

Université Libre de Bruxelles

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

Faculté des Sciences

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

# **TECHNOLOGIES D'ÉMISSIONS NÉGATIVES : SOLUTION MIRACULEUSE OU AVEUGLEMENT ABERRANT ?**

REPRÉSENTATIONS SOCIALES DES TECHNOLOGIES D'ÉMISSIONS NÉGATIVES ET DE CAPTURE ET  
SÉQUESTRATION DE CARBONE AINSI QUE LE RAPPORT DE L'ÉCONOMIE ET DE L'ENVIRONNEMENT  
DANS CES REPRÉSENTATIONS

Mémoire de Fin d'Études présenté par  
SOYSAL, Derya en vue de l'obtention du  
grade académique de  
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement  
« Finalité Gestion de l'Environnement M-ENVIG »  
Année Académique : 2021-2022

Directeur : Prof. Wallenborn Grégoire.

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens à remercier premièrement mon incroyable promoteur, Wallenborn Grégoire, qui m'a encouragée sans cesse. Je le remercie pour sa bienveillance et sa disponibilité lors de l'encadrement scientifique de cette étude. Sans lui, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail. Je voulais faire de mon mieux pour ne pas le décevoir.

Je remercie les différentes personnes qui ont accepté de participer à mes entretiens lors de l'élaboration de la partie pratique de mon mémoire.

Je voudrais ensuite remercier ma famille et particulièrement ma mère qui m'ont toujours soutenue et poussée pour que j'aille plus loin dans mes études.

Je voudrais également remercier mon jumeau Soysal Deniz pour son attitude exemplaire. En espérant être une jumelle à sa hauteur, je me suis efforcée de réaliser au mieux ce présent mémoire.

Enfin, je remercie tous mes professeurs qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui : une femme critique et sensible aux problèmes environnementaux.

## LISTE DES ABREVIATIONS

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de Carbone ou Gaz Carbonique

NO<sub>2</sub> : Dioxyde d'Azote

BEECS : Bioénergie associé au Captage et Stockage du Carbone

COP : Conférence Of Parties

CSC : Capture et Stockage du Carbone

DACCS : Direct Air Capture and Carbon Storage

EASAC : Conseil Consultatif scientifique des Académies Européennes

ha: hectare

IAM: Intergrated Assessment Models

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernementale sur l'Évolution du Climat

GtC : Gigatonnes de Carbone

MEI : Modèles d'évaluation intégrée

ONU : Organisation des Nations Unies

Ppm : partie par million

tC: tonnes de Carbone

TEN : Techniques d'Émissions Négatives

UE : Union européenne

USD : United State Dollar

## **RÉSUMÉ**

Les rapports du GIEC pointent l'urgence du réchauffement climatique. Conjointement, le GIEC essaie d'imaginer des scénarios, certains plus pessimistes que d'autres, et de proposer des solutions selon les tendances économiques mondiales, le progrès technologique et les politiques climatiques, pour respecter l'objectif de limiter ce réchauffement climatique à +1,5°C ou 2°C par rapport à la période préindustrielle. Un scénario parmi d'autres accorde une importance aux technologies d'émissions négatives (TEN) dans un avenir dans lequel les émissions de gaz à effet de serre (GES) ne pourront baisser de manière importante. Les TEN consistent à prélever des GES et à les stocker dans le sous-sol ou dans les océans. Les TEN et les technologies de capture et séquestration de carbone (CSC) gagnent de plus en plus de place dans les débats académiques et dans les discours des plus grands hommes d'affaires du monde tels qu'Elon Musk. Les TEN sont complexes sur plusieurs points : les avis divergent sur la faisabilité de la technologie, sur sa capacité de séquestration, sur la possibilité de son déploiement, sur sa sécurité et sa stabilité sur le long terme. Il était donc intéressant de savoir si elles sont une solution miraculeuse ou un aveuglement aberrant.

S'appuyant sur la théorie des représentations sociales, ce mémoire a comme objectif d'étudier les représentations des TEN chez les universitaires et de voir en quoi les représentations de l'économie et de l'environnement sont déterminantes dans les représentations des TEN. Les représentations sociales peuvent éclairer la dynamique entre les personnes et l'environnement, le climat et la technologie. La méthodologie de recherche est essentiellement qualitative de type exploratoire. Elle s'appuie sur des entretiens semi-directifs avec des experts, ingénieurs, physiciens pour recueillir leurs représentations sur le thème étudié : les TEN. Six universitaires belges et français et un universitaire turc ont été choisis pour leur connaissance au sujet de la capture et séquestration du carbone. Les entretiens ont eu lieu par des réunions ZOOM. Divers aspects des TEN ont été abordés lors de ces entretiens comme leurs impacts environnementaux, la capacité technologique, leur place parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique.

Les résultats montrent, à travers l'analyse du discours, que les universitaires ne soutiennent ni ne rejettent totalement les TEN. Ces représentations sociales varient sur la place que les universitaires accordent aux TEN parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique. Le soutien aux TEN et CSC est conditionné par la mise en œuvre d'une série d'autres solutions de décarbonisation, en particulier les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Les interviewés se montrent assez critiques quant aux impacts environnementaux des TEN, le coût économique et la capacité de séquestration du carbone.

***Mots clés :** TEN, représentations sociales, environnement, économie, réchauffement climatique, discours, perception, discours, capture et stockage du carbone.*

## Table des matières

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	2
LISTE DES ABREVIATIONS.....	3
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
1. L'apparition des TEN dans le paysage climatique.....	8
2. Objectifs du mémoire .....	11
<b>1. Cadre théorique et concepts</b> .....	<b>12</b>
A. La perception .....	12
B. Les représentations.....	12
1) Les représentations individuelles .....	13
2) Les représentations sociales.....	13
<b>État de l'art et question de recherche</b> .....	<b>17</b>
1. État de l'art .....	17
A. Quelques types de TEN fort étudiés dans la littérature académique .....	17
B. La divergence des avis au sujet des TEN dans la littérature scientifique :.....	20
I. Les TEN, une nécessité dans un monde dans lequel nos systèmes économiques sont dépendants de l'usage des énergies fossiles .....	20
II. L'amélioration du stockage du carbone dans les écosystèmes terrestres : les BECCS, le reboisement, des émissions négatives compétitives .....	23
III. Les DACCS, la minéralisation du carbone, la fertilisation des océans, ... des émissions négatives avec une capacité de séquestration potentielle élevée .....	23
IV. Les TEN, un pari dont nous ne connaissons ni les résultats, ni les risques.....	24
V. Les TEN, un potentiel limité.....	25
VI. Les TEN, possibilité d'un relâchement des efforts en matière de réduction de GES .....	25
VII. Les TEN impacteraient l'environnement .....	26
C. Le rapport de la nature, l'environnement et l'économie dans les TEN .....	27
1. L'économie .....	27
2. La nature et l'environnement .....	29
Formulation de la question de recherche, des hypothèses et objectifs du mémoire.....	32
<b>2. Cadre pratique : enquête sur les représentations et discours autour des TEN</b> .....	<b>34</b>
A) Description du terrain d'étude et méthodologie de l'enquête.....	34

