



Enquête pilote sur la perception de la technologie “capture et séquestration du CO₂” en France

Minh Ha-Duong
Gilles Mardon

JUIN 2007

NA / PN n°003

année 2007

C.I.R.E.D.

Centre International de Recherches sur l'Environnement et le Développement

CIREC UMR 8568, CNRS/EHESS/ENPC/ENGREF

45 bis, avenue de la Belle Gabrielle

F-94736 Nogent sur Marne CEDEX

Tel : (33) 1 43 94 73 78 / Fax : (33) 1 43 94 73 70

www.centre-cired.fr

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet de recherche METSTOR,
contrat ADEME numéro 04-74-C0061 coordonné par le BRGM.

Minh Ha-Duong et Gilles Mardon (2007) Enquête pilote sur la perception de la technologie "capture et séquestration du CO2" en France. Notes & Arguments CIRED, NA/PN 003.

Résumé

Nous avons mené une expérience de communication sur la perception de la technologie de capture et séquestration du CO2. Il s'agit d'une technologie nouvelle pour lutter contre le changement climatique. Sa perception, notamment celle des risques associés, pourrait être un facteur important pour son développement futur.

Nous avons testé la sensibilité des opinions exprimées à la quantité d'information (avant/après une information sur les risques) et à la sémantique employée (stockage ou séquestration). Cette expérience se présentait comme un sondage en ligne, et nous avons appliqué un traitement statistique à environ six cent réponses.

L'analyse révèle qu'il existe une influence significative de la sémantique sur le niveau d'approbation de la technologie. Le sondage montre aussi que l'opinion n'est pas solidement ancrée car une l'information additionnelle entraîne une révision très significative de l'opinion: l'information supplémentaire sur les risques a conduit les répondants à diminuer leur niveau d'approbation.

La méthode ne permet pas un contrôle satisfaisant des biais dans l'échantillon auto-sélectionné. Les résultats permettent toutefois de rejeter une hypothèse générale de neutralité de la sémantique et de l'information supplémentaire. Cette expérience pilote a conduit à l'élaboration d'un questionnaire administré à un échantillon représentatif de la population française courant Avril 2007.

Summary

We led a communication experiment on the perception of carbon capture and sequestration, an emergent climate change mitigation technology. We tested the sensitivity of the approbation level to the effects of 1/ Additional information on the risks and 2/ Semantics (Storage versus Sequestration). We collected about 600 answers using on-line self-selected survey.

Results reveals that semantics can have a significant effect on the level of appreciation. The survey also shows the opinion is not firmly anchored, as an additional information has a significant effect. The information about risks led respondants to decrease their level of appreciation.

Admittedly, this method does not allow to control well the sample biases. The results only allow to reject the hypothesis « Semantic and additional information are neutral. » This pilot allowed us to elaborate a full-scale experiment, given to a representative sample of the French population in April 2007.

Commentaire éditorial:

Le développement des technologies du Captage et Stockage du CO2 (CCS), parmi les solutions réalistes de transition vers des niveaux admissibles d'émissions atmosphériques de gaz à effet de serre, est selon toute vraisemblance crucial pour les décennies à venir. Cette solution, déjà ponctuellement mise en œuvre et connue des industriels, ne deviendra réellement contributive qu'en changeant d'échelle, ce qui impose des contraintes nouvelles pour son développement et sa diffusion. Il devient nécessaire d'implanter des projets-pilotes, non seulement pour valider les acquis d'une R&D relancée, mais aussi pour faire connaître et accepter cette technologie émergente aux yeux des citoyens qui vont la découvrir et la côtoyer de plus près (à la mi 2007, seulement 6% des français peuvent dire en quoi elle consiste, selon le sondage CIRED-TNS SOFRES). Cela signifie qu'il va falloir informer et communiquer avec le public, le grand public mais aussi les publics les plus directement concernés par les projets d'implantation. Le succès d'une telle entreprise, mondiale ou « globale », va donc largement dépendre de stratégies de communication adaptées et d'implication du public dans les décisions, et de la prise en compte précoce de telles stratégies afin d'apporter des réponses cohérentes et fiables aux préoccupations légitimes des citoyens en matière de coût, de sécurité, de santé, et de pérennité des solutions envisagées.

Le travail présenté ici, largement préliminaire mais proche de travaux semblables menés à l'étranger, s'inscrit dans cette perspective, à la fois de préparation de travaux à venir dans les contextes spécifiquement français et européens et des engagements en matière de changement climatique, mais encore dans un souci de coordination et de comparaison internationales des démarches qui s'instituent déjà dans un cadre étendu de conventions en matière de garanties de transparence, d'information du public et de concertation. Tous les acteurs sont concernés : scientifiques, industriels, représentants institutionnels et citoyens... Tous les acteurs sont potentiellement intéressés par la construction d'une démarche cohérente, et par l'anticipation des défaillances toujours possibles de sa mise en œuvre.

Gilles Mardon, 15/06/2007

Enquête pilote sur la perception de la technologie “capture et séquestration du CO₂” en France¹

Minh Ha-Duong²

Gilles Mardon³

06/05/07

1. Introduction

Une expérience de communication sur la séquestration géologique du CO₂ a été menée pour tester la sensibilité du niveau d'approbation à la quantité d'information et à la sémantique (différence entre 'stockage' et 'séquestration' du CO₂). Cette expérience a revêtu la forme d'un sondage (administration en ligne d'un questionnaire) sans en être un, auprès d'un échantillon autosélectionné et non représentatif de la population. Les résultats, basés sur les réponses d'environ six cent internautes francophones, ont été soumis à un traitement statistique et suggèrent que le mot séquestration induit une réaction plus favorable que stockage, et que la réaction initiale, ici la plus favorable, peut être très sensiblement modifiée par un complément d'information sur les risques.

Ce travail s'inscrit dans un axe de recherche sur l'analyse de la perception des nouvelles technologies par les citoyens. Dans ce domaine, les méthodes employées incluent les entretiens, les panels, des questionnaires et des sondages d'opinion. Aucune méthode ne peut à elle seule apporter un éclairage exhaustif d'un fait social, mais dans l'ensemble les résultats montrent que:

- Le cadrage parmi les politiques générales de réduction d'émissions est important: le développement à grande échelle de la CCS est nettement positionné dans ce contexte historique.
- La séquestration océanique est vue moins favorablement que la séquestration géologique.
- La CCS est vue moins favorablement que les énergies renouvelables ou les économies d'énergie.

