avant l'exposition :

- Une différence significative pour le groupe vidéo : $t(85) = 4,630, p < .001$,
 - $M_{avant} = 10,7$ à $M_{après} = 13,9$
- Une différence significative pour le groupe SG : $t(88) = 6,008, p < .001$.
 - $M_{avant} = 10$ à $M_{après} = 13,9$

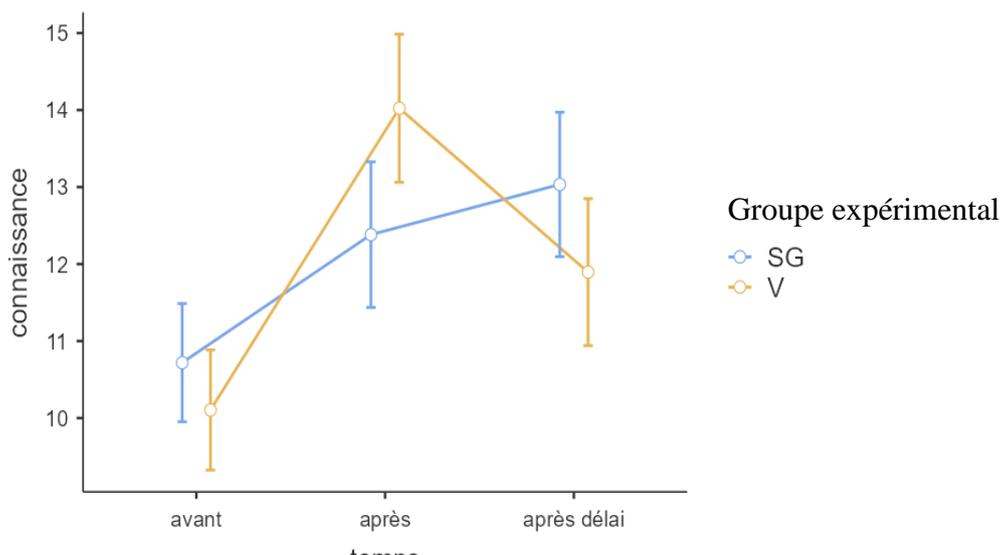


Figure 8 : comparaison des moyennes des scores de connaissances par groupe et par temps de mesure

Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative du niveau de connaissances entre les deux groupes expérimentaux pour chacun des temps de mesure (entre « après vidéo » et « après SG » par exemple).

Ces résultats permettent de confirmer que les deux dispositifs sont efficaces quant à l'acquisition des connaissances sur la transition écologique et les technologies du sous-sol. Cependant, nous constatons une baisse significative du niveau de connaissances pour le groupe vidéo après deux semaines de l'exposition comparé à celui juste après l'exposition, $t(85) = 4,997, p < .001$.

Comment comprendre ce résultat ?

Suite à ce résultat, nous émettons l'hypothèse d'une réactance psychologique de la part des participants du groupe vidéo. La réactance psychologique est un processus psychologique qui pourrait être conscient ou non mis en place par l'individu pour maintenir sa liberté d'action (Brehm, 1966). Dans notre situation, nous supposons que les participants du groupe vidéo ont eu l'impression de se faire convaincre par le contenu de la vidéo ce qui n'a pas favorisé la cristallisation des informations diffusées. Par ailleurs, l'expérience de jeu favoriserait la récupération d'informations acquises de par sa singularité, en comparaison à une expérience de visionnage de vidéo informative. L'expérience de jeu constituerait, plus tard, un indice de récupération plus efficace.

Pour mieux affiner les résultats, nous avons procédé à l'analyse des taux de croissance des connaissances. L'observation de la distribution de cette nouvelle variable donne l'impression qu'il existe différents clusters au sein de chacun des groupes expérimentaux. En effet, l'analyse des clusters montre l'existence de deux clusters par groupe expérimental. Pour le groupe vidéo, c'est plutôt le score de l'attitude pro-environnementale qui différencie les deux clusters. Le genre et l'appartenance à une association sont les facteurs qui différencient les deux clusters du groupe SG. Les comparaisons de moyennes (figure 9) montrent que chaque cluster à un niveau différent d'acquisition des connaissances.

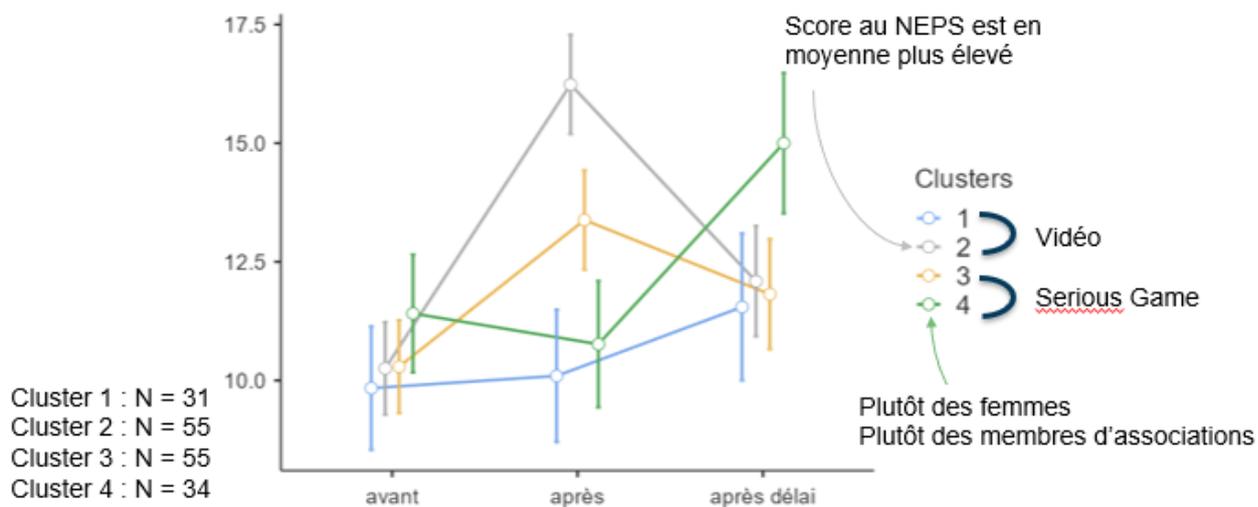


Figure 9 : comparaison des moyennes des scores de connaissances par cluster et par temps de mesure

En ce qui concerne le cluster 3 (groupe SG), nous constatons qu'il y a une amélioration significative du niveau de connaissance suivie d'une baisse significative deux semaines après mais qui reste significativement supérieur au niveau de connaissance avant. En regardant les données du jeu, nous constatons que les participants appartenant à ce cluster sont ceux qui ont joué et gagné le plus de parties et qui ont fait de meilleurs scores. En conclusion, nous attribuons cette augmentation légère du niveau de connaissances au fait que ces participants se sont concentrés sur l'aspect ludique du jeu plutôt que sur l'aspect informationnel. Par ailleurs, les participants du cluster 4 (groupe SG) ont joué moins mais ont eu une augmentation du niveau de connaissances significativement plus élevée. Pour ce groupe, nous supposons que le jeu a suscité la curiosité des participants pour qu'ils aillent chercher l'information, ailleurs.

Pour le cluster 1 (groupe V), nous constatons aucun changement significatif des scores de connaissances sur les trois temps de mesure. Pour rappel, ce groupe est caractérisé par un score d'attitude pro-environnementale plus faible (par rapport au cluster 4). Nous supposons que les participants de ce cluster n'étaient pas concentrés au cours du visionnage de la vidéo. Pour le cluster 2 (groupe V), nous constatons une nette augmentation des connaissances après la première exposition puis une nette baisse deux semaines après. Cela pourrait être expliqué par une compréhension rapide du contenu de la vidéo couplée à une forme de rejet de l'argumentation qui se traduit par une non-assimilation des connaissances proposées (hypothèse d'une réactance psychologique, Brehm, 1966).

En résumé, ces résultats montrent que selon le profil de la personne, l'interaction avec les dispositifs pourrait être différente. Dans le cadre des campagnes d'information sur la transition

écologique et les technologies du sous-sol, il serait intéressant de proposer les deux outils aux personnes concernées afin qu'ils choisissent l'outil qui leur semble plus approprié pour s'informer ou bien cibler les publics (classe d'âge, niveau d'engagement écologique, niveau de maîtrise du sujet, etc.), avec l'un ou l'autre des dispositifs en priorité : certains dispositifs comme le serious game, reposant sur un apprentissage implicite pourraient être plus adaptés à des personnes ayant une attitude marquée, ayant des connaissances préalables et un relatif intérêt pour la question tandis que pour des publics moins avertis, la vidéo (et éventuellement d'un dispositif VR), serait plus adaptée pour favoriser un apprentissage explicite serait plus adapté comme premier dispositif d'information.

Effet du dispositif sur l'appropriation des notions de cycle du carbone et de transition énergétique

Afin de mesurer l'évolution de l'appropriation des notions centrales du dispositif, nous avons, à chaque étape de l'étude, demandé aux participants de proposer une réponse aux questions suivantes : (1) *Selon vous, qu'est-ce que le cycle du carbone ?*, (2) *Veillez imaginer qu'un membre de votre entourage vous demande de définir la notion de « transition énergétique », que lui diriez-vous ?*.

Une première étape de l'analyse des réponses consiste en un tri manuel des réponses vides (réponses inexploitable correspondant à une réponse vide ou un positionnement d'ignorance), afin de n'inclure dans l'analyse statistique que les réponses véhiculant des descriptions.

	Nombre de réponses vides (% du total)			
	Avant exposition	Après SG	Après vidéo	Après délai
Cycle du carbone	84 (42.8%)	15 (14.3%)	13 (14.3%)	25 (12.7%)
Transition énergétique	9 (4.6%)	8 (7.6%)	4 (4.4%)	15 (7.6%)

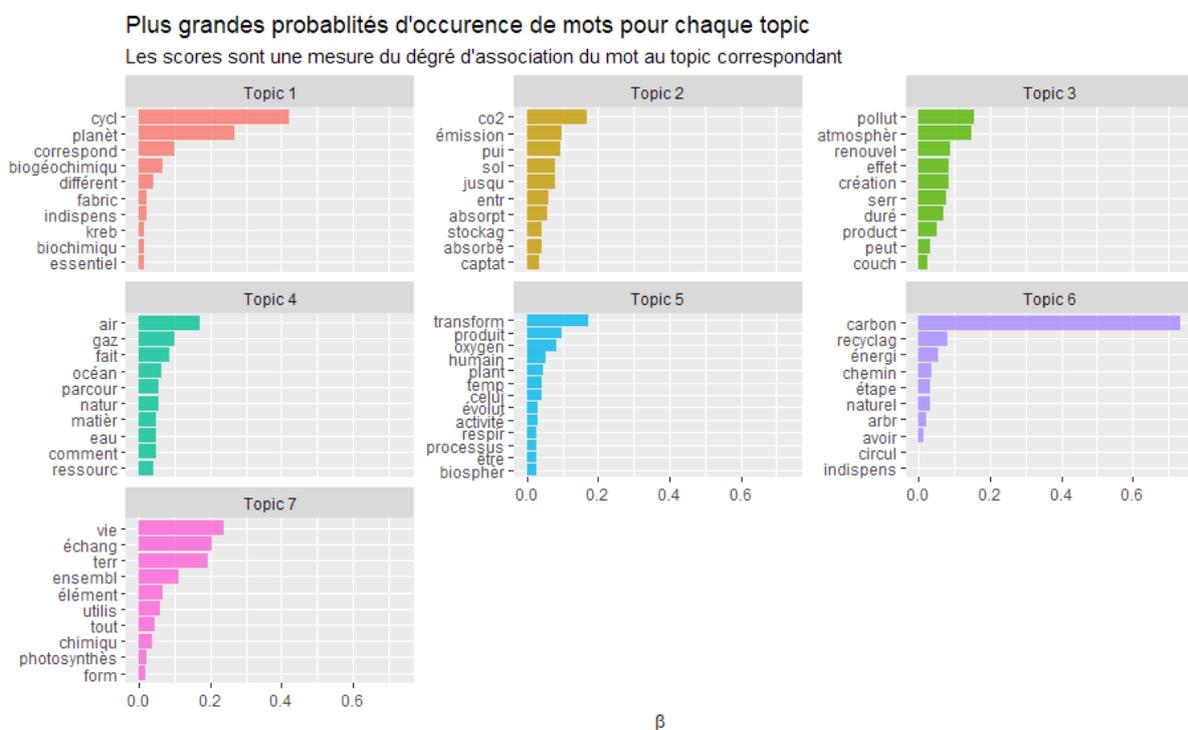
Cette première étape permet d'observer une première tendance : avant exposition à l'un des dispositifs pédagogiques, la plupart des participants (95.4%), fournissent une définition de la transition énergétique mais seulement 57.2% d'entre eux définissent le cycle du carbone. Après exposition, ils sont plus de 85% à définir la notion, y compris après délai.

Afin d'identifier les structures thématiques latentes des réponses fournies, après suppression des réponses vides et correction orthographique des réponses restantes, nous avons réalisé un *Structural Topic Model* (Roberts et al., 2019), sur les réponses aux deux questions. A l'instar de la LDA, il s'agit d'un topic model, encore appelé modèle génératif, qui postule une distribution de topics latents, caractérisée par une distribution particulière de mots, et qui vise

à révéler les structures sémantiques latentes dans un corpus. Néanmoins, le *Structural Topic Model* permet l'intégration de variables au modèle, susceptibles d'affecter la prévalence ou le contenu des topics. Nous avons intégré deux variables de prévalence : la condition expérimentale et le score total au NEP (pour la définition de la transition énergétique seulement).

Après suppression des mots vides et racinisation des réponses, nous avons réalisé une série de simulation de modèles sur les deux jeux de réponses, comprenant entre 4 et 11 topics, afin de sélectionner le modèle le plus fiable.

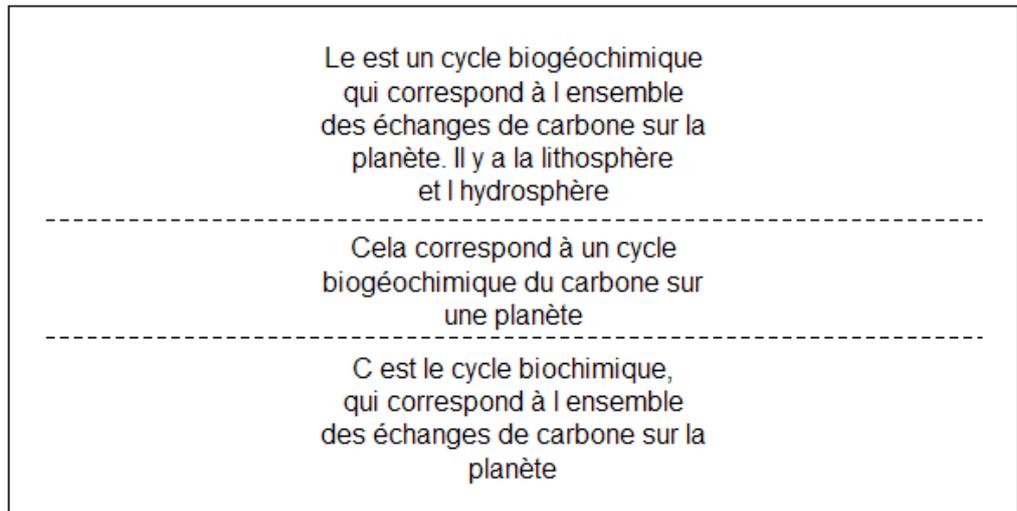
Pour les définitions du cycle du carbone, les mesures diagnostiques révèlent qu'un modèle à 7 topics constitue le meilleur compromis en termes de fiabilité. Les termes les plus associés à chacun des topics sont présentés ci-dessous.



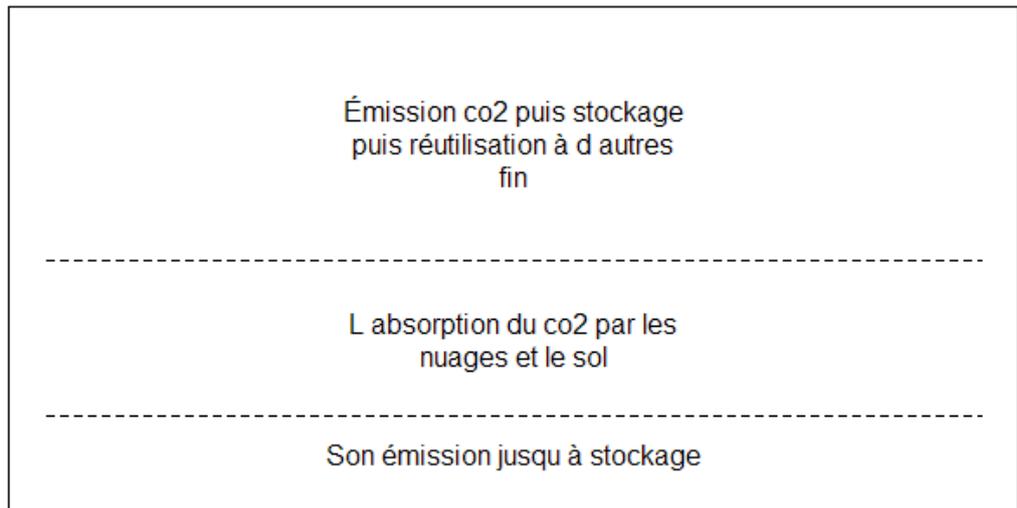
Nous pouvons interpréter ces topics de la manière suivante (les figures correspondent aux trois réponses les plus représentatives statistiquement) :

- **Topic 1 : Cycle biogéochimique du carbone sur la planète.** Après vérification, une part importante des réponses associées à ce topic correspondent aux définitions du cycle

du carbone proposées sur les principaux moteurs de recherche, suggérant une part de plagiat dans ce topic.



- **Topic 2 : De l'émission du CO₂ à sa captation/absorption/stockage dans un puits ou le sol**



- **Topic 3 : Production/renouvellement du CO₂ dans l'atmosphère, et effet de serre**

La création du carbone par nos modes de consommation et la manière dont on peut les traiter pour le capter et l'empêcher de partir dans l'atmosphère

C est lié au effet de serre qui ont un impact direct sur la couche d ozone

joue un rôle dans l effet de serre

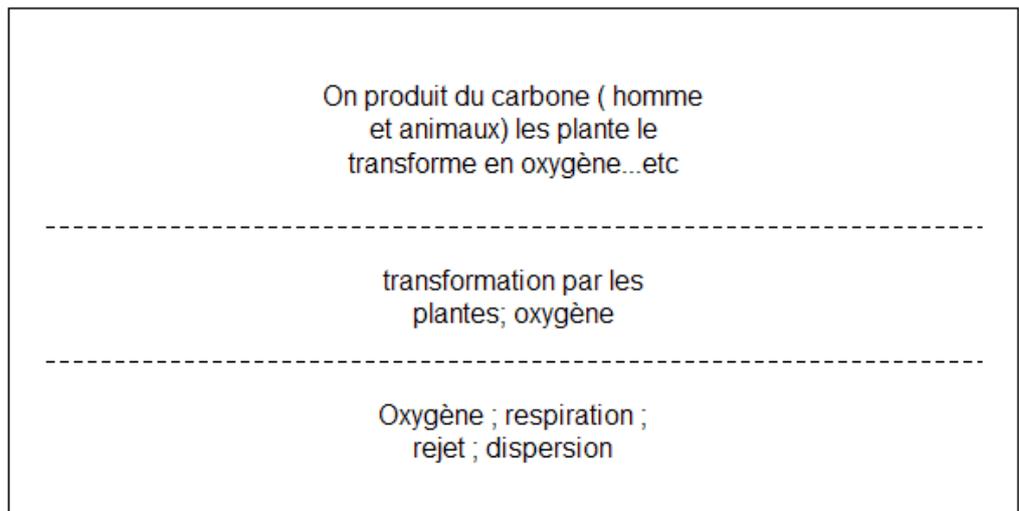
- **Topic 4 : Les « éléments » du cycle du carbone** : air, gaz, océan, nature, matière, eau, et le parcours du carbone dans ceux-ci

Eau,gaz,régénération

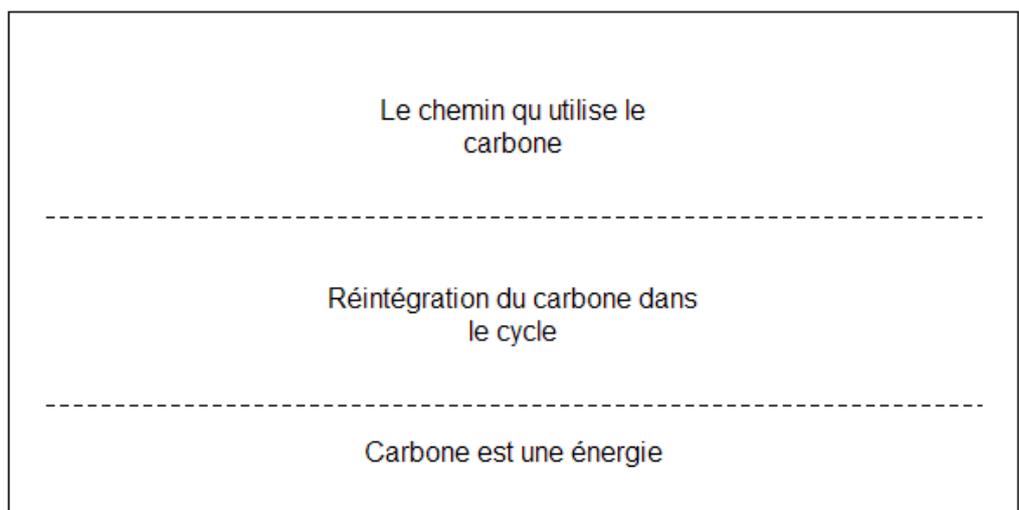
Dégradation des ressources (bois), production de matière et de gaz carbone

Carbone produit par nous et nos activités recycler par la nature océan et forêt

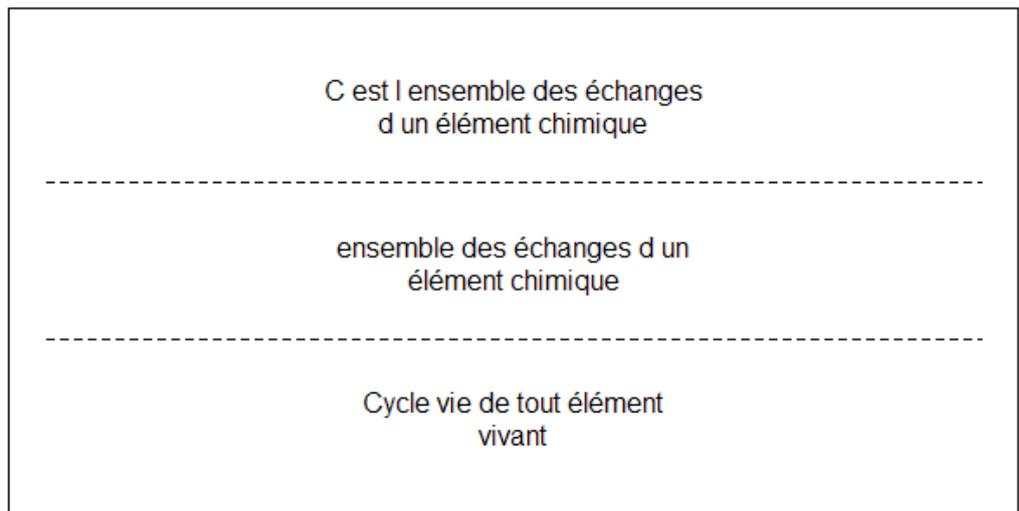
- **Topic 5 : Transformation de l'oxygène en carbone**, et inversement, par l'humain, les plantes, et, plus généralement, la biosphère



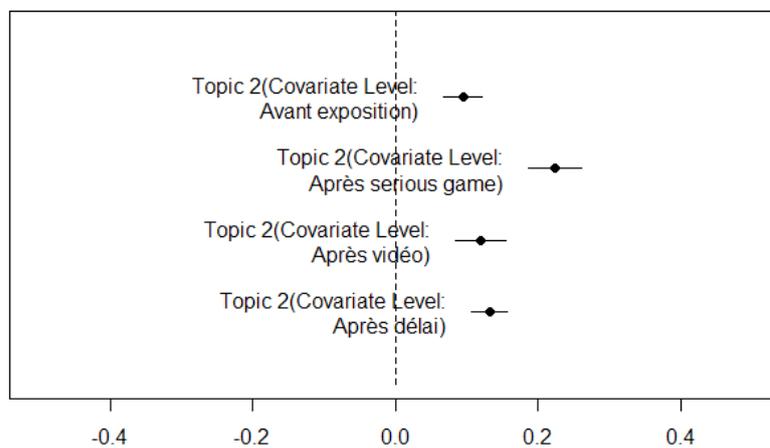
- **Topic 6 : Les étapes/chemin/recyclage du carbone**, et notions d'énergie, de nature

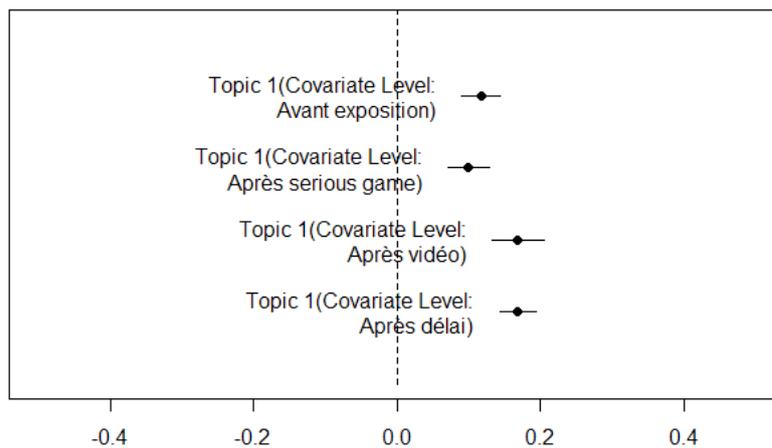


- **Topic 7 : Ensemble des échanges de carbone/éléments chimiques sur terre, et notion de cycle de la vie**



En comparaison au reste du corpus, deux topics semblent affectés par l'exposition au SG, le topic 1 (cycle biogéochimique, celui des définitions issues des moteurs de recherche, moins représenté), ainsi que le topic 2 (de l'émission à la captation, plus représenté).

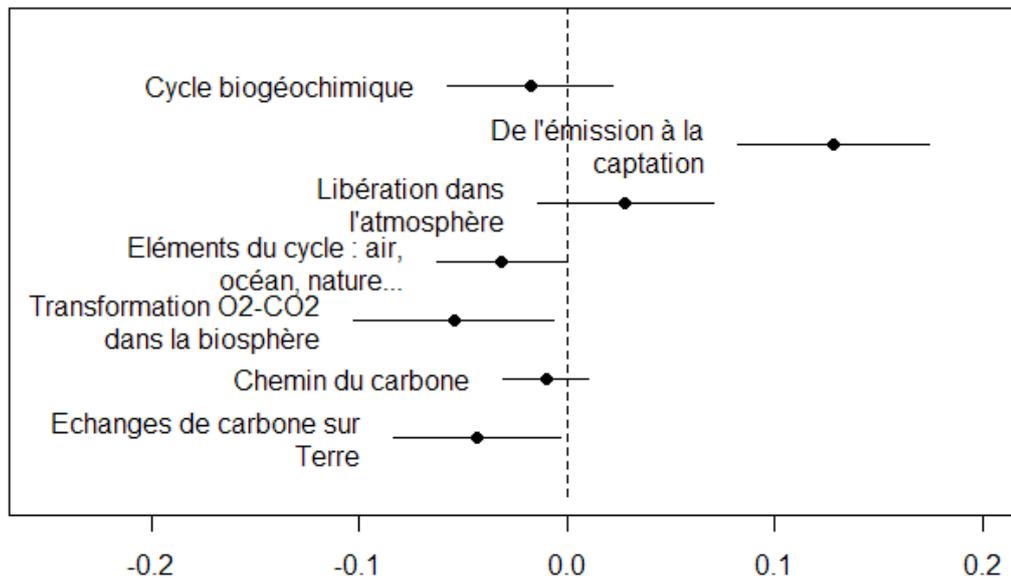




Une comparaison avant vs. après exposition au SG confirme cette tendance : le SG permet l’appropriation de la dimension de cycle d’émission-absorption du carbone par différents puits¹³. Par le biais du jeu, les notions du cycle du carbone dont disposent les participants se sont enrichies d’éléments ayant trait à l’émission du CO₂, puis à son stockage, sa captation dans des puits, ou sa réutilisation, rapprochant ainsi la conception du cycle du carbone et celle de son stockage, dans une logique de transition énergétique.

¹³ Le fait que plusieurs topics soient comparativement surreprésentés avant exposition, ne signifie pas une « perte » de connaissance, ou un oubli, mais renvoie au fait que les définitions proposées sont relativement succinctes et que l’évocation d’un nouvel élément de définition conduit en compensation à moins détailler d’autres éléments de définition.

Effet du SG sur le contenu de la définition du cycle du carbone



Plus fortement représenté avant exposition ... ou après serious game

Pour les définitions de la transition énergétique, nous avons également réalisé une série de simulations sur des modèles présentant entre 4 et 11 topics. Les mesures diagnostique révèlent une plus grande fiabilité du modèle à 6 topics (bonne exclusivité des topics, cohérence sémantique supérieure des termes qui les composent).

Nous pouvons interpréter ces topics de la manière suivante (les réponses les plus représentatives sont rapportées à la suite) :

- Topic 1 – Un effort généralisé :

1: Que cela doit être global. Au niveau individuel mais aussi au niveau national et international. Chacun doit faire un geste envers la nature sinon cela ne sera pas possible.

2: Mettre tout en œuvre pour éviter de rejeter trop de CO₂ pour stopper le réchauffement climatique

3 : Le futur, notre future planète et les efforts que l'on doit faire pour la conserver à l'échelle de l'humain et des gros secteurs aussi. Tour le monde a sa pierre à mettre à l'édifice !

- Topic 2 – Mode de vie – échelle individuelle

1: C'est améliorer la façon dont on consomme moins faire de déchets, moins utiliser d'emballages recycler, trier ses déchets...

2: *Je lui parlerais de changement dans les habitudes quotidiennes... Nettoyer avec des produits sains, limiter nos déchets, trier et recycler, utiliser la seconde vie des produits etc.*

3: *Le Changement de notre quotidien afin d'améliorer notre vie*

- Topic 3 – Du fossile au renouvelable

1: *C'est le fait de passer d'une énergie polluante et non renouvelable à une énergie dite verte. On utilise le solaire ou l'éolien qui sont illimités. En améliorant les bâtiments (...)*

2: *C'est de passer d'une source d'énergie polluante comme le pétrole par une énergie renouvelable comme l'air*

3: *Arrêtons l'utilisation des énergies fossiles et privilégions les énergies propres et illimitées tels que le soleil ou le vent*

- Topic 4 – Réduire l'impact environnemental

1: *Là c'est une obligation pour que l'on s'adapte à la nature et qu'on respecte mieux l'environnement*

2: *Modification collective des comportements, prise en compte de l'environnement et de l'économie pour permettre de maintenir une vie agréable tout en réduisant nos impacts néfastes*

3: *Permettre aux hommes de vivre correctement, de répondre à ses propres besoins tout en étant en accord avec la Nature. Pour cela, nous devons nous servir de nouvelles technologies*

- Topic 5 – Mode de vie – échelle globale

1: *Là est le changement vers une autre manière de consommer, ou autre manière de produire, de construire ou encore de se déplacer. Une manière plus écologique et responsable*

2: *Je lui dirais qu'il appartient à tout le monde de faire en sorte que nous laissions une terre vivable aux générations à venir. Et que si nous ne faisons rien nous ne vivrons plus comme (...)*

3: *La transition énergétique désigne l'ensemble des transformations du système de production dans le but de le rendre plus écologique*

- Topic 6 – Mode de production et de consommation d'énergie

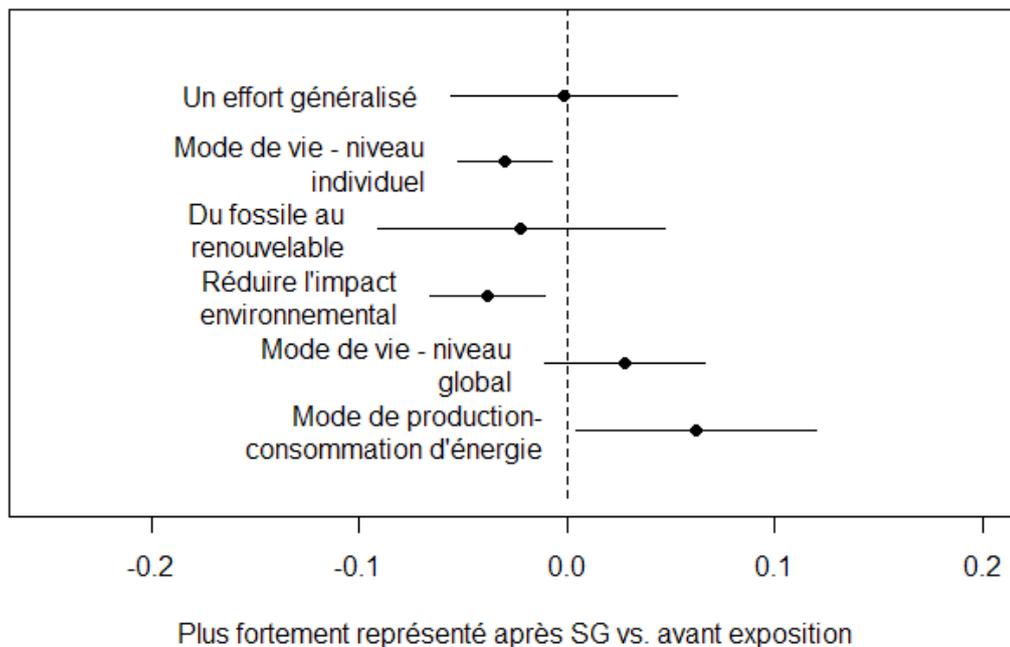
1: *C'est choisir un mode de production et de consommation différent en s'appuyant sur par exemple les panneaux solaires, la voiture électrique, le bio, le recyclage, le chauffage à granules (...)*

2: *La transition énergétique désigne une modification structurelle profonde des modes de production et de consommation de l'énergie.*

3: *Je lui dirais que c'est de passer à un mode de consommation durable sur le plan des véhicules (privilégier l'électrique au diesel), privilégier le chauffage au pellets ou bois qu'au convecteurs (...)*

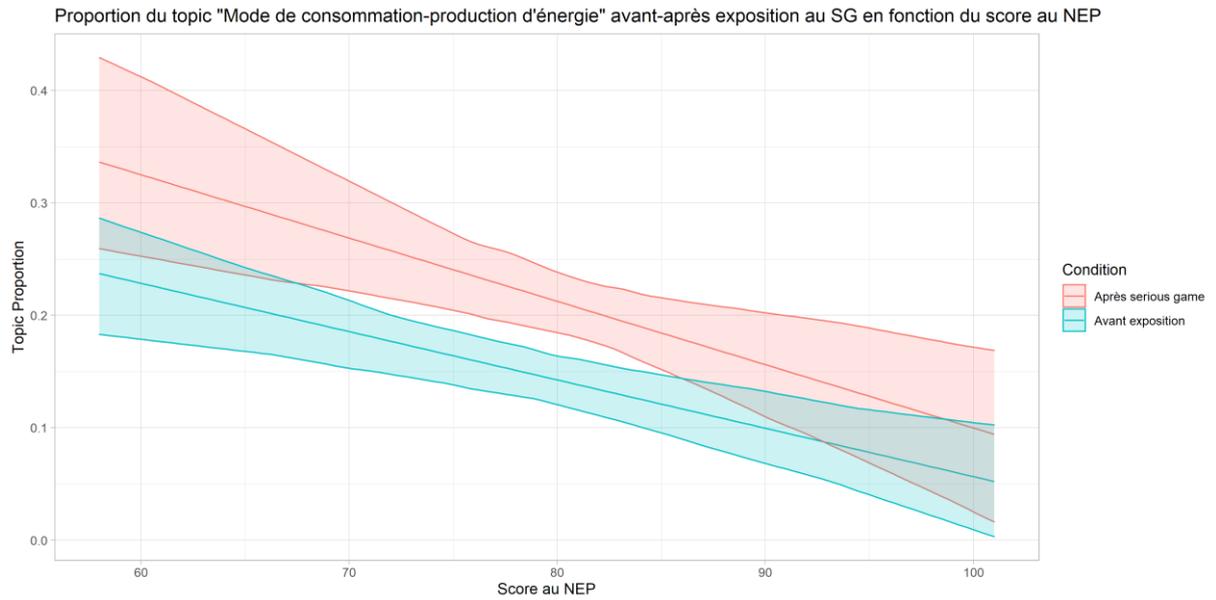
Une comparaison de la représentation des topics dans les documents avant et après exposition permet d'identifier deux topics plus fortement représentés suite à l'exposition au SG. Il s'agit du topic 6, celui du changement des modes de production et de consommation d'énergie, et du topic 5, celui du changement des modes de vie à l'échelle globale.

Effet du SG sur le contenu de la notion de transition énergétique



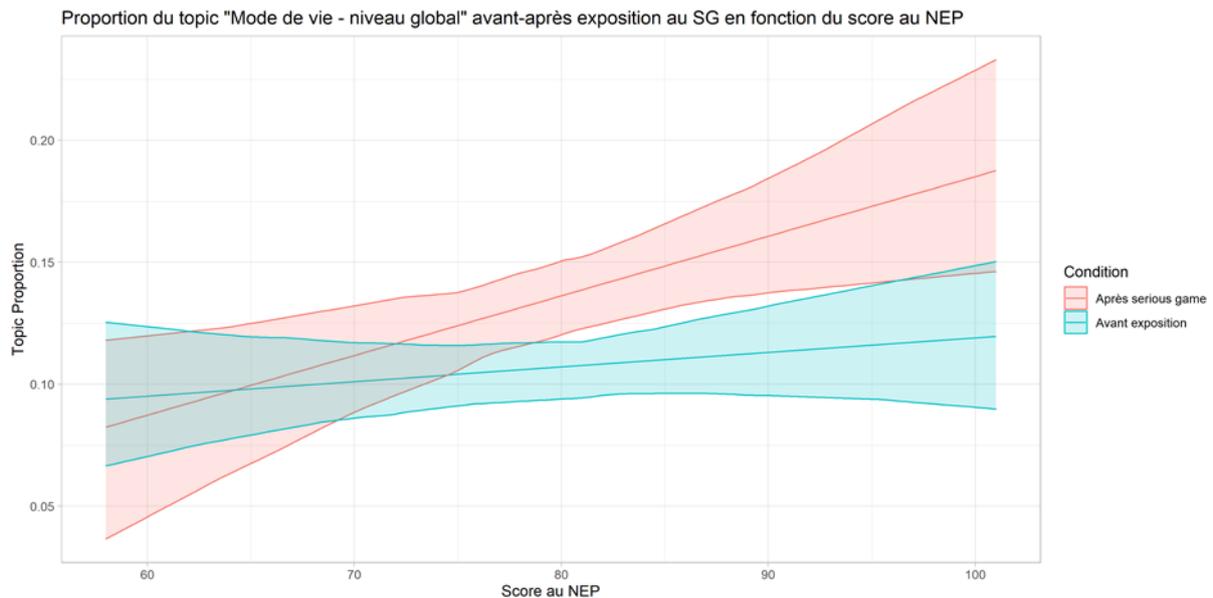
Les scores obtenus au NEP sont également associés à la représentation de ces deux topics dans les réponses. Pour la définition de la transition énergétique comme changement des modes de production et de consommation d'énergie, les tendances sont les suivantes :

- Plus les joueurs ont un rapport humain-nature anthropo-centré, plus ils valoriseront les modes de production-consommation d'énergie dans leur discours sur la transition énergétique. Plus ils sont éco-centrés, moins cet aspect sera valorisé.
- Indépendamment de leur rapport à la nature, cet aspect est plus représenté dans les réponses suite au jeu.