B)	Formulation du cadre d'analyse, des objectifs de l'enquête, des questions et des hypothèses	35
	GUIDE D'ENTRETIEN.....	37
C)	Présentation, analyse et interprétation des résultats .....	41
<b>I.</b>	<b><i>Dimension environnementale</i></b> .....	<b>41</b>
<b>II.</b>	<b><i>Dimension économique</i></b> .....	<b>49</b>
<b>III.</b>	<b><i>Dimension climatique</i></b> .....	<b>60</b>
<b>IV.</b>	<b><i>Dimension technologique</i></b> .....	<b>67</b>
<b>V.</b>	<b><i>Dimension sociétale</i></b> .....	<b>71</b>
	CONCLUSION GENERALE .....	79
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	82
	<b>ANNEXES : Retranscription des entretiens .....</b>	<b>100</b>
(1)	Entretien de Jeanmart Hervé .....	100
(2)	Entretien de SELOSSE Sandrine .....	113
(3)	Entretien de M., l'expert climatique belge et.....	120
(4)	Entretien de R., l'experte climatique belge .....	120
(5)	Entretien de LAUDE-DEPEZAY Audrey .....	126
(6)	Entretien de MEYER Rodolphe .....	135
(7)	Entretien de YILMAZOGLU Zeki .....	149

## INTRODUCTION

*« Or, non seulement les conséquences de ce qui est peut-être déjà en train de basculer sous nos yeux sont littéralement incalculables, mais en plus la probabilité du basculement augmente à vue d'œil »*

Daniel Tanuro, Trop tard pour être pessimistes ! (2020)

À l'aube du troisième millénaire, l'observation des conséquences du réchauffement climatique amène certaines organisations à poursuivre leur réflexion et leurs efforts sur les moyens pour y faire face. En signant l'accord de Paris en 2015, la communauté internationale s'est récemment engagée à limiter l'augmentation de la température mondiale à un niveau « inférieur » à +2°C par rapport à la période préindustrielle. L'accord implique dès lors une gestion des politiques climatiques mondiales et des baisses importantes en termes d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Cet objectif semble peu susceptible d'être atteint par les mesures climatiques prises actuellement c'est pourquoi près de 87 % des scénarios 2°C du Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) incluent des « Techniques d'Émissions Négatives » (TEN) (Fuss et al., 2014). Effectivement, 344 des 400 scénarios reposent sur le déploiement rapide des TEN dans un contexte dans lequel les engagements nationaux actuels en matière de climat sont insuffisants et les émissions de GES conduiront à un dépassement de l'objectif 2°C.

Carbon Market Watch<sup>1</sup> définit les technologies à émissions négatives (TEN) comme « le prélèvement de gaz à effet de serre de l'atmosphère et son stockage sur terre, dans le sous-sol ou dans les océans »<sup>2</sup>. Ces technologies permettent donc de capturer et diminuer le CO<sub>2</sub> présent dans l'atmosphère. Il existe un grand nombre de moyens d'obtenir des émissions négatives comme le reboisement massif (afforestation/reforestation), la fertilisation des océans afin d'en augmenter les populations de phytoplanctons, la production de biochar (charbon de bois fabriqué à partir de matières végétales dont le bilan de carbone net est négatif), la bioénergie associée au captage et stockage du carbone (BECCS), dont le but est de faire que la bioénergie capte et stocke le carbone de l'atmosphère, ou encore le captage direct du CO<sub>2</sub> (Direct Air Capture en anglais) de l'air en vue de le stocker. On voit donc que ces voies sont plus ou moins naturelles, plus ou moins technologiques.

---

<sup>1</sup> L'association à but non lucratif experte en matière de tarification du carbone

<sup>2</sup> Carbon Market Watch, Technologies et pratiques en matière d'émissions négatives, <https://carbonmarketwatch.org/fr/notre-travail/la-gouvernance-du-climat/negative-emission-technologies-and-practices> (consulté le 24 mai 2021)

Aujourd'hui, les TEN et autres technologies de capture et séquestration de carbone (CSC) commencent à faire de plus en plus de bruit. En effet, Elon Musk dit être prêt à payer 100 millions de dollars pour la meilleure CSC. L'Inde, la Suède, l'Espagne, etc. ont affirmé pendant la COP26 vouloir développer les technologies CSC pour décarboner les systèmes à charbon (Agence Europe, 2021).

## 1. L'apparition des TEN dans le paysage climatique

Le GIEC a publié un rapport en 2018 dans lequel il précisait que le budget carbone pour atteindre notre objectif climatique de +1,5°C voire +2°C est de 570 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>). Or, les émissions actuelles de CO<sub>2</sub> sont de l'ordre de 52 à 58 gigatonnes par an, ce qui va augmenter la température mondiale, selon des projections, à + de 3°C (Beck et Mahony, 2018). C'est dans cette optique que le GIEC imagine des scénarios pour atteindre la neutralité carbone<sup>3</sup> et y intègre les TEN.

En réalité la plupart des « technologies » présentées sous le couvert d'émissions négatives telles que la BECCS ou le (re) boisement, existaient déjà avant les scénarios du GIEC. En effet, l'élimination du carbone est à l'ordre du jour politique depuis les négociations de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques qui a été adoptée lors du Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992. Par ailleurs, depuis le Protocole de Kyoto signé en 1997, l'amélioration des puits de carbone, c'est-à-dire des réservoirs qui absorbent du carbone depuis le cycle du carbone, est un objectif dans la politique climatique mondiale (Boyd, Corbera, et Estrada, 2008).