La littérature n'est pas concluante sur les deux questions suivantes :

- L'effet de la sémantique sur la perception a priori. Les expressions retenues pour désigner la CCS influencent-elles le degré d'approbation ou d'acceptation ? Nous n'avons simplement pas trouvé pas d'études sur le

1 Les auteurs remercient Nathalie Etchart-Vincent et Alain Nadai pour leurs commentaires.

2 haduong@centre-cired.fr. Chargé de recherche au CIREC, CNRS.

3 mardon@centre-cired.fr ; Ingénieur d'études au CIREC, CNRS

sujet.

- L'effet de l'information additionnelle sur la perception ex post. La littérature est ambiguë sur ce point, certains travaux suggèrent qu'informer davantage sur le risque objectif rassure, mais d'autres trouvent le contraire.

Afin d'explorer ces deux questions, nous avons utilisé une approche statistique. La première hypothèse testée est « La sémantique n'a pas d'effet ». Les résultats obtenus présentés ci dessous permettent de rejeter significativement cette hypothèse. La seconde hypothèse testée est « Un supplément d'information n'influe pas sur l'opinion ». Là encore, elle est significativement rejetée.

2. Méthode

Pour tester les effets de la sémantique et de l'information supplémentaire, nous avons conduit une enquête en administrant un questionnaire en deux versions. La différence entre ces versions portait uniquement sur l'emploi du terme *séquestration* au lieu de *stockage* pour décrire la technologie CCS. L'échantillon a été sélectionné par des publicités en ligne Overture visant les internautes Français recherchant les mots clés « sondage », « effet de serre » et « CO2 ». Le taux de clics a été de 2 à 10%, et le taux de conversion des clics en questionnaires validés de l'ordre de 5 à 20% selon les mots clés et les mois. Il aurait été préférable d'affecter au hasard un questionnaire à chaque répondant, mais nous avons utilisé le questionnaire « séquestration » de juin à septembre 2005, et le questionnaire « stockage » en mai 2005 et d'octobre 2005 à août 2006.

Dans cette situation de communication bidirectionnelle, artificielle, à l'initiative du chercheur et du répondant volontaire (échantillon autosélectionné, bénévole), la caractéristique recherchée demeurait la rationalité et la neutralité, et nous avons tenté de proposer un point de vue non partisan, c'est à dire d'offrir une présentation objective et équilibrée de ce qu'on sait déjà sur une technologie potentiellement d'avenir mais comportant certains risques, et par ailleurs peu connue du grand-public au moment de notre expérience (2005-2006).

L'annexe A reproduit intégralement le questionnaire⁴ et présente les statistiques décrivant l'échantillon des 613 réponses exploitables (la matrice de corrélation entre les réponses est en annexe B). Cet échantillon bien qu'auto-sélectionné est équilibré en genres - il comprend 48% de femmes-, mais jeune -l'âge moyen est 28 ans (médiane 24). Les répondants atteignent dans l'ensemble un bon niveau d'éducation et même scientifique puisque 49% déclarent bac+2 ou plus, et que 41% déclarent lire des revues ou des magazines scientifiques.

L'administration du questionnaire faisait d'abord apparaître en titre à l'écran: «Effet de serre et stockage [/séquestration] géologique du carbone». L'en-tête de la page mettait en évidence le caractère scientifique du CIREC, mais sans fournir d'autres informations sur qui sondait, pourquoi ou sur la technologie.

4 Son adresse en ligne était <http://www.centre-cired.fr/perso/haduong/sondage/index.php?sid=5>

Le questionnaire comprenait aussi, au moment venu, une présentation de la technologie et de ses risques. Cette présentation a été basée sur la traduction et l'adaptation au contexte français du texte de C. Palmgren et al. (2004), résultant lui-même d'un processus de concertation qui visait une description objective et équilibrée. Le temps de réponse n'était pas limité.

L'administration du questionnaire se déroulait en trois étapes:

Elle commençait par deux questions sur le changement climatique afin de bien cadrer le contexte et d'y positionner le répondant. Cela restait cohérent avec la capture des internautes-répondants opérée par les mots-clés «sondage», «effet de serre» et «CO2». Ces deux questions suivant le titre avaient pour but de préciser le ressenti à l'égard de l'effet de serre.

L'étape suivante *s'articulait en deux temps*, et avait pour but de révéler la différence de perception de la CCS avant et après l'apport d'une information additionnelle. Elle présentait la technologie en quelques paragraphes et demandait si le répondant la connaissait déjà. Puis on demandait une première fois l'opinion du répondant avec: « *4. En se basant sur l'information présentée ci-dessus, êtes-vous défavorable ou favorable à la séquestration du dioxyde de carbone dans les formations rocheuses profondes ?* »

Dans un second temps visant à tester l'effet de plus d'information par la question 6, et afin d'engager l'intérêt du répondant sans perdre ceux qui ne souhaitaient pas lire davantage qu'une page, seule une réponse affirmative à la question « *5. Voulez-vous d'avantage d'informations sur la technologie et ses risques ?* » pouvait faire apparaître à l'écran les explications supplémentaires suivies de la question 6. Cette question 6 était identique à⁵ la question 4. *En se basant sur l'information présentée dessus, êtes-vous défavorable ou favorable à la séquestration du dioxyde de carbone dans les formations rocheuses profondes ?*

La troisième étape terminait le questionnaire par quelques questions démographiques classiques dans les sondages, dont une relative aux habitudes de lectures «scientifiques».

En résumant du point de vue du traitement statistique, la variable expliquée est *l'opinion à propos de la technologie* (réponses 4. et, facultativement, 6.). Les variables explicatives sont:

- la *sémantique* retenue pour désigner la technologie («stockage» ou «séquestration»),
- avoir été *affecté*, ou non, par des événements climatiques exceptionnels ces dernières années,
- *l'opinion* sur les causes des désordres du climat (sont-ils des phénomènes *naturels* comme il y en a toujours eu ? sont-ils causés par l'augmentation de *l'effet de serre* ? ou les causes sont-elles *incertaines* ?),

5 Remarque: il était techniquement possible de remonter dans la page pour changer la réponse à la question 4 suite à la lecture des explications supplémentaires, mais nous pensons que peu de répondants l'on fait car les explications prenaient plus d'un écran à lire, ce qui faisait disparaître la 4 par le haut de l'écran.