Pour la définition de la transition énergétique comme un changement global des modes de vie, les tendances sont les suivantes :

- La conception globale, ou sociétale, de la transition, est faiblement rapportée dans les discours avant exposition aux dispositifs (en accord avec les observations de l'étude préparatoire)
- Cet aspect est plus représenté après exposition au jeu, mais seulement chez les joueurs moyennement ou fortement éco-centrés.



En conclusion, sur les 5 facettes de la transition énergétique se distinguant dans les discours des participants, deux ont une représentation plus importante après exposition au jeu. Ces deux facettes de la notion ont pour singularité de prendre pour objet un système (une société, qui

produit, consomme, ou se déplace par exemple), et d'envisager la transition comme des modifications bien identifiées dans ce système. Ce sont ces modifications, systémiques mais concrètes, qui bénéficient le plus de l'apport du jeu. Notons néanmoins que le jeu n'affecte pas la conception de la transition énergétique de la même manière pour tous. Suite au jeu, seuls les participants manifestant un certain niveau d'éco-centrisme tendent à accentuer le besoin d'un changement global des modes de vie.

Expérience 2 : de la vidéo diaporama à un film de réalité virtuelle immersive en passant par la vidéo 2D ?

Objectif : L'objectif de cette expérience est d'essayer de contrôler l'effet du format des informations présentés sur l'acquisition des connaissances. A cette fin, trois niveaux différents d'immersion lors de la diffusion de l'information (une présentation des informations sur vidéo diaporama et une voix off, une vidéo 2D et un film de réalité virtuelle) sont testés. La vidéo diaporama présente les informations sous le format d'un power point. La vidéo 2D propose le même contenu d'animation sans le caractère interactif ni immersif. La vidéo de réalité virtuelle immersive présente une animation interactive avec une immersion dans un monde virtuel.

Procédure et matériels

Cette expérience se fait en deux temps. Un lien avec une première série de questionnaires est envoyé aux participants quelques jours avant l'exposition au dispositif expérimental. Les participants répondent aux questionnaires suivants :

- NEPS (Cf. expérience précédente)
- L'Inventaire des Attitudes Environnementales – forme abrégée (IAE) :

Ce questionnaire mesure, lui aussi, l'attitude pro-environnementale. Il a été développé par Milfont et Duckitt, en 2010. La version longue du questionnaire comporte 24 items adaptés en langue française par Moussaoui et al., (2016). Ces auteurs ont testé une version abrégée de 12 items. Cette dernière respecte la structure en deux dimensions de la version longue. Des deux dimensions de ce questionnaire sont : 1) « la préservation » qui renvoie à une attitude favorable à l'environnement naturel et à sa protection (ex. « *J'aimerais rejoindre et participer activement à un groupe écologiste* ») et 2) « l'utilisation » qui renvoie à une attitude négative envers l'environnement et en faveur de l'exploitation de ses ressources (ex. « *L'être humain a été créé*

ou a évolué pour dominer le reste de la nature »). Ce questionnaire présente de meilleures qualités psychométriques et est plus utilisé dans la littérature que le NEPS.

- NFC (Cf. première expérience)

- Le questionnaire de propension à l'immersion (QPI) : Le sentiment d'immersion est défini, par le laboratoire de cyber psychologie de l'UQO, comme la croyance d'avoir quitté le monde réel et d'être « présent » dans l'environnement virtuel (Immersion / Présence – Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, s. d.). Ce questionnaire contient 18 items et mesure 4 dimensions :

1) concentration (ex. *Devenez-vous facilement et profondément absorbé(e) lorsque vous visionnez des films ou des téléromans ?* »),

2) implication (ex. « *Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans un film que vous n'êtes pas conscient(e) des choses qui se passent autour de vous ?* »),

3) émotions (ex. « *Vous arrive-t-il d'avoir des rêves qui semblent tellement réels que vous vous sentez désorienté(e) au réveil ?* »),

4) jeu (ex. « *Vous arrive-t-il d'être tellement absorbé(e) dans un jeu vidéo que vous avez l'impression d'être à l'intérieur du jeu plutôt qu'en train de manœuvrer des manettes de jeu et de regarder un écran ?* »).

- Attitude envers la CSC : Ce questionnaire mesure les croyances sur les risques et les avantages du captage et stockage du CO₂ ainsi que l'attitude envers l'usage des différentes sources d'énergies (fossiles et renouvelables) et envers leur combinaison avec la technologie CSC (Whitmarsh, et al., 2019). Le niveau de connaissances qu'ont les participants sur le CSC est mesuré par un seul item : « *Comment estimez-vous votre degré de connaissances sur le captage et stockage de dioxyde de carbone (CO₂) dans le sous-sol ?* ». Six items mesurent les croyances sur les avantages et les risques du CSC : ex. « *La science sous-estime les risques liés au captage et stockage du carbone (CO₂)* », « *Le captage et stockage du carbone (CO₂) contribue à limiter l'effet de serre* ». Les participants expriment par la suite, leurs attitudes envers les différentes sources de production de l'énergie sur une échelle en 5 points allant de « pas du tout favorable » à « totalement favorable ». Les participants ont aussi la possibilité d'indiquer que la source d'énergie est méconnue pour eux. Sont évalués dans cette partie les attitudes envers l'utilisation du gaz, du charbon, de l'énergie nucléaire, de l'énergie éolienne, de l'énergie solaire, de la bioénergie, du gaz avec captage et stockage de carbone, du charbon avec captage et stockage de carbone et de la bioénergie avec captage et stockage de carbone.

La deuxième partie de l'expérience se fait en présentiel où les participants se voient présenter l'un des 3 dispositifs expérimentaux à tester :

- Une vidéo format PowerPoint avec une voix off
- Vidéo 2D qui reprend le film de réalité virtuelle
- Film de réalité virtuelle immersive

Tous les outils contiennent les mêmes informations à propos de la technologie. Ils commencent par expliquer les conditions et caractéristiques du sous-sol propice à la séquestration suivie par l'explication du processus du forage avant d'expliquer le processus du transport du CO₂. Le monitoring tout le long de la période opérationnelle du puits est aussi expliquée. La fin de la phase opérationnelle du site est exposée à travers des informations sur son isolation, le comportement du dioxyde de carbone dans le sous-sol et le cadrage institutionnel du site. Puisque le contenu des outils utilisés présente un exemple spécifique d'un site de stockage, d'autres exemples de lieux sont donnés.

Après exposition au dispositif expérimental, les participants répondent à une deuxième série de questionnaires :

- Cyber malaise :

Les cyber-malaises sont similaires aux malaises dus au mal des transports et se produisent pendant ou suite à l'immersion virtuelle. Selon Kennedy, et al., (1993), on distingue différentes classes de symptômes liées aux cyber-malaises : (1) les problèmes oculaires (fatigue des yeux, mal de tête, vision embrouillée), (2) la désorientation (déséquilibre, vertige) et (3) les nausées (étourdissements, vomissements). Ces symptômes sont comparables à la lecture dans une voiture et sont causés principalement par un conflit sensoriel (Immersion / Présence – Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO, s. d.).

Ce phénomène a été évalué *via* le questionnaire des cyber-malaises de Kennedy et al., (1993) traduit en langue française par le laboratoire de Cyber-psychologie de l'UQO. Il contient des questions sur ce que les gens peuvent ressentir après l'exposition à la VR par exemple : la nausée, le vertige, l'Étourdissement les yeux ouverts, etc. Les participants auto-évaluent leurs symptômes ressentis sur une échelle de Likert en 4 points allant de « pas du tout » à « sévèrement ».

- Le sentiment de présence : « La présence est traditionnellement définie par la perception psychologique d'être là, à l'intérieur de l'environnement virtuel et dans lequel la personne est

immergée » (Immersion / Présence – Laboratoire de Cyberpsychologie de l’UQO, s. d.). Le questionnaire utilisé pour évaluer ce concept est celui qui a été développé par le laboratoire de cyber-psychologie de l’UQO (2002) et mesure des dimensions suivantes :

- 1) Le réalisme : « *Dans quelle mesure vos interactions avec l’environnement vous semblaient-elles naturelles ?* ».
- 2) La possibilité d’agir : « *Dans quelle mesure étiez-vous capable de contrôler les événements ?* ».
- 3) La qualité de l’interface : « *Jusqu’à quel point avez-vous ressenti un délai séparant vos actions de leurs conséquences ?* » (item inversé).
- 4) La possibilité d’examiner : « *À quelle distance pouviez-vous examiner les objets ?* ».
- 5) L’auto-évaluation de la performance : « *À quel rythme vous êtes-vous adapté(e) à l’expérience vécue dans l’environnement virtuel ?* ».
- 6) La qualité auditive : « *Dans quelle mesure les aspects auditifs de l’environnement vous invitaient-ils à vous y impliquer ?* ».
- 7) La qualité haptique : « *Dans quelle mesure pouviez-vous explorer activement et de façon tactile (par le toucher) l’environnement ?* ».

Les participants répondent à ce questionnaire sur une échelle de Likert en 7 points allant de « pas du tout » à « complètement ».

- Attitude envers le CSC (Whitmarsh, et al., 2019) : cf. supra
- Des questions de connaissance sur le CSC (cf. annexe 2) : Ces questions sont construites sur base des informations diffusées dans le jeu sur les différentes étapes de la procédure du captage et stockage du CO₂.
- L’intention de jouer à un jeu sérieux dans la thématique de la transition écologique : à la fin de l’expérience, il est demandé aux participants « si oui, non ou peut-être », ils seront volontaires pour jouer à un jeu sérieux sur la transition énergétique : « *Si un jeu sur smartphone vous est proposé sur la thématique de la transition énergétique, seriez-vous intéressé(e) par l’idée de l’installer et y jouer ?* »

Présentation de la vidéo réalité virtuelle :

La vidéo que visionne le participant a été réalisée par une entreprise spécialisée dans le développement de la réalité virtuelle en collaboration avec l’équipe GEFISS et l’entreprise Blue Dot. Elle consiste en une présentation sous un jour positif et technosolutionniste du fonctionnement et de la gestion d’un projet de captage et de stockage du CO₂ en sous-sol

offshore. La version 2D, non immersive et non interactive de la vidéo dure 8 min 54 ; la durée de la version immersive de la vidéo dépend du rythme du participant dans les étapes d'interaction avec l'environnement. Il s'agit d'une simulation pédagogique d'un projet dont le participant serait le chef. Le déroulement du projet tel qu'il est présenté est divisé en plusieurs étapes : l'acquisition de données sismiques sur un réservoir potentiel ; le creusement d'un forage et le lancement d'un test d'injection du CO₂ ; l'injection du CO₂ se terminant par l'isolation du puits ; le monitoring continu du site de stockage après la fin de l'injection. Trois personnages s'adressent au participant au cours de la présentation, lui fournissant des explications sur le processus dont il est spectateur, annonçant les résultats des opérations en cours, et lui demandant rhétoriquement son avis sur la suite des opérations. Le premier personnage est un petit robot assistant, le second est une experte géophysicienne et le troisième est le responsable des opérations d'injection. Les personnages ainsi que plusieurs des outils et des véhicules portent des noms, ce qui personnalise l'expérience et participe au côté science-fiction de par l'emploi de néologismes. Régulièrement, le participant est invité à interagir avec des écrans ou des icônes pour passer aux étapes suivantes, mais il n'est pas libre de prendre de décisions ayant un impact différencié sur le cours des opérations.

L'environnement dans lequel le participant se retrouve plongé est une salle circulaire sous un dôme de verre entouré par un paysage littoral. Le ciel bleu, les courbes de l'architecture, l'esthétique épurée et les quelques meubles et décorations ont le potentiel de rendre le lieu accueillant. Le décor paraît actuel mais on y trouve des éléments de technologie de science-fiction, ce qui peut contribuer à créer une ambiance subtilement futuriste sans être très dépayssante. Au-dehors, on peut apercevoir un petit véhicule sphérique et transparent. Le participant est debout au centre de la salle. Juste en face de lui se trouve un globe terrestre qui lévite et tourne sur lui-même. Plus au fond et à droite, on trouve un large écran de présentation à fond noir segmenté en trois parties, couvert de schémas et d'une mappemonde bleu néon. Toujours à sa droite mais à portée du participant se trouve un autre écran plus petit. A la gauche du participant, il y a une petite borne comportant un écran montrant une silhouette de main, sur laquelle il est invité à poser sa main pour démarrer la présentation et activer le robot Kapt (figure 10). Ce petit robot sphérique à turboréacteurs est posé sur la base, puis en décolle et se met à parcourir la salle en volant. Le visage du robot est un écran noir avec deux traits verticaux bleu néon représentant ses yeux. Le participant entend la voix masculine enjouée et modifiée par un effet métallique censée appartenir au petit robot. Celui-ci lui souhaite la bienvenue dans ce qu'il appelle la « Discovery Area » et se présente comme son assistant dans un projet de capture et

de séquestration de CO₂ produit dans les usines environnantes. Alors que le robot les présente, la fonction ou le nom des outils que le participant sera amené à utiliser apparaissent brièvement dans des encadrés noirs et bleus reliés à ce à quoi ils réfèrent par une ligne. Le robot explique que les écrans permettront au participant de communiquer avec ses équipes et valider leurs rapports. Quant au globe terrestre, il est présenté comme le « Géonav » grâce auquel il pourra visualiser la région pendant les opérations. Puis le globe terrestre grossit et disparaît, laissant place à une maquette du littoral sur laquelle on peut voir deux bâtiments industriels côté terre, le dôme de verre au bord de la mer, et un quai avec un bateau (figure 11).

Le robot demande au participant de toucher une icône point de repère qui apparaît devant lui, ce qui a pour effet de faire défiler le paysage sur la maquette vers le large. Une photo de femme apparaît sur la gauche du grand écran avec des icônes de téléphones indiquant qu'il s'agit d'un appel. On entend une voix féminine qui se présente comme Hélène, l'experte géophysicienne aux ordres du participant. Elle affirme que le secteur où s'arrête de défiler la maquette se trouve à quelques dizaines de kilomètres de la côte, alors que sur la maquette, un quadrillage apparaît à la surface de la mer. Hélène explique que l'on est à la recherche d'une formation de sous-sol particulière pour séquestrer le CO₂, et que d'anciens relevés réalisés dans la région indiquent que l'on pourrait en trouver une ici. Elle explique qu'il faudrait réaliser une campagne d'acquisition de données sismiques afin de mieux comprendre la structure du sous-sol et d'obtenir quelques images. Elle précise que les autorités de l'État ont donné leur aval pour une telle campagne sur ce secteur, puis demande au participant sa validation pour la lancer.

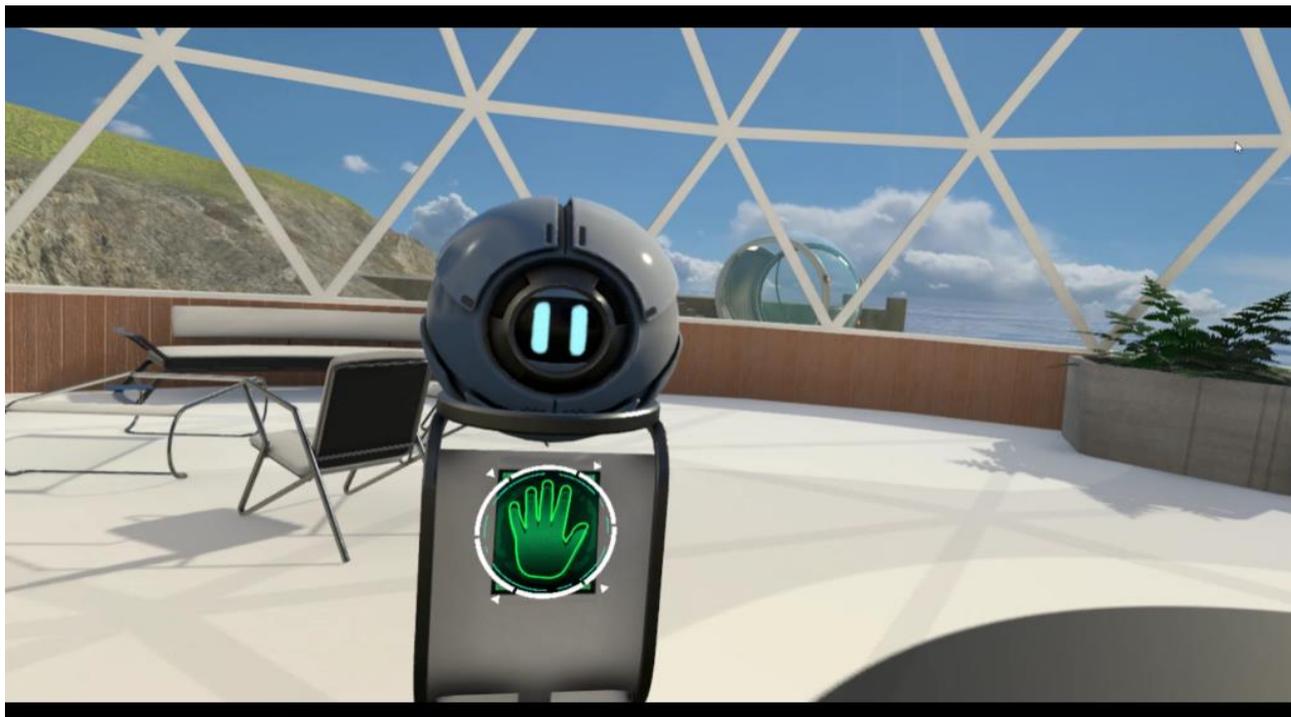


Figure 10 : le robot Kapt posé sur une borne dans la « Discovery Area ».

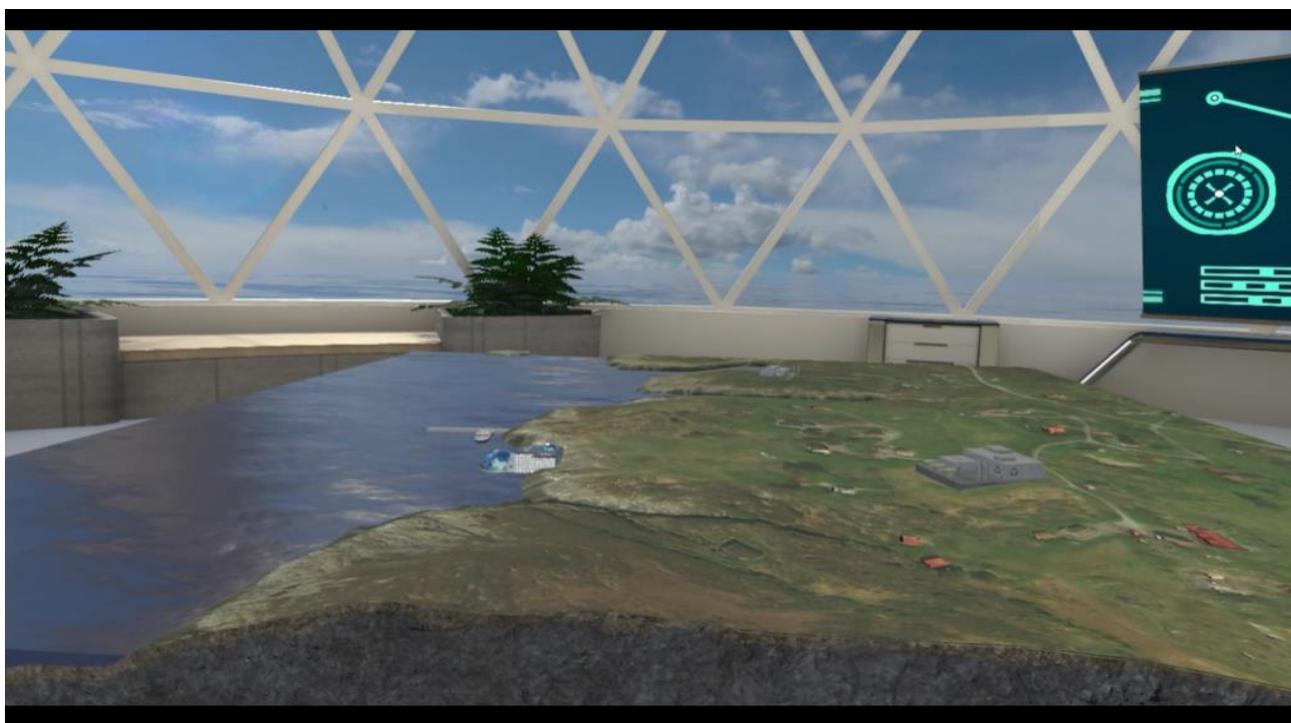


Figure 11 : la maquette du littoral

Une consigne dans un encadré demande au participant de valider le rapport pour la zone d'exploration du sous-sol en posant la main sur la silhouette de main qui apparaît sur l'écran à sa droite (figure 12). Une fois que c'est fait, l'étape est cochée sur le petit écran et Hélène confirme qu'elle envoie des équipes. La maquette défile dans le sens inverse pour retourner en bord de mer. Hélène présente le bateau nommé le « Poséidon », entouré et indiqué par une flèche, qui est chargé d'effectuer les acquisitions sismiques. A nouveau, le participant est invité par le robot à toucher une icône point de repère pour passer à l'étape suivante. Le bateau largue les amarres et part acquérir des données dans le secteur. Une icône de bateau apparaît, icône que le participant est invité à toucher pour lancer la séquence de sondage. La maquette s'élève et le participant se retrouve face à une coupe du sous-sol marin sur laquelle on peut voir des couches de plusieurs teintes ainsi qu'une faille.



Figure 12 : consigne au participant pour valider le rapport pour la zone d'exploration du sous-sol.

Le bateau à la surface envoie des ondes vers le sous-sol, qui rebondissent sur les couches (figure 13). Hélène explique que le bateau commence par envoyer des ondes de faible intensité, avec une puissance augmentant progressivement pour que la faune marine puisse s'écarter si elle est dérangée. Elle ajoute que le Poséidon capte les ondes réfléchies sur les couches géologiques ce qui permet d'obtenir une première image représentative du sous-sol. Une image de la coupe sismique du sous-sol apparaît à droite du grand écran. La maquette reprend sa forme de surface

précédente et on peut à nouveau voir la photo de l'interlocutrice à gauche du grand écran qui était cachée. Hélène affirme que les résultats sont encourageants car on distingue des formes qui pourraient être celles d'une grande structure contenant un aquifère salin, colorée en jaune sur l'image de la coupe sismique. Elle ajoute qu'il semblerait exister une couverture argileuse épaisse et étanche au-dessus, colorée en vert (figure 14). Il s'agit d'une configuration propice à une séquestration pérenne, servant de réservoir pour le CO2 capturé. Elle recommande de faire un forage pour valider cette hypothèse, ce que le participant doit valider en posant à nouveau sa main sur l'écran à sa droite.

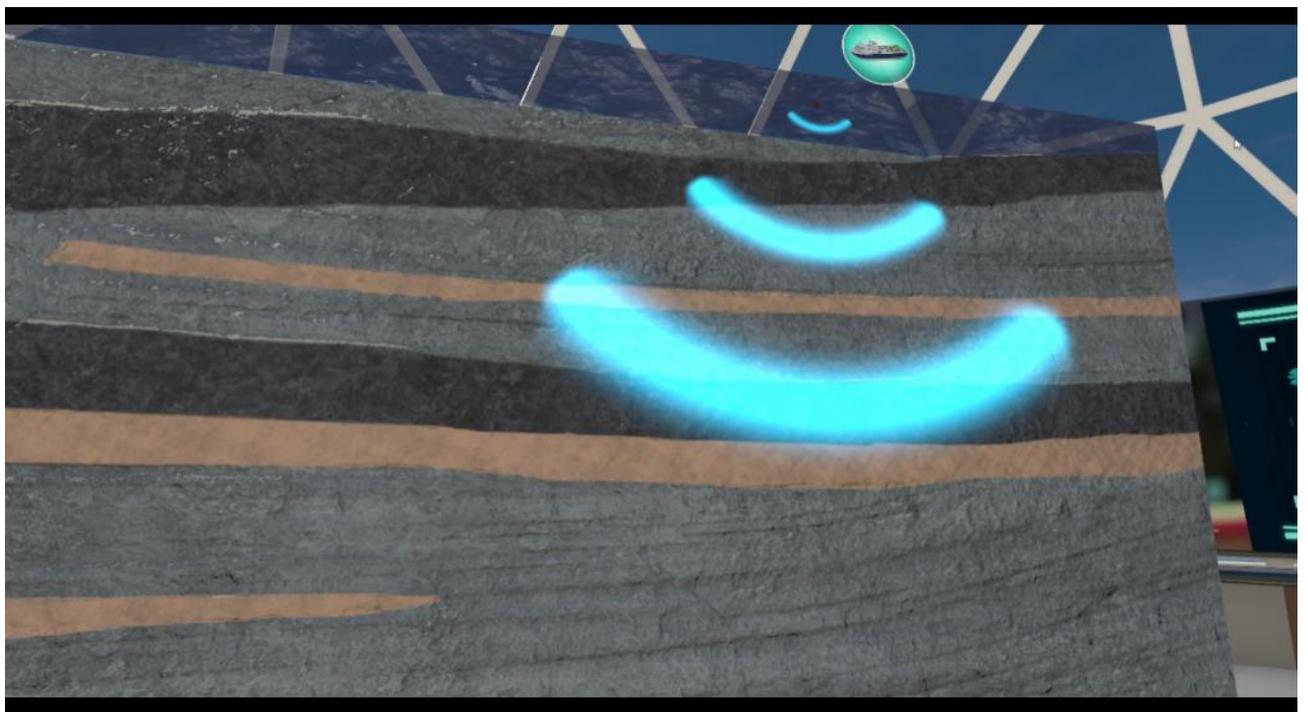


Figure 13 : la campagne d'acquisition sismique sur la vue en coupe du sous-sol.

Sur la maquette apparaît un bateau de forage et l'icône correspondante que le robot invite le participant à toucher pour lancer le forage d'un puits. Le robot commente le processus. A nouveau la maquette change pour montrer la coupe du sous-sol et une ligne verticale rouge est tracée, représentant le forage en cours, qui atteint le réservoir à plus de 2 km en sous-sol. Des échantillons de roches et des fluides sont prélevés pour valider les caractéristiques du réservoir. La maquette revient en vue de surface. Le participant reçoit l'appel d'un nouveau personnage, Paul, le responsable des opérations d'injection, qui apparaît sur le grand écran. Il annonce que les résultats du forage sont prometteurs et qu'un test d'injection va être réalisé pour valider la viabilité de la séquestration du CO2. La maquette défile une nouvelle fois vers le littoral. Les deux installations industrielles sur terre sont à présent reliées à la mer par un pipeline où on

peut voir un fluide bleu fluorescent circuler (figure 15). Paul explique que le pipeline qui a été posé est connecté aux installations où le CO2 est liquéfié pour le transport, et au forage au fond de la mer. Il ajoute que le robot a configuré le véhicule sphérique qu'il appelle le « Némé » et dont l'icône apparaît, pour observer le chemin du CO2 à travers le puits et jusque dans le réservoir. Le participant doit toucher l'icône, et après un fondu au noir, il se retrouve à l'intérieur du véhicule, dont le tableau de bord a la même apparence que les écrans de contrôle dans la Discovery Area.

Le véhicule descend rapidement dans le tube vers le réservoir et indique que la profondeur atteinte est de 2800m. Paul explique que le véhicule a été miniaturisé à la taille d'un grain de sable. Autour, on peut voir des cavités rocheuses avec de larges gouttes bleues et de petites bulles qui flottent puis se collent et disparaissent au contact de la paroi de la roche, représentant le CO2 injecté (figure 16). Paul explique que le CO2 liquide s'infiltré dans les pores de la roche via le puits et repousse progressivement l'eau présente dans le réservoir, comblant progressivement le volume disponible entre les grains constituant la roche réservoir.

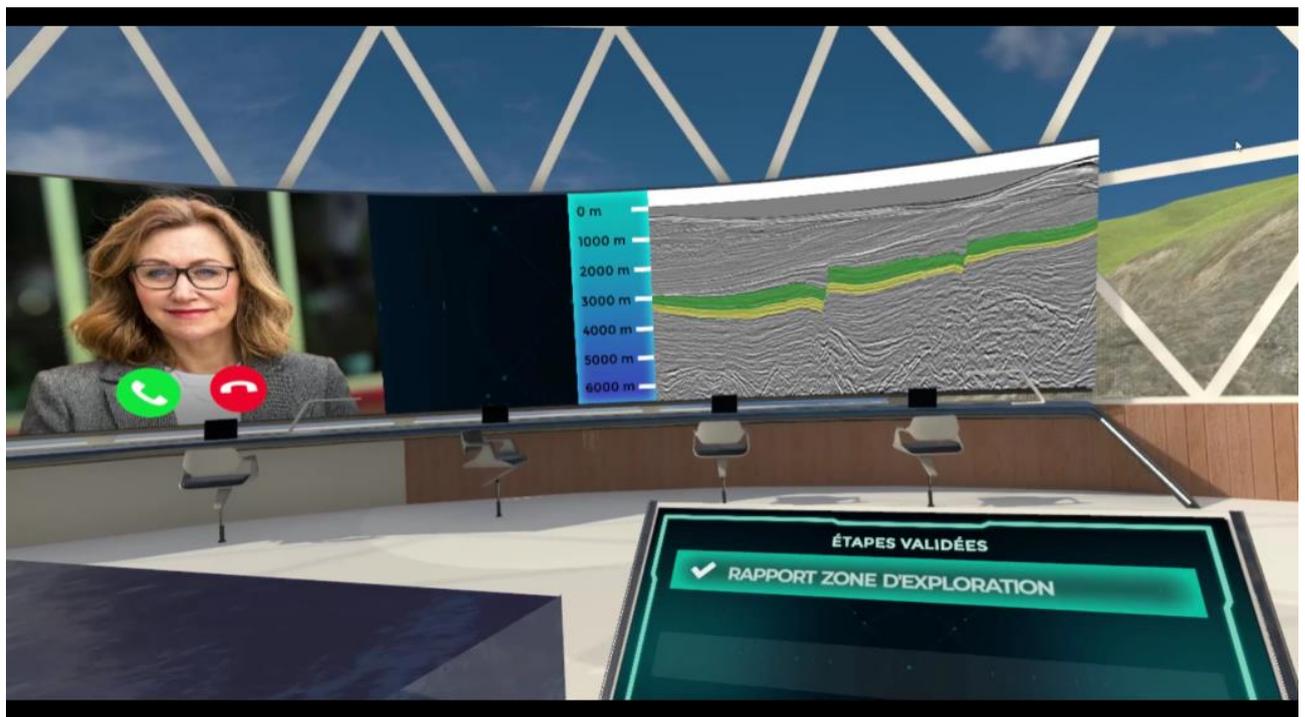


Figure 14 : appel en cours avec l'experte géophysicienne et image de la coupe sismique.

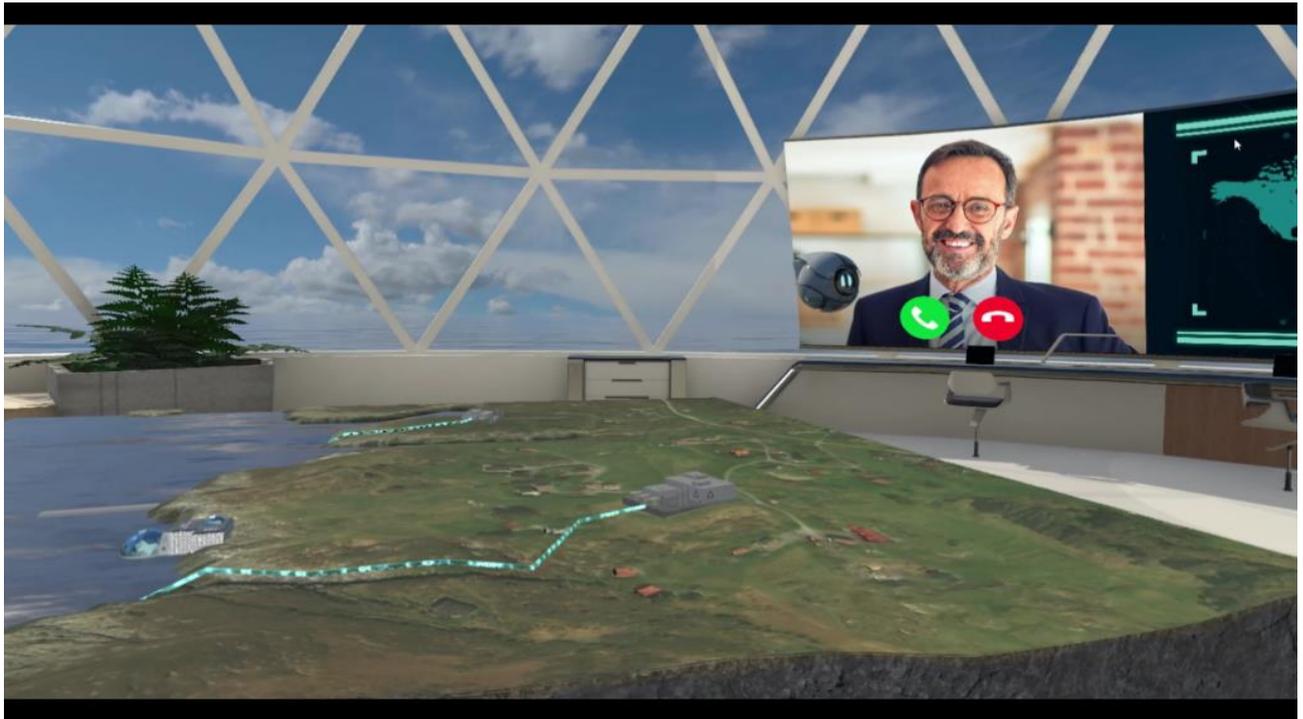


Figure 15 : appel en cours avec le responsable des opérations d'injection et maquette montrant les pipelines installés sur le littoral.

Paul explique que le CO₂ va ensuite se dissoudre dans l'eau présente en quelques années et à plus long terme, à l'échelle de quelques décennies, une partie du CO₂ va réagir avec la roche réservoir et se minéralisera autour des grains. Il ajoute qu'il est impératif de surveiller la pression au niveau du réservoir lors de l'injection car cela indique si le CO₂ se répand convenablement. Une forte augmentation de la pression avertirait que la roche est moins perméable que prévu ou qu'une faille gêne la migration du CO₂. Il précise qu'ils font attention car une trop forte pression peut endommager le réservoir ou créer des fissures dans la couche supérieure. Puis il annonce que tout semble être bon et que le participant peut retourner à la Discovery Area. Après un fondu au noir, le participant est de retour face à la maquette représentant la coupe du sous-sol. Hélène annonce que les analyses ont été faites et que le réservoir remplit tous les critères pour une séquestration pérenne de grandes quantités de CO₂. Elle invite le participant à valider le rapport des experts pour lancer l'injection à plus grande échelle, en posant la main sur l'écran.

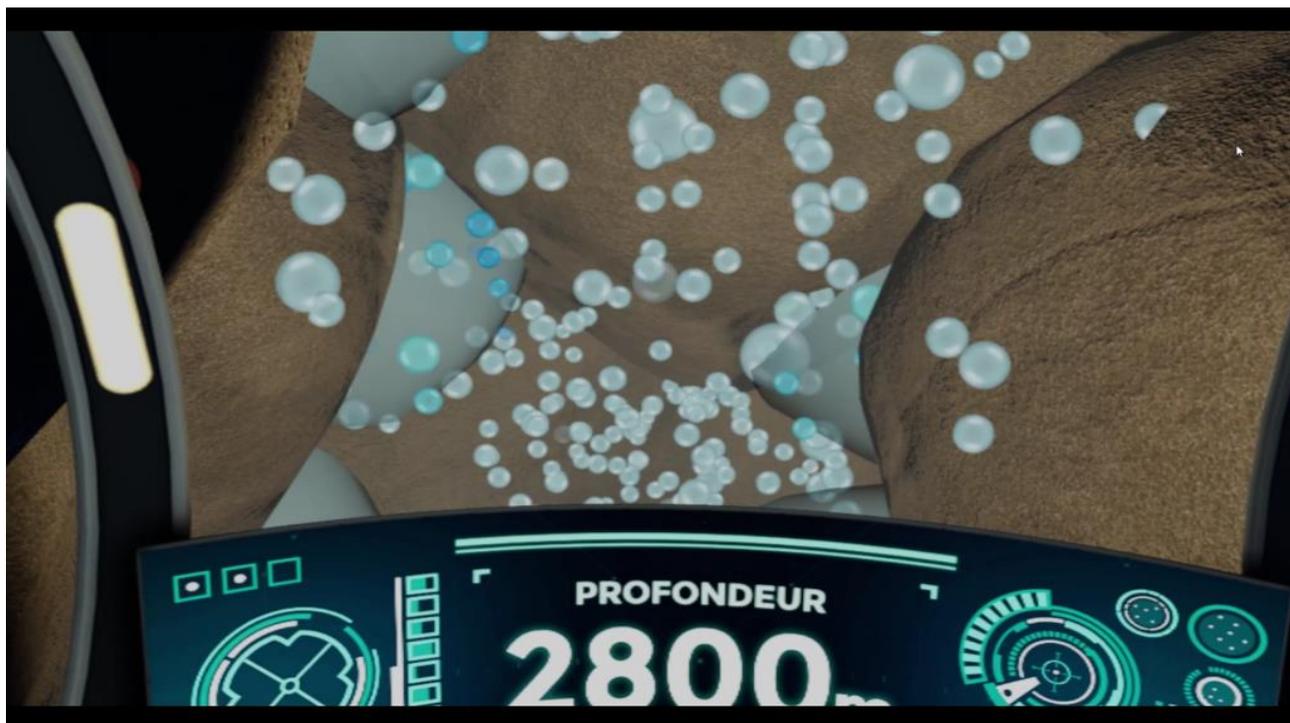


Figure 16 : observation de l'infiltration du CO2 dans la roche depuis le « Nemo »

L'injection commence. Hélène explique qu'à partir de ce moment-là, il faut surveiller de près le site pendant les années qui suivent pour vérifier que le CO2 reste confiné dans le réservoir, et des acquisitions sismiques régulières permettront de suivre l'évolution de celui-ci dans le réservoir. On peut voir un fluide bleu descendre dans le forage sur la maquette, puis, indiqué par une légende, la migration du CO2 injecté au bout d'un an, représenté par une petite aire de couleur bleue autour de l'extrémité du puits dans le réservoir. Hélène dresse une liste des capteurs surveillant le site en continu, qui apparaissent représentés par de petites icônes : des capteurs dans le puits pour surveiller son intégrité, des capteurs sous-marins qui surveillent le CO2 dans l'eau, et d'autres surveillant la sismicité du fond de la mer. Le robot prend le relai et commente l'évolution du CO2 dans le réservoir : on peut voir la situation après 5 ans, puis 10 ans (figure 17), avec l'aire bleue qui s'étend à travers la roche. Le robot annonce l'atteinte des objectifs d'injection et affirme que les capteurs indiquent que la migration du CO2 est conforme aux attentes. Il invite le participant à signer un rapport pour arrêter d'injecter, toujours en posant sa main sur l'écran de droite. Le participant doit toucher une icône de bateau pour qu'on lui présente l'étape suivante, qui consiste à isoler le réservoir en coulant un bouchon de ciment dans le puits, dont un schéma légendé apparaît en figure 18.

Le robot précise qu'un programme de surveillance d'au moins vingt ans est lancé pour vérifier la conformité de l'étanchéité du réservoir ; après quoi, le site sera restitué à l'État, mais la surveillance continuera. La maquette redescend en vue de surface, et un objet fuselé légendé

comme drone sous-marin pour la détection de CO2 apparaît. Le participant doit valider le monitoring continu du réservoir sur l'écran de droite.