Figure 1 : Schéma sur la trajectoire moyenne d'émissions de gaz à effet de serre (GES), modélisée par le GIEC

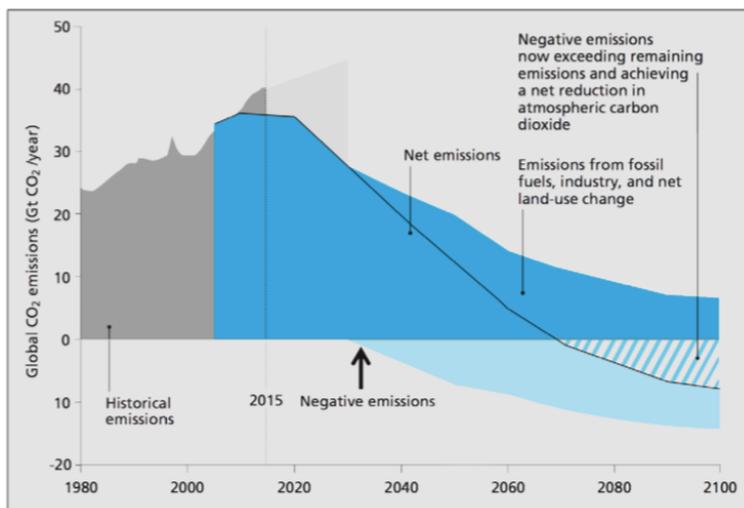


Figure 1 : Schéma sur la trajectoire moyenne d'émissions de GES, modélisée par le GIEC Source : Rapport EASAC 2018 adapté d'Anderson et Peters, 2016.

<sup>3</sup> État d'équilibre entre les émissions de GES et le retrait de ces derniers par l'atmosphère

La figure 1 ci-dessus, extraite du Rapport EASAC 2018, adaptée d'Anderson et Peters (2016), illustre pourquoi le GIEC fait appel à des émissions négatives dans un monde où les émissions de GES ne baissent pas suffisamment pour respecter l'objectif « inférieur à 2°C » par rapport à l'ère préindustrielle.

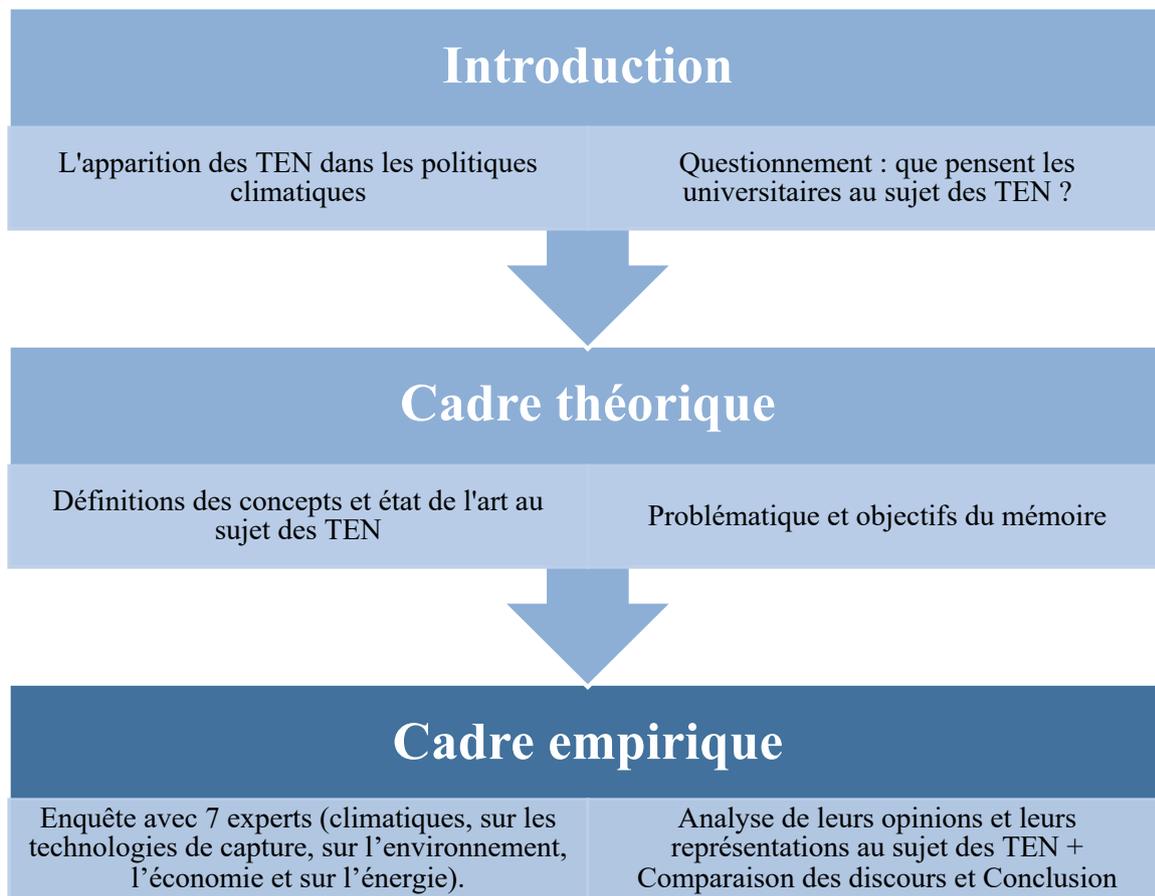
Sur la figure, les émissions historiques sont présentées en gris tandis que les émissions nettes futures sont présentées en bleu à partir de projections calculées par rapport à nos émissions actuelles. Conformément au scénario, les technologies d'émissions négatives porteront leurs fruits dans les alentours des années 2030. On y observe que les émissions deviennent négatives dans les alentours des années 2065. Les émissions négatives s'obtiennent dès lors par les technologies de captation de CO<sub>2</sub> et permettent de revenir à des niveaux de 570 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> (GIEC, 2018). Un équilibre entre les émissions anthropiques et les absorptions anthropiques engendrées par les TEN est obtenu vers la fin du siècle.

L'élimination du dioxyde de carbone par les TEN est une des priorités politiques de l'Union européenne (UE). La loi européenne sur le climat contraint légalement l'UE à atteindre l'équilibre entre les émissions de gaz à effet de serre et les éliminations de carbone, au plus tard pour 2050. La Commission européenne intègre les TEN dans sa proposition de l'objectif climatique de 2030 de réduire d'au moins 40% les émissions de GES par rapport aux niveaux de 1990 (Rickels et al., 2020). En juin 2018, les législateurs de l'UE ont conclu un accord sur le règlement relatif à la gouvernance de l'Union de l'énergie, qui contient un appel à la Commission européenne pour qu'elle analyse des scénarios permettant d'obtenir des émissions négatives dans l'UE au cours de la seconde moitié du siècle pour une nouvelle stratégie climatique à long terme de l'UE (Lomax et al., 2015). La stratégie 2050 de l'UE est composée de huit scénarios dont un nommé le scénario 1.5 TECH qui s'appuie sur les technologies de captage et séquestration du carbone dans un but de suivre les engagements climatiques pris lors de l'Accord de Paris (Rickels et al., 2020) (Commission européenne, 2018).