	Valeur	Std. Error	<i>t value</i>	<i>p-value</i>
mot=stockage	-0.45	0.20	-2.26	0.024
cause=nature	-0.47	0.23	-2.09	0.037
science=Oui	-0.31	0.16	-1.99	0.046
cause=incert	-0.30	0.17	-1.72	0.085
affect=Oui	-0.28	0.16	-1.68	0.093

Table 1: Variables expliquant l'opinion sur la technologie. Coefficients du modèle logit ordonné expliquant la réponse à la question 4. Les valeurs négatives signifient une aversion à la technologie.

Modèle le plus informatif au sens du critère d'Akaike. La log-vraisemblance du modèle est -800. La *p-value* du chi-deux est $0.044 < 0.05$, le modèle proposé est donc distinctivement meilleur que le modèle nul. Le pseudo R^2 de McFaden est 0.011, le pouvoir prédictif du modèle est donc très faible. Les coefficients des variables connaissance préalable, âge, sexe et niveau d'études ne sont pas significativement différents de zéro.

- l'âge, le sexe, le niveau d'études,
- la pratique de la lecture de revues *scientifiques*.

3. Effet de la sémantique

L'opinion à propos de la technologie CCS étant notée sur une échelle de Likert à 5 choix de *Complètement opposé* à *Complètement favorable* en passant par *Opposé*, *Neutre* et *Favorable*, l'analyse statistique a été conduite avec le modèle Logit ordonné⁶ (Borooah, 2003). La Table 1 présente l'effet des variables explicatives sur l'opinion. Les variables explicatives qui influencent significativement vers une opinion défavorable sont:

- La sémantique utilisée pour présenter la technologie contribue significativement⁷ à expliquer l'opinion des répondants. Les répondants ayant reçu la présentation avec « *stockage* » se disent moins favorables à la technologie que ceux qui l'ont reçue avec « *séquestration* ».
- Les répondants ayant choisit l'idée que *Les désordres du climat sont des phénomènes naturels comme il y en a toujours eu*. sont moins favorables.
- Ceux qui lisent des journaux scientifiques sont moins favorables
- À un degré moindre ($0,05 < p < 0,10$) des répondants en accord avec l'idée qu'*Aujourd'hui personne ne peut dire avec certitude les vraies raisons des désordres du climat*. sont moins favorables.
- Et aussi ceux qui déclarent avoir été affectés par des événements climatiques exceptionnels ces dernières années.

Il semble logique que si l'effet de serre n'est pas perçu comme un problème

⁶ Voir par exemple. Nous avons aussi vérifié que les résultats sont pratiquement identiques avec le modèle Probit (ou avec les MCO impropres).

⁷ La probabilité de trouver un tel résultat sous l'hypothèse que la sémantique n'a pas d'effet est la *p-value* = 0,024.

Sémantique et approbation de la CCS

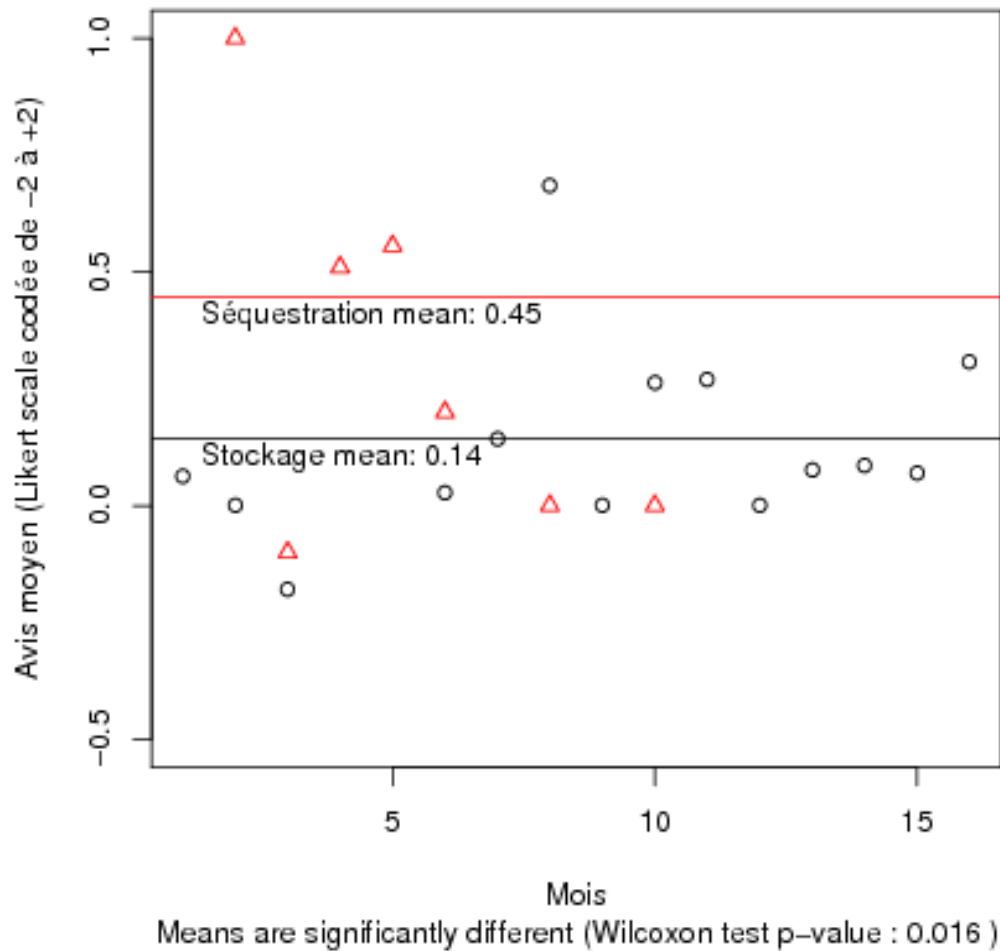


Figure 1: Différence du degré d'approbation de la technologie entre "Séquestration" et "Stockage" du CO2

(cause=nature ou cause=incertitude), l'utilisation de la CCS soit moins bien perçue, dans la mesure où la technologie était présentée et justifiée comme une réponse adaptée à ce problème. En outre, la technologie dite de «séquestration» peut sembler plus crédible que celle simplement dite de «stockage», en verrouillant davantage les réserves associées au risque climatique. Cette interprétation s'appuie sur le fait que le domaine sémantique du terme «séquestration» évoque des notions beaucoup plus restrictives que celui du terme «stockage»⁸, notamment en termes d'efficacité et d'irréversibilité, le « stockage » évoquant plus facilement l'abandon ou l'oubli, et la « séquestration » évoquant plus facilement la surveillance.