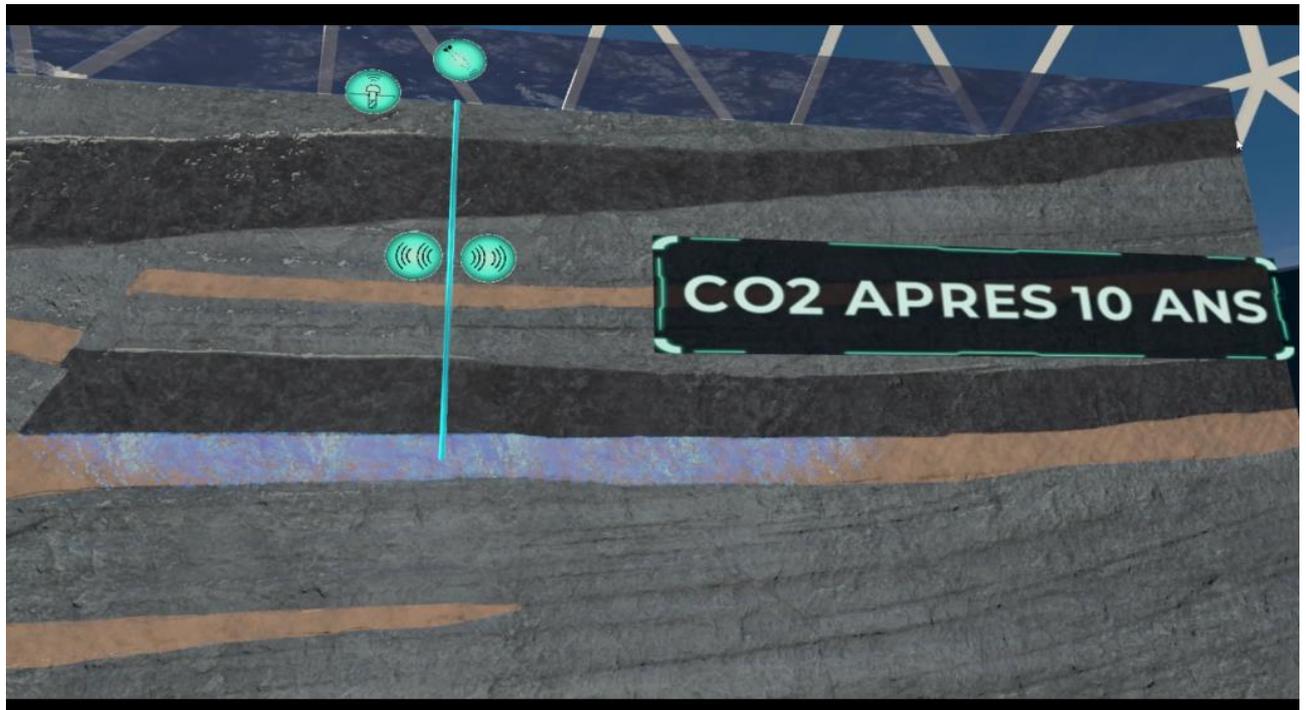


Figure 17 : propagation du CO2 dans la roche au bout de dix ans sur la vue en coupe du sous-sol.

La maquette reprend la forme d'un globe terrestre. Le robot annonce la fin de la présentation sur la séquestration du CO2 en sous-sol offshore, et explique qu'elle peut aussi se faire à terre dans des aquifères salins ou d'anciens réservoirs pétroliers, précisant que chaque projet présente ses propres défis. Il fait le bilan positif du projet qui a été simulé ici : 10 millions de tonnes de CO2 ont été séquestrées en 10 ans, soit 90 % du CO2 produit par les deux usines, et l'équivalent du CO2 produit par 6 millions de voitures en un an (figure 19). Enfin, il fournit un jugement sur l'utilité et la place à donner à cette technologie, en concédant qu'elle ne permettra pas à elle seule de lutter contre le réchauffement climatique, mais qu'elle pourra permettre de limiter les émissions industrielles en attendant la fin de la transition vers des énergies décarbonnées. La vidéo se termine par une invitation enjouée à se revoir bientôt pour un nouveau projet.

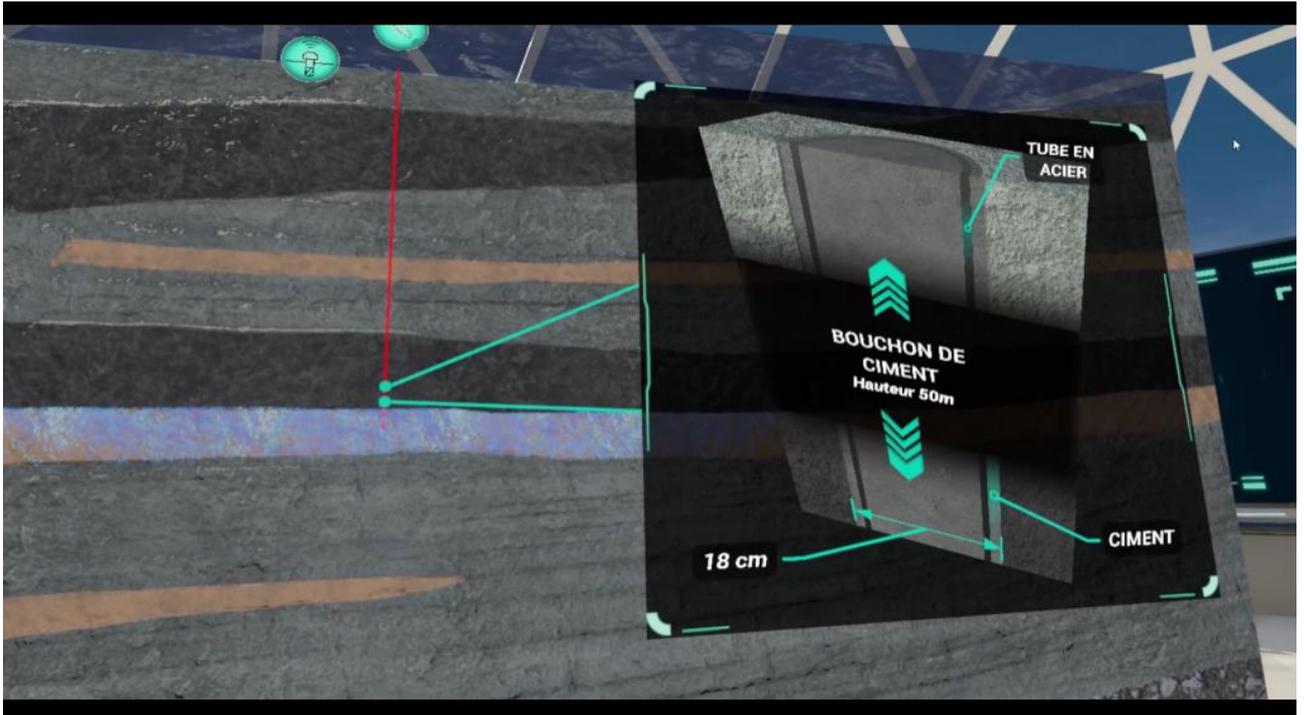


Figure 18 : schéma du bouchon de ciment dans le forage.

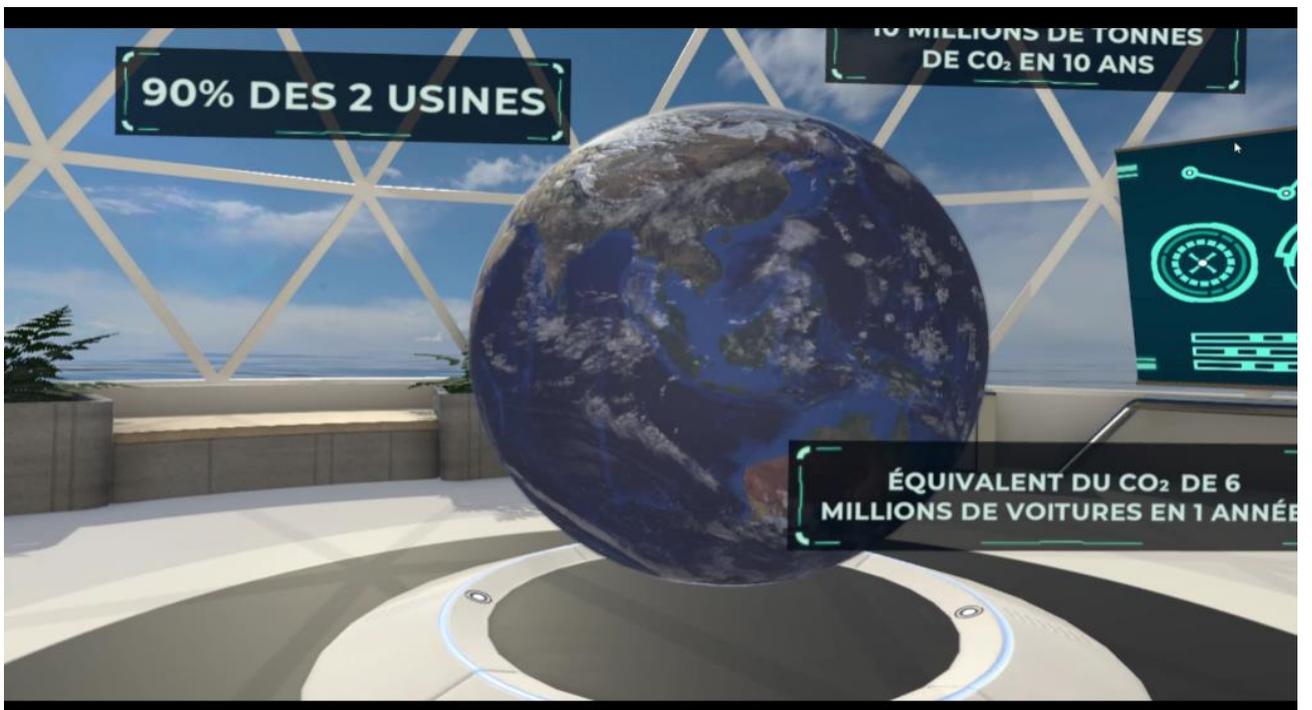


Figure 19 : affichage des objectifs atteints.

Quelques captures d'écran de la vidéo de réalité virtuelle sont également insérées dans la présentation : des images de la coupe du sous-sol traversé d'ondes sismiques (figure 20) ou

illustrant la propagation du CO2 dans la roche (figure 21), une image de l'intérieur du réservoir alors que la voix off invite le spectateur à s'imaginer être réduit à la taille d'un grain de sable, et une image du schéma du bouchon de ciment.

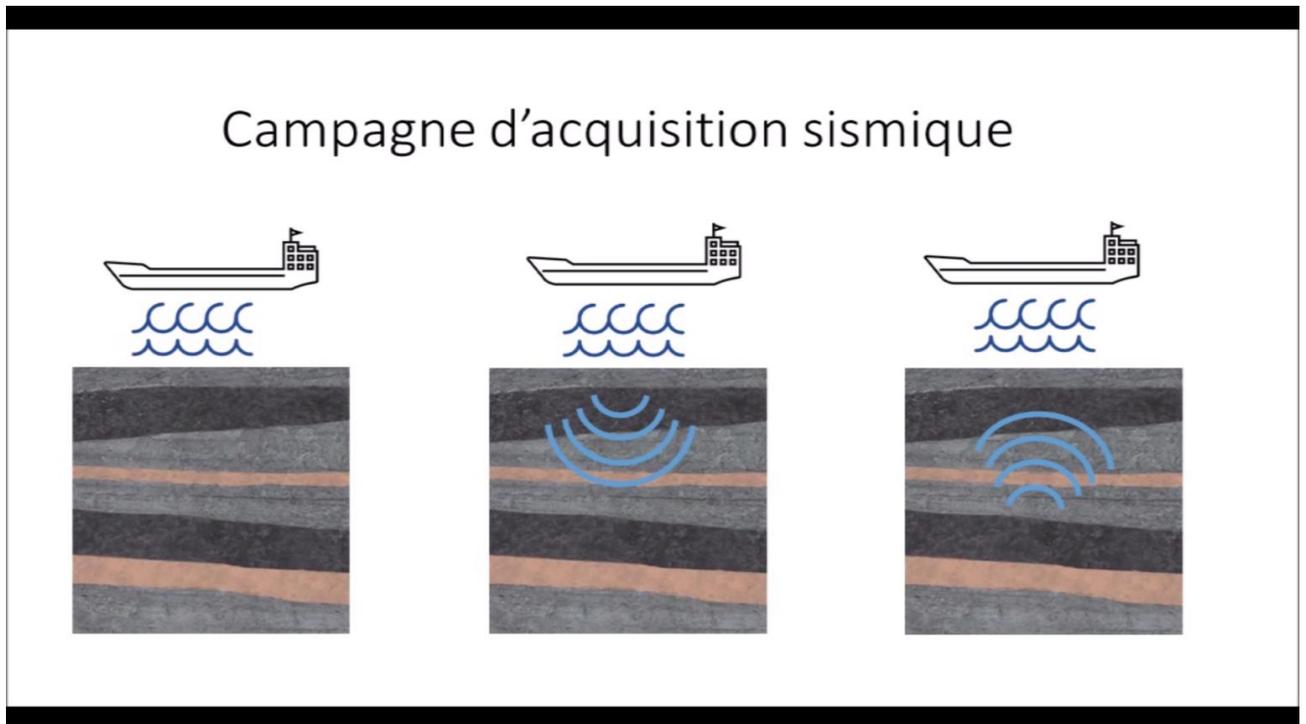


Figure 20 : diapositive sur la campagne d'acquisition sismique.

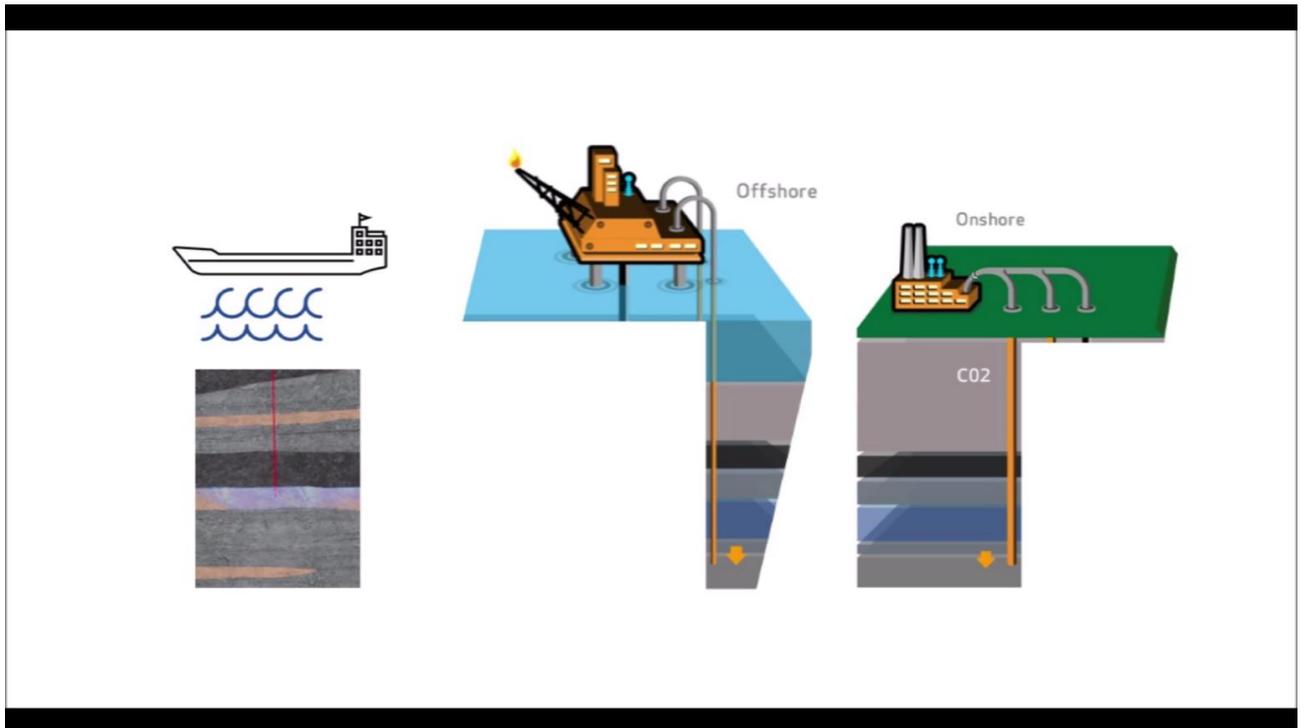


Figure 21 : diapositive sur l'injection du CO2 dans le réservoir.

La version diaporama de la présentation de la technologie de captage et stockage du CO2 comporte les mêmes étapes que la vidéo de réalité virtuelle, mais sans aspect narratif, interactif ni immersif. Elle dure 4min55. Le diaporama est sobre, sur fond blanc. Le participant entend une voix off féminine qui reprend, en général telles quelles, les phrases explicatives prononcées par les personnages de la vidéo de réalité virtuelle. Plusieurs schémas permettent d'illustrer le processus, et des icônes sont utilisées pour représenter les différentes étapes.

Population

Le recueil des données s'est effectué dans les locaux de TotalEnergies, l'Hélioparc à Pau et à l'université Jean Jaurès de Toulouse.

L'échantillon constitué de 110 participants présente plusieurs profils en termes d'expertise du sous-sol. La moyenne d'âge est de 40.3 ans ($ET = 10.3$) dans le groupe réalité virtuelle « VR » ($N=35$), de 27.6 ans ($ET = 6.31$) dans le groupe vidéo 2D « 2D » ($N=36$) et de 26 ans ($ET = 9.82$) dans le groupe vidéo diaporama power point « PPT » ($N=39$). On compte 37 % de femmes dans le groupe VR, 58,3 % dans le groupe vidéo 2D et 48,7% dans le groupe vidéo diaporama power point. La majorité de cet échantillon sont des étudiants et des cadres (figure 22).

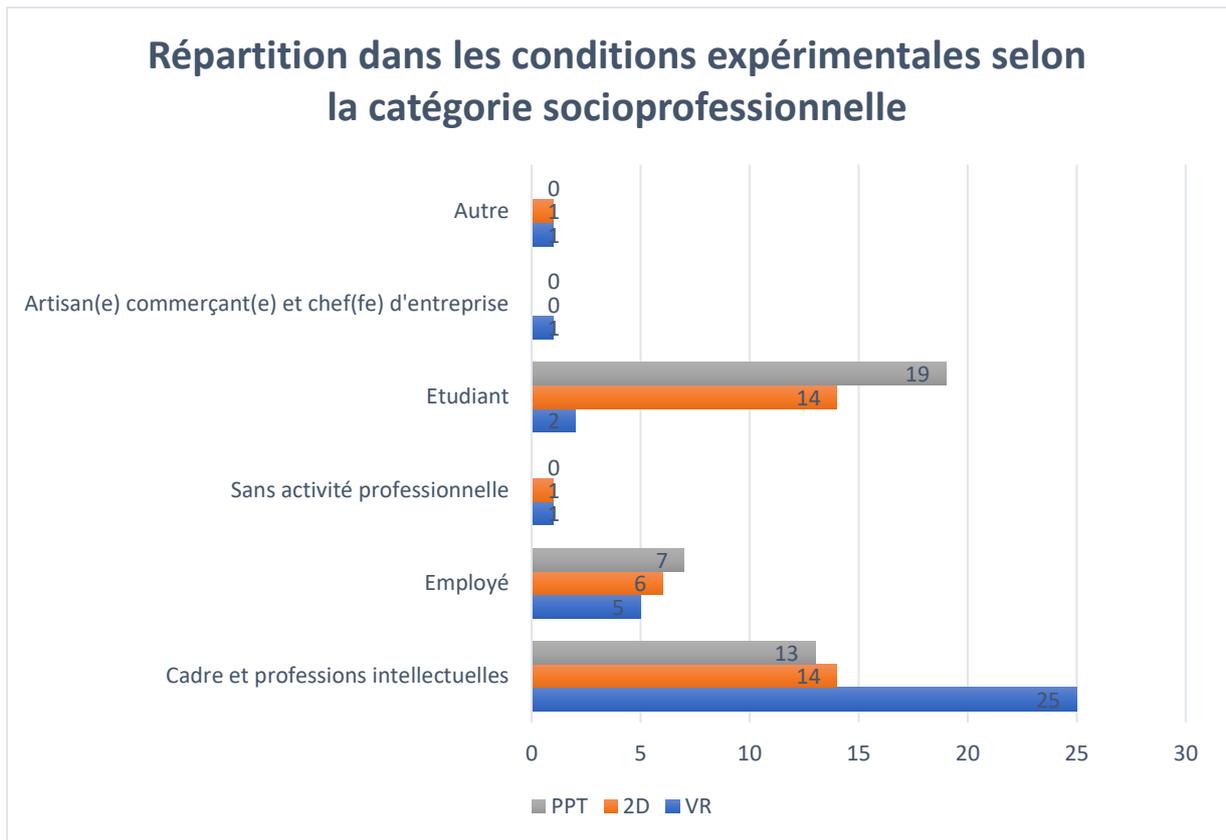


Figure 22 : Répartition dans les conditions expérimentales selon la catégorie socioprofessionnelle

- Globalement, l'attitude pro-environnementale (scores moyens au questionnaire NEPS) est significativement supérieure à la moyenne. Par ailleurs, il n'y pas de différence significative entre les trois groupes, $F(2,107) = 1.53, p = .222$.

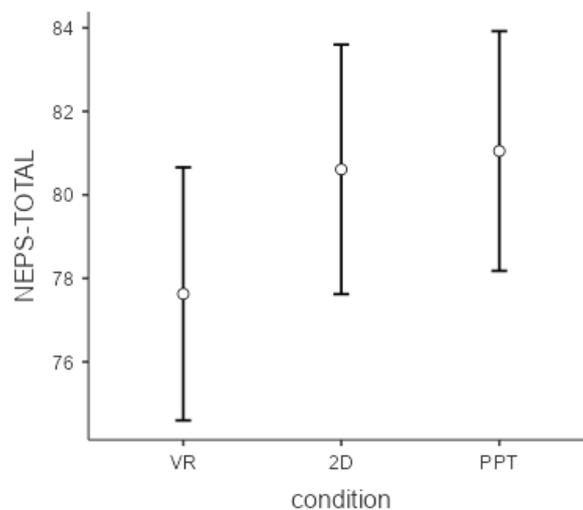


Figure 23 : comparaison des moyennes de l'attitude pro-environnementale entre les groupes

On observe les mêmes résultats pour le besoin en cognition et l'inventaire d'attitude environnementale.

En ce qui concerne la tendance à l'immersion, on observe une différence significative entre le groupe VR et les deux autres groupes, $F(2,107) = 3,11, p = .048$ (figure. 24).

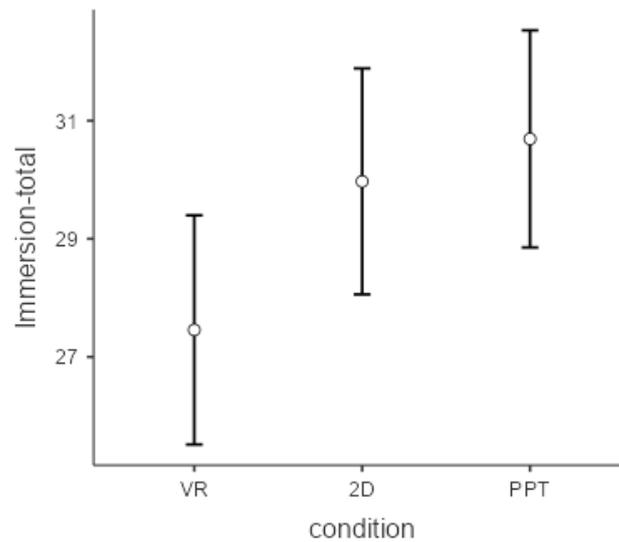


Figure 24 : comparaison des moyennes de propension à l'immersion entre les groupes

Une estimation du niveau de connaissances sur le CSC (auto-évaluation) a été demandée aux participants préalablement à l'exposition aux dispositifs. Ci-dessous une représentation de la répartition des participants selon le niveau de connaissances estimé (figure 25) :

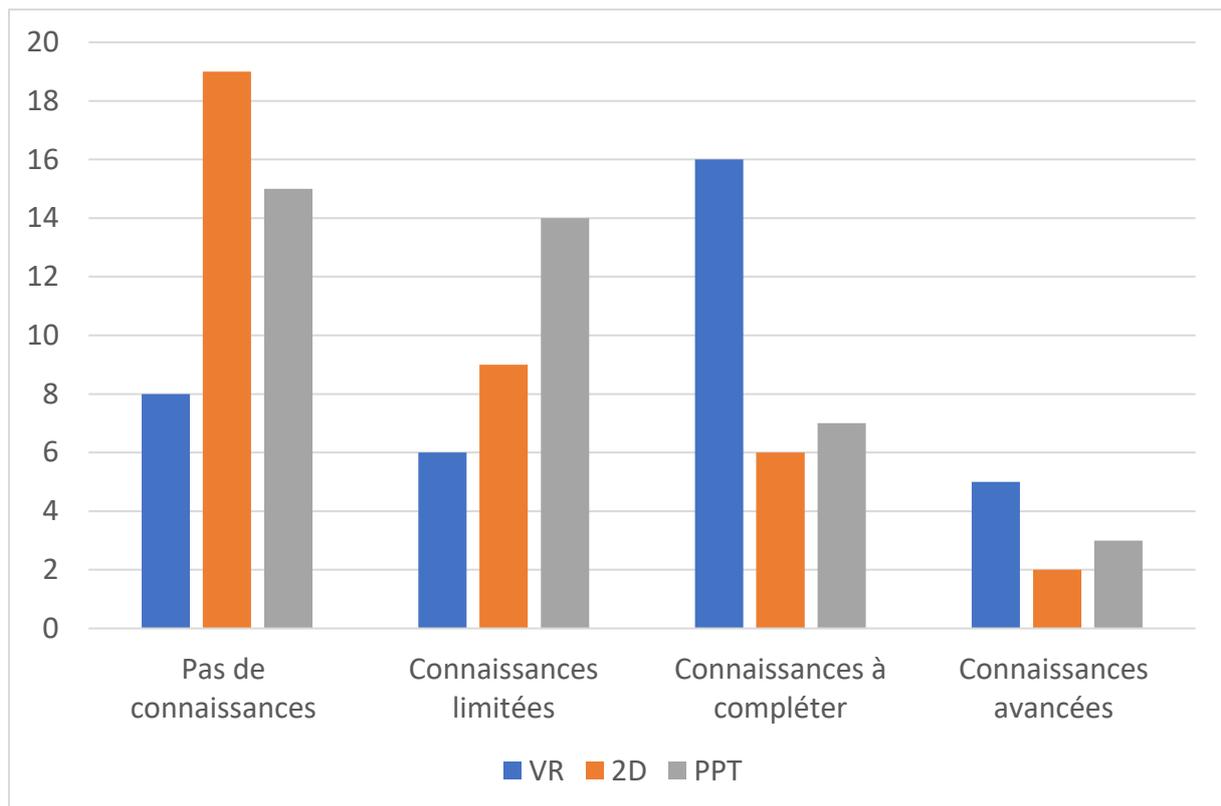


Figure 25 : répartition de la perception du niveau de connaissances sur le CSC avant l'exposition aux dispositifs expérimentaux

Résultats et discussion

Retour d'expérience sur la réalité virtuelle immersive.

En termes de cyber-malaise général, il n'y a pas de différence significative entre les 3 groupes, $F(2,91) = 1.20, p = .307, ns$.

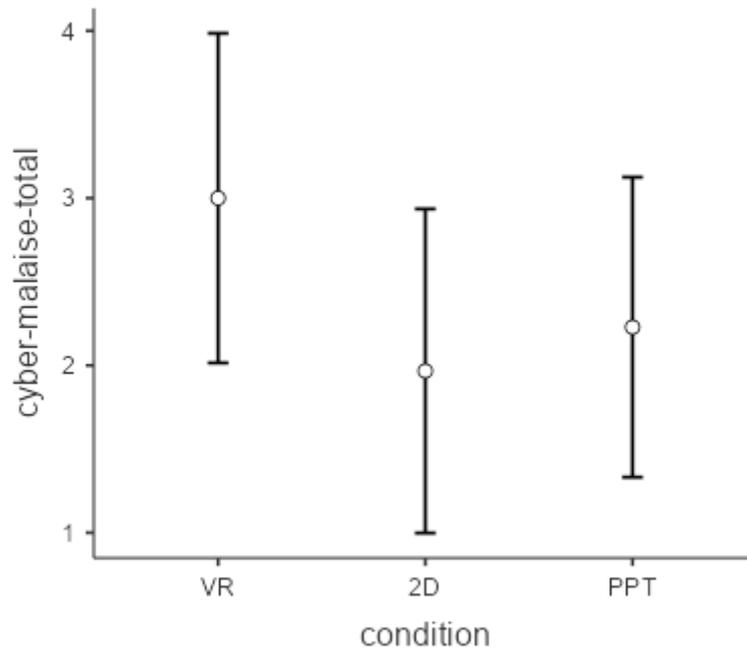


Figure 26 : comparaison des moyennes du cyber-malaise suite à l'exposition aux différents dispositifs

Cependant, les participants du groupe VR reportent un niveau plus élevé de transpiration, $F(2,102) = 6.82, p = .002$.

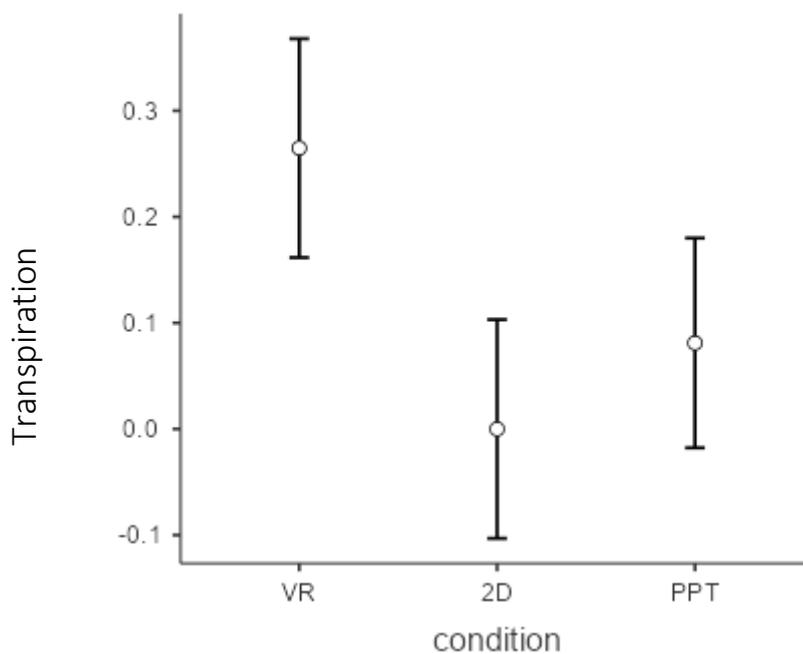


Figure 27 : comparaison des moyennes du niveau de transpiration suite à l'exposition aux différents dispositifs

Ces résultats sont à nuancer par les conditions de passation de l'expérience. En effet, la passation de l'expérience pour le groupe VR s'est déroulée, en été, en période de crise sanitaire là, où le port du masque était obligatoire.

On observe des résultats similaires pour l'impression de lourdeur de la tête. Cette différence est peut-être due à la lourdeur du casque et non à un ressenti interne de mal de tête. On constate aussi que la VR provoque chez certains une sensation de vertige, notamment lors du passage où on plonge dans le puits de CSC. Néanmoins, la réalité virtuelle se montre plus efficace en termes de concentration. On observe qu'il y a une différence significative entre le groupe VR et le groupe PPT en termes de difficulté à se concentrer après l'exposition à la réalité virtuelle, $F(2,104) = 5, p = .008$ (pas de différence entre 2D et PPT).

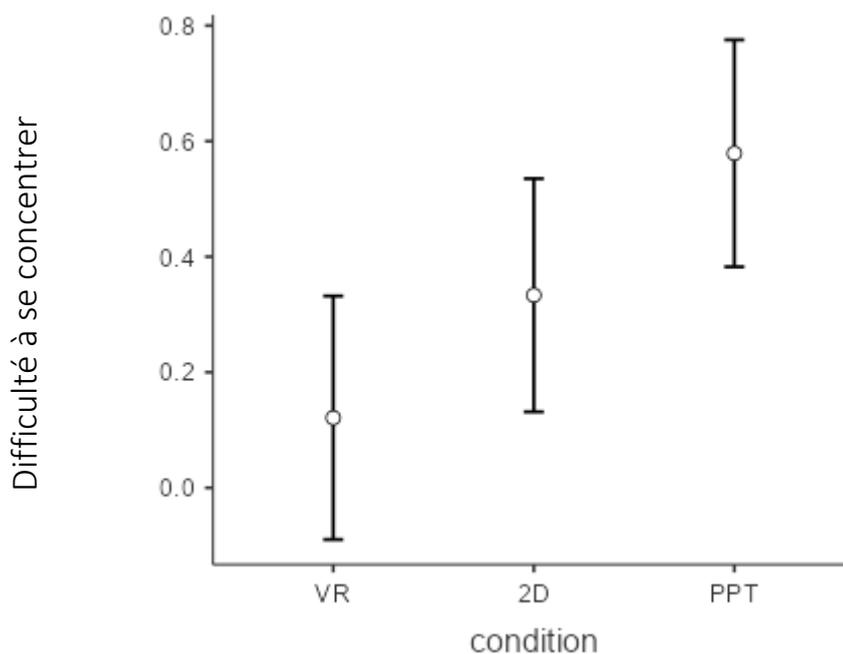


Figure 28 : comparaison des moyennes du niveau difficulté à se concentrer à l'issue de l'exposition aux différents dispositifs

On constate que la réalité virtuelle immersive permet aux participants de garder leur niveau de concentration après le visionnage du film VR.

Dans le contexte d'un débat suite à une session d'information, il serait possible que la réalité virtuelle (ou une vidéo d'animation 2D) soit plus intéressante à utiliser pour maintenir le niveau de concentration des participant qu'une simple vidéo de présentation format PowerPoint. La réalité virtuelle immersive semble aussi provoquer un sentiment de présence plus élevé que dans les deux autre groupes, $F(2,98) = 44.8, p < .001$.

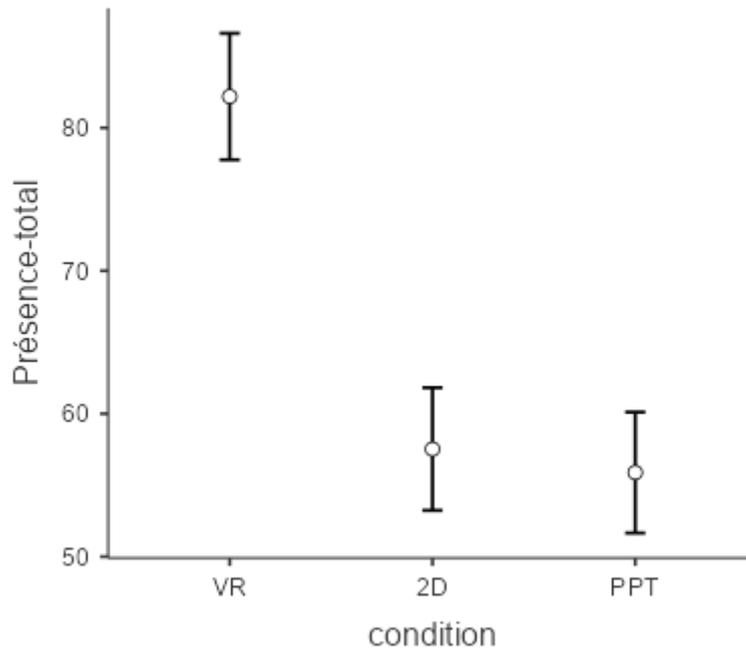


Figure 29 : comparaison des moyennes des scores du sentiment de présence à l'issu de l'exposition aux différents dispositifs

Ce résultat était attendu au regard de la définition même de la réalité virtuelle. Le dispositif était perçu comme plus réaliste, donnant plus de capacité d'agir, ainsi qu'une meilleure capacité pour examiner les objets. Par ailleurs, il n'y a pas de corrélation entre la tendance à l'immersion et le sentiment de présence. On conclut donc que la réalité virtuelle peut provoquer un sentiment de présence similaire, indépendamment du niveau de tendance à l'immersion.

Une corrélation négative entre la tendance à l'immersion et la qualité de l'interface (sous dimension du sentiment de présence) : $r=-.211$, $p=.029$. Les participants ayant un niveau élevé de la tendance à l'immersion (i.e. les habitués au gaming) trouveront peut-être que la VR est de faible qualité (pixeliser, en comparant à d'autres jeux vidéo/films).

Au bilan, cette expérience avec la vidéo de réalité virtuelle immersive permet de conclure qu'il y a eu une interaction avec l'objet d'étude qu'est la technologie du captage et de stockage du CO₂ et ce indépendamment du niveau de tendance à l'immersion, cette interaction avec l'objet est moindre voire absente dans les deux autres dispositifs.

Effet de la réalité virtuelle sur les connaissances.

Nous rappelons que l'hypothèse avancée est le fait que l'interaction directe avec l'objet facilité par la réalité virtuelle permettra une meilleure acquisition des informations et une meilleure structuration des représentations autour de la technologie du captage et stockage du CO₂.

L'effet des 3 dispositifs expérimentaux semble être similaire sur l'acquisition des connaissances envers le CSC. On observe une absence de différence significative entre les 3 groupes, $F(2,107) = 1.78, p = .173$. Globalement les scores de connaissance sont significativement supérieurs à la moyenne de référence (norme = 19). Les 3 dispositifs permettent une bonne acquisition de l'information sur le CSC.

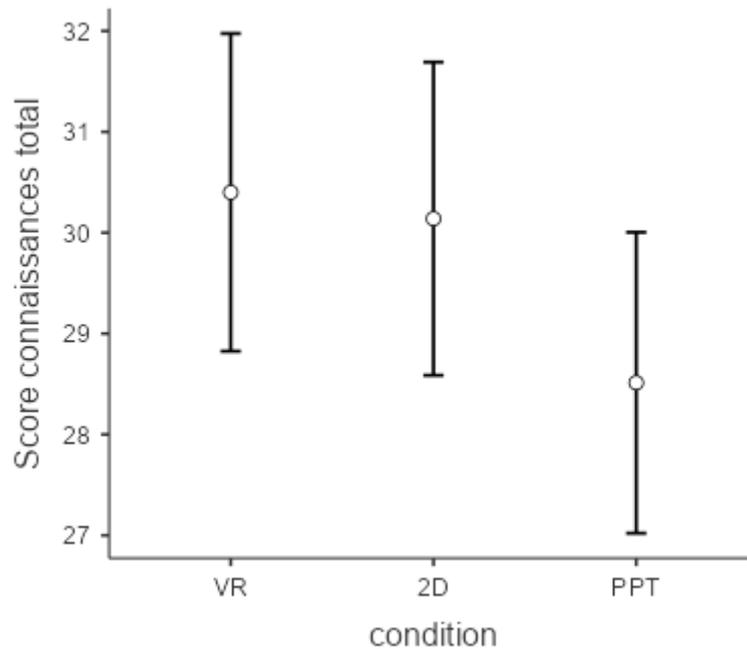


Figure 30 : comparaison des moyennes des scores de connaissance sur le CSC après exposition aux différents dispositifs

Pour les participants qui reportent avoir des connaissances limitées voire une absence de connaissances sur le CSC préalablement à l'exposition au dispositif, on relève une différence tendancielle en faveur de la condition VR. Cette différence reste toutefois en dessous du seuil de significativité habituellement retenu ($F(2,68) = 2.45, p = .094$).