Dernièrement, lors de la Conférence de Glasgow de 2021 sur les changements climatiques, la COP26 qui a eu lieu du 1<sup>er</sup> au 13<sup>e</sup> novembre 2021, l'Inde a dit qu'une certaine utilisation résiduelle des combustibles fossiles peut subsister et que les émissions associées devront être capturées par les technologies de CSC. L'Inde propose ainsi la réduction de l'usage de systèmes à charbon qui n'ont point de systèmes de CSC (capture et séquestration de carbone) (Ahluwalia et Patel, 2021). L'envoyé spécial pour le climat américain John Kerry a fait, lui, valoir que la technologie de CSC pourrait être davantage développée (Friedman, 2021). Par ailleurs, 20 pays dont les Pays-Bas et l'Allemagne se sont engagés à ne plus financer des projets d'énergies fossiles qui ne seront pas accompagnés par des technologies de CSC (Agence Europe, 2021). C'est dans ce contexte que le débat sur les TEN et la CSC a pris naissance et gagne de plus en plus d'importance dans les politiques climatiques internationales, mais que pensent les universitaires à leur égard ?

Aujourd'hui, les TEN et autres technologies de CSC commencent à faire de plus en plus de bruit. En effet, il est possible de constater que les TEN sont de plus en plus promues par les pays lors des conférences internationales... Cet optimisme au sujet des TEN laisse croire que cela pourrait être une solution miraculeuse pour faire face au réchauffement climatique. Dans un contexte où le débat sur les TEN se fait de plus en plus fréquemment, cela offre l'opportunité d'analyser les opinions des universitaires concernant les TEN. Un questionnement en découle : Comment les universitaires et les experts concernés par le réchauffement climatique se représentent-ils les TEN et quels sont leurs avis au sujet de ces technologies ? L'analyse de leurs discours nous permettra de voir si les TEN sont une solution miraculeuse qui va sauver l'humanité du réchauffement climatique ou bien est-ce un aveuglement aberrant qui ne réglera en rien le problème planétaire du réchauffement climatique ?

Le schéma fléché ci-dessous illustre le plan de mon mémoire



## 2. Objectifs du mémoire

Ce mémoire a pour but d'analyser les divers discours et représentations (concepts définis plus bas) des universitaires au sujet des TEN.

Ma recherche s'intéresse dès lors à la question suivante : étude des représentations sociales des universitaires<sup>4</sup> et experts concernés par le réchauffement climatique pour comprendre les positionnements au sujet d'une technologie promue pour faire face au réchauffement climatique. Il est donc pertinent d'analyser les opinions favorables et défavorables concernant les TEN et d'étudier quels facteurs sont déterminants dans ces discours.

Pour atteindre l'objectif d'analyser les représentations sociales sur les TEN, le travail s'articule en une double séquence :

- Dans un premier temps, je présente le cadre théorique qui me permet de :
  - définir les concepts<sup>5</sup> essentiels à la compréhension de ma question de recherche ;
  - réaliser un état de l'art de la littérature scientifique à partir d'articles académiques sur les TEN. Dans cet état de l'art, je présente en premier lieu les TEN et en deuxième lieu les différentes positions à leur sujet dans les articles académiques ;
  - formuler une question de recherche et énoncer les objectifs de mon mémoire.
- Dans un deuxième temps, cette étude est approfondie par une étude empirique dans laquelle :
  - je réalise sept interviews avec sept universitaires (un ingénieur civil mécanique, une docteur en économie, deux experts climatiques, une experte en CSC, un docteur en sciences de l'environnement et un ingénieur mécanique) pour étudier leurs opinions et les représentations (ces notions seront définies ci-dessous) au sujet des TEN ;
  - à travers l'analyse, j'analyse quelles représentations sociales nous pouvons capturer des différents discours des universitaires.

Par extension, ces interviews me permettent de voir si les universitaires défendent ou non le déploiement des TEN et CSC pour faire face au réchauffement climatique et sur quels arguments ils se reposent pour défendre ou critiquer les TEN.

---

<sup>4</sup> personne pourvue d'un diplôme de fin d'études à l'université.

<sup>5</sup> « une représentation rationnelle comprenant les attributs essentiels d'une classe de phénomène ou d'objet ». Grawitz, 1993.

# 1. Cadre théorique et concepts

Ce mémoire s'appuie sur la théorie des représentations sociales. Afin de bien comprendre ce domaine d'étude et d'en tirer les éléments utiles à la recherche, je présente dans cette partie les éléments théoriques ainsi que les concepts qui seront essentiels pour la compréhension. Les concepts qui seront décrits sont la perception, les représentations sociales, la nature et l'environnement. Par la suite, je présente l'importance des représentations de l'économie dans les représentations des TEN.

Les sources que j'ai utilisées pour présenter les informations ci-dessous ont été recueillies dans la littérature scientifique, des articles, des livres scientifiques et des dictionnaires.

À la suite de ce cadre théorique, je propose un cadre conceptuel qui me permet de développer la problématique, les axes d'analyse et les hypothèses.

## A. La perception

La perception est définie comme étant un « *événement cognitif dans lequel un stimulus ou un objet, présent dans l'environnement immédiat d'un individu, lui est représenté dans son activité psychologique interne, en principe de façon consciente ; fonction psychologique qui assure ces perceptions* ». (Le petit Larousse, 1994). Efron (1969) dit sur la perception qu'elle est « *la première forme de contact cognitif de l'homme avec le monde qui l'entoure* ». La perception est une forme de connaissance, une prise de conscience directe de la réalité extérieure.

Il est important de pointer que les perceptions de l'environnement, de l'économie, de la technologie, des TEN sont psychologiquement déterminées et donc subjectives. L'humain perçoit ce qu'il souhaite percevoir ou ce qu'on le « conditionne » à percevoir. Son vécu, son milieu social, son éducation, ses connaissances, des préjugés, influencent dès lors ses perceptions (Efron, 1969).

La perception est le point de départ dans la construction d'une représentation. Selon Piaget et Inhelder (1948), la perception est « *l'étape intermédiaire entre l'objet et sa représentation* ».

## B. Les représentations

Après une première prise de conscience de la réalité qui nous entoure à travers la perception, la construction d'une représentation commence. De cette manière, une forme d'idée générale prend naissance à travers une reconstitution de la réalité observée et perçue.

Selon Garnier et Sauvé (1999), une représentation est « *un phénomène mental qui correspond à un ensemble plus ou moins conscient, organisé et cohérent, d'éléments cognitifs, affectifs et du domaine des valeurs concernant un objet particulier appréhendé par un sujet (ex : la nature, la démocratie...)* ».