Le cas des lecteurs de revues scientifiques est moins facile à comprendre, mais on peut y voir l'effet général d'une sensibilisation aux risques potentiels

⁸ Voir par exemple le dictionnaire des synonymes en ligne du CRISCO (<http://elsap1.unicaen.fr/dicosyn.html>), pour une première approche lexicale de ces questions sémantiques.

Sous échantillon	U.	<i>p</i> -value	Sous échantillon	U.	<i>p</i> -value
mot=séquestration	113	6.8 10 ⁻⁴	mot=stockage	2 585	4.6 10 ⁻⁷
Homme	838	1.1 10 ⁻³	Femme	1 059	1.3 10 ⁻⁷
Connaissait CCS	115	5.6 10 ⁻³	Ne connaissait pas	2 578	1.1 10 ⁻⁷
Lectures scientifiques non	1 036	1.1 10 ⁻⁴	Lectures scientifiques	860	2.8 10 ⁻⁶
Non affecté par le climat	262	2.6 10 ⁻³	Affecté par le climat	2 052	2.2 10 ⁻⁷
cause=nature	68	5.7 10 ⁻²	cause=hausse	1 384	1.3 10 ⁻⁷
cause=incert	264	8.6 10 ⁻³	17 < âge < 36	1 736	3.6 10 ⁻⁷
âge < 18	50	5.9 10 ⁻²	âge > 35	172	4.5 10 ⁻³

Table 2: Mesure de l'écart entre l'avis ex-post et ex-ante dans différents sous-échantillons. Ceux de la colonne de gauche révisent relativement moins leur opinion. La statistique U test celle de Mann-Whitney-Wilcoxon. La *p*-value est la probabilité d'observer cet écart U ou plus, si les deux avis proviennent de la même distribution, compte tenu du nombre de paires observées.

(les «dangers» intrinsèques à la technologie, plus aisément et objectivement médiatisables) au détriment de l'évaluation des risques en situation réelle, qui relèvent de contextes localisés et de la complexité sociétale.

Par comparaison, le cas des personnes affectées par des évènements climatiques pourrait même sembler paradoxal! On pourrait penser qu'elles seraient toujours favorables à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, mais visiblement pas par n'importe quel moyen ou n'importe quelles conditions. Ce résultat n'est pas réellement surprenant et confirme (sans l'expliquer de par notre questionnaire) ce qu'on peut déjà savoir par d'autres enquêtes du même type, dans ce domaine ou d'autres. Par exemple, les personnes les plus sensibilisées aux questions énergétiques et environnementales ne sont pas des alliées «naturelles» du développement de technologies d'aval ne traitant pas les problèmes «à la source», et les considérants de leurs choix sont plus nombreux, plus complexes et plus distants que la moyenne.

Afin d'illustrer ces résultats, on peut coder numériquement les opinions de -2 (Complètement opposé) à +2. Il apparaît bien que la moyenne des réponses pour le sous-échantillon stockage est 0.14 alors que pour la séquestration cette moyenne est 0.45 (voir la Figure 1). De même concernant la perception du problème de l'effet de serre: la moyenne des opinions du sous-échantillon (cause=nature) est 0.04, celle du sous-échantillon (cause=incertitude) est 0.16, contre 0.26 pour ceux qui attribuent les désordres climatiques à l'augmentation de l'effet de serre.

Concernant les interactions, l'effet de la sémantique est plus fort chez les femmes que chez les hommes (le coefficient à -0.45 sur la première ligne de la Table 1 est -0,34 pour les hommes, -0.63 pour les femmes). L'effet est aussi

plus fort chez les répondants ayant entendu parler préalablement de la technologie (-0.92 contre -0.35). Chez eux, la sémantique est facteur explicatif significatif à $p = 0.058$. De plus, dans ce sous-échantillon seule la sémantique est un facteur significatif. Pour les répondants qui connaissaient déjà la technologie, nous renvoyons à ce qui a été dit plus haut pour les lecteurs de revues scientifiques: les réponses obtenues peuvent révéler un biais communicationnel sur le risque.

Enfin, la variabilité de l'effet sémantique entre hommes et femmes n'est ici qu'un constat, et on ne peut rien interpréter à partir de ce seul test ni en induire quelque conséquence. Mais il s'agit d'un point notable, les variables de genre recélant certainement des enjeux de communication importants: les femmes (tout comme les hommes) ne représentent pas seulement une catégorie spécifiée de la population, mais encore une catégorie diffuse, transversale aux autres catégories sociométriques qui se projettent en elle, et les femmes (ou les hommes) peuvent alors constituer du fait de leur sensibilité particulière, à préciser, un indicateur des enjeux de communication.

4. Effet d'une information supplémentaire sur le risque

A la question « voulez-vous plus d'information », 342 sondés (sur 612, soit environ 56%) ont répondu affirmativement, et ensuite 287 (84%, ou 47% du total) ont répondu à la question 6 en donnant une seconde fois leur opinion à propos de la technologie.

Après l'information, l'avis est très significativement moins favorable (Mann-Whitney-Wilcoxon test $p = 4.10^{-9}$). Si on quantifie les attitudes de -2 à 2, la moyenne sur les 287 répondants est 0.29 ex ante contre 0.02 ex post.

La Table 2 examine la stabilité de l'opinion pour divers sous-échantillons. Dans tous les cas, la révision à la baisse est statistiquement très significative. L'effet de l'information supplémentaire est moindre pour les répondants connaissant la CCS avant le sondage. On peut comprendre que l'information apportée dans le sondage pèse relativement moins pour ceux qui disposaient déjà de connaissances à ce sujet.

Dans ce sondage, les femmes tendent à réviser leur opinion davantage que les hommes. En ce qui concerne l'âge ce ne sont pas les plus jeunes qui changent le plus d'avis, mais les âges moyens. Enfin le mot *stockage* semble induire davantage la révision de l'opinion que le mot *séquestration*.

On peut ici décomposer la réaction à l'apport d'une information supplémentaire en deux effets distincts: on enregistre une réaction générale et de même sens, et au sein de celle-ci un différentiel. L'interprétation du résultat ne peut se faire ici en opposant des catégories de répondants à d'autres. Dans notre expérience, l'information procurée provoque une réaction plutôt négative, mais différenciée au sein de l'échantillon, et on doit rechercher dans ces réactions une modification de la rationalité commune qui déstabilise et pousse à réactualiser les positions initiales. Le résultat statistique ne concerne plus les seules réponses obtenues à la question 6., mais directement la *structure du questionnaire*. On ne peut conclure imprudemment, par exemple, qu'apporter davantage d'informations suscite davantage de réserves!