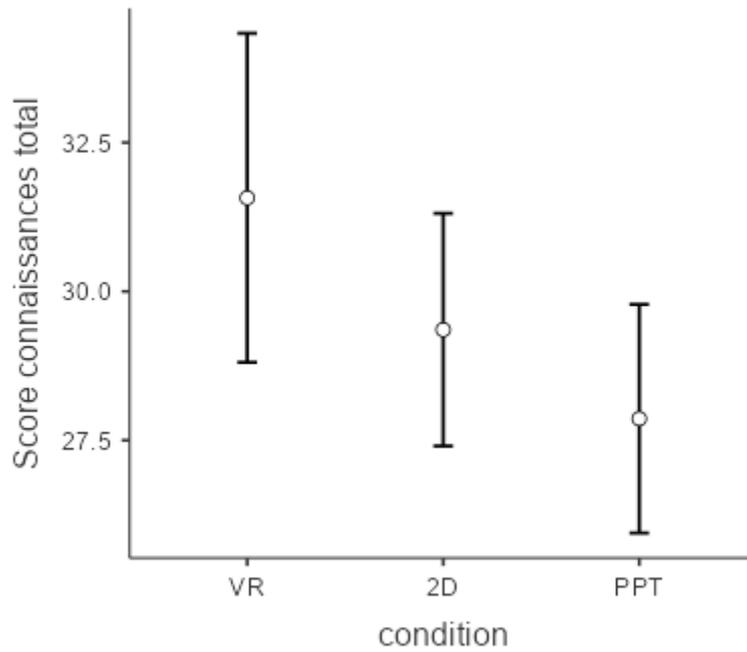


Figure 31 : comparaison des moyennes des scores de connaissance sur le CSC après exposition aux différents dispositifs des participant ayants des connaissances limitées voire inexistante

Le dispositif VR permet une meilleure acquisition de l'information sur le CSC que les vidéos pour les non-experts du domaine. La perception du niveau connaissances sur le CSC, quant à elle, s'améliore après l'exposition aux dispositifs.

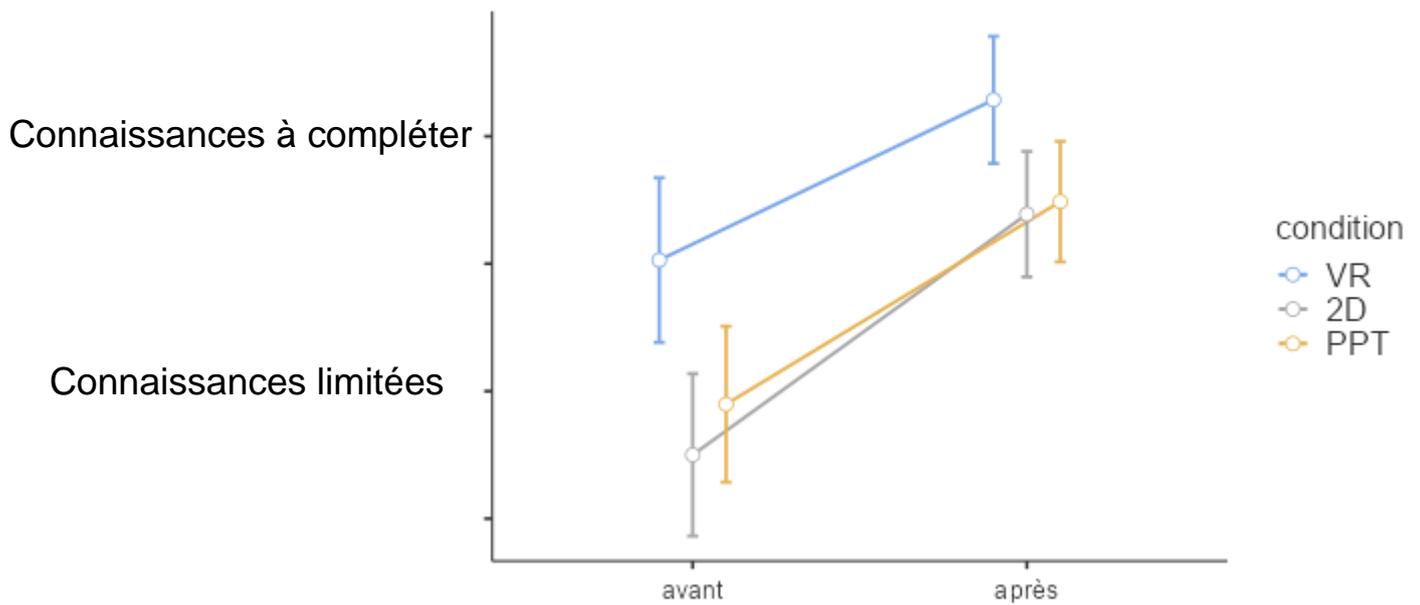


Figure 32 : évolution de la perception des connaissances sur le CSC après exposition aux dispositifs

La perception du niveau de connaissances sur le CSC est plus élevée pour le groupe VR étant donné que c'est dans ce groupe qu'il y a le plus d'experts. On observe que les 3 dispositifs permettent d'améliorer la perception du niveau de connaissances sur le CSC.

En termes d'acquisition de connaissances, la réalité virtuelle se montre aussi efficace que les voies d'informations classiques, ce qui est plutôt conforme à la littérature scientifique, avec un effet positif tendanciel pour les participants n'ayant pas de connaissance sur la thématique de CSC. D'un point de vue logistique, il est plutôt plus intéressant que la vidéo 2D est aussi efficace que la réalité virtuelle immersive parce qu'elle permettra la diffusion des informations sur un plus grand échelle. Cependant, il serait aussi intéressant d'explorer l'effet de la VR auprès des novices. De plus, les conditions de passation de cette expérience peuvent être améliorées, notamment en homogénéisant et en agrandissant l'échantillon. Par ailleurs, ce qui nous intéresse ici, c'est aussi la façon dont la réalité virtuelle pourrait influencer la structuration des représentations sociales et par conséquent, les croyances et les attitudes.

Les croyances sur les bénéfices/risques de la CSC.

Les participants ont été questionnés sur leurs croyances à propos des risques et des avantages du CSC ainsi que sur leur niveau d'accord avec l'implémentation de cette technologie en France.

Les comparaisons de moyennes entre les 3 groupes montrent qu'il n'y a pas d'effet d'exposition au dispositif expérimental sur l'évolution des croyances envers le CSC. Cependant, ces dernières sont (en moyenne) positives. On observe les mêmes résultats pour l'attitude à l'égard de l'installation en France.

En conclusion, on peut dire que les dispositifs expérimentaux permettent d'informer sur le CSC sans pour autant exercer une influence sur les croyances. Cela pourrait être expliqué par le fait que l'échantillon était constitué principalement de participants venant du milieu de l'ingénierie du sous-sol. Ce sont donc probablement des personnes convaincues par la technologie défendue par leur entreprise même en absence d'expertise sur la technologie.

Attitude envers l'usage des différentes sources d'énergies.

On demandait aux participants leurs avis sur l'usage de plusieurs sources d'énergies (gaz, charbon, énergie solaire, ...) ainsi que leur usage associé au captage et stockage de carbone (exemple : gaz en captant et stockant une partie des émissions de CO₂). L'analyse en composantes principales permet de distinguer une structure en 4 facteurs :

- L'usage de l'énergie nucléaire
- L'usage du charbon, y compris avec captage et stockage du CO₂
- L'usage du gaz et de la biomasse, y compris avec captage et stockage du CO₂
- L'usage des énergies renouvelables

On observe une attitude globalement négative envers l'usage de charbon et positive pour le reste des sources d'énergie. Finalement, ce qui compte pour les participants c'est plus la source d'énergie que sa combinaison avec du CSC. Par ailleurs, il n'y a pas de changement d'attitude à l'égard de l'usage des différentes sources d'énergie après l'exposition aux dispositifs expérimentaux. Cependant, il existe une relation négative entre l'usage du charbon et l'usage de l'énergie nucléaire, $r = -.308$, $p < .001$. Plus les participants sont défavorables à l'usage du charbon plus ils sont favorables à l'usage du nucléaire. Ces résultats font penser au fait que la force de l'attitude envers le CSC est encore faible, relativement à d'autres objets de représentation comme les sources d'énergie fossile tels que le charbon ou le pétrole. Ce lien entre l'usage d'une source d'énergie et sa combinaison avec le CSC devrait être mieux expliqué dans des prochaines communications sur la technologie.

Analyse du contenu des associations libres

Pour rappel, nous avons demandé aux participants de fournir entre 1 et 5 mots auxquels ils pensent spontanément qui sont en lien avec les thèmes proposés (changement climatique, sous-

sol, captage et stockage du CO₂). Cette méthode de recueil de données ne permet pas de calculer de score d'importance de chaque mot (Moliner et Lo Monaco, 2017). En effet, les participants ne sont pas restreints à produire plus qu'un seul mot et on ne leur demande pas de donner un ordre d'importance aux mots produits. Par conséquent, l'analyse factorielle de correspondance a été privilégiée. Cependant, l'analyse des fréquences permet d'avoir des informations sur l'évolution des registres de connaissances utilisées tout au long de l'expérience.

Avant toute chose, il est important de rappeler ce que fait d'un objet, le sujet d'une représentation sociale afin de pouvoir définir si on peut qualifier nos thématiques d'association libre de représentations sociales ou pas. Nous nous baserons sur les trois conditions émises par Moscovici qui ont été reprises par Moliner (1993). La première, la dispersion de l'information, reflète « la difficulté d'accès à l'information qui va favoriser la transmission indirecte des savoirs et donc l'apparition de nombreuses distorsions » (Moliner, 1993, p. 5). La seconde condition est la focalisation. Elle « va empêcher les individus d'avoir une vision globale de l'objet » (Moliner, 1993, p. 5). Enfin, la dernière est celle de la pression à l'inférence qui, « se rapporte à la nécessité que les individus ressentent de développer des conduites et des discours cohérents à propos d'un objet qu'ils connaissent mal » (Moliner, 1993, p. 5). Dans notre cas, le changement climatique a fait l'objet d'une médiatisation de plus en plus croissante au cours des dernières décennies notamment avec la problématique de la couche d'ozone. Cependant, le sous-sol n'était jamais proposé comme sujet de controverse ni comme l'objet d'une politisation. De plus, étant une technologie peu diffusée, le captage et stockage du CO₂ n'a pas non plus fait l'objet d'une dispersion d'information, de focalisation ni de pression à l'inférence. De ce fait, nous pouvons qualifier le changement climatique d'objet de représentation sociale mais pas le sous-sol ou la technologie de captage et stockage du CO₂. Néanmoins, en vue de l'actualité sur la crise écologique et la médiatisation grandissante sur ces deux derniers objets, nous assistons actuellement à la genèse des représentations sociale à leurs sujets.

Dans ce qui suit, nous parlerons de structuration de représentation sociale dans le cas changement climatique mais de contenu de connaissances ou de représentation mentale/individuelle en parlant du sous-sol et du captage et stockage du CO₂.

Lors de l'analyse des fréquences trois paramètres sont à considérer dans l'analyse de fréquence d'apparition des mots :

- Le nombre total de mots produits par tous les participants (N).
- Le nombre types ou les mots uniques produits une ou plusieurs fois (T).

- Le nombre de Hapax c'est-à-dire le nombre de mots produits qu'une seule fois dans tous le corpus (H).

De ce fait, plus le ratio T/N est proche de 1 plus il y a de mot unique produits moins la représentation est structurée (entre autres T tend vers H).

Les analyses de fréquences des associations libres montrent qu'il y a plus de production de mots total (N) pour le thème du changement climatique que pour les deux autres. Ce qui pourrait dire que les participants ont des connaissances et croyances (vrai ou pas) sur le sujet. Le ratio (T/N) nous indique que parmi les 3 thèmes les représentations sur le sous-sol sont les plus structurées. Les représentations les moins structurées sont celles sur le captage et stockage du CO2 et ce avant l'exposition. On observe une tendance à la baisse du Ratio T/N pour les associations sur le CSC mais l'inverse pour celles sur le sous-sol. La tendance T/N pour le thème du changement climatique reste constante. Nous pouvons expliquer cela par le fait que l'exposition au contenu du jeu a permis, d'une part de construire des connaissances sur la technologie du captage et stockage du CO2 et de déconstruire des croyances et connaissance sur le sous-sol. En effet, une majorité des participants évoquent un registre qui relève du bâtiment (niveau -1, cave, cellier, ...) lorsqu'ils parlent du sous-sol. Néanmoins, après l'exposition, ce registre devient comparable à un registre du sous-sol géologique. Étant déjà établi et relevant de croyances fortes, nous supposons que le contenu exposé n'influence pas la représentation sur le changement climatique.

Tableau 5 : analyse de fréquence des associations libres sur le changement climatique

Changement Climatique						
	Avant		Après		Après délai	
N	425	N	429	N	412	
T	148	T	149	T	150	
H	87	H	80	H	96	
T/N	0,348	T/N	0,347	T/N	0,364	
H/N	0,204	H/N	0,186	H/N	0,233	
H/T	0,587	H/T	0,536	H/T	0,64	

Tableau 6 : analyse de fréquence des associations libres sur le sous-sol

Sous-sol					
	Avant		Après		Après délai
N	324	N	299	N	291
T	90	T	97	T	90
H	47	H	50	H	49
T/N	0.277	T/N	0.324	T/N	0.309
H/N	0.145	H/N	0.167	H/N	0.168
H/T	0.522	H/T	0.515	H/T	0.544

Tableau 7 : analyse de fréquence des associations libres sur le captage et le stockage du CO2

Captage et stockage de carbone					
	Avant		Après		Après délai
N	257	N	296	N	325
T	162	T	168	T	186
H	113	H	114	H	130
T/N	0,630	T/N	0,567	T/N	0,572
H/N	0,439	H/N	0,385	H/N	0,4
H/T	0,697	H/T	0,678	H/T	0,698

Les analyses factorielles de correspondance nous donnent un aperçu sur le contenu des associations évoqué par les participants.

- Le changement climatique :

Ci-dessous le changement du classement des 10 mots les plus évoqués dans la tâche d'association verbale.

Avant : 1) **Catastrophe**, 2) **Réchauffement**, 3) **Fonte des glaces**, 4) **Chaleur**, 5) **Pollution**, 6) Humain, 7) **Tempête**, 8) Ecologie, 9) Nature, 10) Destruction (39.6% du corpus avant exposition)

Après délai : 1) **Réchauffement**, 2) **Fonte des glaces**, 3) **Pollution**, 4) **Tempête**, 5) **Chaleur**, 6) Danger, 7) Dérèglement, 8) **Catastrophe**, 9) Catastrophes naturelles, 10) Canicule (41.3% du corpus après délai)

On constate que les thèmes les plus fréquents parmi les évocations renvoient principalement à des manifestations ou des conséquences du changement climatique. Certains de ces mots restent saillants et constant dans le temps.

Dans un premier temps, des analyses factorielles de correspondance ont été réalisées en tenant uniquement compte des facteurs socio-démographiques. Dans l'analyse des sorties des AFC, nous interprétons la distance entre les mots et leur positionnement d'une part et d'autre des axes. En faisant ainsi, on observe que les participants les plus jeunes de l'échantillon, les participants de catégorie populaire et les participants sans activité professionnelle utilisent des mots chargés émotionnellement pour décrire le changement climatique (danger, désastre, problème, ...). Un contenu en lien avec l'humain (mortalité, pollution, industrialisation) est plus saillant chez les participants hommes, les participants de niveau de vie aisée et les participants ayant des postes de cadres ou occupant des professions intellectuelles supérieures. En opposition aux participants les plus jeunes (selon le graphique), les participants les plus âgés (age_quart.4) sont plus orientés sur les solutions (respect, changement de comportement). Un contenu descriptif générique (canicule, nature, catastrophes naturelles, ...) est donné par les

participants qui ont entre 25 et 29 ans et par les participants commerçants, artisans, et chefs d'entreprises.

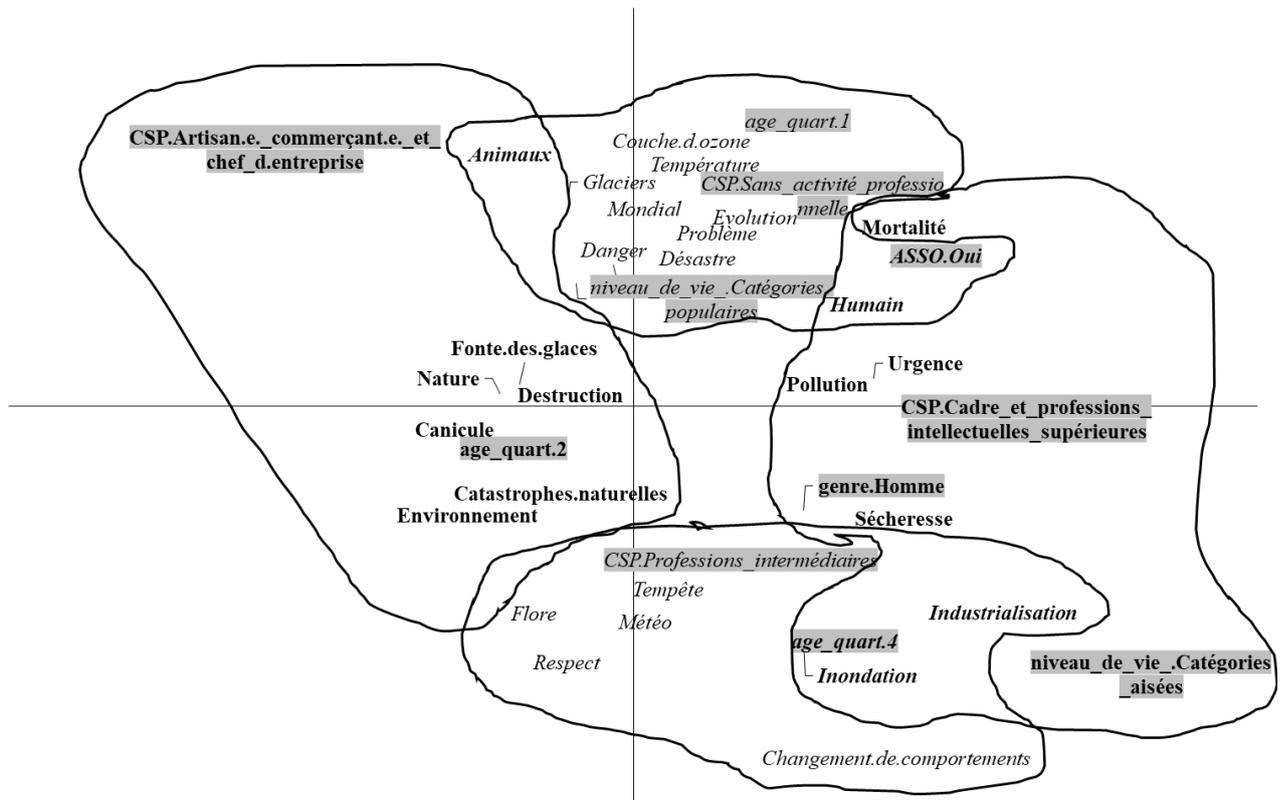


Figure 33 : représentation graphique de correspondance des mots sur le changement climatique avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon avant l'exposition aux dispositifs

Les productions ne sont pas stables selon chacun des temps, nous n'obtenons pas les mêmes graphiques. Cependant, on constate que la description du caractère « urgent » et « catastrophique » de la transition écologique reste saillante (figure 33).

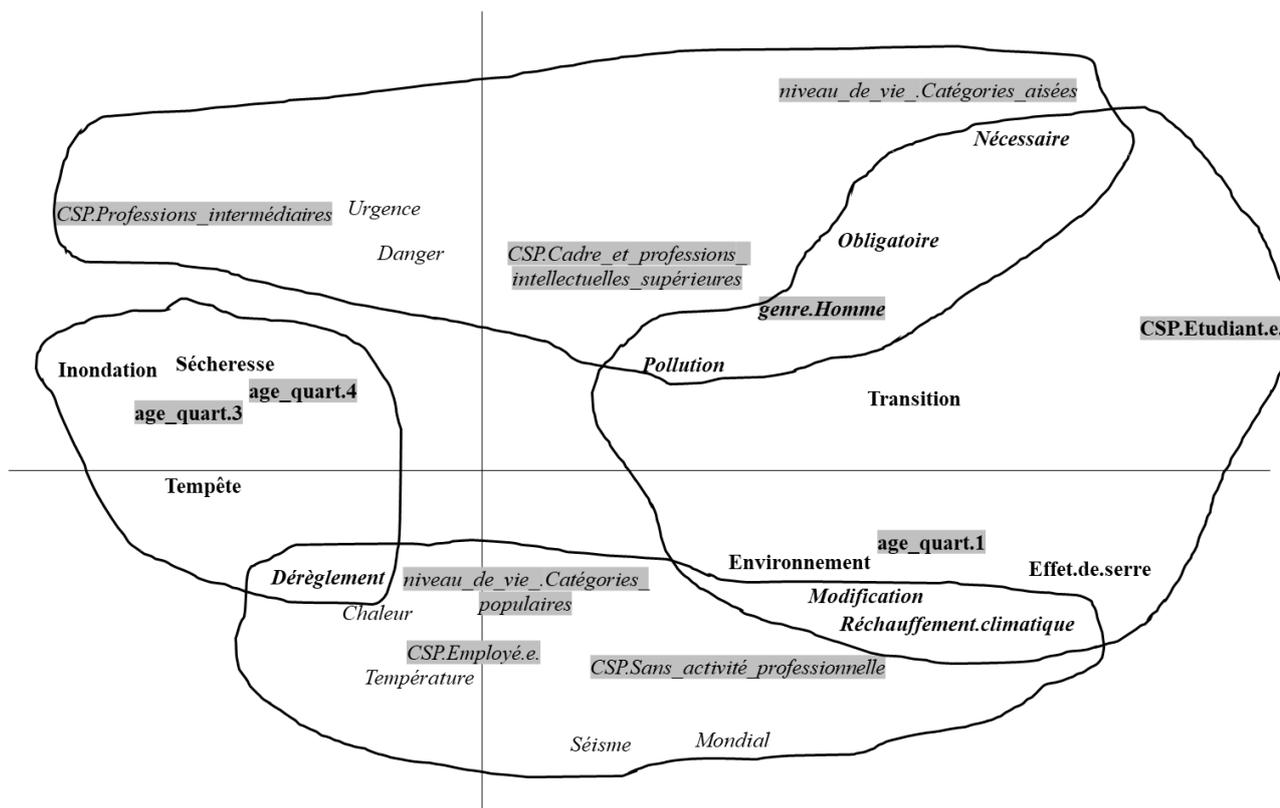


Figure 34 : représentation graphique de correspondances des mots sur le changement climatique avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon après l'exposition aux dispositifs

Deux semaines après l'exposition au dispositif, on observe que le cluster 1 qui représente les participants qui ont profité le moins, des connaissances de la vidéo, sont associées aux scores les plus faibles en attitude pro-environnementale et en besoin de cognition. Ils produisent aussi des mots génériques en lien avec le changement climatique (planète, climat). D'autres participants ayant des scores faibles d'attitude pro-environnementale par rapport au reste de l'échantillon décrivent bien les manifestations du changement climatique mais n'évoquent pas le registre de la catastrophe à l'inverse des participants ayant les scores les plus élevés (urgence, catastrophe).

Pour le groupe SG, les participants du cluster 3 sont associés à un niveau supérieur de besoin en cognition par rapport au reste de l'échantillon. Ce constat va dans le sens de notre interprétation de ce cluster, qui avance que ce sont les participants qui ont été attirés par l'aspect ludique du SG. Ce groupe évoque des notions de transition tels que le changement comportemental, l'énergie ainsi que la notion de l'obligation. Le serious game a peut-être amorcé la notion de la transition écologique chez les participants qui l'ont utilisé.

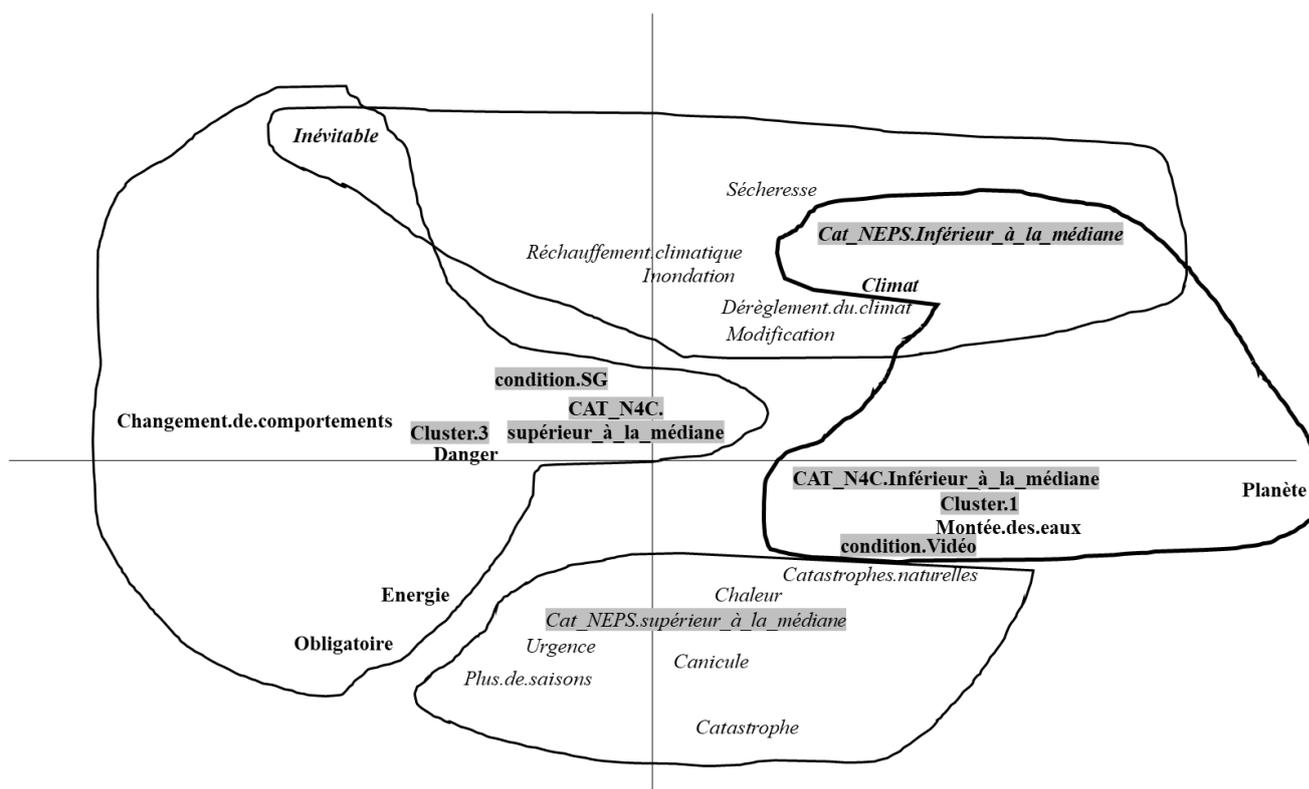


Figure 35 : représentation graphique de correspondances des mots sur le changement climatique avec les caractéristiques psychologiques de l'échantillon après l'exposition aux dispositifs

Il est à noter qu'il y avait quelques idées que nous avons estimé erronées comme la considération des séismes et des tsunamis comme conséquence du changement climatique. Ces idées ont persisté même après l'exposition au contenu du jeu et de la vidéo.

En conclusion, on peut dire que la représentation sociale autour du changement climatique est déjà assez structurée. Il existe un consensus sur sa dangerosité pour l'humain et le reste du vivant. Néanmoins, certains aspects de ce phénomène notamment ses causes et ses conséquences sont encore nuancées voire sujets de controverse.

- Sous-sol

D'après les mots les plus évoqués (ci-dessous) en lien avec le thème du sous-sol, on trouve une représentation dominante plutôt différente du concept du sous-sol géologique profond. Les participants pensent plutôt à un lieu de rangement dans le niveau inférieur d'un bâtiment qui garde le frais. Cette représentation tend à se transformer après l'exposition aux dispositifs expérimentaux. On observe l'apparition de termes en lien avec les technologies du sous-sol tels que la géothermie et le captage et stockage du CO2.

Avant : 1) **Terre**, 2) **Cave**, 3) **Sous-sol**, 4) **Ressources**, 5) **Nappes phréatiques**, 6) Maison, 7) Dessous, 8) Garage, 9) Eau, 10) Nature (54,6% du corpus).

Après délai : 1) **Terre**, 2) **Sous-sol**, 3) **Cave**, 4) Réserves, 5) **Ressources**, 6) Géothermie, 7) **Nappes phréatiques**, 8) Dessous, 9) Stockage, 10) Captage et stockage du CO2 (51,5% du corpus).

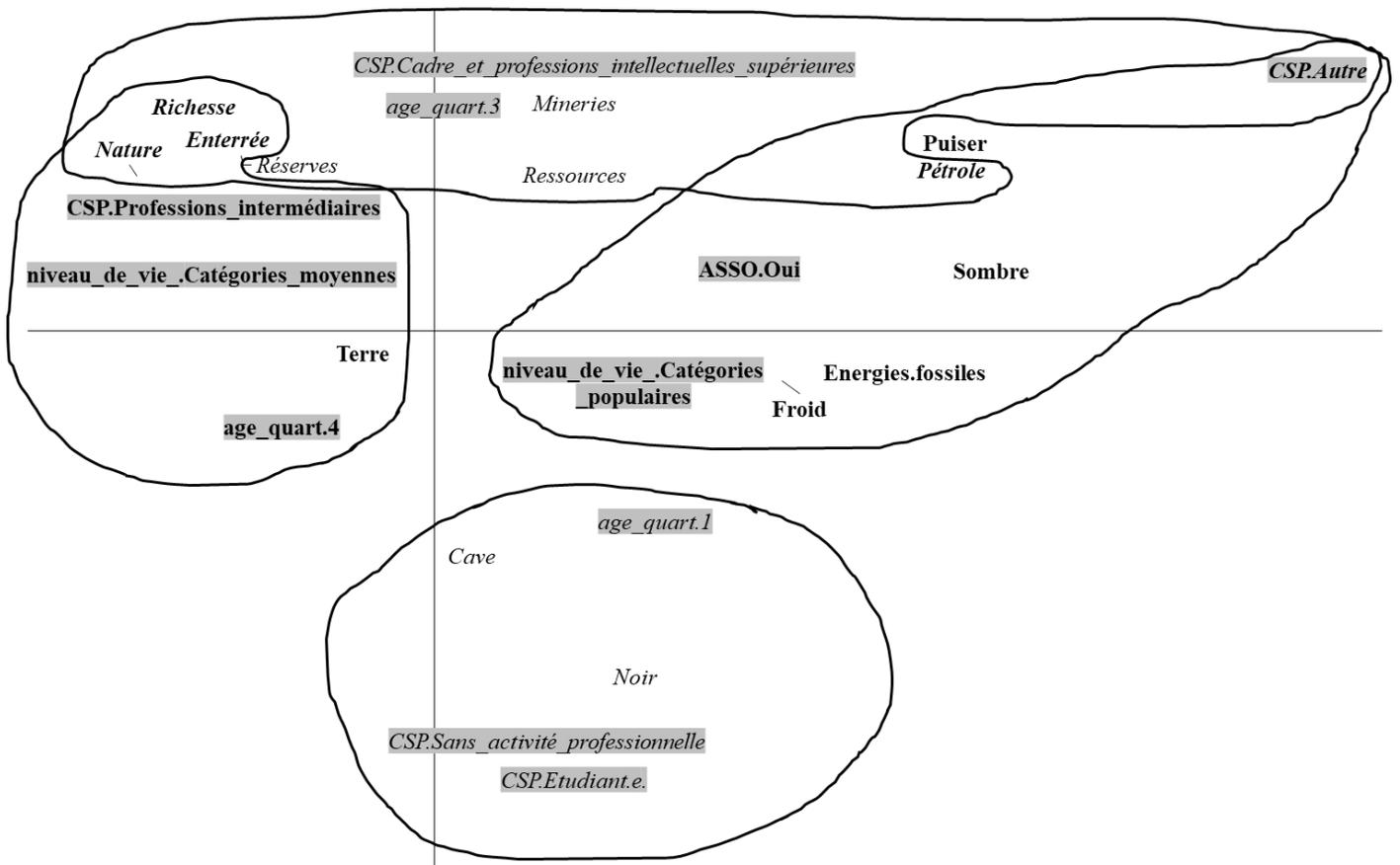


Figure 36 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur le sous-sol avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon avant l'exposition aux dispositifs

Selon la figure 36, ce sont les étudiants, les personnes sans activité professionnelle qui ont cette représentation erronée du sous-sol. Les personnes les plus âgées de l'échantillon considèrent le sous-sol comme lieu de richesse et de ressources naturelles. Cela pourrait être dû au fait que ce sont des personnes qui ont connu l'impact des chocs pétroliers ou que ce sont des personnes qui ont été exposés dans les dernières décennies, à la valorisation de l'extraction pétrolière et son lien avec la richesse d'un pays, une idée qui est moins d'actualité dans ce contexte de crise écologique.

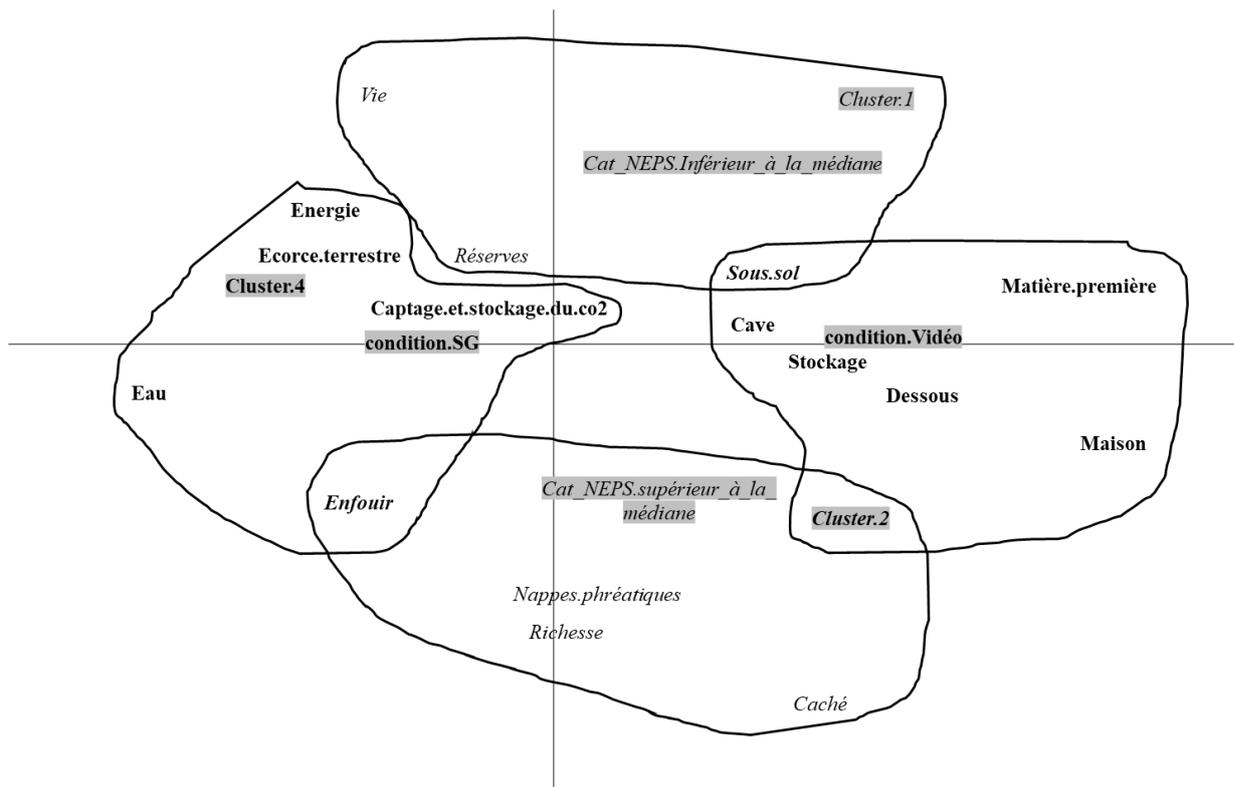


Figure 37 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur le sous-sol avec les caractéristiques psychologique de l'échantillon après deux semaines de l'exposition aux dispositifs

Après l'exposition aux contenus informationnels des dispositifs, nous constatons que ce sont les participants qui ont joué au serious game qui évoquent le plus la technologie du captage et du stockage du CO₂, en pensant au sous-sol. Pour les participants dans le groupe vidéo, la représentation dominante reste celle d'une cave de maison. Nous observons aussi que le cluster 2, celui qui contient des participants manifestant un effet de réactance psychologique, associe le sous-sol avec un registre assez riche mais sans pour autant évoquer le captage et stockage du CO₂. Ce cluster est, encore une fois, associé au niveau le plus élevé d'attitude pro-environnementale par rapport au reste de l'échantillon.

- Le captage et stockage du CO2

Avant : 1) **Sous-sol**, 2) Air 3) Oxygène, 4) Energie, 5) Arbre, 6) **CO2**, 7) Danger, 8) Ecologie, 9) Usine, 10) Gaz, (21.8% du corpus).

Après délai : 1) **Sous-sol**, 2) Stockage du CO2, 3) Solution, 4) Nouveauté, 5) Avenir, 6) Stockage, 7) Récupérer le CO2, 8) Réduire les émissions, 9) Enfouir le CO2, 10) **CO2**, (27.8% du corpus).

Par rapport aux autres thématiques, la représentation sur le captage et le stockage du CO2 est la moins construite. Les dix mots les plus évoqués avant exposition et après deux semaines de l'exposition, représentent une portion faible l'ensemble des associations. De plus, il n'y a pas beaucoup de similitude entre les mots les plus fréquents avant et après délai.

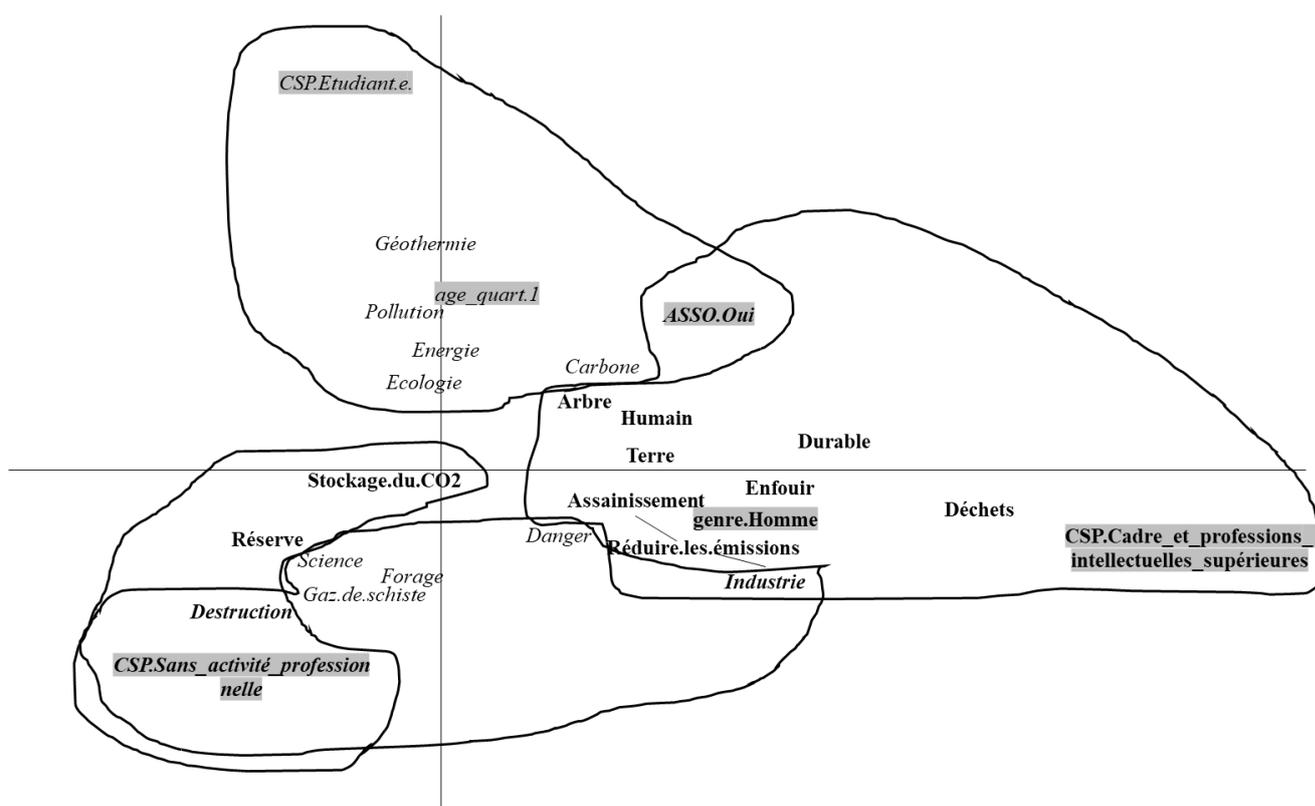


Figure 38 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur la technologie du captage et stockage du CO2 avec les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon avant l'exposition aux dispositifs

Selon la figure 38, nous observons qu'avant l'exposition au matériel expérimental, le stockage du CO2 est associé à un vocabulaire négatif (destruction) et est opposé au vocabulaire relevant de la transition écologique (durable, réduire les émission, arbre). Nous avons aussi constaté une

confusion sur la technologie du captage et stockage du CO2 comme une nouvelle source d'énergie ou nouvelle technique pour stocker l'énergie.