## 1) Les représentations individuelles

Pour Moscovici (1976), une représentation est individuelle « *quand elle ne vaut que pour un sujet unique, mais aussi quand, de nature collective et partagée, elle est incorporée par un individu qui appartient au collectif correspondant* ».

D'après Durkheim (1898), tous les individus se représentent des objets. A noter que c'est par la relation que l'individu entretient avec cet objet en question que la représentation prend naissance à travers la définition que donne l'individu au sujet de l'objet.

Pour Clenet (1998), les représentations individuelles sont « *ce qu'un sujet a pu intérioriser d'une situation vécue, de ce qui pour lui fait sens et donne sens à ses actions* ».

Durkheim est le premier à faire la distinction entre les représentations individuelles et les représentations sociales.

## 2) Les représentations sociales

### 2.1. Définitions

Chaque individu a une certaine vision de la réalité qui l'entoure et cette manière de voir les objets de son quotidien, la réalité qui l'entoure est socialement partagée. En effet, dans les représentations, nous retrouvons des valeurs et images mentales communes. C'est un univers symbolique qui est culturellement déterminé d'après Garnier et Sauvé (1999). Notre entourage, nos amis, nos collègues, notre famille ont des représentations proches des nôtres, dit le professeur en science sociales, Dramaix (2021).

Pour qu'une représentation individuelle devienne sociale, il faut qu'elle soit socialement partagée. De ce fait, il est nécessaire que cette représentation évolue et se structure afin d'intégrer des représentations d'un groupe social<sup>6</sup> (Rouquette et Rateau 1998). A noter que Durkheim (1898) qualifie les représentations sociales de « conscience collective ». Chaque représentation, dite sociale, est déterminée non seulement par l'objet en question (exemples : l'environnement, la santé, la technologie...) mais également par l'humain : son vécu, son éducation, ses idéologies, son environnement, son milieu socio-économique... (Jodelet, 1984).

Les représentations sociales, étant des connaissances socialement construites, évoluent et se structurent par rapport à un groupe social. C'est pourquoi des individus appartenant à une autre époque ou un autre milieu social auront des représentations sociales différentes. À titre d'exemple, après avoir

---

<sup>6</sup> Groupe social identifié en fonction d'un critère socio-économique ou professionnel (Jodelet, 1984) ou « *le rassemblement d'individus qui partagent une expérience sociale et culturelle et qui ont une histoire qui les différencie des autres groupes* » Garnier et Sauvé (1999).

interrogé rapidement les étudiants en Master de gestion de l'environnement sur leur manière de définir la nature, j'ai constaté qu'ils ont globalement une représentation sociale de la nature commune : un milieu physique que l'humain peut impacter. Or, comme nous le verrons ci-dessous, l'environnement et la nature ne sont pas perçus et représentés de la même manière par tous. À travers l'histoire, la représentation de la nature et de l'environnement ont évolué de manière importante. Chacun a une appartenance sociale qui va façonner sa manière de considérer la nature par exemple.

Abric (1987) rajoute que la représentation sociale est « *le produit et le processus d'une activité mentale par laquelle un individu ou un groupe reconstitue le réel auquel il est confronté et lui attribue une signification spécifique* ». Cette forme de connaissance qu'est la représentation sociale prend forme à partir d'une perception qui est travaillée par une activité mentale et une signification lui est attribuée. Ainsi, l'humain se fait de cette réalité une représentation, c'est-à-dire une manière dont il se représente les choses, les objets, etc.

## **2.2. Structure des représentations sociales**

Dès lors, il est possible de comprendre qu'une représentation sociale est un ensemble :

- de **croyances** (*fait de croire à l'existence de quelque chose, à la vérité d'une doctrine, d'une thèse*) (Le petit Larousse, 1994). Les croyances sont des représentations tenues pour vraies. Selon Clément (2010), le concept de croyance désigne « *des états psychologiques, des représentations mentales internes considérées comme vraies par l'organisme et utilisées pour effectuer des actions, aussi bien physiques que mentales* » ;
- de **jugements, d'opinions** : « *avis qu'un individu ou un groupe émet sur un sujet, des faits* » (Le petit Larousse, 1994) ;
- de **normes** : « *ensemble de règles de conduite qui s'imposent à un groupe social* » (Le petit Larousse, 1994). Compte tenu du fait qu'il y a des règles qui s'imposent à un groupe social, la norme renvoie dès lors à « *une contrainte extérieure* » (Branca-Rosoff et Ramognino, 2007). Selon Durkheim (1898), les normes sociales « *sont constituées de codes juridiques ou non qui mettent en scène une contrainte externe, perçue comme une force causale agissant sur l'action individuelle et sociale* ».
- de **discours** : « *propos tenus par quelqu'un* » (Le petit Larousse, 1994) au sujet d'un objet. Le terme de « discours » a été introduit par le philosophe Foucault (1969) et est défini comme étant « *une régularité commune à des actes d'énonciation empiriquement séparés dans le temps et dans l'espace social* » ou une « *structuration spécifique des actes du langage* ». Le sociologue Keller (2007) définit ce concept de la manière suivante : « *le rapport de régularité entre un ensemble spécifique de pratiques d'énonciation et un contenu sémantique proposant une certaine structuration cognitive-symbolique du monde.* » Keller (2007) ajoute que la sociologie du discours s'intéresse aux mots, aux énoncés...

### 2.3. Représentations sociales et théorie du noyau central

Les représentations sociales nous permettent de classer des discours communs de personnes sur des objets, de comparer et d'expliquer des comportements dans le cadre de notre environnement social.

Abric (1996) explique que les représentations sociales sont « *organisées autour d'un noyau central, qui détermine la signification et l'organisation de la représentation* ». Ce noyau est présenté comme l'élément fondamental de la représentation.

Pour pouvoir repérer le noyau central, il faut analyser la fréquence d'apparition des termes employés pour décrire un phénomène. Les mots et éléments cités fréquemment seront le noyau central des représentations sociales (Abric, 2001). Par ailleurs, les termes employés de manière moins fréquente sont les éléments périphériques des représentations sociales (Abric, 2003).

Entre le noyau central et les zones périphériques se trouve la zone potentiellement déséquilibrante qui regroupe des représentations plus ou moins fréquentes mais qui ne sont pas partagées unanimement, ou bien des représentations peu fréquentes mais considérées comme importantes (Schiebel, 2018).