Les ingrédients initiaux de cette rationalité de «*diminution des risques liés au changement climatique*» (préambule de 4.), tels que nous les avons disposés dans notre expérience pour la question (4.) sont: la croyance en l'effet de serre comme cause du désordre climatique (2.), l'expérience récente d'événements climatiques exceptionnels (1.), l'avantage dans la lutte contre l'effet de serre apporté par une technologie nouvelle mais faisable (les réalisations en cours à l'étranger), et le surcoût résultant pour les consommations d'énergie (préambule de 4.). Il résulte de cette rationalité avantage/coût un choix pour une *norme future* : une *préférence* marquée pour un monde sans excès de carbone, avec la contribution de la CCS, comme l'atteste entre autres la préférence plus prononcée pour la «séquestration» que pour le «stockage» souterrains. La préférence normative s'adresse ici à un risque climatique futur. La dimension d'altruisme intergénérationnel est gommée puisque aucun horizon n'est mentionné, sauf en inversion: «*aujourd'hui, on trouve à peu près 30% de plus de CO₂ dans l'atmosphère qu'il n'y en avait 100 ans plus tôt; cette quantité continue de s'accroître toujours plus rapidement*». En somme, la préférence normative concerne ici un risque climatique futur mais tout est fait dans la structuration du questionnaire et le libellé des questions pour l'*actualiser au présent*, dans une *rationalité immédiate* (c'est-à-dire non séquentielle). L'apport d'une information additionnelle modifie cette donnée initiale, mais comment?

Le préambule de la question (6.) comporte d'abord des ingrédients additionnels en matière de *risques technologiques* proprement dits, « d'effets indésirables » potentiellement gênants dont on mentionne la faible probabilité. On apporte aussi un complément d'information sur le sens de l'action: «*cependant, comme dans toute technologie, il y a des risques et des incertitudes. Le but est de stocker le CO₂ pour plusieurs siècles. Comme il n'est pas possible de prédire le futur, il n'existe pas de risque zéro et toute activité humaine peut avoir des conséquences imprévues à très long terme*». Les répondants se retrouvent alors dans le paradigme d'un questionnement de «l'action de l'action» à la Hannah Arendt (1958), c'est-à-dire d'une *rationalité séquentielle développée à l'infini*, mais aussi à *l'invisible*, pourrait-on dire, avec l'énumération des risques, pour la plupart contrôlables dans un avenir envisageable, mais dont on ne peut rien prévoir dans le très long terme, si bien que le monde sans excès de carbone relève maintenant d'une *norme à la fois plus floue et moins certaine* en empreintant le chemin de la CCS. Le sens de la répétition exacte de la question (4.) dans la question (6.) est alors: cette seconde rationalité, et cette seconde norme vous semblent-elles compatibles avec celles proposées pour la question (4.)?

Le résultat du test, c'est que du point de vue de la plupart des répondants, il y a conflit, mais à des degrés divers. Tous ne tranchent pas avec la même force pour revenir sur les positions initialement exprimées, et se montrer plus réservés sur l'avenir de la CCS en l'absence d'information nouvelle venant effectivement renforcer la préférence normative première. Le test a en fait simulé un raisonnement séquentiel dans lequel la préférence normative tend à s'affaiblir, et les *femmes*, par exemple, se sont révélées davantage «réceptives» que les *hommes* à cet affaiblissement, tout comme les *individus d'âge moyen* davantage que les plus *jeunes*, mais aussi les *répondants qui découvraient la technologie* davantage que ceux qui la connaissaient déjà. Par

ailleurs la désignation «*stockage*», moins rigoureuse que celle de «*séquestration*», semble également favoriser la révision des prises de position initiales. Le mouvement d'ensemble est à la fois statistiquement très significatif, mais aussi parfaitement cohérent.

5. Discussion

La littérature sur les aspects socio-économiques des risques liés à la capture et à la séquestration/stockage du carbone (CCS) s'organise en trois branches. Les deux premières, historiquement et par le nombre de publications, sont les analyses économiques des coûts et des trajectoires optimales de séquestration d'une part, et les analyses techniques du risque objectif d'autre part. Toutefois ce travail s'inscrit dans un troisième axe de recherche, l'analyse de la perception par les citoyens. Les méthodes employées sont les entretiens, les panels, des questionnaires et des sondages d'opinion. Aucune méthode ne peut à elle seule apporter un éclairage exhaustif d'un fait social, mais dans l'ensemble les résultats montrent que :

- Le cadrage parmi les politiques générales de réduction d'émissions est important: le développement à grande échelle de la CCS est nettement positionné dans ce contexte historique.
- La séquestration océanique est vue moins favorablement que la séquestration géologique.
- La CCS est vue moins favorablement que les énergies renouvelables ou les économies d'énergie.

La littérature n'est pas concluante sur les deux questions suivantes :

- L'effet de la sémantique sur la perception a priori. Les expressions retenues pour désigner la CCS influencent-elles le degré d'approbation ou d'acceptation ? Nous n'avons simplement pas trouvé pas d'études sur le sujet.
- L'effet de l'information additionnelle sur la perception ex post. La littérature est ambiguë sur ce point, certains travaux suggèrent qu'informer davantage sur le risque objectif rassure, mais d'autres trouvent le contraire.

Afin d'explorer ces deux questions, nous avons utilisé une approche statistique. La première hypothèse testée est « La sémantique n'a pas d'effet ». Les résultats obtenus présentés ci dessous permettent de rejeter significativement cette hypothèse. Même si ils ont été obtenus pour un échantillon non représentatif, on peut donc conclure que pour au moins une partie de la population concernée, appeler « séquestration » la CCS induit une réponse plus favorable que l'appeler « stockage » .

La seconde hypothèse testée est « Un supplément d'information n'influe pas sur l'opinion ». Là encore, elle est significativement rejetée.

Cette expérimentation en apparence de sondage, donc limitée de ce point de vue, ouvre des perspectives plus générales, outre la préparation d'un sondage ultérieur à mener en bonne et due forme.

L' « effet de la sémantique » que nous avons décelé ne signifie pas pour autant

que certains termes sont toujours «meilleurs» que d'autres, plus «favorables», ou mieux «communicants». Il révèle au contraire une sensibilité légitime en indiquant que l'usage circonstancié du vocabulaire doit l'emporter sur un usage «générique» très probablement captieux. Par exemple, il vaut peut-être mieux désigner les différentes technologies de CCS sous des appellations spécifiques et non schématiques qui, en situation réelle, préparent le terrain de la communication à l'*évaluation effective des risques*, entre public concerné et décideurs in situ, sans pour autant évacuer les considérations réellement d'intérêt général.