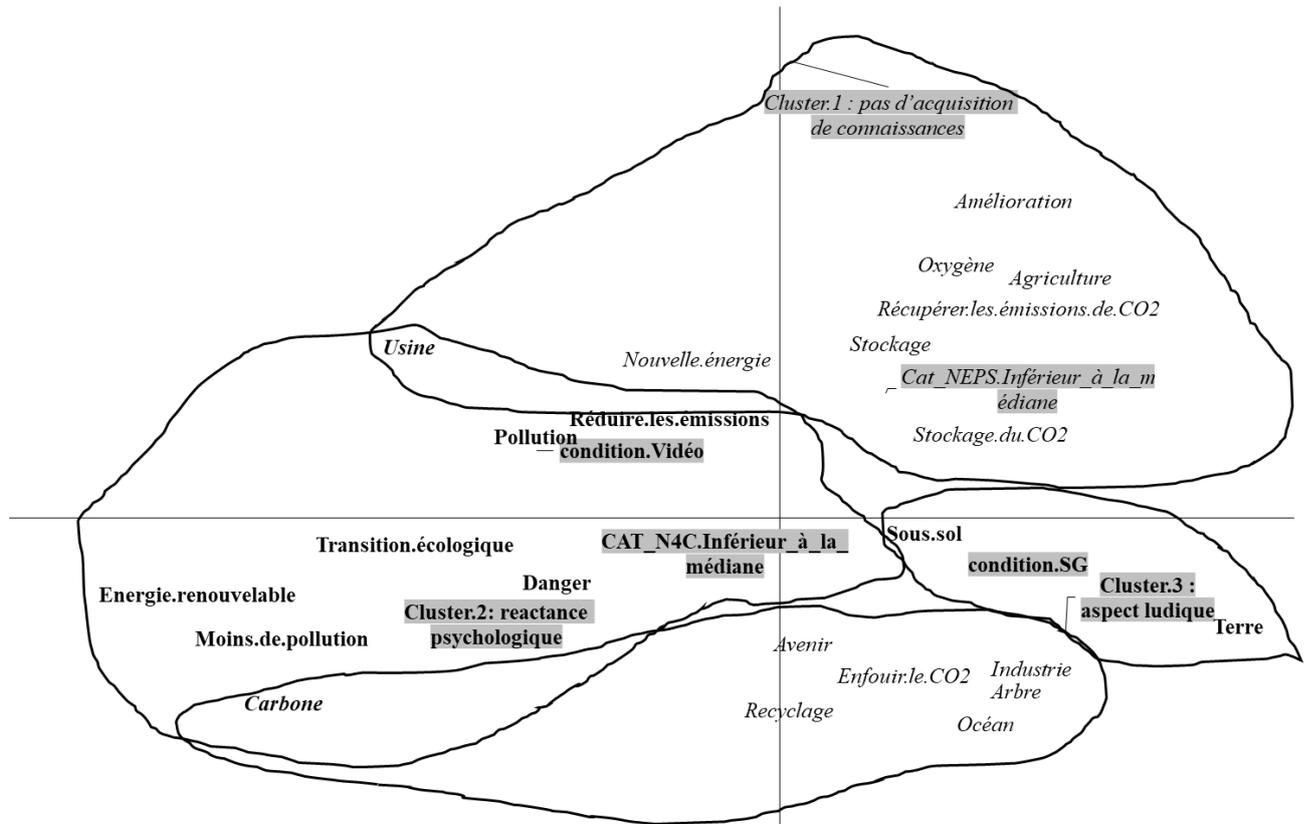


Figure 39 : représentation graphique de correspondances des associations libres sur la technologie du captage et stockage du CO2 avec les caractéristiques psychologiques de l'échantillon après deux semaines de l'exposition aux dispositifs

Après deux semaines de l'exposition, nous observons que les personnes ayant un score d'attitude pro-environnementale inférieur à la médiane sont plus enclins à donner la définition de la technologie mais sans pour autant être dans le détail. Cependant, les personnes manifestant une réactance psychologique évoquent des associations sur les avantages de la technologie sans pour autant citer le captage et stockage du CO2 directement. Les participants du cluster 3 (ceux qui se sont concentrés sur l'aspect ludique du jeu) donnent de leur côté des mots génériques et avec peu de lien avec le CSC. Quelques participants font référence à l'engagement de plusieurs solutions (recyclage, industrie, arbre, enfouir le CO2). Ce regroupement de mots est plus proche sur le graphique de la « condition.SG ».

Au bilan, on peut dire que les représentations individuelles sur le captage et stockage du CO2 a pu légèrement se structurer après exposition aux dispositifs mais il reste plusieurs zones de

flous et de divergence sur sa conception. Le serious game est plus associés à des représentations positives de la technologie tandis que la vidéo peut provoquer une représentation plus descriptive et superficielle.

Finalement, on a observé trois manières différentes d'évolution de la représentation suite à l'exposition aux mêmes outils (SG et vidéo). Nous avons constaté qu'il y a peu d'effet des dispositifs sur l'évolution des représentations déjà fortement structurées même en présence d'idées fausses. Pour les représentations qui ne sont pas structurées comme celle sur le captage et stockage du CO₂, nous avons observé que les représentations mentales commencent à se structurer mais les zones nuancées restent présentes. De ce fait, l'acquisition des informations plus approfondie sur le sujet est nécessaire.

Limites

La première limite qu'on porte sur les dispositifs expérimentaux est le fait que la VR et le serious game ont été davantage conçus dans une logique de communication que d'apprentissage. Entre autres, les actions prises au cours d'une partie de Climate Crusade n'ont pas d'incidence majeure sur le reste de la partie de jeu. De plus, il n'y a pas de module de vérification des acquis pendant le jeu ; c'est-à-dire pour passer d'une phase du jeu à une autre les participants ne mettent pas nécessairement en œuvre les informations récoltées jusqu'à ce stade-là. De même pour la vidéo VR, les actions prises dans le jeu n'ont une seule conséquence.

Limites de l'expérience VR :

Les expériences réalisées dans le cadre du lot 2.1 du projet GÉFISS donne un aperçu sur l'usage de le serious gaming et de la réalité virtuelle immersive dans l'information et la formation des représentations sur la transition énergétique. Cependant, ce travail n'est pas sans limites. En effet, la répartition des participants dans les conditions expérimentales est hétérogène (niveau d'expertise, âge). A l'inverse de la première expérience, il n'y avait pas de mesure des connaissances après un délai suffisant afin d'évaluer le niveau de cristallisation des informations à long terme. Peut-être qu'en vue de son caractère mémorable, la réalité virtuelle permettrait une meilleure cristallisation des informations communiquées.

Plusieurs participants ont indiqué une intention de tester le serious game mais nous ne testons pas ici leur implication effective dans le jeu. Sur tout l'échantillon seulement, 18.2% des participants n'ont pas exprimé leur volonté de tester le jeu (38.2% ont avancé qu'ils l'essayeront peut-être). Etant donné que dans la littérature scientifique, l'intérêt du *serious gaming* porte sur l'engagement des participants dans le processus d'apprentissage, nous nous demandons quel serait l'effet de l'exposition à la réalité virtuelle immersive sur l'implication dans le jeu.

Limites de l'expérience SG :

Il est vrai que le passage par l'entreprise Panel-labs pour la première expérience a permis d'avoir un échantillon varié, mais nous avons constaté tout au long des analyses une implication faible dans le jeu et l'expérience en général (un effet flagrant de désirabilité sociale, lancement du jeu sans pour autant y jouer, du plagiat de Wikipédia lors des réponses aux questions ouvertes). Nous estimons que cela est due à la lourdeur du protocole expérimental d'un côté et au fait d'avoir une motivation extrinsèque pour y participer (être payé pour participer).

De ce fait, nous pensons qu'une mesure de l'implication dans le jeu aurait dû être effectuée par le biais de questions directes pour mieux comprendre les limites du jeu tel qu'il est conçu actuellement. Dans notre cas, nous nous sommes contentés à l'analyse des données du jeu (nombre de parties jouées, nombre d'améliorations achetées, ...) ce qui nous donne une idée factuelle sur l'implication dans le jeu mais aucune information sur le ressenti.

Par ailleurs, nous ne nous sommes pas intéressés aux processus d'apprentissage impliqués dans chacun des dispositifs. Dans la littérature, l'enseignement peut être explicite, on parle aussi d'enseignement direct en donnant toutes les informations nécessaires à l'apprentissage, qui est généralement opposé à des approches plus implicites comme l'apprentissage par la découverte, par problème, par investigation qui sont généralement groupées sous le terme d'apprentissage constructiviste (Kirschner, et al., 2006). L'apprentissage explicite est plus efficace pour des novices alors que l'apprentissage implicite est aussi efficace, voire meilleur pour des personnes ayant déjà une base de connaissances (Roblyer et al., 1997). Dans la première expérience, nous étions dans une logique de comparaison d'un outil qui implique un enseignement explicite qu'est la vidéo à un outil qui implique un enseignement implicite qu'est le serious game. Sur le potentiel pédagogique de l'articulation, il nous faudra rentrer dans une logique de complémentarité entre la vidéo et le serious game.

Perspectives

A l'instar de constats présentés dans la partie précédente, nous proposons deux expériences qui essayent de répondre aux deux questions principales :

- Quel serait l'impact de l'exposition à la réalité virtuelle immersive sur l'implication dans le jeu Climate Crusade ?
- Quel serait l'impact de l'exposition respective à la vidéo (de la première expérience) et au serious game sur l'acquisition et la cristallisation des informations en lien avec la transition écologique ?

Expérience 3 : l'effet de la VR sur implication dans le jeu

Le but de l'étude 3 sera de tester l'effet de l'expérience directe, *via* l'immersion, avec un objet peu familier (ici, une technologie du sous-sol dans le cadre de la transition écologique) sur les comportements de recherche d'information sur l'objet. Parmi ces comportements, on testera notamment l'engagement avec le serious game, outil pédagogique contenant des informations sur la transition écologique et les technologies du sous-sol. A défaut de pouvoir généraliser

l'existence d'un tel effet de l'immersion à toute situation de découverte d'un objet peu familier en immersion, on pourra évaluer le potentiel pédagogique de l'association entre les deux outils (vidéo VR et SG) dans la communication sur la mitigation envers le réchauffement climatique. L'hypothèse théorique principale serait que l'expérience directe de l'objet rendue possible par la réalité virtuelle mènera à plus de recherches et d'acquisition d'informations. Pour capturer une mesure de recherche d'informations par les participants, nous utiliserons plusieurs sources de données : des déclarations des participants en fin d'expérience sur leur recherche d'informations et sur leur implication dans le serious game ; des données de jeu incluant des caractéristiques des parties jouées par les participants ; et enfin l'évolution de scores de connaissances des participants au cours de l'expérience, mesurant le succès de leurs éventuels comportements de recherche de connaissances.

L'expérience comportera trois temps et les participants seront répartis dans quatre groupes (figure 40).

Dans un premier temps, les participants répondront à une série de questionnaires de personnalité : inventaire de l'attitude environnementale (IAE), besoin en cognition (NFC), ainsi qu'un questionnaire de propension à jouer aux jeux vidéo. Ils répondront ensuite à un questionnaire de connaissances qui sont tirées d'informations contenues dans la vidéo VR et le SG. Puis, les participants seront répartis dans les quatre groupes. Les participants du groupe expérimental se verront présenter la vidéo en VR, puis seront invités à télécharger le serious game sur leur smartphone ou tablette et à en faire une partie. Le deuxième et le troisième groupe visionneront respectivement la vidéo 2D et la vidéo diaporama dans un ordre différent avant d'être invités à télécharger et jouer au serious game également. Le quatrième groupe ne visionnera aucune vidéo et sera seulement invité à télécharger et jouer au jeu. Ces quatre groupes permettent de contrôler l'effet du caractère immersif de la vidéo VR, l'effet de la présentation des informations sous forme de vidéo narrative et visuellement riche comparé à une présentation plus classique, et enfin l'effet de la présentation d'informations sur le CSC en elle-même. Suite à cette exposition aux dispositifs pédagogiques, les participants répondront à nouveau au questionnaire de connaissances.

Pendant les quatre semaines suivant le premier temps de l'expérience, les participants auront la possibilité de rejouer ou non au serious game installé sur leur appareil. Ce comportement sera mesuré par les données de jeu auxquelles nous avons accès.



Figure 40 : protocole expérimental de l'expérience 3

Dans un deuxième et troisième temps, espacés de deux semaines, les participants répondront à nouveau à des questionnaires, cette fois en ligne et à distance. Ils répondront à nouveau au questionnaire de connaissances basiques, mais aussi à un questionnaire de connaissances « avancées », non contenues dans les dispositifs mais portant aussi sur le changement climatique, sa mitigation, et des technologies de géoingénierie dont le CSC. Ce questionnaire servira à capturer le résultat en termes de connaissances acquises d'éventuelles recherches hors le jeu. Parmi les sources dont les questions seront inspirées, on trouvera les rapports du GIEC et des articles de presse ou scientifiques présentant des controverses, ainsi qu'un document détaillé sur le CSC par Géonet dont un lien est donné dans la rubrique « En savoir plus » du SG (<http://online.fliphtml5.com/iomp/txau/#p=1>). Dans le deuxième temps, un questionnaire d'attitude sur le CSC sera également administré, afin d'explorer l'effet éventuel de l'immersion et de la recherche de connaissances sur la force et la valence des attitudes. Dans le troisième temps, les participants seront questionnés *via* des échelles de Likert et des questions à choix multiples sur leur implication passée dans le jeu et leurs éventuels comportements de recherche de connaissances sur le CSC et la transition écologique dans les quatre semaines précédentes.

On s'attend aux résultats suivants, constituant nos hypothèses opérationnelles :

H1 : Les participants exposés à la réalité virtuelle avant de jouer à Climate Crusade feront plus de parties.

H2 : Les participants exposés à la réalité virtuelle avant de jouer à Climate Crusade achèteront des améliorations dans une plus grande variété de secteurs.

H3 : Les participants exposés à la réalité virtuelle avant de jouer à Climate Crusade auront une augmentation plus élevée de leurs scores de connaissances.

H4 : Les participants exposés à la réalité virtuelle avant de jouer à Climate Crusade affirmeront avoir cherché à s'informer par ailleurs.

H5 : Les participants exposés à la réalité virtuelle avant de jouer à Climate Crusade auront des scores de connaissances « avancées » plus élevés.

On peut également supposer que les participants exposés à la réalité virtuelle achèteront plus d'améliorations CSC et se renseigneront relativement plus sur le CSC en particulier, du fait d'une attitude plus positive ou curieuse envers cette technologie, ou encore une plus grande familiarité due à l'expérience directe.

Nous supposons que des participants ayant un besoin en cognition relativement élevé seront plus susceptibles d'aller chercher des informations et auront de meilleurs scores de connaissances. Quant aux participants jouant beaucoup aux jeux vidéo, nous supposons qu'ils seront plus impliqués dans le jeu, en termes de quantité de parties jouées au moins. Il est possible néanmoins qu'étant plus attachés au côté ludique de l'outil qu'à son potentiel didactique, ils s'impliquent moins dans l'acquisition de connaissances à travers le jeu, ne lisant et retenant que le minimum d'informations quantitatives permettant de gagner une partie, et sans forcément considérer ces connaissances comme applicables en-dehors du jeu. L'attitude pro-environnementale peut potentiellement augmenter la motivation à s'impliquer mais peut aussi être une source de réactance psychologique comme on l'a vu dans les études précédentes. Nous supposons également que l'attitude envers le CSC des participants ayant été exposés à cette technologie en réalité virtuelle immersive sera plus forte et extrapolée que celle des participants ayant eu une expérience plus indirecte. Si cela s'avérait correct, il serait intéressant dans des recherches ultérieures de tester l'interaction et le sens du possible lien de causalité entre l'immersion, la force de l'attitude et le comportement de recherche d'informations, ou d'engagement plus généralement.

Expérience 4 : l'effet de l'exposition à une source d'enseignement explicite sur l'acquisition et la cristallisation des connaissances promu par le jeu

Dans cette expérience, nous testerons l'effet de l'exposition successive à la vidéo sur le changement climatique et la transition écologique et le serious game Climate Crusade sur l'acquisition et la cristallisation des informations. Partant du principe que la vidéo propose un enseignement explicite et que le serious game propose un enseignement implicite, les deux outils vont être complémentaires et les participants bénéficieront davantage des deux outils ensemble que quand ils sont exposés au serious game seulement. Dans une optique d'évaluation longitudinale de l'acquisition et la cristallisation des connaissances, cette expérience se déroulera aussi sur trois temps (figure 41).

Après avoir répondu à une première série de questionnaires, les participants du groupe expérimental regarderont une vidéo avant de faire une partie de Climate Crusade. Puis, ils répondront à un questionnaire de connaissance en lien avec les informations du jeu. Après un délai de 2 semaines, ils répondront au même questionnaire de connaissances. Enfin, après un délai d'un mois, ils répondront au même questionnaire de connaissances en plus de quelques questions sur leurs comportements dans le jeu et ceux de recherche d'informations complémentaires hors-jeu. Ils répondront aussi à un questionnaire d'intention comportementale pro-environnementale.

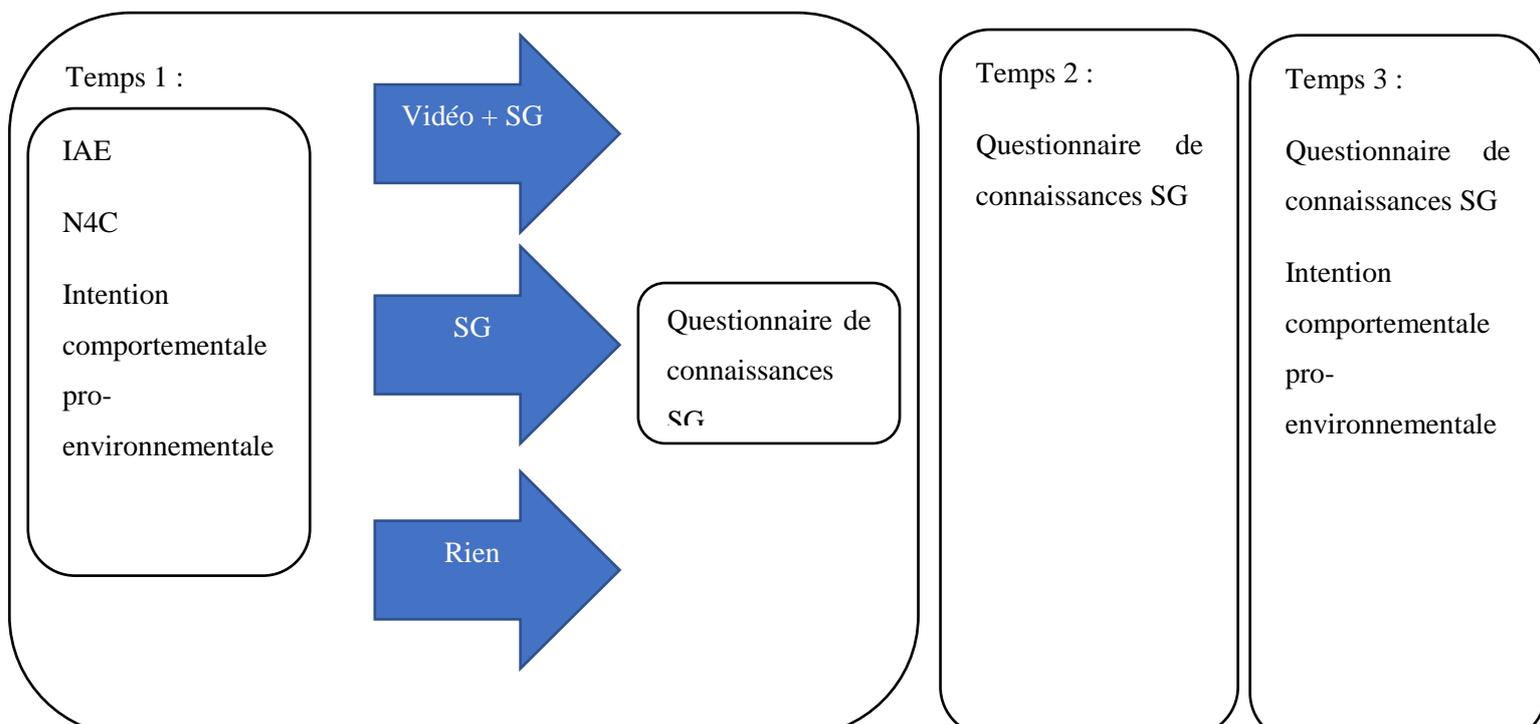


Figure 41 : protocole expérimental de l'expérience 4

Références

- Blei, D. M., Ng, A., Ng, & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*.
- Brehm, J. W. (1966). *A theory of psychological reactance*. Academic Press.
- Breuer, J., & Bente, G. (2010). Why so serious? On the relation of serious games and learning. *Journal for Computer Game Culture*, 4, 7-24.
- Burgoon, J. K. (2018). Predicting Veracity From Linguistic Indicators. *Journal of Language and Social Psychology*, 37(6), 603-631. <https://doi.org/10.1177/0261927X18784119>
- Cacioppo, J. T., & Petty, R. E. (1982). The need for cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42(1), 116–131. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.42.1.116>
- Channouf A., Py J. et Somat A. (1996), Prédire des comportements à partir des attitudes : nouvelles perspectives, in J.-C. Deschamps et J.-L. Beauvois (Eds), *La psychologie sociale, 2 : Des attitudes aux attributions*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble.
- Connolly, T., Boyle, E., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & education*, 59(2), 661-686. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>
- Darty, K. (2015). Évaluation de la qualité des comportements des agents en simulation. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI.
- Deterding, S., Dixon, D. A., Khaled, R., & Nacke, L. E. (2011). From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference : Envisioning Future Media Environments*. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, JP., Rampnoux, O. (2011). Origins of Serious Games. In: Ma, M., Oikonomou, A., Jain, L. (eds) *Serious Games and Edutainment Applications*. Springer, London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9_3
- Dunlap, R. E., Van Liere, K. D., Mertig, A. G., & Jones, R. E. (2000). New Trends in Measuring Environmental Attitudes: Measuring Endorsement of the New Ecological Paradigm: A Revised NEP Scale. *Journal of Social Issues*, 56(3), 425-442. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00176>

- Duval, D., & Pétry, F. (2016). L'analyse automatisée du ton médiatique : Construction et utilisation de la version française du *Lexicoder Sentiment Dictionary*. *Canadian Journal of Political Science*, 49(2), 197-220. <https://doi.org/10.1017/S000842391600055X>
- Fazio, R. H. (1990). Multiple Processes by which Attitudes Guide Behavior : The Mode Model as an Integrative Framework. *Elsevier eBooks*, 75-109. [https://doi.org/10.1016/s0065-2601\(08\)60318-4](https://doi.org/10.1016/s0065-2601(08)60318-4)
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Guimelli, C. (1999). Les représentations sociales. Dans : Christian Guimelli éd., *La pensée sociale* (pp. 63-78). Paris cedex 14: Presses Universitaires de France.
- Hauch, V., Blandón-Gitlin, I., Masip, J., & Sporer, S. L. (2015). Are Computers Effective Lie Detectors? A Meta-Analysis of Linguistic Cues to Deception. *Personality and Social Psychology Review*, 19(4), 307-342. <https://doi.org/10.1177/1088868314556539>
- Herzig, P., Ameling, M., & Schill, A. (2012). A Generic Platform for Enterprise Gamification. *IEEE/IFIP International Conference on Software Architecture*. <https://doi.org/10.1109/wicsa-ecsa.212.33>
- Immersion / Présence – Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO*. (s. d.). Consulté le 13 octobre 2022, à l'adresse <http://w3.uqo.ca/cyberpsy/index.php/immersion-et-presence/>
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327108ijap0303_3
- Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*. 3(3), 203-220.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. F. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work : An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kruglanski, A. W., & Webster, D. M. (1996). Motivated closing of the mind: "Seizing" and "freezing." *Psychological Review*, 103(2), 263–283. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.2.263>

- Lavigne, M. (2016). Jeu et non jeu dans les serious games. *Sciences du jeu*.
<https://doi.org/10.4000/sdj.648>
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin Press
- Milfont, T. L., & Duckitt, J. (2010). The environmental attitudes inventory: A valid and reliable measure to assess the structure of environmental attitudes. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1), 80-94. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.09.001>
- Moliner, P. (1993). Cinq questions à propos des représentations sociales. *Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 20, 5-14.
- Moliner, P., & Lo Monaco, G. (2017). *Méthode d'association verbale pour les sciences humaines et sociales : Fondements conceptuels et aspects pratiques*. Fontaine: Presses universitaires de Grenoble.
- Moussaoui, L. S., Desrichard, O., Mella, N., Blum, A., Cantarella, M., Clémence, A., & Battiaz, E. (2016). Validation française de l'Inventaire d'Attitudes Environnementales. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 66(6), 291-299. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2016.06.006>
- Plaisant, O., Courtois, R., Réveillère, C., Mendelsohn, G. A., & John, O. P. (2010). Validation par analyse factorielle du Big Five Inventory français (BFI-Fr). Analyse convergente avec le NEO-PI-R. *Annales Médico-Psychologiques*, 168(2), 97-106.
<https://doi.org/10.1016/j.amp.2009.09.003>
- Reinert, M. (1993). Les « mondes lexicaux » et leur "logique" à travers l'analyse statistique d'un corpus de récits de cauchemars. *Langage et société*, 66(1), 5-39.
<https://doi.org/10.3406/lisoc.1993.2632>
- Ritterfeld, U., Cody, M. J., & Vorderer, P. (2009). *Serious games : mechanisms and effects*. Routledge eBooks. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BB00076910>
- Roberts, M. E., Stewart, B. M., & Tingley, D. (2019). stm: An R Package for Structural Topic Models. *Journal of Statistical Software*, 91(2), 1–40.
<https://doi.org/10.18637/jss.v091.i02>
- Roblyer, M. D., Edwards, J., & Havriluk, M. A. (1997). *Integrating Educational Technology Into Teaching*. Macmillan College.
- Rosenberg, M. J., Hovland, C. I., McGuire, W. J., Abelson, R. P., & Brehm, J. W. (1960). *Attitude organization and change: An analysis of consistency among attitude components*. (Yales studies in attitude and communication.). Yale Univer. Press.
- Salama-Younes, M., Guingouain, G., Le Floch, V., & Somat, A. (2014). Besoin de cognition, besoin d'évaluer, besoin de clôture : Proposition d'échelles en langue française et

approche socio-normative des besoins dits fondamentaux. *Revue européenne de psychologie appliquée*, 64(2), 63-75. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2014.01.001>

Saredakis, A. D., Szpak, A., Birkhead, B., & Keage, H. A. D. (2019). Factors associated with virtual reality sickness in head-mounted displays: A systematic review and meta-analysis. <https://doi.org/10.31234/osf.io/7u4hn>

Schleyer-Lindenmann, A., Dauvier, B., Ittner, H., & Piolat, M. (2014). Mesure des attitudes environnementales : Analyse structurale d'une version française de la NEPS (Dunlap et al., 2000). *Psychologie Française*, 61(2), 83-102. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2014.07.002>

Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 10(3), 266-281. <https://doi.org/10.1162/105474601300343603>

Simac-Lejeune, A. (2012). Gamification d'environnement informatique. *Quatrièmes Rencontres Jeunes Chercheurs en EIAH*.

Somrak, A., Humar, I., Hossain, M. S., Alhamid, M. F., Hossain, M. A., & Guna, J. (2019). Estimating VR Sickness and user experience using different HMD technologies: An evaluation study. *Future Generation Computer Systems*, 94, 302-316. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.11.041>

Terlutter, R., & Capella, M. L. (2013). The Gamification of Advertising : Analysis and Research Directions of In-Game Advertising, Advergaming, and Advertising in Social Network Games. *Journal of Advertising*, 42(2-3), 95-112. <https://doi.org/10.1080/00913367.2013.774610>

Tolppanen, S., Claudelin, A. & Kang, J. (2020, 4 février). Pre-service Teachers' Knowledge and Perceptions of the Impact of Mitigative Climate Actions and Their Willingness to Act. *Research in Science Education*, 51(6), 1629-1649. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09921-1>

Trope, Y., & Liberman, N. (2010). Construal-level theory of psychological distance. *Psychological Review*, 117(2), 440-463. <https://doi.org/10.1037/a0018963>

Venkatesh, V., Morris, M. A., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *Management Information Systems Quarterly*, 27(3), 425. <https://doi.org/10.2307/30036540>

Weech, S., Kenny, S., & Barnett-Cowan, M. (2019). Presence and cybersickness in virtual reality are negatively related: A review. *Frontiers in Psychology*, 10(FEB), 1-19. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00158>

- Whitmarsh, L., Xenias, D. & Jones, C.R. (2019). Framing effects on public support for carbon capture and storage. *Palgrave Commun* 5, (17). <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0217-x>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7, No. 3,(June 1998), 225-240.
- Young, L., & Soroka, S. (2012). Affective News : The Automated Coding of Sentiment in Political Texts. *Political Communication*, 29(2), 205-231. <https://doi.org/10.1080/10584609.2012.671234>
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *IEEE Computer*, 38(9), 25-32. <https://doi.org/10.1109/mc.2005.297>

GEFISS
Rapport pour la société Total en vue de la
préparation du Lot 2.1
Antoine Mourato
Contrat d'ingénieur d'études– mai-juin 2019
Sous la supervision de Jacques Py et Alain Somat

Lot 2.1 – *Représentations et attitudes à l'égard de la transition
énergétique et de ses modalités d'application*

Table des matières

Introduction.....	97
Objectifs de l'étude	97
Méthodes d'analyse	6
L'analyse générale des corpus : méthode Reinert et LDA	8
L'étude des champs lexicaux du corpus	9
Mesure de la tonalité émotionnelle des documents.....	9
Mesure de l'engagement personnel des auteurs.....	9
Le corpus EuroPresse.....	101
Présentation du corpus.....	101
Méthode de recherche d'articles de presse	101
Analyse Iramuteq	103
Classification de Reinert	103
Analyse des champs lexicaux du corpus EuroPresse.....	106
Le sous-corpus CSC	108
Classification de Reinert	108
Le corpus Reddit	111
Présentation du corpus.....	111
Analyse du corpus Reddit	112
Le corpus Grand Débat.....	117
Présentation du corpus.....	117
Analyse des contributions au Grand Débat.....	117
Le problème le plus important dans le domaine de l'environnement	117
Les réponses à apporter	120
Autres points abordés	124
Le corpus Vrai Débat.....	129
Présentation du corpus.....	129
Analyse des contributions au Vrai Débat	129

Synthèse des principaux résultats.....	6
Conception de la transition énergétique dans la presse et les consultations citoyennes.....	10
Fonction de la science dans le débat sur le changement climatique et la transition énergétique	11
Références à la capture du carbone dans les corpus presse et Grand Débat	12
Deux conceptions des modalités de transition énergétique ?.....	13
Implications pour des projets de CSC ou d'ingénierie du sous-sol.....	139
Bibliographie	140
Annexe 1 – Index lexicaux construits pour les analyses	141
Sources d'énergie	141
Enjeux	141
Mode d'action	142
Monde du vivant	142
Concepts importants	142
Comportements.....	143
Acteurs.....	143
Pronoms et déterminants possessifs.....	143
Annexe 2 – Fiche projet demi-journée d'études « les gilets jaunes en politique », 28/11/2019	145

Introduction

Les deux premiers mois du contrat d'ingénieur d'études recruté en remplacement de Romain Bouvet ont été consacrés à la création d'une base de données issues de plusieurs sources :

- Les réseaux sociaux en ligne
- La presse française
- Les contributions en ligne au Grand Débat, et des consultations alternatives (Vrai Débat, Noos Citoyens)

Les deux mois de contrat suivants ont été consacrés à la poursuite des traitements, et à l'analyse des données. Dans un premier temps, l'objectif était de réaliser un état des lieux des discours sur la transition énergétique. Les traitements ont porté sur les trois corpus, permettant d'identifier les principales conceptions des enjeux environnementaux et de ses solutions en France (corpus Grand Débat et Vrai Débat) ; les conceptions sur ces mêmes thématiques mobilisés dans des groupes pro-environnement et climato-sceptiques (corpus Reddit) ; les discours véhiculés dans la presse française à propos de la transition énergétique et ses modalités (corpus EuroPresse).

Objectifs de l'étude

En accompagnements des travaux des lots 2.1 et 2.2 du projet GEFISS, cette étude vise à identifier des tendances concernant la représentation du changement climatique, et plus spécifiquement en ce qui concerne la transition énergétique. Un premier objectif est de réaliser une cartographie des représentations sociales de la transition énergétique et de ses modalités, manifestées dans les discours des journalistes et contributeurs des consultations nationales récentes. Il s'agit d'en identifier le contenu, la valence, ainsi que leur articulation au sein d'un réseau de représentations plus large, où s'expriment des conceptions du changement climatique, de l'environnement, ou encore des valeurs partagées par des groupes sociaux. Les premiers résultats de l'étude sont synthétisés ici, et détaillés dans la suite du rapport.

Le quatrième trimestre 2019 a été consacré à la poursuite des analyses de corpus. Plusieurs parties du corpus restent à exploiter (plusieurs questions du grand débat, la consultation Noos Citoyens, données de la Grande Annotation). Il s'agira d'affiner l'analyse comparative des données des différentes consultations citoyennes. Par ailleurs, une analyse des métaphores, analogies et comparaisons récurrentes visera à affiner la distinction entre les croyances, les connaissances, et les évaluations manifestées dans la presse, les réseaux sociaux et consultations citoyennes. S'agissant des données issues du forum Reddit, une nouvelle collecte de données ciblant spécifiquement la communauté francophone sera réalisée. Nous étudierons l'évolution des volumes de publication en réaction à des événements liés au climat, ainsi que les spécificités

des discours mobilisés dans différents groupes d'affinité politique. Une partie des résultats rapportés ici ont fait l'objet d'une présentation lors d'une journée d'étude organisée par Sciences Po CEE le 28 novembre (voir annexe 2 pour une synthèse de la présentation).

Méthodes d'analyse

L'analyse générale des corpus : méthode Reinert et LDA

Pour réaliser cet état des lieux, nous avons eu recours à deux méthodes de traitement statistique. La première est la méthode Reinert (Reinert, 1993), qui repose sur la caractérisation des mondes lexicaux d'un corpus, envisagés comme le reflet des mondes mentaux de ses auteurs. La méthode Reinert consiste dans un premier temps (1) en une analyse descriptive du lexique du corpus (caractérisation des formes lexicales du corpus, fréquence d'occurrence de celles-ci), (2) en une fragmentation du corpus en segments de texte de taille homogène. La démarche inférentielle consiste ensuite à mesurer la distance lexicale entre les différents segments, afin d'identifier les oppositions les plus fortes au sein du corpus. Par un processus itératif, la méthode Reinert consiste ensuite à opérer des regroupements en classes de sens, composés de segments proches entre eux et éloignés de ceux associés à d'autres classes. Ces classes de sens, caractéristiques de larges portions du corpus, représentent les thèmes et les idées dominantes du corpus.

Notre deuxième méthode d'analyse, l'Allocation de Dirichlet Latente (Blei, Ng, & Jordan, 2003), ou *LDA*, s'inscrit dans la lignée des *topic models*, regroupant des méthodes de machine learning dont la vocation est d'identifier des thèmes latents (les topics), dans un document ou un ensemble de documents. Dans un premier temps, le nombre de topics souhaité est déterminé par l'utilisateur¹⁴. Ces topics sont distribués dans le corpus respectivement à chaque classe en suivant la loi de Dirichlet¹⁵ : cela signifie qu'ils ont une taille moyenne encadrée à l'avance (un $n^{\text{ème}}$ du total de mots du corpus, n étant le nombre de topics fixé), mais individuellement autorisés à varier autour de cette moyenne. Certains topics vont donc rendre compte d'une part importante du corpus, d'autres non. La LDA est un modèle bayésien, qui vise à déterminer la probabilité d'une hypothèse, comme celle qu'un document, ou un mot isolé appartienne à un topic plutôt qu'un autre. Dans l'Allocation de Dirichlet Latente, chaque document est représenté comme un mélange de topics, dimensions latentes caractérisés par une certaine distribution des mots qui constituent le lexique du corpus. L'utilité étant (1) de réduire de larges ensembles de documents à un nombre restreint de dimensions, caractérisées par leur lexique, et interprétables par l'utilisateur, (2) à déterminer le poids de ces dimensions latentes dans chaque document du corpus.

¹⁴ Le choix du nombre de topics peut être motivé par les objectifs du chercheur (un nombre faible s'il souhaite réduire au maximum le nombre de dimensions du corpus, et inversement), ou bien justifié par la composition du corpus (peu de topics pour un corpus très homogène, un nombre plus important pour un corpus hétéroclite).

¹⁵ Dans un échantillon comportant des variables aléatoires multinomiales la loi de Dirichlet permet de calculer la probabilité de distributions des valeurs au sein d'un échantillon

Sur la base d'une analyse préliminaire des corpus Presse et Grand Débat réalisée à l'aide du logiciel Iramuteq, nous avons construit 30 index de mots ou d'expressions associés à des champs lexicaux récurrents dans les discours étudiés (voir annexe 1). Dans certains cas, les champs lexicaux dont nous souhaitons caractériser la fréquence d'occurrence se manifestent par un petit nombre de mots. C'est le cas, par exemple, de la pollution, pour lequel nous n'avons retenu que le terme « pollution » et ses déclinaisons (par exemple, polluer, polluant). Bien que d'autres termes auraient pu être inclus, la plupart des synonymes de pollution renvoient à des contextes très spécifiques, et sont rarement employés (par exemple, marée noire), tandis que d'autres peuvent être employés de façon équivoque (par exemple, souiller). Dans d'autres cas, nous avons considéré des champs lexicaux plus ouverts. Il existe, ainsi, une variété de termes couramment employés pour caractériser quelque chose de dangereux, ou de catastrophique. De manière générale, il aurait été malaisé de chercher à couvrir l'entièreté des champs lexicaux de référence, et ce sans admettre d'éléments de lexique ambigus¹⁶. Les index ont donc été construits dans l'optique d'identifier le plus souvent possible les références au champ lexical étudié, et d'admettre le moins possible de faux positifs (des termes employés en référence à un autre champ lexical que celui mesuré).

En fonction du corpus étudié, certains index de mots peuvent n'être représentés que marginalement. Pour l'analyse des contributions au « Vrai débat », nous avons retenu les index dont un terme associé apparaît dans au moins 2,5% des contributions (N = 64). Vingt index remplissent ce critère. Une telle restriction n'a pas été jugée nécessaire pour le corpus Grand Débat : composé de plus de 150 000 contributions, les champs lexicaux les plus rares sont tout de même représentés dans plusieurs centaines de documents.