Dès lors, Schiebel (2018) recommande de classer les mots utilisés par les interviewés et d'analyser les fréquences d'usage de ces mots-clés. En résumé, pour pouvoir analyser les représentations sociales, il faut repérer et classer les termes se rapportant au même thème, c'est-à-dire le champ lexical, par exemple : régime, sport, santé pour les représentations de la manière de perdre du poids. La figure ci-dessous, issue de la recherche de Schiebel (2018), illustre comment s'analyse une représentation sociale à travers les discours.

Figure 2 : Analyse d'une représentation sociale selon la méthode de Schiebel

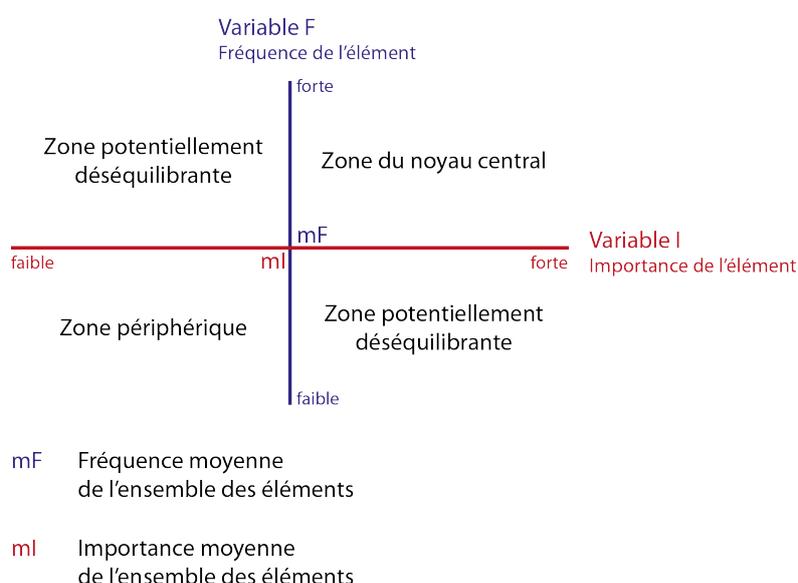
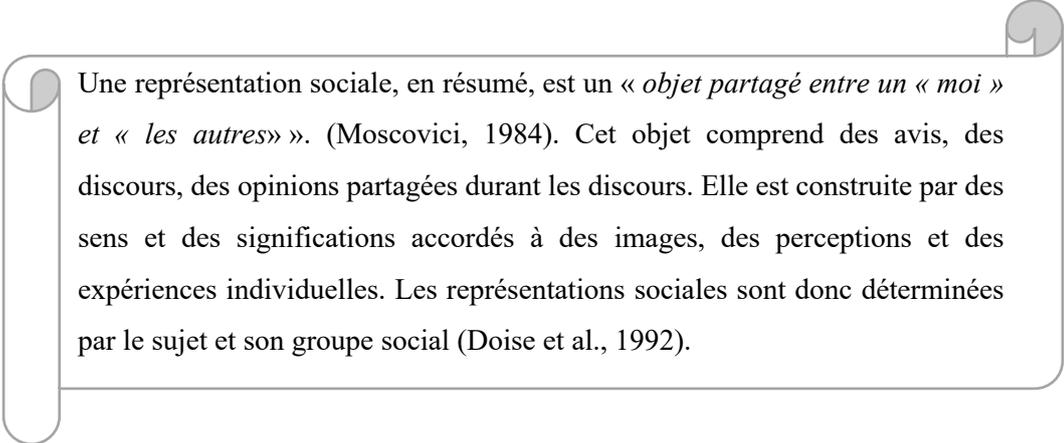


Figure 2 : Source : Schiebel, J., 2018. Quelle place pour la durabilité dans les représentations sociales de la mobilité? Vers une meilleure compréhension des actions mises en œuvre. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 9(1).

J'utilise cette figure pour l'analyse des discours des différentes personnes interviewées. Lorsque des mots seront fréquemment cités, le noyau central sera mis en évidence. Les termes employés de manière moins fréquente et/ou qui sont moins importants seront mis dans les zones déséquilibrantes. Par ailleurs, une représentation capturée de manière moins constante sera placée dans la zone périphérique.



Une représentation sociale, en résumé, est un « *objet partagé entre un « moi » et « les autres»* ». (Moscovici, 1984). Cet objet comprend des avis, des discours, des opinions partagées durant les discours. Elle est construite par des sens et des significations accordés à des images, des perceptions et des expériences individuelles. Les représentations sociales sont donc déterminées par le sujet et son groupe social (Doise et al., 1992).

Dès lors, si les experts concernés (le groupe social) interrogés perçoivent plus ou moins d'une même manière les TEN et que des mots et discours reviennent fréquemment, une représentation sociale pourrait être capturée. De ce fait, j'essaierai, lors de l'analyse de mes entretiens, de constater les constantes et les variations dans les discours au sujet des TEN pour voir quels groupes se dégagent et si nous pouvons capturer des « représentations sociales ».

# État de l'art et question de recherche

## 1. État de l'art

Cette première partie permet de situer l'environnement théorique et contextuel au sujet des TEN. Une revue de la littérature scientifique à partir des articles académiques me permet de voir comment les avis divergent au sujet des TEN et des CSC.

### A. Quelques types de TEN fort étudiés dans la littérature académique

Quelques TEN peuvent être classées dans les catégories générales suivantes (EASAC, 2018) :

**(1) Boisement et reboisement.** Le boisement désigne la plantation d'arbres capables de stocker une grande quantité de carbone par photosynthèse dans une zone où il n'y avait pas de forêt naturelle auparavant. Le reboisement est la reconstitution naturelle ou délibérée d'arbres et de zones boisées qui ont été appauvries par le processus de déforestation (MacKenzie & Mahony, 2021). Cette TEN présente des inconvénients. Un reboisement intensif engendrera une occupation des terres arables ce qui posera un souci au niveau de la disponibilité des terres pour l'agriculture mondiale.

**(2) Gestion des terres (des sols) pour augmenter et fixer le carbone dans les sols.**

Cette méthode consiste à faire des terres (les sols agricoles, les forêts, etc.) un puit de carbone en les transformant en des lieux de séquestration du carbone. Les émissions négatives s'obtiennent par un retrait du CO<sub>2</sub> atmosphérique par les plantes. La séquestration implique un stockage du carbone qui est fixé dans la matière organique du sol. La contribution des écosystèmes naturels ou cultivés au stockage de carbone est assez importante : 650 Gt pour la végétation, de 1500 à 2000 Gt pour les sols. Préserver et accroître le puits de CO<sub>2</sub> que constitue la biosphère (stockage dans la biomasse et les sols) est un des leviers complémentaires présentés dans le rapport spécial du GIEC de 2018 afin de rester en deçà du +1.5°C par rapport à la période préindustrielle (Hammad et al., 2020).