L'« effet d'une information additionnelle » nous a conduit sur une voie plus originale que dans l'analyse des résultats d'un sondage classique. L'échantillonnage spécifique et la structuration très rigoureuse du questionnaire, proche d'un protocole expérimental (conditions initiales, variation des paramètres, conditions finales, tests d'hypothèse ...), nous ont conduits à une analyse pour laquelle l'accent porte davantage sur l'effet collectif que sur les effets catégoriels servant d'indicateurs. Cela nous permet de mieux appréhender sans doute, sous réserve d'études complémentaires, la dynamique de la communication en matière de risque sous l'effet d'apports successifs d'information.

En conclusion, une première contribution originale de ce travail est la détection d'un effet significatif de la sémantique, les répondants à propos de la « séquestration » étant a priori plus favorables. Depuis la réalisation de ce travail, la communauté scientifique a choisi le terme « Captage et Stockage » pour désigner la technologie.

Sans affirmer qu'il existe des perceptions sociales stabilisées à propos de la séquestration géologique du CO₂ technologie (a priori inconnue du public au début du sondage), on retrouve également deux résultats présents dans la littérature (qui concerne exclusivement d'autres pays du bloc occidental):

1. La moyenne des opinions est « neutre, tendance positive ».
2. L'opinion à propos du changement climatique a un effet: les répondants y voyant un phénomène naturel ou incertain étant moins favorables à la technologie.

En ce qui concerne le débat sur l'effet de l'information additionnelle, le sondage montre d'abord que l'opinion n'est pas solidement ancrée. Environ la moitié des répondants ont été intéressés par une information supplémentaire sur les risques, ce qui les a conduits à diminuer leur appréciation. Dans le contexte de notre questionnaire, unique dans la mesure où il était administré dans une période où la technologie CCS était encore très méconnue du grand public, ce résultat s'analyse comme largement dépendant des modalités de structuration du questionnaire. C'est donc une seconde contribution originale de notre travail que de le faire apparaître: ce n'est pas la « complémentarité » ou l'« additionnalité » de l'information sur les risques qui est en cause ici, mais la « séquentialité » de sa communication au regard de la rationalité des choix des répondants⁹.

9 Cette problématisation en termes de rationalité des choix de réponses trouve un pendant dans la théorie économique, plus exactement « l'économie cognitive » qui s'intéresse au séquençage des choix, à la révision des croyances, aux modèles d'apprentissage, aux

L'expérience décrite dans ce texte a été conçue dès le départ comme une opération pilote et non un « sondage d'opinion » dans les règles de l'art. Seuls les répondants pouvaient avoir le sentiment de participer à un sondage comme il en existe bien d'autres en ligne (mais réalisés avec un véritable contrôle de l'échantillon). On ne peut donc généraliser ces conclusions à l'ensemble des Français, faute d'un échantillon représentatif de la population: autosélectionnés via l'internet, bénévoles, nos répondants sont plus jeunes, plus éduqués, pratiquent les nouvelles technologies, s'engagent pour donner leur avis et une part non négligeable connaissait déjà la technologie. Toutefois:

- On ne peut plus dire « la sémantique n'a pas d'effet en général » (hypothèse nulle), puisque ce n'est pas vrai sur ce sous-échantillon particulier.

- On ne peut davantage prétendre que le séquençage de l'information sur les risques revêt peu d'importance pour l'opinion (hypothèse de foisonnement de l'information), puisque cet échantillon particulier montre nettement le contraire.

Ces résultats nous encouragent à réaliser un sondage représentatif en collaboration avec d'autres chercheurs Français et Européens sur le sujet. Le pouvoir explicatif total des variables étudiées est faible. Parmi les variables non explorées mais susceptibles de jouer un rôle, on peut noter le type de commune, la région et le type d'habitation, la catégorie sociale et la branche d'activité professionnelle, la présence de jeunes enfants au foyer, l'orientation politique ou religieuse. Des méthodes de recherche plus qualitatives permettraient aussi de faire émerger d'autres facteurs important dans la perception de la technologie.

6. Références

- Hannah Arendt, Condition de l'homme moderne, réédité avec une préface de P. Ricoeur – Pocket, 1988, 1992 [The Human Condition, London, Chicago, University of Chicago Press, 1958].
- Claire Palmgren, Wändi Bruine de Bruin, David W. Keith and M. Granger Morgan (2004). Initial Public Perceptions of Deep Geological and Oceanic Disposal of Carbon Dioxide. *Environmental Science and Technology*. 38(24) p. 6441-6450
- Curry et al. (2004) How aware is the public of carbon capture and storage?
- De Conning et Huijts (2003) Carbon dioxide capture and storage: public perception, policy and regulatory issue in the Netherlands.
- Ecole thématique du CNRS (14-19 mai 2000), *Economie cognitive*, Ile de Berder (Morbihan).
- De Figueiredo, M.A., D.M. Reiner, and H.J. Herzog, "Ocean Carbon Sequestration: A Case Study in Public and Institutional Perceptions," presented at the Sixth International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Kyoto, Japan, October 1-4, (2002).

modèles de rationalité face au risque et à l'expérimentation, etc., c'est-à-dire à la dynamique de la formation des préférences. Voir pour une première approche: Ecole thématique du CNRS (14-19 mai 2000), *Economie cognitive*, Ile de Berder (Morbihan).