Mesure de la tonalité émotionnelle des documents

En complément à l'analyse des champs lexicaux, nous avons mesuré la tonalité émotionnelle des documents du corpus à l'aide de la version française du *Lexicoder Sentiment Dictionary* (Young & Soroka, 2012 ; Duval & Pétry, 2016, pour la version française). Le *LSD* est un dictionnaire de 4 151 mots étiquetés comme positifs ou négatifs, dont 2 867 mots négatifs et 1 284 mots positifs¹⁷, catégorisés comme tels sur la base de décisions consensuelles réalisées de façon autonome par plusieurs codeurs. Pour chaque document, nous avons décompté le nombre de mots négatifs et positifs présents, puis calculé un score d'émotion de la manière suivante : (total des mots positifs - total des mots négatifs) / nombre de mots dans le document (à l'exception des mots vides). Chaque score peut donc être inférieur ou supérieur à zéro, selon la tonalité générale du document, et plus ou moins élevé, selon le degré de polarité de cette tonalité émotionnelle. La mesure de la tonalité émotionnelle des documents a pour fonction

¹⁶ Le mot « malade », par exemple, s'insère clairement dans le champ de la maladie. Il est, cependant, fréquemment employé à d'autres fins dans le langage courant (par exemple, « se comporter comme un malade »). Nous ne l'avons donc pas inclus dans nos analyses.

¹⁷ Les termes sont traduits de la version originale du LSD. Afin de valider l'étiquetage, trois juges ont étiqueté les mots traduits comme positifs, neutres, ou négatifs, sans consulter les autres. Les mots inclus dans le lexique français sont ceux ayant été étiquetés comme positifs ou négatifs par les trois juges.

d'identifier une polarisation positive ou négative des discours produits en référence aux objets étudiés.

Mesure de l'engagement personnel des auteurs

Une deuxième propriété générale des documents étudiée est la personnalisation des contributions. Il s'agit du niveau d'engagement ou de responsabilité que l'auteur associe à ses propos. Les pronoms et les déterminants possessifs employés constituent un indicateur de la personnalisation du discours, puisqu'ils permettent de quantifier dans quelle mesure les propos impliquent directement l'auteur (« je », « mon », « notre »), ou ne l'impliquent pas (« leur », « vous », « ceux-là »)¹⁸. Selon l'objet abordé (par exemple, un groupe social, une solution possible à un problème environnemental), l'implication du locuteur dans ses propos peut manifester la distance psychologique à l'objet (par exemple, des élus perçus comme un groupe lointain, peu accessible, peu semblable au mien ; pour une introduction à la notion de distance psychologique, voir Trope & Liberman, 2011), ou manifester une prise de responsabilité vis-à-vis d'un fait passé ou d'un enjeu d'avenir par exemple (par exemple, l'absence de responsabilité personnelle dans les émissions de gaz à effet de serre).

¹⁸ Il s'agit d'une mesure classique du style linguistique, notamment employée dans le domaine de la détection automatique du mensonge (voir Hauch, Blandon-Gitlin, Masip, & Sporer, 2015 ; Burgoon, 2018)

Le corpus EuroPresse

Présentation du corpus

Une base de données des articles de presse française, publiés en ligne ou au format papier, a été créée par le biais de la plateforme EuroPresse. La base de données est limitée aux publications référencées sur la plateforme, riche néanmoins de plus de 14 000 sources ; si les chiffres présentés ici constituent bien un indicateur des tendances de publications par thème, période, et catégorie de presse, ils ne doivent pas être interprétés comme des mesures exhaustives de la production de la presse française.

Pour constituer la base de données, nous avons retenu cinq thématiques : (1) le changement climatique, (2) la transition énergétique, (3) la neutralité carbone et les émissions négatives de CO₂, (4) la géo-ingénierie du sous-sol, (5) la capture et le stockage du CO₂.

Méthode de recherche d'articles de presse

Pour chacune des thématiques, nous avons procédé d'une des deux façons suivantes : nous avons identifié les expressions-clé évoquées dans la presse (e.g. « neutralité carbone », « émissions négatives » ou « neutres », « zéro émissions », pour la thématique 3), ou bien les différents termes employés pour définir un même concept, lorsque coexistent plusieurs formulations dans la presse (e.g. « capture et stockage du Co₂ », « séquestration géologique du carbone »). Ci-dessous, nous détaillons les combinaisons d'expressions et de mots-clés utilisées pour construire chaque sous-corpus.

Transition énergétique – 1 option :

- « transition énergétique », cité deux fois ou plus¹⁹

CSC - 2 options :

- (capture, ou captage, ou captation, ou capter, ou capturer, ou injecter, ou injection), et (stockage, ou stocker, ou séquestration, ou enfouissement, ou enfouir, ou emprisonner, ou piéger, ou piégeage), et (carbone, ou co₂), et (géologique, ou aquifère, ou gisement, ou substrat, ou strate, ou profondeur)
- (capture, ou captage, ou captation, ou capter, ou capturer, ou injecter, ou injection), et (stockage, ou stocker, ou séquestration, ou enfouissement, ou enfouir, ou emprisonner, ou piéger, ou piégeage), et (carbone ou co₂), et (CSC ou CCS)

Emissions négatives - 3 options :

¹⁹ L'expression « transition énergétique » est mentionnée dans environ 126 000 articles, ce qui aurait constitué un corpus trop important en comparaison aux trois autres sous-corpus, et eu égard aux ressources dont nous disposons. L'option choisie nous permet d'extraire des articles généralement plus centrés sur le thème en question.

- zéro émission nette, et (carbone ou co2)
- "neutralité carbone", ou "carbone neutre"
- ("émission négative", ou "émissions négatives", ou "émission neutre", ou "émissions neutres"), et (carbone ou co2)

Géo-ingénierie du sous-sol – 1 option :

- "géo-ingénierie", "géo-ingénierie du sous-sol", ou "ingénierie climatique", ou "ingénierie environnementale", ou "ingénierie planétaire"

Les articles correspondant à l'un de ces critères ont été extraits de la plateforme au format HTML, et traités par le biais du logiciel R. A ce stade, nous avons collecté environ 19 000 articles (articles en ligne au 19.02.2019).

Après nettoyage du corpus, les articles courts – moins de 500 caractères – ont été supprimés de la base de données. Par ailleurs, il n'est pas rare que deux articles, parus dans des publications différentes, présentent des contenus quasi-identiques ; la paraphrase s'observe le plus souvent en début ou en fin d'article. Afin d'éviter au maximum les contenus paraphrasés, et d'éliminer les doublons (e.g. reprises de dépêches AFP, articles papiers et versions numériques), une matrice de similarité a été calculée pour des extraits de début et de fin d'article. Pour chaque paire d'articles présentant des indices de similarité jugés anormaux (au moins 20 caractères sur 100), les articles proches ont été supprimés. Suite au prétraitement, la base de données comprend 12 593 articles de presse.

A l'exception des titres très faiblement représentés dans le corpus (< 5 articles), les journaux du corpus ont été classés en six familles de presse. La presse générale (nationale et régionale), représente la moitié du corpus (50,8%). Viennent ensuite les journaux économiques (12,7% des articles), la presse spécialisée (environnement et pouvoirs publics, 11,4% du corpus au total), et les dépêches AFP et Reuters (9,0%). Si le premier article remonte à 1987, les rythmes publications augmente de façon exponentielle jusqu'aujourd'hui, et l'essentiel des publications concernent la dernière décennie : les articles publiés à partir de 2007 représentent 97% du corpus.

Tableau 8. Nombre d'articles analysés pour chaque famille de presse

Famille de presse	Nombre d'articles	Part du corpus
Générale – nationale	3 729	29,6%
Générale – régionale	2 664	21,2%
Economie	1 597	12,7%
Agence de presse	1 136	9,0%
Environnement	828	6,6%
Pouvoirs publics	606	4,8%
Autre	1 922	15,3%

Analyse Iramuteq

Une première analyse a été réalisée à l'aide du logiciel Iramuteq. Nous avons réalisé sur les textes du corpus une analyse de type Reinert. La méthode consiste à fragmenter les documents du corpus en segments de texte, puis à extraire des classes de segments de textes similaires sur la base de leur similitude et des réseaux de cooccurrences qui caractérisent le corpus.

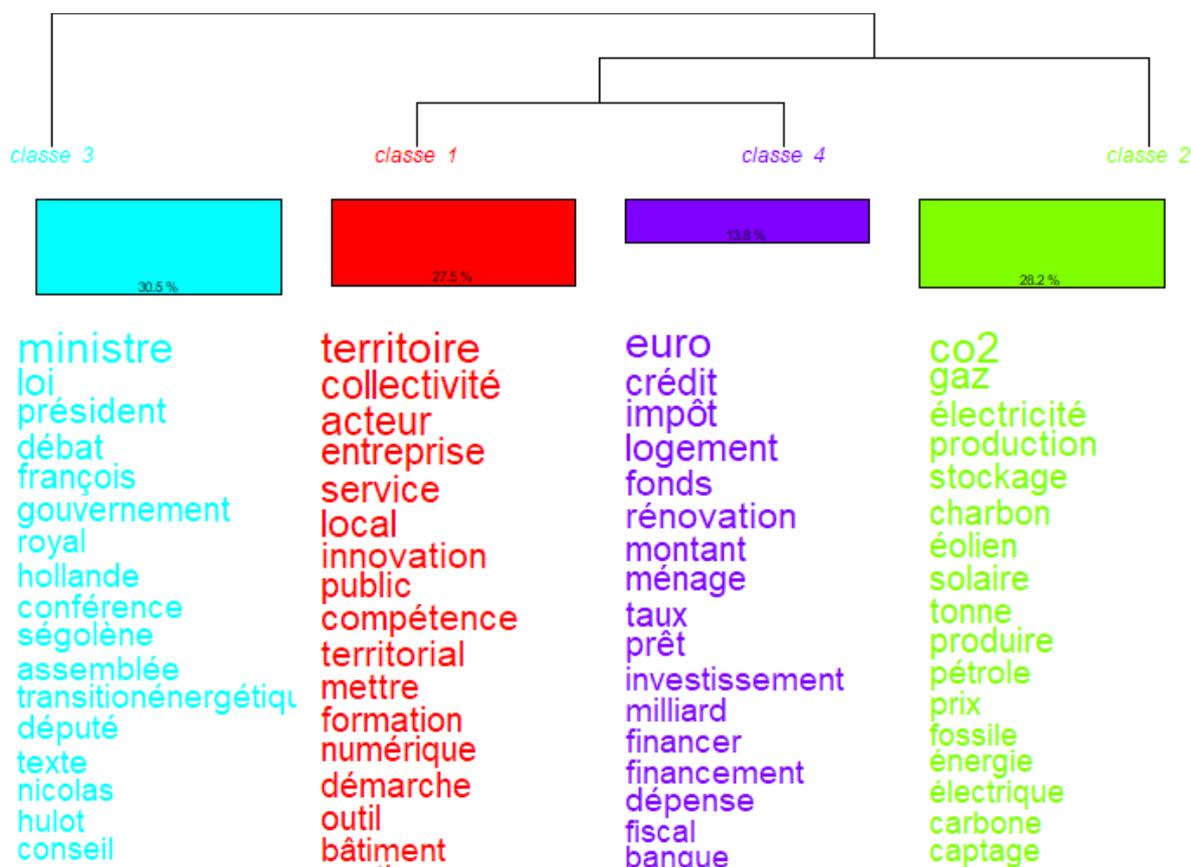
Le traitement porte sur les 12 593 articles de presse, collectés sur la plateforme EuroPresse. Au total, les articles comportent 10 172 197 occurrences²⁰, 92 768 formes lexicales uniques, et 41 611 hapax (forme lexicale n'apparaissant qu'une seule fois dans le corpus), soit 0.4% des occurrences, et 44,85% des formes. En moyenne, chaque article est composé de 808 mots. Les formes actives les plus courantes dans le corpus renvoient en premier lieu à la transition énergétique (« énergétique », 45 263 occurrences ; « énergie », 43 677 occurrences ; « transition », 32 565 occurrences), puis à des termes faisant référence à la législation, la politique, aux énergies renouvelables et fossiles.

Classification de Reinert

L'analyse de la classification hiérarchique descendante du corpus analysé signale 74,59% de segments classés (205 311 sur 275 246), un peu plus de 25% de segments instables n'étant pas inclus dans l'analyse. Ce taux de classification signale une bonne qualité d'analyse (Pélissier, 2016). La classification hiérarchique descendante rend compte de 4 classes stables construites selon la méthode Reinert et présentés dans la figure 1.

²⁰ L'occurrence est l'apparition d'une unité linguistique. Ici, une occurrence est une séquence de caractères isolés par un espace (un mot, sauf exceptions).

Figure 42. Dendrogramme des classes de formes du corpus EuroPresse



Trois classes sont particulièrement fournies, et concentrent plus de 85% des segments classés. La classe 3 peut être considérée comme la plus distincte, puisqu'il s'agit de la première classe formée lors de la classification descendante. Parmi les termes les plus fortement associés à cette classe se trouvent quasi-exclusivement des mots correspondant à des **fonctions** (« ministre », « président », « député ») ou des **personnalités politiques** (« François Hollande », « Ségolène Royal », « Nicolas Hulot »), ou des notions liées à la **législation** (« texte », « loi »), et au processus démocratique (« conseil », « débat », « assemblée »). Dans ce corpus de presse, construit essentiellement autour des notions de changement climatique, transition énergétique, et neutralité carbone, l'actualité politique française tient un rôle majeur dans les publications. On note, par ailleurs, que **la notion de « transition énergétique » est fortement associée à cette classe**. Telle qu'employée dans la presse, la transition énergétique est d'abord un objet politique : la notion apparaît généralement dans des contextes faisant référence à l'actualité politique, et non à dans des contextes liés aux énergies, au CO2 et à la pollution (classe 2), comme sa signification le suggère pourtant.

Les termes de la classe de l'actualité politique sont plus fortement représentés dans **les dépêches AFP ou Reuters**, $X^2(6, N = 12593) = 3065.91, p < .001$, et dans la **presse nationale**, $X^2(6, N = 12593) = 872.52, p < .001$, que dans les autres familles de presse.

Figure 43. Segment caractéristique de la classe 3

**** *Annee_2014 *journal_Figaro *Famille_GeneralN

score : 68851.67

la **transition énergétique** c est maintenant comme **prévu ségolène royal** la **ministre** de l **écologie** et de l énergie a **présenté mercredi matin** en **conseil** des **ministres** le **projet** de **loi** d **orientation** énergétique un **texte présenté** comme majeur par **françois hollande**

La classe 2 comprend (1) les termes « **carbone** » et « **CO2** », (2) **l'électricité et l'électrique**, (3) des sources d'**énergie fossile** (« pétrole », « gaz », « charbon », « fossile »), (4) des sources d'**énergie renouvelable** (« éolien », « solaire »), (5) des notions liées au **cycle de vie de l'énergie** (« production, « stockage », « captage »).

La classe des ressources énergétiques et du carbone est significativement plus représentée dans la **presse nationale**, $X^2(6, N = 12593) = 1161.99, p < .001$, et dans la **presse de vulgarisation scientifique**, $X^2(6, N = 12593) = 700.89, p < .001$, que dans les autres familles de presse.

Figure 44. Segment caractéristique de la classe 2

**** *Annee_2014 *journal_Monde *Famille_GeneralN

score : 58640.22

tim schuster saskpower est **devenue** la première **compagnie** de la **planète** à **produire** une partie de son **électricité** environ un septième de sa **production** à **base** de **charbon** sans **émettre** de **dioxyde** de **carbone co2** le **charbon** à tout **prix** il y a longtemps que cette **technologie** de **captage** et **stockage** de **co2 csc**

La classe 1 renvoie à la **politique locale**. On retrouve des termes liés au local (« territoire », « local »), aux **acteurs locaux** (« collectivité territoriale », « entreprise »), ainsi que des termes (positifs), liés au **développement du territoire** (« service public », « innovation », « compétence », « formation »).

Les termes associés à la classe de la politique locale sont significativement plus représentés dans la **presse régionale**, $X^2(6, N = 12593) = 256.64, p < .001$, que dans les autres familles de presse.

Figure 45. Segment caractéristique de la classe 1

**** *Annee_2014 *journal_Tribune *Famille_GeneralN

score : 30374.49

responsable du **service aménagement** et **usages** du **numérique** de **rennes métropole** les citoyens étant **mis** à contribution ils **participent** à l **amélioration collective** du **territoire** un **lien** se **créé** avec les **acteurs publics** et les **entreprises** ce **lien** avec l **entreprise** est **justement** un des **leviers** d **action** du **pôle images réseaux**

Enfin la classe 4 est celle du champ lexical des **finances publiques** et de la **banque**. Les termes renvoient au **financement de mesures de transition** ou d'efficacité énergétique sous forme de « crédit d'impôt », de « prêt », « d'investissement ». Ces financements concernent en premier lieu la **rénovation des logements**.

Logiquement, les termes associés à cette classe sont significativement plus représentés dans la presse économique, $X^2(6, N = 12593) = 785.59, p < .001$, que dans les autres familles de presse.

Figure 46. Segment caractéristique de la classe 4

**** *Annee_2017 *Journal_Liberation *Famille_GeneralN

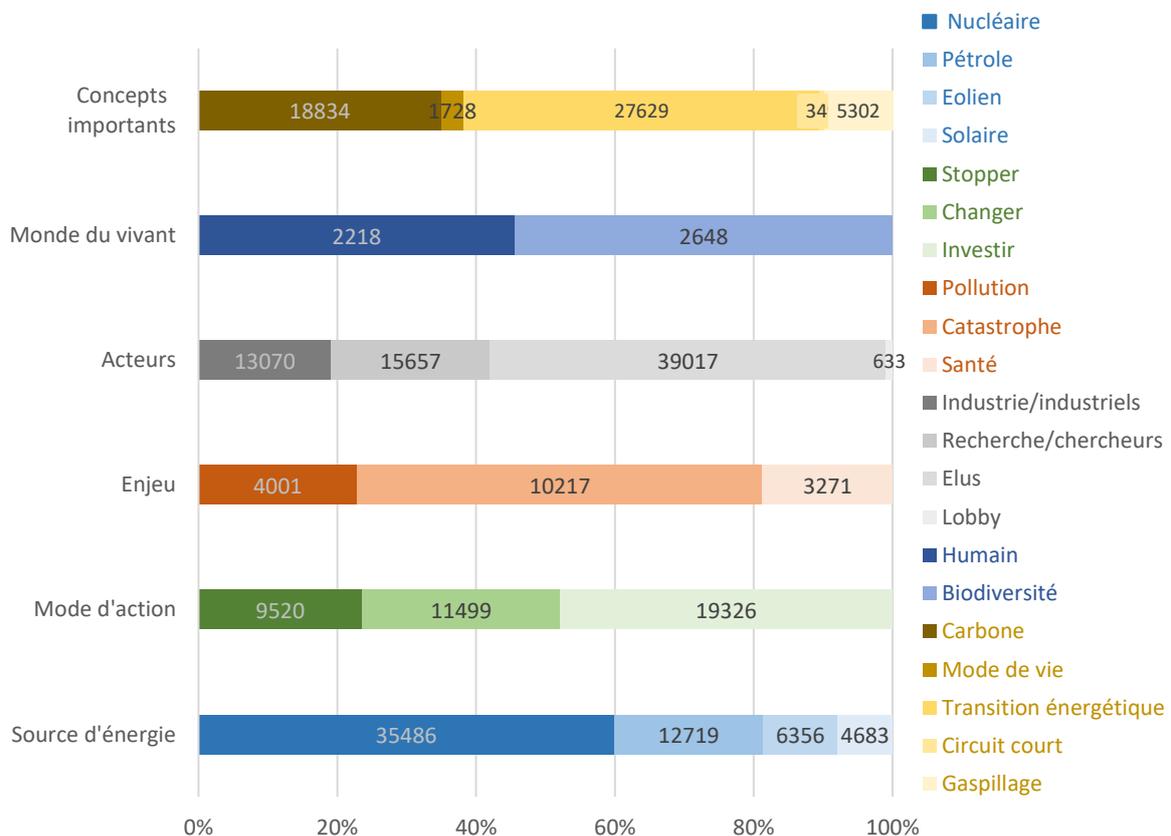
score : 73111.31

un chantier trop longtemps retardé 4 milliards d euros pour la rénovation énergétique des logements des ménages propriétaires en situation de précarité énergétique et en consacrant 1 milliard d euros supplémentaire pour la transformation du crédit d impôt pour la transition énergétique en prime

Analyse des champs lexicaux du corpus EuroPresse

Trois des champs lexicaux analysés sont représentés dans plus de deux tiers des articles du corpus : celui des **fonctions et des personnalités politiques**, qui apparaît dans 70,1% du corpus (39 017 occurrences), celui de la **transition énergétique** (70,1% des articles, 27 629 occurrences), et celui du **nucléaire** (68,6% des articles, 35 486 occurrences). La forte représentation de la transition énergétique s'explique directement par les critères de construction du corpus : étaient inclus tous les articles dans lesquels celle-ci était évoquée au moins deux fois. La **grande fréquence d'apparition du nucléaire – cinq à huit fois supérieure à l'éolien et au solaire** - dans un corpus principalement construit autour de la

Fréquence d'apparition des termes des champs lexicaux sélectionnés dans le corpus EuroPresse



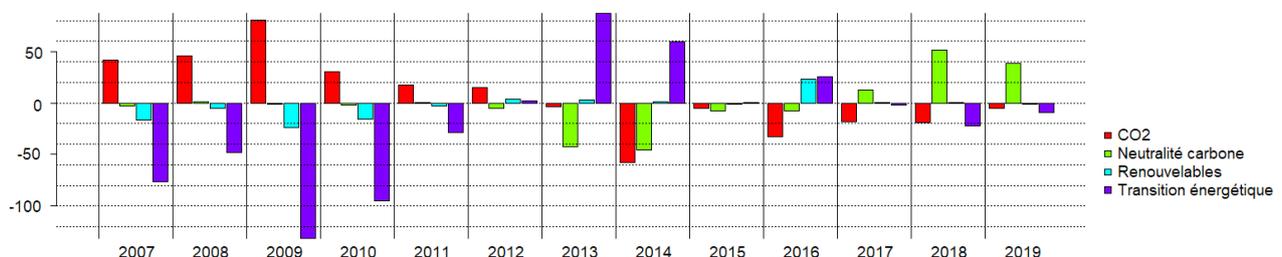
transition énergétique est cependant une première indication de son rôle central dans le débat sur la transition énergétique en France.

En comparaison aux corpus Grand Débat et Vrai Débat, relativement proches du point de vue de la représentation des différents champs lexicaux, apparaît une **plus grande représentation du champ de l'investissement** (près de 50% des termes indexés liés aux modes d'action, contre moins de 20% pour le Grand Débat et le Vrai Débat), **au détriment du champ de la régulation et de l'interdiction**, qui représente 25% des termes indexés liés aux modes d'action, contre 60% pour le Grand Débat, et plus de 65% pour le Vrai Débat.

La fréquence d'apparition des termes « transition énergétique » et « transition écologique » apparaissent corrélés à la date de publication des articles ($r = .09, p < .001$). Les termes se

Figure 47. Fréquence relative d'apparition des termes "CO2", "neutralité carbone", "renouvelables", et "transition énergétique" dans le corpus EuroPresse pour la période 2007-2019

diffusent en effet dans le discours politique à partir du milieu de l'année 2012, puis font régulièrement l'actualité depuis (voir figure 6). C'est cependant sur la période 2013-2014 que la notion occupe la plus grande part du corpus. En comparaison, entre les périodes 2013-2016 et 2017-2019, les notions de transition énergétique et de neutralité carbone suivent des tendances inverses : sur la deuxième période, la transition énergétique connaît une fréquence d'apparition moins marquée, tandis que la neutralité carbone gagne en visibilité. Sur l'ensemble du corpus, on note en outre une corrélation négative quant à la cooccurrence des champs lexicaux des deux concepts ($r = .18, p < .001$) : lorsqu'un des deux concepts est mentionné, il est plus rare que l'autre le soit. Au vu des fréquences relatives d'apparition de ces concepts dans la presse, on peut noter que les tendances changent fortement à deux reprises : en 2013 (évocation moindre du CO2 ; présence plus marquée de la transition énergétique et des renouvelables), puis en 2017-2018 (présence plus marquée de la neutralité carbone, notion de transition énergétique plus en retrait). Ces mutations de correspondent aux premiers mois des quinquennats Hollande et Macron, il est possible que le débat sur les réponses à la crise climatique, et surtout la terminologie employée, aient été affectés par les choix de communication des nouveaux gouvernements.



Le sous-corpus CSC

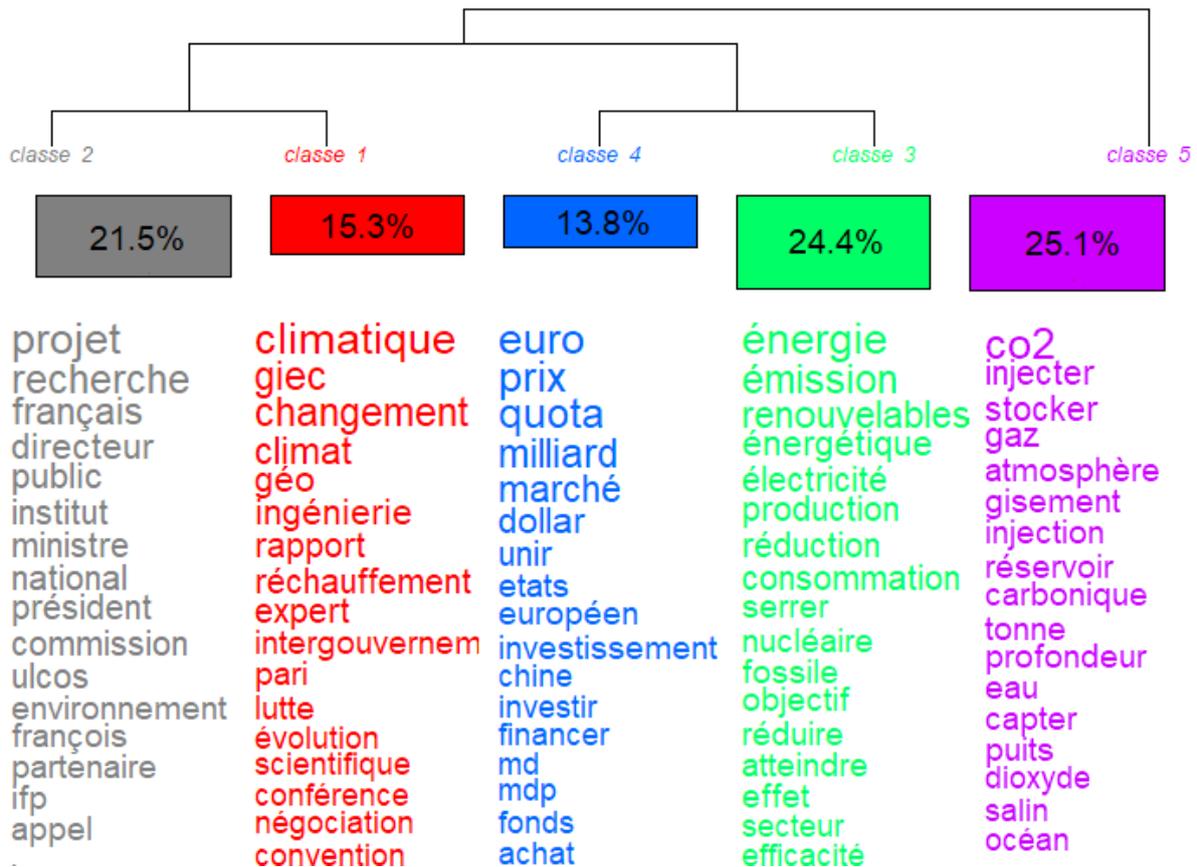
L'analyse du sous-corpus CSC porte sur 618 articles²¹ mentionnant la capture et le stockage du carbone, soit environ 5% du corpus EuroPresse. Celui-ci comprend 447 933 occurrences, 14 058 formes lexicales, et 8 527 hapax (soit 1,90% des occurrences et 38,40% des formes). Les formes les plus courantes renvoient en premier lieu au carbone (« CO2 », 2 757 occurrences ; « gaz », 1 601 occurrences ; « émission », 1 573 occurrences ; « carbone », 1 453 occurrences), puis à l'implémentation de la technologie de CSC (« projet », 1 272 occurrences ; « technologie », 1 107 occurrences ; « développement », « recherche », « technique »).

Classification de Reinert

La classification hiérarchique descendante a permis de classer 92,59% des segments analysés (11 538 sur 12 462), ce qui signale une excellente qualité d'analyse (Pélissier, 2016). La classification rend compte de 5 classes, décrites ci-dessous.

²¹ Pour les besoins de l'analyse, nous avons exclu du sous-corpus environ 200 articles issus de la presse spécialisée (industrie, environnement et pouvoirs publics). L'objectif est d'identifier les discours véhiculés sur la CSC dans la presse tout public, et la présence d'articles spécialisés laisse apparaître des éléments de discours plus caractéristiques des préoccupations de groupes professionnels que d'une perception générale de la technologie.

Figure 48. Dendrogramme des classes de forme du sous-corpus CSC



Au premier niveau de la classification, deux clusters de segments de textes se distinguent : la classe 5, celle du processus de captage d'injection et de stockage du CO2 d'une part, et les autres classes d'autre part. A un deuxième niveau de classification, les quatre classes restantes forment deux clusters de tailles similaires : l'un porte sur les stratégies de réduction d'émission de gaz à effet de serre, et leur financement (classes 3 et 4 respectivement), l'autre traite de la problématique du changement climatique à l'aune de l'actualité nationale et mondiale (classes 2 et 1 respectivement).

La classe cinq caractérise un quart des segments classés. Celle-ci est exclusivement constituée de termes ayant trait à la capture (e.g. « capter », « capturer »), à l'injection (e.g. « injecter », « enfouir »), et au stockage (e.g. « stocker », « réservoir ») de carbone en profondeur (e.g. « gisement », « réservoir »).

La classe 3 (24,36% des segments classés), est celle de la **transition vers des modes de production peu polluants**. On retrouve principalement des termes relevant des **énergies renouvelables** (« énergie » et « renouvelable(s) », « éolien »), liés à l'**objectif de réduction d'émission de gaz à effet de serre** (e.g. « serre », « objectif », « atteindre », « GES »), ou aux **prévisions de réchauffement climatique ou de transition énergétique** (e.g. « scénario »,

« horizon »). Des notions importantes sont aussi incluses dans cette classe : le nucléaire, le mix énergétique, l'efficacité énergétique, et la neutralité carbone.

Moins représentée dans le sous-corpus, la classe 4 est la plus proche de celle décrite ci-dessus. Les termes classés appartiennent en grande majorité au **lexique de l'économie**. Les autres termes les plus représentatifs de cette classe renvoient aux **principaux pays émetteurs** de CO2 (Etats-Unis, Chine, Inde, Europe et Russie), et au protocole de Kyoto.

La classe 2 représente 21,46% des segments classés. Elle renvoie principalement à l'**actualité politique française en matière de CSC** (e.g. « Florange », « ULCOS », « annonce »), et aux **acteurs institutionnels de la transition et de la CSC** (e.g. « ADEME », « IFP », « BRGM »). Sont principalement représentés la classe politique (e.g. « ministre », « président »), puis les chercheurs (e.g. « recherche », « institut »), et des acteurs industriels (e.g. « Arcelor Mittal », « Alstom »).

Associée à la classe 2, la classe 1 renvoie elle à l'**actualité politique internationale en matière de lutte contre le réchauffement climatique**. La classe est principalement représentée par des **experts scientifiques** (e.g. « GIEC », « géo-ingénierie », « expert », « scientifique »), et les **négociations internationales** (e.g. « intergouvernemental », « nations-unies », « COP21 »). Concernant les préoccupations abordées au niveau international, le changement climatique constitue la thématique la plus fortement associée à cette classe. Plus marginalement, les termes « biodiversité », et « humanité », sont aussi liés à cette classe. A noter que de nombreux termes de la classe 1 renvoient à l'urgence climatique (« réagir », « urgence », « conséquence », « limiter »)

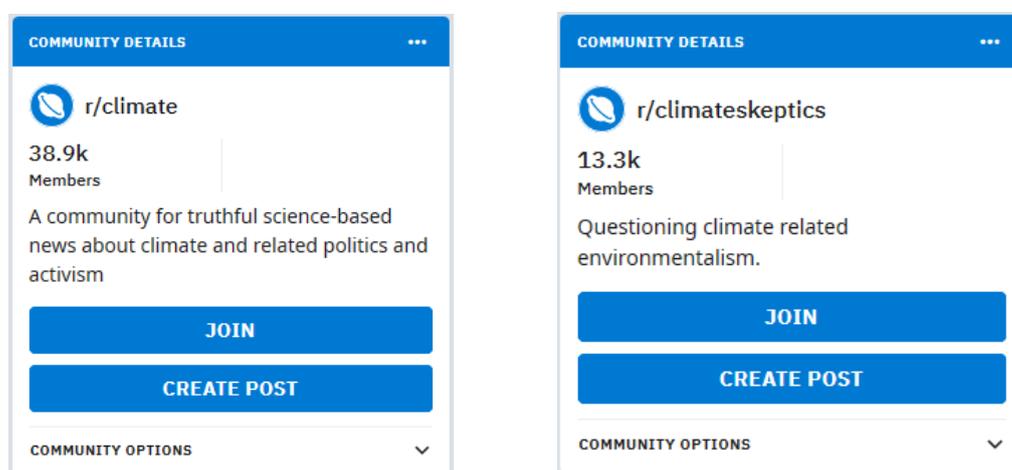
Le corpus Reddit

Présentation du corpus

Reddit est le forum en ligne le plus consulté au monde actuellement. Le forum est structuré en *subreddits*, des salons virtuels délimités par une thématique, dans lesquels les internautes partagent et commentent des contenus en lien avec la thématique.

Reddit comprend un grand nombre de subreddits. Nous en avons sélectionné deux, l'un explicitement identifié comme climato-sceptique, l'autre défendant l'existence d'un réchauffement climatique anthropique de façon tout aussi univoque.

Figure 49. Vignettes des deux subreddits sélectionnés



Afin de favoriser la comparabilité des données collectées dans chaque subreddit, nous avons fixé comme critère d'exclusion des nombres d'abonnés, des dates de création, ou des volumes de publication variant fortement d'un groupe à l'autre. Le subreddit « climateskeptics » comprenait 13 600 membres au moment de la collecte des données, le subreddit « climate » en comprenait 38 900. A l'inverse, 262 101 commentaires ont été collectés via le salon climato-sceptique, 87 622 via le salon que nous qualifierons par opposition de « climato-convaincus », ce qui tend à indiquer que les abonnés de ce dernier salon sont, en moyenne, moins actifs que dans le groupe sceptique. La longueur moyenne d'un commentaire, en revanche, variait peu d'un groupe à l'autre : 28 mots dans le groupe sceptique, 24 dans le groupe convaincu.

Par ailleurs, un groupe contrôle a été constitué à partir des commentaires du subreddit « environment ». Celui-ci est plus largement diffusé (environ 500 000 abonnés), comprend un plus grand volume de commentaires (environ 1 000 000 de commentaires), et à vocation à être un lieu d'échange sur un plus large champ thématique autour de l'environnement. Les mêmes analyses sont appliquées qu'avec les deux autres groupes, dans l'optique de caractériser le contenu des communications d'un groupe de référence *a priori* moins partisan, généralement

moins spécialisé sur les causes et mécanismes du changement climatique, et susceptible d'aborder des sujets plus variés.

Analyse du corpus Reddit

Après nettoyage du corpus (mise en forme du jeu de données, suppression des balises, termes rares, mots vides), nous avons appliqué une méthode d'Allocation de Dirichlet Latente (LDA ; Blei, Ng & Jordan, 2003) à chacun des deux sous-corpus de données. La LDA a pour fonction de caractériser la structure cachée d'un large corpus de données. Il s'agit d'identifier les sujets (topics), auxquels les documents font référence. Le postulat est que chaque document est une combinaison de topics latents, et que chaque topic est caractérisé par les propriétés de son lexique. Un paramètre à fixer avant analyse est le nombre de topics souhaité : nous avons choisi d'identifier 20 topics dans chaque cas. Le tableau 1 décrit les résultats de l'analyse. Nous avons nommé les 20 topics, et les avons regroupés par thématique.

Tableau 9. Topics identifiés dans les subreddit r/climate et r/climateskeptics

Thème	Nom du topic	r/climate		r/climateskeptics	
		Contenu	Classement	Contenu	Classement
Science	Preuve et controverse	Science, changement climatique, déni, vérité vs. mensonge, faits et preuves	2 : 7.7%	Science, consensus, preuve, débat, politique, opinion, conspiration, croyance	1 : 8.1%
	Littérature scientifique	Article, peer-review, modèles, données preuves, GIEC, revue de littérature, prédictions, consensus	3 : 7.2%	Article, peer-review, publié, e-mail, blog, GIEC, [noms d'auteurs]	4 : 6.4%
	Entités, publications, personnalités	Changement climatique, science, scientifiques, réchauffement climatique, recherche, université, national, professeur, docteur, Terre, étude, publié, institut, rapport, livre, bien	16 : 3.7%	Université, climat, national, professeur, docteur, académie, président	19 : 3.6%
Energies	Fossile vs. durable	nucléaire, charbon, renouvelable (solaire et éolien), carburant, centrale, stockage, coûts, propre, gaspillage	4 : 6.3%	Nucléaire, fossile, renouvelable (solaire et éolien), coûts, cher vs. bon marché, production, économie	2 : 6.9%
	Voitures électriques			Voiture, électrique, ville, miles, batterie(s), maison, oiseaux, plastique, acheter ; Tesla, routes, vent, gasoil, feu, bâtiment, Californie	17 : 3.8%
Argent	Taxation et financement	Taxe et impôts, prix, marché, émissions carbone, dividendes et revenus, commerce,	5 : 6%	Argent, taxe, gouvernement, entreprises, industrie, financer/financement, profit,	15 : 4.1%

		économie/économistes, état et nation, entreprise		fonds privés, business, marché, carbone, pétrole	
Conséquences	Faune et flore			Espèces, nourriture, cancer, culture(s), corail, viande, extinction, vie, forêt, animaux, maladie, ours, morts, mourir, agriculture, arbres, DEEF	16 : 4.1%
	Phénomènes extrêmes	Eau(x), sécheresse, inondations, tempêtes et ouragans, précipitations, extrême, incendies, zones, nord, côtes, Floride, Miami, Îles, chaleur	7 : 5.6%		
	Fonte des glaciers	Glace, mer, arctique, niveau, élever, fondre, océan, eau, Groenland, antarctique, perte, année, morceau, glacier, été, temps, nord, <i>jet stream</i>	12 : 4.8%	Glace, mer, arctique, niveau, neige, fonte(dre), élever, antarctique, glacier, froid, Groenland, été, ouragan, sécheresse, tempête(s)	10 : 5.1%
	Humanité	Espèce humaine, extinction vs. survie, changement climatique, guerre, surpopulation, économie/capitalisme	1 : 9.9%		
Prévisions	Données météorologiques	Données, réchauffement global, archive(s), température(s), année(s), <i>el niño</i> , tendance, moyenne, modèle, graphe, surface, météo, satellite, chaleur, océan	9 : 5%	Données, ajustements, graphe, température, satellite, stations, mesurages, proxy, brut, NOAA, hockey, reconstruction(s), archive(s), RSS	11 : 4.8%
	Modèles statistiques			Modèle(s), prédire, prédictions, climat, ordinateur, chaotique, Physique, modélisation, observation, théorie, système, hypothèse, complexe, futur, variables, statistique	12 : 4.6%
	Evolution dans le temps	Emissions, 2°, 4°, 5°, scenarios, GIEC, 2100, réchauffement global, pire, géo-ingénierie, seuil, limite, <i>feedback</i> , sensibilité	8 : 5.1%	Année(s), décennie, siècle période, tendances, <i>el niño</i> , température(s), baisse, réchauffement vs. refroidissement, moyenne	5 : 5.8%
Processus	Effet de serre	CO2, réchauffement, terre, atmosphère, température, énergie, chaleur, effet de serre, climat, radiation, eau, effet, quantité, solaire, années, changement, soleil	10 : 4.9%	Chaleur, atmosphère, radiation, eau, infrarouge, surface, vapeur, énergie, effet de serre, soleil, océan, CO2, effet, Terre, température, air, Venus, ozone	14 : 4.1%
	Déséquilibre radiatif			Forçage radiatif, climat, sensibilité, <i>feedback</i> , GIEC (R4 et 5), doubler, estimations, variation, positif/négatif, réchauffement, cosmique, aérosols	6 : 5.5%

	Cycle du carbone/méthane	Carbone, CO2, méthane, océan, atmosphère, émissions, permafrost, gaz, dioxyde, arctique, relâcher, arbres, fossile, eau, centrales, réchauffement, terres, effet de serre, air, terrain, forêts, capturer	15 : 3.8%	CO2, carbone, PPM, niveaux, dioxyde, atmosphère(ique), ph, concentration(s), effet de serre, émissions, méthane, hausse, acidification, centrale, océan(s), naturel	13 : 4.4%
Politique	Personnalités et idéologie	Changement climatique, Trump, républicain(s), vote, parti, Obama, gouvernement, président, démocrates, Hilary Clinton, action	11 : 4.8%	Gens, gauche, socialisme(iste), démocratie, gouvernement, discours, libéraux et conservateurs, liberté, Trump, loi, justice, droit, morale, Obama, communisme, pays, richesse	8 : 5.4%
	Engagement militant	Changement climatique, gens, ne pas, action, voter, travailler, public, local, soutenir, mouvement, politique, rejoindre, argent, bien, politiques, attentionné, group, protester, jour, amis, lobby	18 : 3.1%		
Solutions	Alimentation, véhicules polluants	Gens, viande, émissions, nourriture, manger, ne pas, arrêter, voiture(s), acheter, changer, carbone, réduire, consommation, problème, agriculture	14 : 4%		
Débat sur le forum	Insultes		6 : 5.6%		9 : 5.2%
	Argumentation			Argument, lire, <i>ad hominem</i> , répondre, affirmer, comprendre, demander, faux	3 : 6.6%
	Inclassable /		13 : 4.2%		18 : 3.6%
	Lexique lié au forum Reddit		17 : 3.3%		20 : 2.5%
			19 : 3%		
			20 : 2%		

Respectivement 15 et 16 des topics identifiés dans les groupes convaincu et sceptique font référence au changement climatique, les autres étant notamment associés au lexique du forum Reddit. On observe, tout d'abord, que **les topics latents identifiés dans les deux sous-groupes se recoupent fortement**. Parmi ces topics, 11 sont des sous-thèmes abordés dans les deux groupes. Les principaux topics ont pour thématique les **productions scientifiques sur le changement climatique**. Il s'agit principalement d'arguments sur le niveau de preuve et de controverse dans la littérature scientifique : les commentaires convaincus mettent en avant le déni des climato-sceptiques face à l'ampleur des preuves des causes anthropiques du changement climatique. Du côté climato-sceptique, le lexique employé renvoie à la croyance,

au débat, au consensus, au dogme : est souligné le caractère dogmatique du discours ambiant, malgré l'existence de preuves contradictoires. Par ailleurs, les commentaires convaincus font le plus souvent référence à la communauté scientifique dans son ensemble, tandis que les sceptiques citent fréquemment des personnalités de la recherche ou des blogs.