En revanche, la séquestration du carbone dans les écosystèmes présente des limites : la capacité ainsi que la durée de séquestration (inférieure à 100 ans), les possibilités d'émissions d'autres gaz à effet de serre, etc. Sans oublier que les résultats peuvent différer en fonction du climat, des sols, etc. (Hammad et al. 2020).

(3) Le **biochar** est une technologie de géo-ingénierie<sup>7</sup> qui vise à atténuer le CO<sub>2</sub> atmosphérique en faisant pousser des plantes qui absorbent le CO<sub>2</sub> par photosynthèse et qui sont ensuite brûlées dans des conditions de faible ou d'absence d'oxygène (pyrolyse). Cette matière organique noire est ensuite stockée dans le sol. En plus de la séquestration du carbone, le biochar augmente le PH du sol, la rétention de l'enrichissement en nutriments, etc. (Deem et Crow, 2017). La capacité du biochar dépend de sa pratique de gestion, de son interaction dans le sol et de sa production. La production de biochar dépend du coût et de la disponibilité de la matière première. Des conséquences compliquées du biochar dans le sol pourraient être le changement de l'albédo de surface et l'affectation des flux d'eau du sol (Tisserant et Cherubini, 2019).

(4) **Production de bioénergie avec captage et stockage du carbone (BECCS)** : principe selon lequel la biomasse (comme stock de carbone) est traitée pour produire de l'énergie sous forme de combustible, qu'il soit gazeux ou liquide. Le CO<sub>2</sub> est acheminé séparément pour être stocké dans des formations géologiques naturelles souterraines. De cette façon, le CO<sub>2</sub> absorbé par les plantes pendant la photosynthèse serait retiré de l'atmosphère pendant une période de centaines à des milliers d'années (Ernsting et Munnion, 2015).

La BECCS n'est pas neutre à 100 % en termes de carbone étant donné qu'il y a des émissions produites au cours de la chaîne d'approvisionnement. Des préoccupations demeurent quant à la capacité à long terme des sites de stockage à réserve du carbone sans risque de fuite (Gonzales et al., 2020). Un des défis techniques est d'éviter notamment la corrosion dans les tuyaux, causée par la présence d'autres éléments dans le liquide transport. Sans oublier les préoccupations économiques concernant les coûts de (1) la production de bioénergie à partir de biomasse et (2) du stockage (Honegger et Reiner, 2018).

(5) **Captage direct du CO<sub>2</sub> de l'air ambiant avec stockage du CO<sub>2</sub> (DACCS)** est une technologie qui utilise des procédés chimiques pour capter et séparer le CO<sub>2</sub> directement de l'air ambiant. Le CO<sub>2</sub> est ensuite séparé des produits chimiques et capturé afin d'être injecté dans des réservoirs géologiques ou utilisé pour fabriquer des produits, comme du plastique. (American University, 2018) (IEA, 2020). Les études de Lehtveer et Emanuelsson (2021) pointent plusieurs limites des DACCS notamment le coût élevé. En effet, le coût par tonne de CO<sub>2</sub> extraite est de plus ou moins 550 USD/t CO<sub>2</sub>. Par ailleurs, des oppositions sociétales au sujet des risques sanitaires et environnementaux, en cas de fuite du CO<sub>2</sub> stocké, pourraient également limiter le déploiement de cette technologie.

---

<sup>7</sup> La géo-ingénierie est définie par le GIEC (2013) comme étant l' « ensemble des techniques visant à stabiliser le système climatique par une gestion directe de l'équilibre énergétique de la Terre, de façon à remédier à l'effet de serre renforcé ».

**(6) L'amélioration de l'alcalinité des océans** : méthode de géo-ingénierie qui consiste à favoriser un phénomène naturel où l'acidification des océans est réduite par l'absorption du CO<sub>2</sub> atmosphérique. L'océan est le plus grand réservoir de carbone et chaque 1000 litres contiennent 120 grammes d'ions bicarbonates. En accélérant les processus d'altération, les ions chargés négativement (bicarbonate) sont augmentés et par conséquent le CO<sub>2</sub> atmosphérique diminue en plus de la diminution de l'acidification des océans. La capacité potentielle d'amélioration de l'alcalinité des océans est d'environ 2 à 4 Gt CO<sub>2</sub>/an d'ici 2050 avec un coût de plus ou moins 200\$ (USD) (Webb et al., 2021).

**(7) Fertilisation des océans** : une approche de la géo-ingénierie qui implique la stimulation des activités du phytoplancton dans l'océan, généralement dans la couche supérieure (ensoleillée), afin d'améliorer la photosynthèse en ajoutant des nutriments qui favorisent l'absorption du CO<sub>2</sub> atmosphérique. En d'autres termes, par l'intervention humaine, les océans peuvent de cette manière absorber encore plus de CO<sub>2</sub>. Une accélération de la croissance des algues permet une fixation du CO<sub>2</sub>. Certains des effets secondaires de la fertilisation des océans incluent une augmentation de l'eutrophisation et une augmentation du PH dans la couche inférieure de l'océan en raison de l'accumulation de carbone organique (Pires, 2019). D'autres effets néfastes de la fertilisation des océans comprennent l'appauvrissement en oxygène, la prolifération de planctons toxiques et la perturbation de la chaîne alimentaire marine.

La CSC (capture et séquestration du carbone), compte tenu du fait que cette technologie ne capte pas directement le CO<sub>2</sub> atmosphérique, ne peut être considérée comme une technologie d'émissions négatives. C'est pourquoi, pour la CSC, il est pertinent de parler d'émissions évitées. La CSC est une séquestration industrielle qui consiste à capter le CO<sub>2</sub> industriel à ses points d'émissions (à la sortie des usines, des centrales électriques, des cimenteries, etc.). Le secteur industriel représente plus d'un quart (9 GtCO<sub>2</sub>) des émissions mondiales directes de CO<sub>2</sub> en 2018 (Roussanaly et al., 2021). Des problèmes demeurent dans le déploiement des CSC liés au coût économique et aussi à la consommation énergétique. Le piégeage du CO<sub>2</sub> par la CSC est à forte intensité énergétique (Roussanaly et al., 2021). Sans oublier l'empreinte hydrique puisque les systèmes de CSC nécessitent un usage d'eau notamment pour le processus de refroidissement et le processus de capture du carbone (Rosa et al., 2021).