- De Figueiredo, M.A. The Hawaii Carbon Dioxide Ocean Sequestration Field Experiment: A Case Study in Public Perceptions and Institutional Effectiveness, M.I.T. Masters Thesis, (2002)
- Kenshi Itaoka, Aya Saito and Makoto Akai (2004) Public Acceptance Of CO2 Capture And Storage Technology: A Survey Of Public Opinion To Explore Influential Factors, *Proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies*, P2481-2484, 5-9 September 2004, Vancouver, Canada.
- Shackley et al. (2003), « the Public Perceptions of Carbon Capture and Storage », DTI report.
- Simon Shackley, Carly Mc Lachlan, Clair Gough (2005) The public perception of carbon dioxide capture and storage in the UK: results from focus groups and a survey. *Climate Policy* 4/4.
- Uno, M., Mori, Y. and Endo, Y. 2004. Experimental Study Regarding Public Perception of CO2 Underground Sequestration Technologies. *Proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies*, P2481-2484, 5-9 September 2004, Vancouver, Canada
- Vani K. Borooah (2002), LOGIT and PROBIT Ordered and Multinomial Models, SAGE Publications, Quantitative applications in the Social Sciences number 07-138, 2-7619-2242-3

Annexe A: Le questionnaire



Centre International de Recherche sur l'Environnement et de Développement

Unité Mixte de Recherche 8568 CNRS / EHESS

Campus du Jardin Tropical, Nogent sur Marne

Effet de serre et séquestration¹⁰ géologique du CO₂

***1. Avez vous été affecté par des événements climatiques exceptionnels (tempête, inondation, canicule...) ces dernières années ?**

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

198 (32%) Non

414 (68%) Oui

***2. De ces trois opinions, laquelle se rapproche le plus de la vôtre ?**

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous¹¹

322 (53%) Les désordres du climat tels que les tempêtes ou inondations sont causés par l'augmentation de l'effet de serre

83 (14%) Les désordres du climat sont des phénomènes naturels comme il y en a toujours eu

177 (29%) Aujourd'hui personne ne peut dire avec certitude les vraies raisons des désordres du climat

L'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère

La combustion des énergies fossiles libère du gaz CO₂ (dioxyde de carbone) dans l'atmosphère. La plupart des polluants de l'air (tels que le dioxyde de soufre) ne restent pas très longtemps dans l'atmosphère. Pour le CO₂ c'est différent. Il se maintient dans l'atmosphère pendant pratiquement 100 ans, après quoi la plus grande partie s'en retrouve dissoute dans l'océan.

Le CO₂ est naturellement présent dans l'atmosphère terrestre. Les végétaux en ont besoin pour leur croissance. Il s'agit d'un "gaz à effet de serre" qui piège la chaleur solaire et contribue à faire de la terre un endroit agréable à vivre.

Cependant au cours des quelques cent dernières années, la quantité de CO₂

¹⁰ Séquestration pour 509 questionnaires, Stockage pour 103 questionnaires.

¹¹ Question tirée des enquêtes ADEME sur Les perceptions sociales de l'effet de serre réalisées par Daniel Boy <http://www.ademe.fr/Etudes/Socio/Effet_de_serre.htm> . L'auto sélection se fait sentir: Comparativement à l'étude ADEME, les répondants sont plus informés sur les causes humaines du changement climatique.

présente dans l'atmosphère terrestre s'est accrue constamment, tandis que les hommes utilisaient de plus en plus d'énergies fossiles. Aujourd'hui, on trouve à peu près 30% de plus de CO₂ dans l'atmosphère qu'il n'y en avait 100 ans plus tôt. Cette quantité continue de s'accroître, toujours plus rapidement.

Lorsqu'on brûle du charbon pour faire de l'électricité, au lieu de laisser le CO₂ produit aller dans l'atmosphère, on pourrait le récupérer et le séquestrer à des grandes profondeurs en sous-sol. C'est le principe de la séquestration géologique.

Des systèmes de récupération du CO₂ issu des combustibles fossiles existent déjà. L'opération a un coût et pénalise notablement l'efficacité des centrales énergétiques. Les ingénieurs sont convaincus qu'avec de nouveaux perfectionnements le coût de l'électricité ainsi produite pourrait être d'environ 50% plus élevé que le coût actuel.

La première expérience à grande échelle de séquestration a été engagée en mer du Nord où, depuis 1996, le pétrolier norvégien Statoil injecte environ un million de tonnes de CO₂ par an dans un aquifère salin situé à 800 m sous le fond de la Mer du Nord.

En Amérique du Nord, l'injection souterraine de CO₂ dans des gisements de pétrole est déjà pratiquée à grande échelle pour améliorer la récupération du pétrole. Le site le plus connu est celui de Weyburn au Canada, où l'injection de CO₂ atteint 1,8 millions de tonnes par an depuis 2000.

Aucune action de séquestration du CO₂ n'est actuellement engagée dans le sous-sol Français ni sous la mer au large de nos côtes. En tenant compte des incertitudes qui restent importantes, les experts pensent que développer cette technologie pourrait constituer une option intéressante pour diminuer les risques liés au changement climatique.

Dans cette perspective ce sondage a pour but de connaître de l'opinion des citoyens, et pas seulement des experts.

***3. Avant ce sondage, connaissiez-vous l'existence de la technologie de séquestration géologique du carbone ?**

474 (77%) Non

138 (23%) Oui

***4. En se basant sur l'information présentée dessus, êtes-vous défavorable ou favorable à la séquestration du dioxyde de carbone dans les formations rocheuses profondes ?**

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

48 (8%) Complètement opposé

70 (11%) Opposé

262 (43%) Neutre

179 (29%) Favorable

53 (9%) Complètement favorable

*** 5. Souhaitez-vous d'avantages d'explications sur la technologie et ses risques ?**

Cochez la case pour afficher quelques paragraphes d'information supplémentaires. Votre opinion sur la technologie sera alors redemandée.

342 (56%) Oui Afficher la question 6.

270 (44%) Non

***6. Merci de prendre connaissance des informations supplémentaires ci dessous, avant de répondre à nouveau si vous êtes défavorable ou favorable à la séquestration du dioxyde de carbone dans les formations rocheuses profondes ?**

Même si on a besoin d'études supplémentaires pour en être sûr, il semble bien qu'on dispose de suffisamment de formations rocheuses profondes pour retenir des quantités significatives de CO₂, et que la technologie nécessaire à la séquestration du CO₂ soit déjà couramment commercialisée.

Aujourd'hui, les États-Unis déposent chaque année plus d'eaux usées et autres liquides que les quantités de CO₂ produites par toutes les centrales électriques des États-Unis. Et les compagnies pétrolières transfèrent déjà de vastes quantités de CO₂ par pipeline qu'elles injectent dans le sous-sol profond comme moyen de récupérer davantage de pétrole.

Trois types de formations géologiques sont candidats pour la séquestration du CO₂.

1. Les champs pétrolifères et gazéifères épuisés
2. Les couches carbonifères trop profondes pour l'extraction minière.
3. Les couches aquifères très profondes, dans lesquelles l'eau est extrêmement saline (plus saline que l'océan).

Dans la mesure où le CO₂ serait en place à plusieurs centaines de mètres sous terre, il n'est pas probable que cela ait un impact sur les sources d'eau potable parce qu'elles se trouvent beaucoup plus en surface.