S'agissant de l'énergie, **les convaincus soulignent les possibilités de limiter le gaspillage actuel, et d'évoluer vers des énergies propres. Les commentaires sceptiques soulignent l'impossibilité d'une transition en l'état actuel** : les alternatives sont chères, et peuvent difficilement remplacer les énergies fossiles. Dans les deux cas, on note que le champ des alternatives aux énergies fossiles se limite généralement à l'éolien et au solaire. En corollaire, les solutions proposées dans les commentaires convaincus concernent (1) le changement des modes de vie (transport, consommation alimentaire, gaspillage), (2) la réduction des émissions de carbone. Ni la géothermie, ni le CSC ne sont évoqués.

Concernant les conséquences du changement climatique, les topics diffèrent d'un groupe à l'autre. Les deux groupes échangent sur la fonte des glaciers et l'élévation du niveau de la mer. Les commentaires sceptiques décrivent, en outre, les conséquences du changement climatique sur l'écosystème. **Les conséquences du changement climatique concentrent une plus grande part des mots classés dans le sous-corpus convaincu** ; le topic le plus important du sous-corpus renvoie à la **menace que fait peser le changement climatique sur l'humanité** : le risque d'extinction. Ce risque découlerait du changement climatique, associé aux tensions militaires dans le monde, à la surpopulation et au capitalisme. Par ailleurs, les commentaires convaincus soulignent la multiplication de phénomènes météorologiques extrêmes liés au changement climatique : inondations, tempêtes, ouragans, incendies.

Un aspect remarquable de cette analyse de forums réside dans le fait que **les thématiques abordées par les deux groupes apparaissent souvent identiques, et cela dans les mêmes proportions**. Lorsque les commentateurs échangent sur le changement climatique, ils traitent globalement des mêmes objets (la preuve scientifique ou la fonte des glaciers, par exemple), que l'argumentaire soit climato-sceptique ou convaincu, et ce dans les mêmes mesures. La différence entre les deux types d'argumentaires est d'ordre qualitatif, c'est l'appréhension de ces différents objets, et les croyances associées qui varient tendanciellement :

- **Pour les climato-convaincus, le financement des mesures nécessaires à la transition énergétique est jugé raisonnable à condition d'un système d'impôt et de taxation adéquat.** Le système économique doit être réformé, en accordant de plus larges prérogatives à l'Etat, de façon à rendre compte des enjeux environnementaux. **Pour les climato-sceptiques, la transition énergétique n'est pas viable économiquement,** puisqu'elle implique des dépenses supplémentaires sans espoir de retour sur investissement. L'impulsion nécessaire n'existe actuellement pas, car les décisions à prendre ne sont généralement pas avantageuse pour les entreprises où les particuliers. La transition est souvent perçue comme un business, qui bénéficie essentiellement à des entreprises opportunistes.

- La recherche scientifique soutient de façon univoque l'hypothèse d'une implication anthropique dans le changement climatique pour les climato-convaincus. Pour les climato-sceptiques, les données disponibles nourrissent une controverse chez les chercheurs sur la réalité du réchauffement climatique d'une part, et sur l'implication de l'humain dans le réchauffement d'autre part.
- **Pour les climato-convaincus, le gouvernement devrait donner un élan à la transition énergétique**, et poser un cadre législatif favorable à des pratiques non-polluantes. **Pour les climato-sceptiques, les mesures favorables à la transition sont susceptibles de restreindre les libertés individuelles**, et les revendications pro-environnement sont jugées inacceptables car interventionnistes, et souvent liberticides.

Néanmoins, certains topics sont propres à l'un des deux groupes. Le forum des personnes convaincues de l'existence d'un changement climatique possède ainsi quelques rubriques spécifiques, non partagés par les climato-sceptiques : **c'est la question de la survie de l'humanité qui démarque le plus nettement les deux groupes**. Seuls les climato-convaincus évoquent cette hypothèse, et cela constitue, avec 10% des occurrences, la première de leur préoccupation. **La question des phénomènes climatiques extrêmes constitue également un point de débat spécifique aux climato-convaincus**, alors que les climato-sceptiques ne l'évoquent jamais. L'engagement militant, ainsi que les propositions de solutions sous le contrôle des individus, comme une modification des habitudes alimentaires ou la suppression des véhicules polluants sont aussi des points de débats spécifiques aux climato-convaincus. De leur côté, les climato-sceptiques voient les véhicules électriques comme une solution importante au problème soulevé. Autre élément spécifique aux climato-sceptiques : une appétence pour l'argumentation et la remise en cause des consensus en matière de changement climatique, appétence qui se traduit par des discussions techniques à propos de modèles statistiques ou à propos du forçage radiatif, c'est-à-dire, selon le GIEC – Groupement intergouvernemental sur l'évolution du climat, « *l'équilibre entre le rayonnement solaire entrant et les émissions de rayonnements infrarouges sortant de l'atmosphère* ». Plus étonnant, la question de la faune et de la flore n'est évoquée que par les climato-sceptiques.

Le corpus Grand Débat

Présentation du corpus

Le Grand débat est une grande consultation nationale, réalisée sous forme de débat publics, de cahiers de doléances, mais aussi par le biais d'une plateforme en ligne ouverte du 22 janvier au 18 mars 2019. Sur la plateforme, les citoyens pouvaient répondre à des questionnaires courts (QCM) et longs (questions ouvertes) portant sur quatre thèmes : l'organisation de l'état, la fiscalité et les dépenses publiques, la démocratie et la citoyenneté, et la transition écologique. Environ 150 000 contributions sous formes de réponses ouvertes ont été collectées sur le thème de la transition écologique au cours de la période de consultation. Ce sont ces contributions, mises à disposition par l'organisation du Grand débat, qui font l'objet d'une analyse approfondie, dont les résultats préliminaires sont rapportés ici.

Le questionnaire comporte 16 questions. Cependant, toutes les questions ne sont pas exploitables dans le cadre de notre étude. Certaines d'entre elles portent sur des objets spécifiques, éloignés du cadre du projet (les comportements et les mesures incitatives en termes de transport et de chauffage individuel). D'autres incitent par leur formulation à des réponses peu élaborées, de type oui/non. Trois questions sont ici exploitées pour l'analyse.

Analyse des contributions au Grand Débat

Le problème le plus important dans le domaine de l'environnement

La première de ces questions est la suivante : « Quel est aujourd'hui pour vous le problème concret le plus important dans le domaine de l'environnement ? ». Quatre réponses étaient suggérées, avec la possibilité de rédiger une autre réponse.

Tableau 10. Pourcentages de sélection des six modalités de réponse à la question 1 du Grand Débat

Quel est le problème le plus important dans le domaine de l'environnement ?					
Dérèglements climatiques (crue, sécheresse)	Autre réponse	Biodiversité et disparition	Pollution de l'air	Pas de réponse	Erosion du littoral

	de certaines espèces					
% Total	29%	29%	22%	20%	7%	1%

Parmi les quatre propositions, trois concentrent l'essentiel des réponses : (1) les dérèglements climatiques, (2) la biodiversité, (3) la pollution de l'air. L'érosion du littoral n'est que marginalement considérée comme un problème prioritaire (1% du total des réponses).

Cependant, bien qu'elles facilitent la description statistique, nous pouvons regretter l'existence de réponses suggérées. D'une part, elles ne constituent pas des réponses spontanées (les choix des contributeurs sont susceptibles de simplement refléter une certaine hiérarchisation des problèmes liés à l'environnement). D'autre part, elles ne traduisent pas nécessairement la pensée de répondants insuffisamment motivés (ou outillés) pour formuler une réponse personnelle à la question. Parmi les contributeurs, 29% (environ 50 000 personnes) ont coché la case « autre », et formulé une réponse. Ces réponses sont le plus souvent laconiques : après retrait des mots vides, les contributions contiennent en moyenne 2,73 mots (SD = 14,25). On peut supposer que les contributeurs se sont ici calqués sur le format court des réponses suggérées.

Nous avons, dans un premier temps, étudié la fréquence d'apparitions des termes ou expressions indexés. Bien que la pollution de l'air figure parmi les réponses suggérées, et représente 20% des réponses, **les termes associés à la pollution apparaissent dans 23,3% des réponses ouvertes** (12 779 occurrences dans le corpus). Les contributeurs soulignent ici d'autres formes de pollution que celle de l'air (comme la pollution des sols et cours d'eaux ; voir l'analyse présentée plus bas), où précisent la réponse suggérée en indiquant des sources de pollution (notamment les véhicules et les usines). Sans surprise, l'évocation de termes liés à la pollution et la tonalité négative des contributions sont fortement corrélés ($r = .46, p < .001$). Notons que, de tous les objets traités, **la pollution apparaît comme le champ lexical le plus fortement corrélé à la tonalité émotionnelle (ici négative)** des contributions. Par ailleurs, **10,3% des contributions ouvertes évoquent la biodiversité** pour caractériser le problème environnemental le plus important (5 842 occurrences). Il s'agit du deuxième champ lexical le plus représenté, et ici aussi il s'agit d'une notion suggérée dans le questionnaire. **La biodiversité est faiblement, mais significativement corrélée à la pollution** ($r = .07, p < .001$). La nature de cette association est explicitée par le topic 8 de l'analyse présentée plus bas. Au troisième rang des champs lexicaux les plus représentés apparaît celui du danger et des catastrophes, identifié dans 4,7% des réponses ouvertes (2 801 occurrences). **Le danger est principalement corrélé au nucléaire** ($r = .10, p < .001$). Au quatrième rang, apparaît l'humain (4,1% des réponses libres, 2 264 occurrences), associé à une **tonalité émotionnelle positive** ($r = .19, p < .001$), et plus marginalement à la notion de surpopulation ($r = .07, p < .001$). Par ordre décroissant de fréquence d'apparition, nous pouvons enfin évoquer le champ lexical du gaspillage (3,2% des réponses, 1 756 occurrences), celui du nucléaire (2,8% des réponses, 1 683 occurrences), associé (outre au danger) à une **tonalité émotionnelle négative** ($r = .17, p < .001$), et le champ de la santé et de la maladie (2,6% des réponses, 1 458 occurrences).

Les réponses ont été soumises à une Allocation de Dirichlet Latente (LDA, Blei, Ng & Jordan, 2003). L'interprétation des topics identifiés est rapportée dans le tableau ci-après.

Tableau 11. Poids et signification des 20 topics identifiés pour la question 1 du Grand Débat

Contenu du topic	Classement ; Part des tokens classés
Tous les problèmes sont importants, on ne peut pas les hiérarchiser	6 : 6.2% 7 : 4.9% 18 : 1.9%
Pollution chimique, agriculture et élevage intensif comme menaces pour l'écosystème	8 : 3.5%
Pollution, dépendance, épuisement des énergies fossiles ; transition vers des énergies durables, sûres pour les générations à venir	9 : 3.4%
La gestion des déchets, préservation des terres, des océans, et des nappes phréatiques	10 : 3.2%
La croissance démographique, la pérennité de l'espèce humaine	11 : 3.1%
Les véhicules polluants, les usines et les industries polluantes	12 : 3.1%
Les insuffisances de la transition, les faillites du capitalisme : recyclage, bio- développement de l'éolien, du solaire, la question du nucléaire	13 : 2.7%
Le gaspillage des ressources, la surproduction et la surconsommation, la raréfaction des matières premières, le pillage des ressources, la déforestation	14 : 2.4%
L'immobilisme de la population, l'absence d'une prise de conscience collective	15 : 2.3%
Le dérèglement/réchauffement climatique, les gaz à effets de serre, le trou dans la couche d'ozone, la baisse de la biodiversité	16 : 2.3%

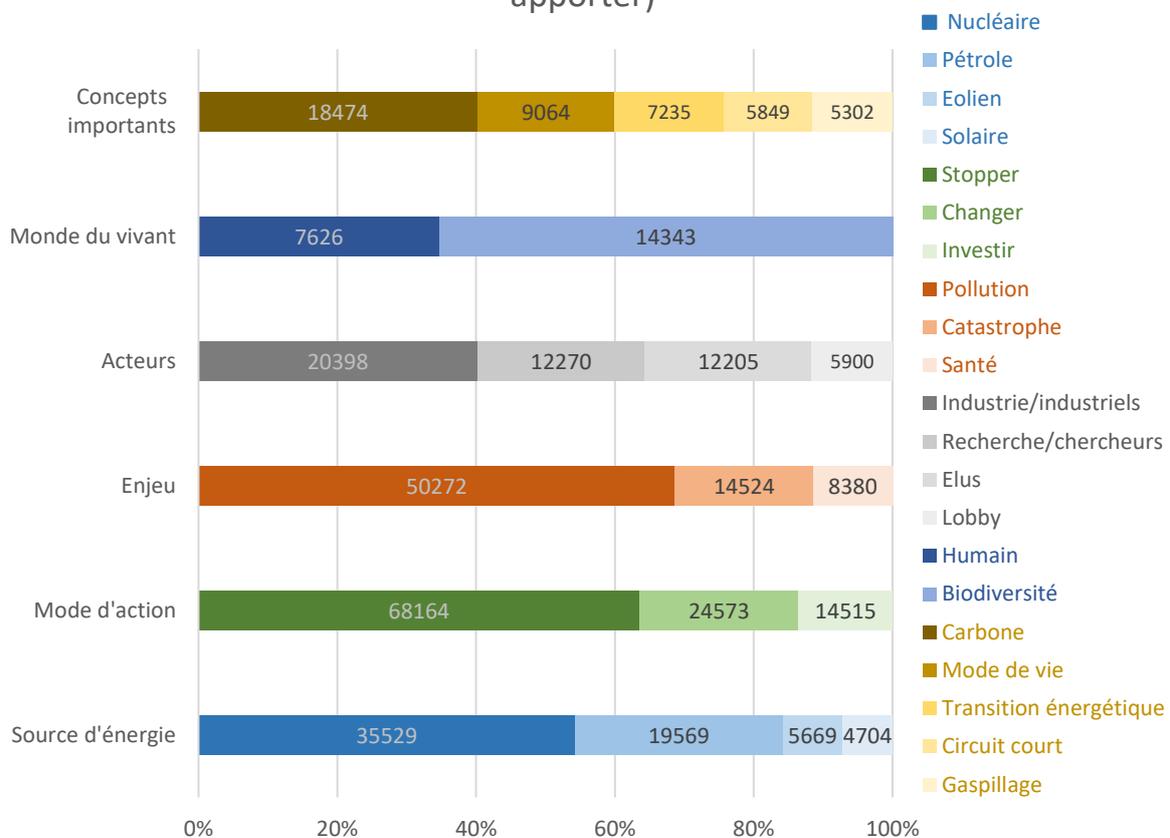
La surpopulation, les risques sanitaires, l'instabilité et l'insécurité du monde : prolifération du nucléaire, de l'armement, déplacements de populations	17 : 2.2%
Réponses variées : effondrement de l'économie, accroissement de la population, conflits, gaspillage, méconnaissance des conséquences, individualisme, migrations, problèmes sanitaires	20 : 0.7%

Au-delà des réponses suggérées, que beaucoup considèrent comme d'égale importance, ou faisant partie d'une situation d'urgence climatique globale, les répondants relèvent une dizaine d'autres problèmes : plusieurs renvoient à la pollution (pollution chimique des terres et océans, mauvaise gestion des déchets), d'autres renvoient à l'épuisement des ressources, notamment des énergies fossiles. Des contributeurs émettent des opinions sur l'origine de ces problèmes : l'industrie, les véhicules polluants, mais aussi la croissance démographique, qui constituerait une menace pour l'environnement, mais aussi pour la stabilité du monde en général. Dans ce cas, on note une tendance à mettre en question l'avenir de la civilisation, tandis que les contributions axées sur les problèmes de pollution mettent l'accent sur la nécessité d'établir des modes de vie et de production sûrs pour les générations à venir. On note, en outre, l'affirmation du besoin d'une prise de conscience individuelle, et des contributeurs déplorant l'immobilisme de la population face à l'enjeu environnemental.

Les réponses à apporter

La deuxième question sur le thème de la transition écologique portait sur les solutions aux problèmes identifiés plus haut. La question était la suivante : « Que faudrait-il faire selon vous pour apporter des réponses à ce problème ? ». Environ 88% des contributeurs ont formulé une réponse à cette question ($N = 135\,518$). Aucune réponse n'était suggérée, il s'agit ici exclusivement de réponses ouvertes. En comparaison à la première question, les contributions analysées ici sont plus élaborées (31,73 mots en moyenne, après retrait des mots vides, $SD = 67,79$).

Fréquence d'apparition des termes des champs lexicaux sélectionnés pour la question 2 du Grand Débat (réponses à apporter)



Parmi les champs lexicaux étudiés, deux se détachent : **celui de la régulation et de l'interdiction**, présent dans 30,8% des contributions (68 164 occurrences), puis, comme pour la première question, **celui de la pollution**, présent dans 24,4% des contributions (50 272 occurrences). Le plus souvent, la régulation doit concerner l'utilisation de pesticides (notamment le glyphosate), le transport de marchandises et la pollution atmosphérique, l'exploitation de la faune et des espaces naturels : **il s'agit soit d'interdire pour contrer les émissions de CO2, soit d'interdire pour préserver les écosystèmes menacés par l'activité humaine**. On observe, en outre, que plus les contributions réfèrent au champ de la régulation et de l'interdiction, moins leurs auteurs s'impliquent personnellement dans leurs propos ($r = .10, p < .001$) ; d'une part, **ces mesures doivent être imposées par l'état**, d'autre part, **elles concernent les pratiques de groupes spécifiques** : industriels, exploitants agricoles ou chasseurs, par exemple. Enfin, ce champ lexical est associé à des propos à tonalité émotionnelle négative ($r = .29, p < .001$), ce que l'on peut expliquer par la nature négative des objets ou comportement devant être interdits, et aux justifications fournies par les contributeurs (par exemple, interdire un produit parce qu'il est mauvais pour la santé).

Pour le champ de la pollution, les tendances observées à la question 1 se confirment : la pollution est fortement associée à des propos à tonalité émotionnelle négative ($r = .40, p < .001$).

Par ailleurs, la notion de pollution **implique moins l'auteur que d'autres entités sociales** lorsqu'elle est mentionnée ($r = .15, p < .001$) : soit les auteurs ne s'identifient guère comme des sources importantes de pollution, soit ils ne s'estiment pas en mesure de significativement réduire leur empreinte carbone (à moins que l'Etat ne propose des solutions, comme financer des travaux d'isolation, ou améliorer les transports en commun). La pollution est significativement (quoique faiblement) corrélée à l'industrie ($r = .14, p < .001$), ainsi qu'au nucléaire ($r = .10, p < .001$).

Outre les sources de pollution identifiées plus haut (usines, transports), **l'énergie nucléaire est associée à la pollution**. Ici aussi, il existe deux cas de figure : soit les contributeurs soulignent le problème de la gestion des déchets nucléaires, soit le nucléaire est considéré comme une piste (jugée souvent mauvaise, ou seulement viable à court-terme), pour limiter les émissions de GES. L'hypothèse d'une **ambivalence vis-à-vis du nucléaire** est ici soutenue par le fait que le nucléaire apparaît comme un problème environnemental (une source de déchets et de catastrophes, cf. question 1), et présente dans ce contexte une connotation négative, puis apparaît comme une solution à un problème plus consensuel (la pollution atmosphérique), souvent peu souhaitable, mais d'ores et déjà en application. Dans ce cas, le nucléaire revêt toujours une tonalité émotionnelle négative ($r = .06, p < .001$), mais dans des proportions moindres qu'à la question 1. Le champ de l'industrie est lui aussi teinté d'une tonalité émotionnelle négative ($r = .07, p < .001$) et, tout comme le nucléaire, associé à une moindre implication de l'auteur ($r = .08, p < .001$, pour le nucléaire, $r = .07, p < .001$, pour l'industrie).

De manière générale, on note que **plus les contributions impliquent leurs auteurs, plus celles-ci tendent à avoir une tonalité émotionnelle positive** ($r = .12, p < .001$). Deux champs lexicaux sont visiblement corrélés à l'implication personnelle des auteurs : celui du changement ($r = .15, p < .001$), et celui du mode de vie ($r = .12, p < .001$). Ces deux champs sont fortement corrélés entre eux ($r = .48, p < .001$), et tous deux associés de manière équivalente à une tonalité émotionnelle positive ($r = .07, p < .001$). Il semble que les réponses qui impliquent une prise de conscience, ou un engagement citoyen sont perçues plus positivement, ou qu'à l'inverse, les solutions *a priori* les plus souhaitables (changer nos façons de consommer, favoriser le local), semblent applicables directement par le citoyen, sans la médiation de l'Etat.

L'Allocation de Dirichlet Latente

Suite au nettoyage du corpus, nous avons, dans un premier temps, procédé à une LDA, en fixant les mêmes paramètres que pour la première question (20 topics). L'interprétation des topics identifiés est présentée dans le tableau ci-dessous. Seuls les topics directement en lien avec les solutions à apporter sont rapportés ici (plusieurs topics ne sont pas interprétables, d'autres contiennent un lexique associé aux problèmes dans le domaine de l'environnement).

Tableau 12. Poids et signification des 20 topics identifiés pour la question 2 du Grand Débat

Contenu du topic	Classement ;
------------------	--------------

	Part des tokens classés
Interdire le glyphosate ; favoriser les circuits courts, une agriculture raisonnée, la permaculture	5 : 7.1%
Favoriser les transports en commun, les trajets à vélo ; limiter la pollution liée au transport de marchandises	6 : 6.2%
Développer le télétravail, réduire les déplacements inutiles liés à l'activité professionnelle	7 : 5.7%
Isoler et rénover les bâtiments, développer l'éolien et le solaire	8 : 5.2%
Limiter la chasse et l'exploitation de terres sauvages, préserver les espaces naturels	9 : 5%
Mener des expérimentations (par le biais d'organismes de recherche indépendants), que le législateur tienne compte des conclusions de ces recherches	10 : 4.9%
Réduire les émissions de CO2, taxer les émissions, instaurer un système de bonus-malus	11 : 4.4%
Renouveler le parc automobile, utiliser des véhicules hybrides, des moteurs à hydrogène	13 : 4.1%
Sensibiliser (en particulier les enfants), au recyclage, consigner le plastique	14 : 3.9%
Taxer les gros pollueurs : industries polluantes, cargos, avions	15 : 3.5%
Changer notre mode de vie, repenser radicalement nos habitudes, nos façons de consommer	16 : 2.7%
Mettre en place une politique écologique forte à l'échelle nationale ou internationale, instaurer des mesures incitatives	17 : 2.6%
Respecter les engagements de la COP21	18 : 2.3%
Investir (massivement) dans les énergies renouvelables, ou le nucléaire (EPR)	19 : 2%
Réguler la croissance démographique / réguler l'économie	20 : 1.9%

Les principaux topics renvoient à la notion d'efficacité énergétique : à l'échelle individuelle, il s'agit surtout d'adapter nos modes de production, de déplacement ou de travail, afin d'adopter des procédés non-polluants. En premier lieu, mettre fin à l'agriculture intensive, et revenir à

une logique locale et sans apport de produits chimiques. Plus généralement, le local doit permettre une réduction des transports de marchandises sur de longues distances, pouvant être rendu inutiles. Pour les populations urbaines, la voiture doit être progressivement abandonnée, au profit des transports en commun et du vélo. Autrement, le parc automobile devrait être renouvelé, de façon à moins polluer. Dans la mesure du possible, les déplacements liés au travail devraient être limités lorsqu'ils ne sont pas indispensables. Les bâtiments devraient être isolés et rénovés. Pour une partie des contributeurs, il s'agit de sensibiliser les citoyens – en particulier les enfants – à la nécessité de changer nos pratiques. A l'échelle nationale et internationale, il est nécessaire : (1) de sanctuariser les espaces naturels préservés, (2) de stimuler la recherche (notamment dans les énergies renouvelables, ou le nucléaire), (3) de taxer les grands pollueurs, (4) de mettre en place des politiques fortes en matière d'écologie, et de respecter les accords de la COP21. Comme à la première question, certains contributeurs relèvent un problème lié à la croissance démographique, et affirment la nécessité d'une régulation à ce niveau. Pour d'autres, c'est l'économie qui doit faire l'objet d'une régulation.

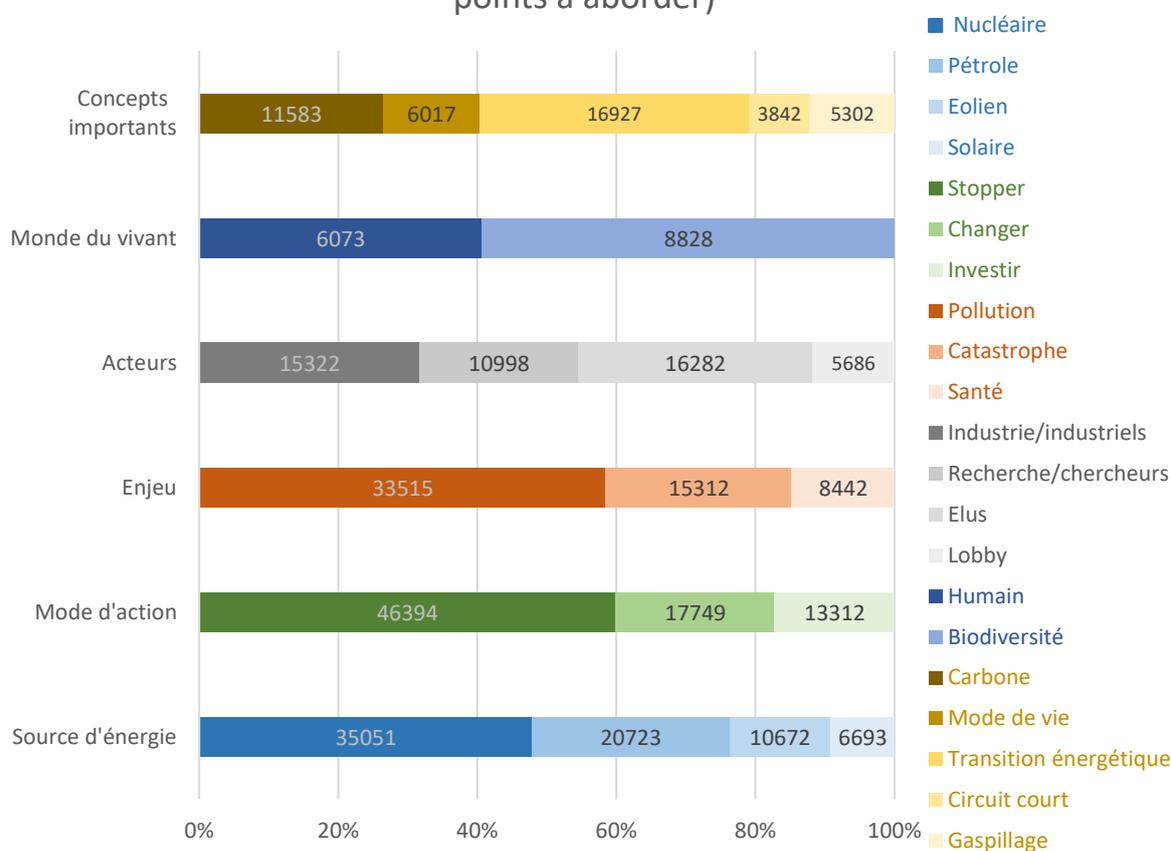
On notera l'absence d'évocation spontanée de la capture et du stockage du CO2 comme réponse possible à apporter à la transition écologique.

Autres points abordés

Le questionnaire en ligne se clôturait sur la question suivante : « Y a-t-il d'autres points sur la transition écologique sur lesquels vous souhaiteriez vous exprimer ? ». Bien que les interventions aient été souvent influencées par le contenu des questions précédentes, il s'agit de l'espace d'expression libre de la consultation, ayant pour fonction de recueillir des propos spontanés sur le thème, et d'identifier les revendications clé des citoyens. Plus de 70% des contributeurs s'en sont saisi ($n = 110\,572$).

Trois champs lexicaux apparaissent dans plus de 20% des contributions : celui de l'interdiction et de la régulation (46 394 occurrences ; 25.6% des contributions), celui du Nucléaire (35 051 occurrences, 20.1% des contributions), et celui de la pollution (33 515 occurrences, 20.1% des contributions). Il s'agissait aussi des trois champs lexicaux les plus représentés à la question 2 (réponses à apporter). Evoquée dans 12.1% des contributions (16 927 occurrences), la transition énergétique est plus souvent évoquée ici qu'en réponse à la question portant sur les solutions à apporter (4.2% des contributions). On peut supposer que **la transition ne s'impose pas à l'esprit des contributeurs comme une solution aux problèmes environnementaux évoqués, mais comme la marche à suivre** : la transition énergétique apparaît comme le cadre politique susceptible de stimuler la rupture avec les énergies fossiles, ou de favoriser des pratiques d'efficacité énergétique par exemple.

Fréquence d'apparition des termes des champs lexicaux sélectionnés pour la question 16 du Grand Débat (autres points à aborder)



Concernant les associations entre champs lexicaux, on n'observe pas à cette question de tendances fortes vis-à-vis de la transition énergétique ou écologique. Celle-ci est corrélée positivement au champ de l'investissement, $r = .07$, $p < .001$, à tendance à être associée à un lexique à tonalité émotionnelle positive, $r = .06$, $p < .001$, et à apparaître moins souvent lorsque le lexique de l'interdiction et de la régulation est exprimé, $r = .05$, $p < .001$. Si ces corrélations sont de faible ampleur, l'Analyse de Dirichlet Latente, dont les topics sont synthétisés dans le tableau ci-dessous, nous a cependant permis d'affiner ces observations. Les termes « transition » et « écologique » sont en effet dans une large majorité des cas classés dans le topic 6. **Celui-ci se caractérise par des termes marquant son caractère prioritaire (« urgence », « priorité », « absolue », ou « nécessaire ») et d'autres ayant trait au domaine de la politique (« politique », « état », « fiscalité »).** On note que le monde lexical de la transition ne contient **pas de terme faisant référence à ses modalités d'application, à l'exception des formules « fiscalité punitive », ou « mesure punitive ».** Il s'agit d'une notion

importante, jugée prioritaire, et relevant de la responsabilité de l'Etat, mais sans contenu clair. Celle-ci **ne véhicule en effet que rarement une vision précise du futur, ni d'éléments spécifiques quant à la façon de procéder** face à l'urgence climatique, et ne renvoie finalement souvent qu'à la revendication d'une prise en main de la problématique par l'Etat (généralement par le biais de mesures coercitives).

S'agissant des revendications en termes de mesures politiques, celles-ci sont principalement des deux ordres :

- **Appliquer des mesures d'efficacité énergétique.** Celles-ci se traduisent d'une part par l'accompagnement financier des travaux de rénovation et d'isolation des particuliers, et d'autre part par un urbanisme plus cohérent et moins polluant (e.g. favorisant les transports en commun, incitant à des trajets plus courts en ville).
- **Exercer une plus grande pression fiscale sur les entreprises malhonnêtes.** Ici les pratiques polluantes des grands groupes industriels sont mis en parallèle avec les problématiques d'**évasion et de niches fiscales** : sont par exemple pointés du doigt les GAFAM, l'expérience CICE et la disparition de l'ISF. Sur ce point, on note une association entre les champs de l'industrie et du lobbying, $r = .08$, $p < .001$, et entre l'industrie et la pollution, $r = .10$, $p < .001$.

Des contributeurs soulignent que les pratiques de lobbying des groupes industriels leur offre une trop grande liberté pour poursuivre leurs activités polluantes. Le lobbying est par ailleurs associé au champ de l'interdiction et de la régulation, $r = .08$, $p < .001$. On relève dans une fraction importante des contributions une critique des élus, pas suffisamment à l'écoute des revendications des citoyens (ni des préconisations des scientifiques), et insuffisamment courageux pour privilégier le bien commun aux intérêts privés (topic 5).

Plusieurs topics sont associés à une perception plus globale des enjeux environnementaux : **les activités humaines mettent en danger la planète**, et il est nécessaire de repenser ces activités avant qu'il ne soit trop tard, autant pour l'écosystème que pour l'humain. Au-delà d'une intervention des Etats, cette situation implique une prise de conscience généralisée afin que tous adoptent un mode de vie respectueux de l'environnement. A l'échelle individuelle cela signifie par exemple de trier ses déchets, consommer local, limiter le gaspillage. A l'échelle de la société, cela peut impliquer d'adopter de nouvelles normes : valoriser un mode de consommation plus sobre, et sur un plan économique favoriser le développement durable à une logique de croissance économique.

Tableau 13. Poids et signification des 20 topics identifiés pour la question 16 du Grand Débat

Contenu du topic	Classement ; Part des tokens classés
Isoler et rénover les logements et bâtiments publics ; réaliser des travaux d'aménagement urbain (parkings relais et piétonisation des centres-villes, politiques d'urbanisme)	1 : 9.4%
Pollution liée à la fabrication de batteries : extraction de lithium, terres rares ; stockage de l'électricité ; centrales nucléaires	3 : 7.7%
Communication des (et avec les) personnalités politiques, élus : courage, écoute, décisions, intérêts ; scientifiques et lobbies	5 : 7.1%
La transition écologique doit être la priorité : urgence absolue, il est nécessaire d'agir ; mise en place de mesures punitives	6 : 6.9%
Sauver la planète avant qu'il ne soit trop tard ; nécessité d'agir pour préserver l'humanité	7 : 6.6%
Recycler les déchets (notamment le plastique), mise en place d'une consigne ; lutter contre l'obsolescence programmée et le gaspillage	8 : 5.3%
Adopter une logique pollueur-payeur, taxer les industries et les entreprises ; renflouer les caisses de l'état en luttant contre l'évasion et les niches fiscales	10 : 4.5%
Raisonner à long-terme sur notre impact environnemental ; adopter une logique de croissance durable, sobriété des modes de vie, décroissance	11 : 4%
Favoriser les produits bio, les circuits courts, l'agriculture raisonnée ; interdire le glyphosate, limiter notre consommation de viande	12 : 4%
Protéger la faune (insectes, notamment abeilles ; oiseaux), et la flore ; encadrer la chasse et la pêche ; changer nos méthodes d'élevage et d'abattage, et l'agriculture intensive	14 : 3.7%
Produire des véhicules hybrides ou électriques, faire bénéficier de primes à l'achat et multiplier les bornes de recharge	15 : 3.5%
Favoriser le feroutage et taxer les poids lourds, les avions, les cargos, le kérosène	16 : 3.4%

Développer les énergies renouvelables (solaire et éolien) ; sortir du nucléaire	17 : 3%
Rechercher des technologies de production d'énergie alternatives, mettre en place des projets de solaire et d'éolien en mer ; comparaison avec d'autres pays (Chine, USA)	18 : 2.8%
Informer, sensibiliser, éduquer les citoyens (notamment les enfants) : prise de conscience et comportements pro-environnement	19 : 2%

Le corpus Vrai Débat

Présentation du corpus

Le « Vrai Débat » est une consultation citoyenne, organisée parallèlement au Grand Débat à l'initiative d'un groupe de citoyens revendiquant leur affiliation aux gilets jaunes. La consultation en ligne était ouverte du 30 janvier au 3 mars 2019.

Un des principaux motifs de cette consultation était d'offrir aux citoyens une plateforme de consultation en phase avec les préconisations de la commission nationale du débat public. En effet, des reproches ont été adressés au Grand Débat quant au nombre restreint de thèmes proposés, et surtout vis-à-vis de la forme de la consultation. La plateforme de consultation du Grand Débat est essentiellement une plateforme de questionnaire, dont la plupart des questions sont fermées et portent sur des points spécifiques. Il a été reproché à ses organisateurs de vouloir orienter le débat, voire orienter les positions des contributeurs. **Le « vrai débat » se structure autour de contributions libres** (des propositions), déposées dans l'une des neuf sections proposées. Chaque participant a la possibilité de publier une proposition, d'évaluer une proposition (voter « pour », « contre », ou « mitigé »), ou d'argumenter en faveur ou défaveur d'une proposition.

La diffusion du « Vrai Débat » est largement moindre que celle du grand débat : sur le thème de la transition énergétique, les 3 522 contributions et 10 975 arguments sont à rapporter aux 153 809 questionnaires longs et 351 313 questionnaires courts récoltés sur la plateforme du Grand Débat. On peut tout de même noter, dans les deux cas, un intérêt prononcé pour les questions environnementales, puisque dans les deux cas, la transition s'affirme comme le deuxième thème ayant récolté le plus de contributions. La popularité moindre de cette consultation s'explique principalement par son caractère ouvertement militant et contestataire (en réaction au Grand débat organisé par le gouvernement), ainsi que par un faible relai médiatique de celle-ci en comparaison au Grand Débat, largement commenté dans les médias traditionnels. Initiative de sympathisants Gilets Jaunes, le « Vrai Débat » s'affirme comme un espace d'expression pour tous les citoyens, mais fut **essentiellement saisi par des militants investis dans le mouvement Gilets Jaunes** (via le « bouche à oreille » et les réseaux sociaux).