Cependant, comme dans toute technologie, il y a des risques et des incertitudes. Le but est de séquestrer le dioxyde de carbone pour plusieurs siècles. Comme il n'est pas possible de prédire le futur, il n'existe pas de risque zéro et toute activité humaine peut avoir des conséquences imprévues à très long terme. Les effets indésirables suivants peuvent être décrits:

Le premier type de risques implique la possibilité de dégagements de CO₂.

- ✓ Si les dégagements sont très lents, alors cela pourrait entraîner une acidification des milieux et causer des dommages aux racines des végétaux et à la végétation de surface.
- ✓ Laisser un tout petit peu de CO₂ se relarguer dans l'atmosphère ne serait pas un grave problème, mais si beaucoup plus de CO₂ se mettait à

fuir, cela compromettrait l'objectif du système. Si les dégagements se développent, il serait probablement possible de déplacer au moins une partie du CO₂ vers un endroit plus sûr (largement à la manière dont on enlève le gaz naturel et dont on le distribue par canalisation).

- ✓ Nous respirons en permanence de petites quantités de CO₂: l'air normal en contient 0.035% en moyenne (jusqu'à 0.8% pendant certains pics de pollution en ville), alors que l'air alvéolaire (dans les poumons) en renferme 5%. Celui-ci est éliminé par la ventilation pulmonaire. Mais si l'air respiré contient déjà trop de CO₂, son élimination va être plus difficile, il va s'accumuler dans le sang et provoquer des troubles. L'hypercapnie, augmentation anormale de la pression partielle de CO₂ dans le sang artériel, est un risque bien connu des plongeurs, ses effets consistent d'abord en une augmentation du rythme et de l'amplitude respiratoire, et une apparition de maux de tête et d'anxiété.
- ✓ À très forte concentration, le dioxyde de carbone peut déplacer l'oxygène de l'air et causer de l'asphyxie. Au cas improbable où un dégagement se développerait rapidement sans être détecté, alors les gens et les animaux qui ne seraient pas évacués de la zone proche du dégagement seraient en péril mortel.

S'ajoutant aux risques de dégagements, il y a certains autres types de risques.

- Si on injecte beaucoup de CO₂ sous terre, cela accroîtra la pression en sous-sol. Cela peut constituer un risque modeste de petits mouvements sismiques, et pourrait être à l'origine de soulèvements de terrains modérés pouvant endommager les bâtiments.
- En dernier lieu, le CO₂ agit comme un solvant ou un acide faible. En conséquence il peut libérer des contaminants fixés par les roches, tels que des métaux lourds. Dans la plupart des cas, ils demeureront à des centaines de mètres sous la surface, mais il y a une petite probabilité pour qu'ils puissent remonter.

Nous vous avons parlé des risques de fuite, et d'autres risques afin de vous livrer tous les éléments d'appréciation de la question. Parce que l'on dispose d'une expérience industrielle dans le domaine du stockage des gaz souterrains, la plupart des ingénieurs et des géologues sont confiants de pouvoir limiter ces risques à un niveau très faible.

Nous aimerions saisir dans quelle mesure vous pensez qu'il est approprié de séquestrer le CO₂ dans les formations rocheuses profondes telles que les champs pétrolifères ou gazéifères épuisés, les couches de charbon trop profondes pour être exploitées, ou les aquifères salins à grande profondeur.

Êtes défavorable ou favorable à la séquestration du dioxyde de carbone dans les formations rocheuses profondes ?

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

35 (12%) Complètement opposé

56 (19%) Opposé

90 (31%)	Neutre
93 (32%)	Favorable
20 (7%)	Complètement favorable

Et pour finir, quelques questions vous concernant...

***7. Vous êtes...¹²**

291 (48%)	Femme
321 (52%)	Homme

***8. Quel est votre âge ?¹³**

Seuls les chiffres sont autorisés pour ce champ

min 12, 1er quartile 18, médiane 24, moyenne 28.15, 3e quartile 35, max 87

***9. Quel est votre niveau d'études ?¹⁴**

Veillez sélectionner seulement une réponse ci-dessous

44 (7%)	Pas d'études / primaire
126 (21%)	Intermédiaire
141 (23%)	Baccalauréat
135 (22%)	Bac+2
118 (19%)	Licence, Maîtrise, Grande école
48 (8%)	Troisième cycle

***10. Lisez-vous régulièrement des revues ou des magazines scientifiques ?**

361 (59%)	Non
251 (41%)	Oui

12 Grande homogénéité entre les femmes et les hommes dans leur appréciation générale de l'importance et des causes du CC; et cela malgré une très forte asymétrie dans l'échantillon entre femmes et hommes concernant le niveau d'études (très en faveur des femmes) et l'intérêt pour l'information scientifique (très en faveur des hommes).

13 Les questionnaires présentant des réponses irrégulières ou incohérentes avec le niveau d'études ont été éliminés.

14 L'analyse des réponses a fait apparaître que le niveau d'études était corrélé avec l'âge et que le libellé de la question était confus. Cela explique en partie pourquoi cette variable n'est pas statistiquement significative.

Annexe B: Matrice de corrélation

* 5% valeur critique (bilatéral) > 0,079 pour $n = 612$

<i>affect</i>	<i>cause</i>	<i>avant</i>	<i>avis1</i>	<i>plus</i>	
1	0,120*	0,005	-0,056	0,051	<i>affect</i>
	1	-0,072	0,077	0,074	<i>cause</i>
		1	-0,057	0,070	<i>avant</i>
			1	0,082*	<i>avis1</i>
				1	<i>plus</i>
<i>avis2</i>	<i>sexe</i>	<i>âge</i>	<i>science</i>	<i>mot</i>	
-0,053	-0,050	-0,016	0,030	-0,016	<i>affect</i>
0,127*	-0,032	-0,056	-0,018	0,027	<i>cause</i>
0,031	0,099*	0,063	0,194*	-0,075	<i>avant</i>
0,779*	0,024	-0,068	-0,084*	0,112*	<i>avis1</i>
0,000	0,050	0,120*	0,092*	-0,058	<i>plus</i>
1	0,117*	-0,040	-0,056	0,111*	<i>avis2</i>
	1	0,152*	0,155*	-0,070	<i>sexe</i>
		1	0,058	-0,042	<i>âge</i>
			1	-0,011	<i>science</i>
				1	<i>mot</i>

Note: Les valeurs manquantes ont été omises. Les valeurs ont été encodées numériquement comme suit: Non, Femme, Stockage: 0; Oui, Homme, Séquestration: 1; nature: -1, incertitude: 0, hausse: +1