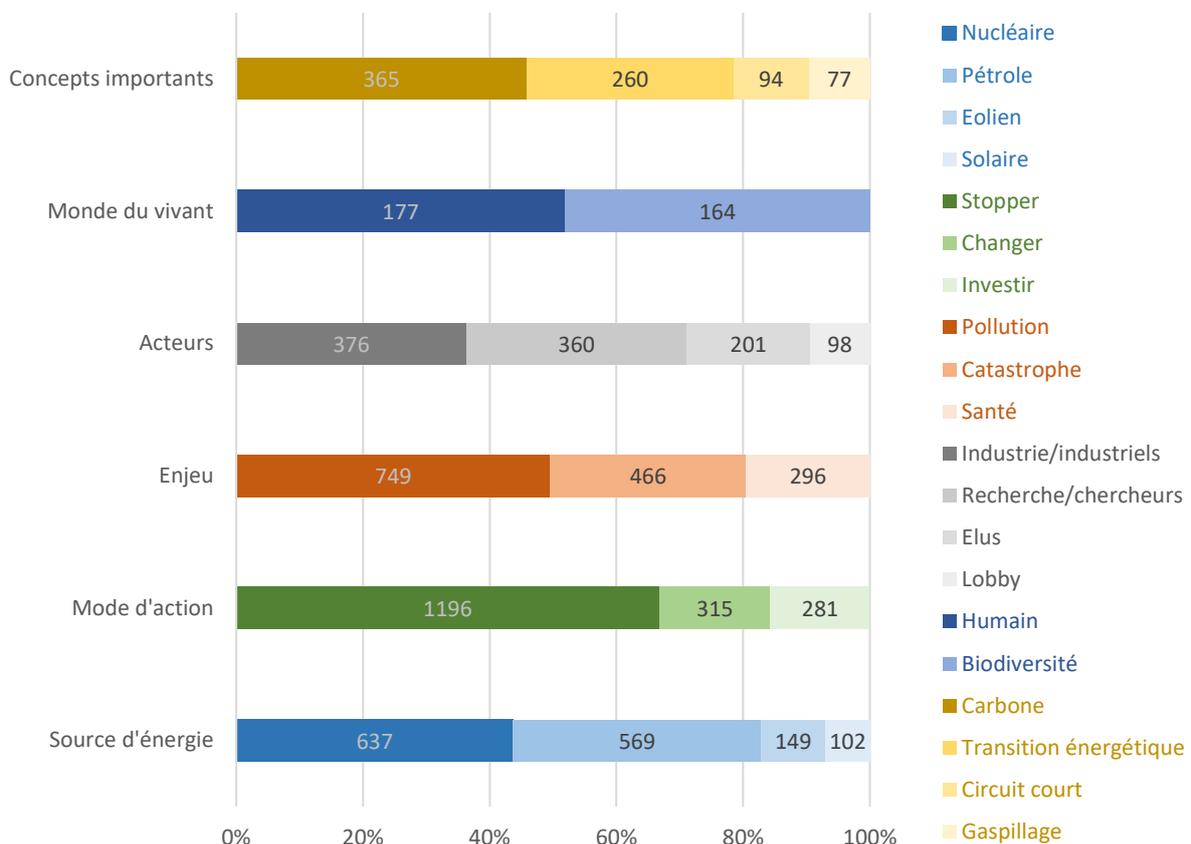
Analyse des contributions au Vrai Débat

Pour les besoins de l'analyse, nous avons sélectionné les 2 600 propositions uniques ayant au moins reçu un argument, ainsi que le premier argument favorable et défavorable publié pour chaque proposition. Ces propositions prennent, en général, la forme d'argumentations construites, et comportent en moyenne 542,6 mots (SD = 685,2).

On décompte 24 475 votes au total, soit une moyenne de 9,41 votes par proposition (SD = 16,3 ; à noter que les contributions déposées en début de consultation ont récolté souvent plus de votes que les plus tardives). Un peu moins de 20 000 de ces votes sont positifs, soit 80% du total, contre 14,4% de votes négatifs et 5,6% de votes mitigés. Quasiment toutes les contributions ont au moins un vote positif (97,3%), la moitié ont reçu un vote négatif (51,2%), et 35% ont reçu un vote mitigé.

Etant donné le volume restreint de documents, certains index de mots peuvent n'être représentés que marginalement. Pour l'analyse des contributions au « Vrai débat », nous avons retenu les index dont un terme associé apparaît dans au moins 2,5% des contributions (64 contributions) ; 20 index remplissent ce critère.

Fréquence d'apparition des termes des champs lexicaux sélectionnés dans les contributions du corpus "Vrai Débat"



Nous retrouvons des tendances similaires aux contributions du Grand débat quant aux niveaux de diffusion des lexicaux étudiés. La seizième et dernière question du Grand débat (« *Y a-t-il d'autres points sur la transition écologique sur lesquels vous souhaiteriez vous exprimer ?* »), étant la plus ouverte, nous avons jugé qu'il s'agissait du sous-corpus le plus à même d'être directement comparé aux propositions libres du Vrai débat. Tout comme pour la question 16 du Grand débat, les champs de l'interdiction (ou de la régulation), de la pollution et du nucléaire sont les trois plus fréquents dans le corpus Vrai débat. On note, cependant, une **plus grande**

diffusion du champ de l'interdiction, présent dans près de 30% des contributions, contre 25% à la dernière question du Grand débat, et une **diffusion moindre de termes ayant trait au nucléaire**, présent dans moins de 15% des propositions contre 20% dans le Grand Débat. Par ailleurs, une plus grande proportion des contributeurs du Grand débat mentionne la transition énergétique (12,1%, contre 7,3% pour le Vrai Débat), des fonctions ou personnalités politiques (9,5% des contributeurs, contre 5,2%), ainsi que l'éolien ou le solaire (respectivement 6,5% et 4,8% des contributeurs, contre 3,5% et 2,9%). A l'inverse, les auteurs du Vrai Débat mobilisent plus fréquemment le champ lexical du danger (12,3% contre 9,4%), celui de la santé (7,2% contre 5,3%), de l'humain (5% contre 3,1%), et de la science (8,5% contre 6,7%).

Le nucléaire est l'objet le plus fortement corrélé à la pollution, $r = .13$, $p < .001$, devant le pétrole, $r = .09$, $p < .001$. A titre de comparaison, pour les questions 2 et 16 du Grand Débat le champ de la pollution est principalement corrélé à celui de l'industrie, puis au nucléaire. On note donc entre les corpus un **consensus sur le caractère polluant de la production d'énergie nucléaire**, bien que l'association semble plus marquée pour les contributeurs du Vrai Débat. A l'inverse, tandis que les contributions du Vrai Débat pointent l'impact du recours au pétrole, ceux du Grand Débat soulignent la responsabilité de la production industrielle dans la pollution atmosphérique. De façon plus marginale, mais confirmant les observations du Grand Débat, l'évocation de la pollution est associée à une moindre implication personnelle de l'auteur (une plus grande proportion de propos aux deuxième et troisième personnes qu'à la première), $r = .06$, $p < .001$, soulignant une tendance générale à attribuer la responsabilité de la pollution à d'autres entités que celles auxquelles s'associent les contributeurs.

Le champ de l'interdiction et de la limitation est celui le plus fortement associé à des propos à tonalité émotionnelle négative, $r = .36$, $p < .001$. Il est, en outre, associé à la **notion de danger et de catastrophe**, $r = .12$, $p < .001$, au champ de la **santé et de la maladie**, $r = .10$, $p < .001$, et à **l'industrie**, $r = .08$, $p < .001$. On peut mettre en perspective ces associations avec celles observées à la question 2 du Grand débat : seul le gaspillage est marginalement associé au champ de l'interdiction, $r = .06$, $p < .001$. On peut ici faire l'hypothèse que les contributeurs du Vrai Débat ont formulé des revendications plus spécifiques, impliquant pour l'Etat de **réguler les pratiques à risques et les excès des parties prenantes**. Comme pour l'essentiel des variations observées entre les deux corpus, il est cependant difficile de distinguer la part de variation induite par le profil des contributeurs de celle induite par la méthodologie de la consultation.

L'industrie, quant à elle, est principalement associée au lobbying, $r = .28$, $p < .001$, **tout comme - dans une moindre mesure - les élus et personnalités politiques**, $r = .10$, $p < .001$. Il s'agit des deux corrélations les plus fortes pour le champ du lobbying. Les contributeurs s'expriment sur le lobbying de groupes industriels auprès de l'Etat notamment, identifié comme un paramètre important dans la problématique environnementale. Dans les propos des contributeurs, ces mêmes industriels ont tendance à être associés au champ lexical de la santé et de la maladie, $r = .08$, $p < .001$, ainsi qu'à celui de l'interdiction et de la régulation, $r = .08$, $p < .001$. Rapporté à la volonté de voir l'Etat jouer plus fortement son rôle de régulateur (voir plus haut), on peut supposer **que l'existence d'un lobbying des groupes industriels est jugée**

comme un frein à l'affirmation de ce rôle (par le biais de mesures coercitives à l'égard des industries polluantes, par exemple).

La tonalité émotionnelle des contributions est corrélée à cinq des champs lexicaux analysés. Les principales corrélations vont, cependant, dans le sens d'une tonalité négative : le champ de l'interdiction et de la régulation est le plus fortement associé à un vocabulaire teinté négativement, $r = .36, p < .001$, suivi du champ du danger et de la catastrophe, $r = .24, p < .001$, de celui de la pollution, $r = .22, p < .001$, puis du nucléaire, $r = .09, p < .001$. Le champ lexical de l'investissement est le principal champ corrélé à une tonalité émotionnelle positive, $r = .09, p < .001$ (c'est aussi marginalement le cas de la transition énergétique, $r = .05, p < .02$). Transition énergétique et investissement sont assez nettement associés dans les contributions du Vrai Débat, $r = .19, p < .001$. La transition énergétique est envisagée, en premier lieu, comme une démarche d'investissement financier, qui, au vu des analyses précédentes, doit être en priorité conduite par l'Etat.

Synthèse des principaux résultats

Conception de la transition énergétique dans la presse et les consultations citoyennes

De l'analyse du corpus EuroPresse, il apparaît que la transition énergétique est **en premier lieu associée aux controverses politiques nationales, et aux personnalités qui les incarnent** (François Hollande, Ségolène Royal, Nicolas Hulot). C'est d'abord un terme employé en référence à des projets de réforme (la loi relative à la transition énergétique de 2015 par exemple), ou bien à une fonction ministérielle (ministre de la transition écologique par exemple).

En écho à ce constat de polarisation politique de la notion de transition énergétique, rappelons que l'Europe, et en particulier la France, possède une tradition d'écologie politique remontant au choc pétrolier de 1973. En Europe de l'Ouest, la crise du pétrole s'est traduite par une prise de conscience de la précarité d'un système de production d'énergie reposant sur le pétrole, à la suite de quoi des moyens ont été déployés pour développer de nouvelles sources d'énergie, comme le nucléaire en France. Parallèlement, de nombreuses campagnes de communication ont appuyé la nécessité d'une réduction des dépenses énergétiques des ménages, en alertant les citoyens sur le gaspillage d'énergie au quotidien.

L'entrée des préoccupations écologiques dans le discours politique sous la forme (1) d'une mise en question de notre dépendance énergétique au pétrole, et (2) d'une communication sur les moyens de réduire nos dépenses d'énergie, est proche de ce que l'on observe actuellement au sujet du réchauffement climatique : **l'Etat a pour rôle d'être un vecteur de solutions** vers des modes de production d'énergie propre, et de **proposer des outils pédagogiques** pour accompagner les citoyens sur le chemin de la transition écologique. **Les citoyens quant à eux sont sollicités pour intégrer progressivement des gestes écologiques de plus en plus élaborés** (comme par exemple éteindre sa lumière, puis trier ses déchets, puis produire du compost et consommer local). **Le secteur industriel est quant à lui évoqué soit comme une source de pollution, soit comme un prestataire**, sollicité pour l'application des mesures de transition énergétique décidées par l'Etat. En creux, on note plusieurs choses :

- **Une conception descendante du rôle de l'Etat** : celui-ci propose, impose, interdit, mais consulte peu, n'a pas vocation à prendre la mesure et faciliter des initiatives privées, et ne laisse finalement qu'une marge restreinte à l'innovation citoyenne ou industrielle.
- **Les citoyens sont d'abord perçus comme des acteurs de la transition énergétique en tant que consommateurs**. En conséquence, les initiatives écologiques correspondent à des gestes quotidiens liés à la consommation (par exemple recycler ces déchets, être attentif au gaspillage), et à l'application de la politique écologique (par exemple isoler son logement). Au vu des avis manifestés dans les consultations citoyennes (l'inquiétude vis-à-vis des conséquences du réchauffement climatique, le

constat d'un certain immobilisme des acteurs de la transition, le besoin de changements plus radicaux dans nos modes de vie), **la conception du citoyen comme consommateur responsable peut être considéré par certains comme trop restreint, et engendrer de la frustration, voire une défiance** vis-à-vis de la politique de l'Etat.

- Enfin, l'industrie n'est que rarement perçue comme un vecteur de solution de transition énergétique aux côtés de l'Etat. Dans l'ensemble, **celle-ci pâtit d'une image fortement dégradée par sa responsabilité dans les émissions de gaz à effet de serre, une certaine méfiance quant à sa logique de fonctionnement et ses intérêts propres** (l'importance de l'actionnariat et l'existence de lobbys industriels, en rupture avec l'intérêt commun).

L'analyse des contributions au Grand Débat tend à valider le discours observé dans la presse, et présenté ci-dessus. Les citoyens réclament une plus grande fermeté de l'Etat face à la pollution, et aux pratiques menaçant la biodiversité (en premier lieu l'industrie, l'agriculture intensive, la chasse). De façon assez récurrente, ils réclament par ailleurs une politique incitative plus forte vis-à-vis des ménages, et plus d'efforts de sensibilisation auprès des citoyens peu engagés. Dans ce sens, **les revendications politiques issues du Grand Débat n'impliquent généralement pas de changement radical dans la conception du processus de transition énergétique** (la conception des objectifs à atteindre ou des rôles des différents acteurs par exemple), **mais portent des exigences en termes de moyens alloués, d'objets à valoriser, encadrer ou bannir.**

Nous n'avons par ailleurs identifié que peu de contributions, axées sur la revendication d'une modernisation du parc industriel. Cette absence relève selon nous d'une perception incorrecte de la dépendance réciproque de l'industrie et de l'Etat. Tout en manifestant une certaine méfiance vis-à-vis du gouvernement, les citoyens considèrent qu'il existe un rapport de force entre l'industrie et l'Etat, qui devrait pencher en faveur du second pour réaliser la transition énergétique. Ainsi, il faut principalement taxer et contraindre les industries (comme le manifeste la référence récurrente au concept de pollueur-payeur), pour inciter celles-ci à la réduction des émissions de gaz à effet de serre d'une part, et financer les mesures à destination des particuliers ou des collectivités locales d'autre part

Fonction de la science dans le débat sur le changement climatique et la transition énergétique

On note une moindre fréquence d'apparition des termes associés à la science sur la période 2013-2019, en comparaison aux périodes précédentes. Une hypothèse à l'évocation moindre du lexique de la science tient au **glissement du débat sur le changement climatique vers la question des solutions à apporter à partir de 2012**. La transition tient en effet une place croissante depuis cette date, au détriment des causes et des conséquences du changement

climatique. L'hypothèse est soutenue par une **corrélation négative entre transition énergétique et science dans les articles du corpus** ($r = -.11, p < .001$). Dans le corpus, la science est en outre associée au champ de la biodiversité ($r = .07, p < .001$), de l'humain ($r = .13, p < .001$), et du danger ($r = .08, p < .001$), des termes qui renvoient généralement plus au versant « conséquences » qu'au versant « solutions » au changement climatique.

On peut supposer que l'expertise scientifique est plus naturellement mobilisée dans la presse pour **argumenter sur les mécanismes du changement climatique et ses conséquences probables** qu'elle ne l'est pour débattre des solutions à apporter. Cette hypothèse est soutenue par le rôle prépondérant joué par la preuve scientifique et l'emphase sur la publication scientifique dans les débats sur Reddit concernant le caractère anthropique du changement climatique. Les arguments des commentateurs climato-sceptiques et climato-convaincus s'appuient en effet régulièrement sur l'affirmation d'un état de preuve scientifique (un consensus sur la réalité du changement climatique d'un côté, l'absence de consensus ou de preuves claires de l'autre), pour justifier leurs positions. Il s'agira par la suite d'évaluer dans quelle mesure les commentaires axés sur les *solutions* au changement climatique recourent à des références scientifiques pour appuyer leurs propos. Au vu des propos recueillis dans les consultations en ligne (Vrai Débat, Grand Débat), où l'on n'observe que rarement des suggestions quant aux techniques à implémenter dans le cadre de la transition énergétique, **l'accent politique et éthique du débat ne s'accompagne pas d'une réflexion scientifiquement motivée à propos des technologies de réduction des gaz à effet de serre**. Le constat est aussi valable pour l'industrie, plus rarement mentionnée dans la presse aujourd'hui que par le passé ($r = .13, p < .001$) : **l'industrie ne serait pas perçue comme un potentiel acteur de la transition**, quand bien même elle est reconnue pour son rôle dans la pollution atmosphérique²²

Références à la capture du carbone dans les corpus presse et Grand Débat

Dans la presse, la science est plus fréquemment abordée lorsque les articles traitent de géo-ingénierie du sous-sol ($r = .25, p < .001$), et dans ceux abordant la CSC ($r = .12, p < .001$). En dehors de la presse spécialiste, la science est **peu présente**. Ces deux sujets **ne parviennent pas à capter l'attention de la presse non-spécialiste**, et, malgré leur pertinence dans le débat sur les solutions de transition énergétique, leur **fréquence d'apparition tend à décliner dans la presse** au fil des années ($r = -.32, p < .001$ pour la CSC, $r = -.09, p < .001$ pour la géo-ingénierie du sous-sol). Néanmoins, nous n'avons pas à ce stade déterminé s'il s'agit d'une tendance de fond (un désintérêt de la part de la presse), ou du fait d'une fréquence moindre d'événements en lien avec la CSC.

La capture et le stockage du carbone n'est que (très) rarement évoquée dans les consultations citoyennes sur le thème de la transition énergétique. A la question des solutions à apporter aux problèmes environnementaux, nous avons sélectionné les contributions évoquant

²² Avec le pétrole, l'industrie est un des deux champs lexicaux les plus fortement associés au carbone dans le corpus EuroPresse ($r = .11, p < .001$).

la capture et/ou le piégeage du carbone (expressions-clé en annexe). Malgré un choix de d'expressions-clé ciblant la CSC, un nombre important des contributions portent sur la séquestration naturelle du carbone, dans les forêts, et plus rarement dans les sols. Peu de contributions évoquaient explicitement la CSC. Pour les contributions peu explicites, nous avons sélectionné les argumentaires évoquant des *techniques* de captage, des *recherches* sur le captage, ou la *récupération* du carbone là où il est émis. Après un tri manuel des contributions, nous avons identifié 52 contributeurs réclamant le développement de techniques de capture du carbone. Il s'agit certes d'une solution spontanément évoquée par des citoyens (d'autant plus spontanée que certaines propositions semblent ignorer l'existence de projets de séquestration du carbone sur le territoire français, ni disposer d'une connaissance superficielle des techniques aujourd'hui à l'étude²³), mais très marginale au vu de la taille de l'échantillon étudié (52 contributions sur 135 518). Associé à la proposition de capter le carbone, 17 contributeurs évoquent l'usage à faire du carbone capté :

- **Treize des dix-sept contributeurs souhaitent voir recycler le carbone.** En particulier, neuf d'entre eux proposent de réemployer le carbone comme source d'énergie, dans la production d'hydrocarbures de synthèse ou de biomasse.
- **Deux des dix-sept contributeurs proposent de piéger le carbone** dans le sous-sol

Avant de répondre à la question analysée ici (« Que faudrait-il faire selon-vous pour apporter des solutions à ce problème ? »), les contributeurs devaient se prononcer sur le problème environnemental le plus important de leur point de vue. A cette question, le groupe des contributeurs proposant de recourir au captage du carbone se distinguent nettement de l'échantillon pris dans son ensemble. Alors que 29% des contributeurs du Grand Débat identifient les *dérèglements climatiques* comme le principal problème pour l'environnement, ils sont 70% (36 sur 52), à l'affirmer dans le sous-groupe évoquant la capture du carbone comme solution. A l'inverse, sept contributeurs (13,5%) identifient la *pollution de l'air* comme le problème le plus important, et trois (6%), identifient la *biodiversité et la disparition de certaines espèces* (contre 20% et 22% respectivement pour le total des contributions). En comparaison à la moyenne des contributeurs, **le sous-échantillon évoquant la CSC paraît donc particulièrement attentif aux dérèglements climatiques**, au détriment des problèmes liés à la pollution ou la biodiversité.

Deux conceptions des modalités de transition énergétique ?

L'opposition observée dans les corpus entre CSC et capture du carbone par les plantes apparaît comme symptomatique d'un **clivage entre deux modes de raisonnement vis-à-vis des solutions aux problèmes environnementaux**. Une partie des contributeurs prônent l'adoption de solutions valorisant le rôle de notre écosystème dans la régulation (planter des arbres ou capter le co2 dans les terres agricoles ; initiative 4 pour 1000 du CIRAD ; toits végétalisés ;

²³ On relève dans les contributions telles que « *investir fortement pour trouver un moyen de piéger le co2* », « *donner des moyens importants à la science pour trouver des moyens de capter le carbone émis par les hommes* »

introduction ou réintroduction d'espèces animales ; agriculture écoresponsable et permaculture ; pratiques non-polluantes comme les circuits courts), l'objectif commun à ces revendications étant de **repenser notre environnement, de façon à stimuler des processus naturels favorables à la réduction des émissions des gaz à effet de serre**. D'autres contributeurs relèvent une nécessité de faire intervenir la technologie dans le but réintroduire un équilibre dans le cycle du carbone, dépolluer, ou produire de l'énergie de façon non-polluante (hydrogène, éolien et photovoltaïque, nucléaire parfois), le but étant de **placer l'efficacité énergétique et la neutralité carbone au cœur de la feuille de route du progrès technologique**, ou inversement, de **mettre le progrès technologique au service de la réduction des émissions de gaz à effet de serre**. En conséquence, nous pouvons envisager les conceptions individuelles de la transition énergétique comme distribuées entre deux pôles :

- Une conception technologique, selon laquelle **la science, dotée des moyens nécessaires fournis par l'Etat, peut être en mesure de répondre à temps à l'essentiel des enjeux qui pèsent sur notre environnement**. La crise écologique est un problème sans précédent pour l'humanité, mais nous pouvons, au prix d'une convergence des efforts, les moyens de réaliser une transition douce, qui n'affectera que peu nos modes de vie.

« Il faut mettre le paquet sur la recherche pour trouver les solutions qui permettront de dépolluer la planète, traiter le plastique, capter le carbone, créer du » (Exemple de contribution issue du Grand Débat)

- Une conception naturelle, selon laquelle **les menaces qui pèsent aujourd'hui sur l'environnement sont la preuve qu'une remise en cause profonde de notre rapport à l'écosystème est nécessaire**. La crise écologique doit ainsi être l'occasion de repenser de nombreux aspects déficients du fonctionnement de notre société (l'agriculture, les transports, le logement et l'alimentation, mais aussi souvent l'économie toute entière, ainsi que les systèmes de gouvernance).

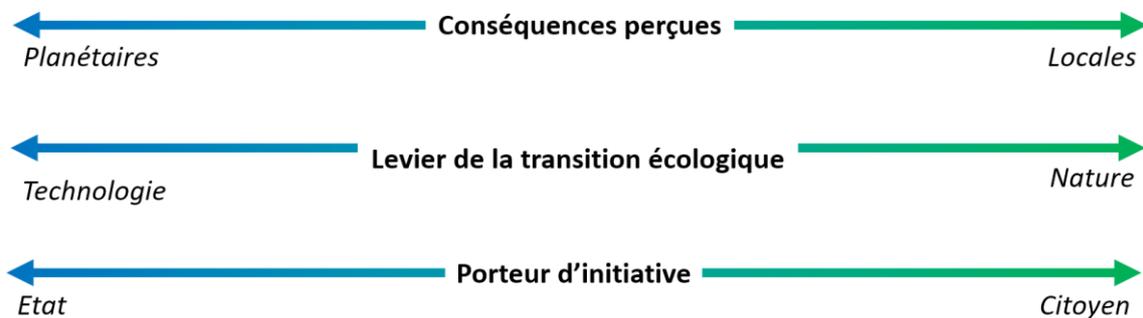
« Les solutions pour éviter aggraver la situation et pour résister aux conséquences du mal déjà causé sont les mêmes, il faut une société résiliente, écologique, sociale, solidaire et juste. » (Exemple de contribution issue du Grand Débat)

On observe une **faible porosité entre ces deux modes de raisonnement**, qui n'apparaissent que rarement conjointement dans les arguments des contributeurs. Par ailleurs, ils renvoient à des constats sensiblement différents quant à la nature du problème : **les contributeurs mettant l'accent sur les solutions naturelles sont plus sensibles aux problèmes liés à la biodiversité, ceux mettant l'accent sur des solutions technologiques sont plus sensibles aux dérèglements climatiques** qui touchent la planète. Au vu des variations observées dans les réponses au Grand Débat sur le thème des problèmes environnementaux, il apparaît en outre que **les premiers sont généralement plus attentifs aux conséquences et solutions locales** (baisse locale de la

biodiversité, possibilités d'aménagements locaux, concernant l'agriculture, les transports ou l'urbanisme, par exemple) ; **les autres sont à l'inverse plus attentifs aux problèmes et solutions à l'échelle planétaire** (multiplication de catastrophes climatiques d'ampleur, volonté d'une politique de valorisation des technologies non-polluantes à l'échelle mondiale). En tant que mesure de transition, la CSC trouve clairement sa place dans le deuxième mode de raisonnement.

Parmi les solutions aux problèmes environnementaux, deux grandes catégories de solution se distinguent dans les corpus des consultations citoyennes :

- Les solutions les plus clairement identifiées et revendiquées par les contributeurs des consultations nationales sont **celles qui responsabilisent et impliquent le citoyen**. Jugées positivement par les citoyens, leur mise en place nécessite une prise de conscience collective, des efforts au quotidien, et traduisent une philosophie de vie marquée par un respect pour l'environnement, un souhait de renouer avec la nature.
- A l'inverse **d'autres solutions n'engagent pas les citoyens**, et, de fait, sont représentées plus rarement, et le plus souvent de façon imprécise. Neutres, elles relèvent des modes de production d'énergie, leur stockage et leur acheminement, l'efficacité énergétique, et sont de la responsabilité de l'état (ou de l'industrie, via la contrainte de l'Etat). Celles-ci sont jugées nécessaires, mais ne rencontrent pas une adhésion aussi forte puisqu'elles n'entrent pas directement en écho avec les valeurs des citoyens.



La revendication d'une conception technologique de la transition est cependant difficilement concevable pour de nombreux contributeurs, puisqu'il s'agit d'une solution d'abord industrielle, donc brutale pour les citoyens. En effet, admettre pour l'industrie un rôle d'acteur de la transition s'oppose frontalement aux conceptions préexistantes : l'industrie polluée, elle est guidée par des intérêts égoïstes, incarne souvent une forme sauvage de capitalisme. Il s'agit dès lors d'une question de cohérence du discours, puisqu'il est difficilement concevable de pointer du doigt le mal que représente l'industrie, et la solliciter pour résoudre les problèmes qu'elle engendre.

Implications pour des projets de CSC ou d'ingénierie du sous-sol

Si l'attitude à l'égard des modalités de transition est affectée par la mobilisation de valeurs dans une démarche individuelle pro-environnement, les projets de CSC ou de géo-ingénierie ne permettent pas un tel engagement direct, susceptible de générer l'adhésion des citoyens. Dans l'optique d'impliquer les consommateurs dans une démarche associée à la capture du carbone, des solutions sont cependant envisagées : valoriser une partie du carbone capté par son recyclage, quantifier l'impact du captage du carbone par la généralisation de l'étiquetage de l'indice carbone. Au-delà de cet enjeu de distance psychologique, et au vu des réserves portées dans la presse et les contributions nationales sur la CSC et des solutions comparables, les critiques des citoyens peuvent être de deux ordres :

- Un premier ensemble de critiques porte sur la dangerosité du procédé. Si certains commentateurs soulignent des risques de fuite ou de sismicité, les dangers perçus sont souvent plus imprécis, et renvoient aux craintes induites par des démarches d'ingénierie de la nature : l'humain ne devrait pas « jouer l'apprenti sorcier », et modifier le cours naturel des choses dans le but d'instaurer une situation d'équilibre artificiel.

« La récupération du co2 doit être clairement présentée comme une technologie non maîtrisée et de ce fait une énergie beaucoup plus dangereuse que le nucléaire. »

(Exemple de contribution issue du Grand Débat)

- Consistant avec la volonté de voir adopter des solutions naturelles aux problèmes environnementaux, d'autres réserves porteront sur l'utilité et la désirabilité du procédé, face à l'opportunité de multiplier les plantations d'arbres (y compris à la lisière de sites polluants), et de recourir à un captage du carbone en surface (option popularisée récemment par le projet *4 pour 1000*).

« Qu'on arrête de dépenser tout le pognon dans la création de machines qui vont capter le CO2 de l'air en continuant la déforestation alors que si on arrête la déforestation les arbres

(Exemple de contribution issue du Grand Débat)

Bibliographie

- Blei, D., Ng, A., & Jordan, M. (2003). Latent dirichlet allocation. *Journal of machine learning research*, 993-1022.
- Burgoon, J. (2018). Predicting Veracity From Linguistic Indicators. *Journal of Language and Social Psychology*, 603-631.
- Duval, D., & Pétry, F. (2016). L'analyse automatisée du ton médiatique: construction et utilisation de la version française du Lexicoder Sentiment Dictionary. *Canadian Journal of Political Science/Revue canadienne de science politique*, 197-220.
- Hauch, V., Blandon-Gitlin, I., Masip, J., & Sporer, S. (2015). Are computers effective lie detectors? A meta-analysis of linguistic cues to deception. *Personality and Social Psychology*, 307-342.
- Pélicier, D. (2016, mai). Initiation à la lexicométrie, IRaMuTeQ, V3. Toulouse.
- Reinert, M. (1993). Les "mondes lexicaux" et leur "logique" à travers l'analyse statistique d'un corpus de récits de cauchemars. *Langage et société*, 5-39.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2011). Construal level theory. Dans P. Van Lange, A. Kruglanski, & T. Higgins, *Handbook of theories of social psychology* (pp. 118-134). Sage.
- Young, L., & Soroka, S. (2012). The automated coding of sentiment in political texts. *Political Communication*, 205-231.

Annexe 1 – Index lexicaux construits pour les analyses

Sources d'énergie

Nucléaire

- Nucléaire.s ; EPR ; énergie atomique ; ITER

Pétrole

- Essence ; pétrole ; pétrolier ; carburant.s ; hydrocarbure.s ; baril ; diesel ; gazole combustible ; fioul ; fuel ; gasoil

Eolien

- Eolien.s ; éolienne.s

Solaire

- Panneau.x solaire.s ; photovoltaïque.s ; énergie solaire ; le solaire

Enjeux

Catastrophe

- Danger.s ; dangereux ; risque.s ; risquer ; accident.s ; catastrophe.s ; menace.s ; menacer ; nuire ; nuisible.s ; nocif.s ; péril.s ; périlleux ; alarmant.e.s ; désastre.s ; désastreux ; malheur.s ; cataclysme.s ; drame.s ; dramatique.s ; menacer ; menaçant.e.s ; explosion.s ; exploser ; destruction.s

Pollution

- Pollution ; polluer ; polluons ; polluant ; pollue ; polluant.e.s ; pollueur.euse.s

Santé/maladie

- Santé ; sanitaire.s ; maladies. ; cancer.s ; cancérigène.s ; cancérogène.s ; tumeur.s

Surpopulation

- Surpopulation ; croissance démographique ; hausse de la population ; accroissement démographique ; hausse de la démographie ; augmentation de la population ; hausse de la natalité ; hausse du taux de natalité ; forte natalité ; natalité importante

Conflits armés

- Guerre.s ; armes ; armement.s ; conflit.s armé.s ; bombe.s ; terrorisme ; terroriste.s ; prolifération nucléaire

Ondes électromagnétiques

- Ondes électromagnétiques ; ondes magnétiques ; ondes radio ; ondes téléphoniques ; ondes wi-fi ; ondes wifi ; champ.s magnétique.s ; champ.s électromagnétique.s ; champ.s électrique.s ; antennes radio ; antennes téléphoniques ; 4g ; 3g ; 5g ; pollution électromagnétique ; pollution magnétique

Mode d'action

Interdire

- Interdire ; interdisez ; limiter ; limitez ; imposer ; imposez ; réguler ; régulez ; arrêter ; arrêtez ; stopper ; stoppez ; stoppé ; stoppée ; stoppons ; imposé ; interdit ; interdite ; imposée ; régulé ; régulez ; régulée ; arrêté ; arrêtée ; arrêtons ; régulons ; imposons ; interdisons ; interdiction ; arrêt ; régulation ; limitation ; stop

Changer

- Changer ; change ; changeons ; changent ; modifier ; modifie ; modifions ; modifient ; évoluer ; évolue ; évoluons ; évoluent ; repenser ; repense ; repensons ; repensent ; revoir ; revoie ; revoyons ; revoient

Investir

- Investir ; investissons ; investissez ; investissement ; investissements ; financer ; finançons ; financez ; financement ; financements

Monde du vivant

Humain

- Humain.e.s ; humanité ; notre espèce

Biodiversité

- Biodiversité ; faune ; flore ; espèces animales ; espèces végétales ; les animaux ; les végétaux ; biotope ; écosystème

Espaces naturels

- Zones humides ; zones sauvages ; zones protégées ; zones naturelles ; espace.s naturel.s ; espace.s protégé.s ; réserve.s naturelle.s ; terre.s sauvage.s ; parc.s naturel.s

Concepts importants

Neutralité carbone

- Neutralité carbone ; zéro émissions nettes ; carbone neutre ; émission(s) négative(s) ; émission(s) neutre(s)

Transition énergétique

- Transition énergétique ; transition écologique

Circuit court

- Circuit.s court.s ; agriculture locale ; produits locaux ; production.s locale.s ; AMAP ; agriculture de proximité ; consomm.e.er.ez.ons local

Carbone

- co2 ; carbone ; gaz carbonique

Capture du carbone

- capture et stockage du carbone/co2/dioxyde ; CSC ; CCS ; séquestration géologique du carbone/co2/dioxyde ; injection du carbone/co2 ; injecter le carbone/co2 ; captage du co2/carbone ; capter le co2/carbone ; capter et recycler le co2/carbone ; capter et stocker le co2/carbone/dioxyde ; piéger le carbone/co2 ; piégeage du carbone /co2 ; récupérer le carbone/co2 ; récupération du carbone/co2

Comportements

Mode de vie

- Mode.s de vie ; comportement.s ; habitude.s ; façon.s de vivre ; mentalité.s ; état d'esprit ; mœurs ; manière.s d'être ; conduites ; façon.s de faire ; façon.s d'agir

Gaspillage

- Gâchis ; gâcher ; gaspillage ; gaspill.e.er.ons.ez.ent ; surproduction ; surproduis.e.ons.ent ; surconsommation ; surconsomme.er.ons.ent ; production excessive ; consommation excessive

Acteurs

Elus

- Politiques ; pouvoirs publics ; état français ; élu(s) ; gouvernement ; président ; ministre(s) ; macron ; hollande ; hulot ; parlementaire(s) ; sénateur(s) ; assemblée nationale ; commission européenne ; parlement

Industrie/industriels

- Usine.s ; industrie.s ; industriel.le.s ; métallurgie ; métallurgique ; sidérurgie ; sidérurgique

Recherche/chercheurs

- Recherches ; chercheur.s ; ingénieur.s ; expérimental ; expérimentation.s ; science ; scientifique ; laboratoire. ; labos ; institut.s ; université.s ; universitaire ; CNRS ; INRA ; INSERM ; professeur.s

Lobby

- Lobby.s ; lobbying ; lobbyisme ; lobbying ; lobbies ; lobbyiste.s ; groupe.s d'influence ; groupe.s de pression

Pronoms et déterminants possessifs

1^{ère} personne du singulier

- Mon ; ma ; mes ; je ; me ; m' ; moi ; le mien ; la mienne ; miens ; miennes

1^{ère} personne du pluriel

- Notre ; nos ; nous ; on ; nôtre ; notre

2^{ème} personne du pluriel

- Votre ; vos ; vous ; vôtre ; vôtres

3^{ème} personne du pluriel

- Leur ; leurs ; eux ; les ; ceux ; celles ; ceux-ci ; ceux-là ; lesquels ; lesquelles ; eux-mêmes ; ils ; elles

Annexe 2 – Fiche projet demi-journée d'études « les gilets jaunes en politique », 28/11/2019

Demi-journée d'études « Les Gilets Jaunes en Politique » - Sciences Po CEE, 28 novembre 2019

Titre du projet : *Comment s'articulent les représentations de la transition écologique et de l'engagement citoyen au regard de la mobilisation des gilets jaunes ?*

Durée du projet : 18 mois

Coordinateur/trice(s) du projet (Nom prénom rattachement) : Pr. Jacques Py (Laboratoire CLLE, Université Toulouse Jean Jaurès / CNRS)

Financement (si applicable) : ANR GEFISS

Equipe (Nom prénom rattachement) : Antoine Marques Mourato (Université Toulouse Jean Jaurès, CNRS), Sarra Hajji (Université Toulouse Jean Jaurès, CNRS), Jacques Py (Université Toulouse Jean Jaurès, CNRS), Alain Somat (Université Rennes II)

Description du projet (15 lignes maxi: problématique, cadre théorique, méthode(s)) :

En janvier 2019 était lancé le Grand Débat National. Parallèlement, s'organisèrent des consultations alternatives, à l'initiative de citoyens gilets jaunes. Dans le cadre de l'ANR GEFISS, et d'une série de travaux sur les représentations sociales de la transition écologique, nous avons analysé ces contributions. Deux formes de conceptions de la transition écologique se distinguent :

- Une conception portée sur la société, axée sur l'innovation technologique, la mise en place d'une stratégie globale en matière d'environnement, et la convergence mondiale de moyens qui y sont alloués.
- Une conception portée sur l'individu, axée sur l'adoption de solutions « naturelles », applicable à condition d'une remise en cause de notre rapport à l'écosystème, et qu'évoluent nos modes de vie.

En parallèle, nous avons conduit en janvier une enquête sur les représentations du changement climatique et de la transition énergétique, afin de mesurer les variations de représentations en

fonction de la proximité déclarée vis-à-vis du mouvement gilets jaunes. L'enjeu de la transition est important pour le mouvement, de par ses ambitions de réforme, et de par sa genèse en réaction à une réforme souvent présentée comme une initiative écologique. Adoptant une approche mixte (étude de corpus et questionnaire), nous interrogeons l'articulation entre les représentations et attitudes à l'égard de la transition écologique et les revendications portées par les sympathisants du mouvement.

On observe dans les contributions une faible porosité entre ces deux conceptions d'une transition écologique, les contributeurs mettant l'accent sur l'une ou l'autre. Nous émettons l'hypothèse que ces deux conceptions relèvent de deux modes de raisonnement sensiblement distincts (1) quant à la nature de l'urgence écologique, et (2) quant aux questions de gouvernance et au rôle du citoyen dans les mutations souhaitées.

Données: Consultations en ligne Grand débat, Vrai Débat et Noos Citoyens ; Publications et commentaires sur le forum Reddit ; Articles de presse francophone issus de la plateforme EuroPresse ; enquête par questionnaire sur les représentations sociales du changement climatique et de la transition énergétique

Mots clés (5): *transition écologique ; grand débat ; représentations sociales ; écologie ; citoyenneté*