## B. La divergence des avis au sujet des TEN dans la littérature scientifique :

Les TEN ont déjà fait l'objet de nombreuses discussions s'articulant tant autour de leur potentiel d'absorption du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, de leur faisabilité du point de vue des coûts, de la disponibilité des ressources, des risques qu'elles présentent, de leur pertinence...

Les objectifs nationaux en matière d'émissions restent bien en deçà des objectifs de Paris. Face à cela, les TEN paraissent de plus en plus indispensables, mais posent aussi certaines questions – qui seront explicitées ci-dessous – d'ordres éthique, économique, environnementaux, etc.

### I. Les TEN, une nécessité dans un monde dans lequel nos systèmes économiques sont dépendants de l'usage des énergies fossiles

Le GIEC propose ces scénarios dans un monde dans lequel nos systèmes économiques (modes d'organisation économique des pays) sont fortement émetteurs de GES et dans lesquels les émissions de GES ne peuvent être réduites rapidement. Dans cette étude, les systèmes économiques seront compris comme étant des modes d'organisation de l'activité économique, organisation de la production agricole, industrielle, commerciale, etc. (Pecqueur, 2006).

La figure n°3 ci-dessous illustre comment nos systèmes économiques et donc énergétiques sont dépendants des énergies fossiles à travers la croissance de la consommation mondiale des énergies fossiles du XIXe siècle à nos jours.

Figure 3 : Évolution de la consommation des énergies fossiles de 1800 à 2016

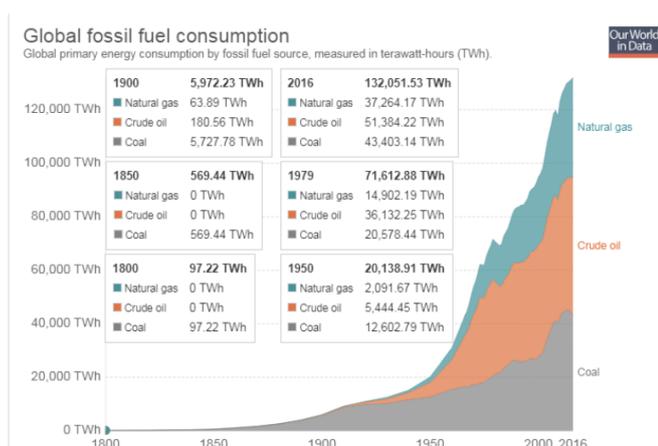


Figure 3 Évolution de la consommation mondiale d'EF de 1800 à 2016 Source : <https://ourworldindata.org/fossil-fuels>, consulté le 10 novembre 2021.

La figure montre une croissance exponentielle de la consommation mondiale des énergies fossiles. Elle-ci illustre que la consommation de combustibles fossiles a été multipliée par environ huit depuis 1950 et plus ou moins doublée depuis 1980 (Smil, 2017).

De la révolution industrielle du XIXe siècle jusqu'à aujourd'hui, l'usage des énergies fossiles telles que le charbon puis le pétrole ne cesse de croître. L'évolution de la consommation mondiale de ces dernières engendre des émissions de GES. Compte tenu du niveau actuel des émissions de CO<sub>2</sub>, qui avoisinent les 40 GtCO<sub>2</sub>/an<sup>2</sup>, et du retard au niveau de l'atténuation au niveau mondial, il sera nécessaire d'éliminer à grande échelle le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère par les TEN selon Realmonte et al., (2019).

Des acteurs du privé tels que Shell<sup>8</sup> et Microsoft<sup>9</sup> ont commencé à s'intéresser en 2019 aux émissions négatives et un certain nombre de gouvernements s'approprient à inclure les TEN dans les politiques climatiques et énergétiques. Les gouvernements s'intéressent en effet de plus en plus aux TEN dans le contexte de dépendance des systèmes économiques aux fossiles. À titre d'exemple, le Sénat américain introduisit en 2019 la loi EFFECT (Enhancing Fossil Fuel Energy Carbon Technology) qui prévoit la recherche dans le domaine des technologies de capture, d'utilisation, de stockage et d'élimination de carbone (Carbon Capture Coalition, 2019). Par ailleurs, le gouvernement suédois a décidé de nommer un enquêteur spécial chargé de proposer une stratégie dans laquelle une recherche s'intéressera aux puits de carbone, au piégeage et au stockage du dioxyde de carbone (Karlsson, 2020).

La promotion des TEN est généralement justifiée dans la littérature académique en pointant la difficulté de décarboner les secteurs industriels, ceux du transport, etc. En effet, les académies des sciences anglaises, la Royal Society ainsi que la Royal Academy of Engineering (RAEng) écrivent que la difficulté de décarboner entièrement certains secteurs signifie la nécessité de l'adoption de l'élimination du CO<sub>2</sub> par les TEN, parallèlement à une réduction rigoureuse des émissions pour limiter les effets catastrophiques du réchauffement climatique (MacMartin Douglas et al., 2018 et RAEng, 2018). Par exemple, les projections du Committee on Climate Change<sup>10</sup> (CCC) (2019) indiquent que pour atteindre son objectif de zéro émission nette, le Royaume-Uni devra éliminer 90 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> de l'atmosphère chaque année d'ici 2050. Dès lors, selon les ingénieurs et scientifiques britanniques de ces académies, les TEN sont indispensables pour atteindre l'objectif climatique 2050 de neutralité carbone, c'est-à-dire l'équilibre à atteindre entre les émissions de GES d'origine humaine

---

<sup>8</sup> Shell.(2019). *Shell invests in nature as part of broad drive to tackle CO<sub>2</sub> emissions*. Retrieved from <https://www.shell.com/media/news-and-media-releases/2019/shell-invests-in-nature-to-tackle-co2-emissions.html> . Accessed 1 September 2021.

<sup>9</sup> Smith, B. (2020). Microsoft sera carbone négatif d'ici 2030. Blog officiel de Microsoft. Récupéré sur <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/01/16/microsoft-will-be-carbon-negative-by-2030/> , Accessed 1 September 2021.

<sup>10</sup> un organisme public britannique non ministériel qui éclaire le gouvernement et le parlement britanniques au sujet du réchauffement climatique

et le retrait de l'atmosphère par l'humain par des émissions négatives. Les ingénieurs de la Royal Academy of Engineering considèrent, que sans les TEN, arriver à retirer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère afin d'atteindre une neutralité carbone serait extrêmement difficile.

Dans cette même vision, sur la base des projections des modèles d'évaluation intégrée, le GIEC souligne que plus le pic<sup>11</sup> des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> est retardé, plus le monde devra s'appuyer sur les TEN pour atteindre les objectifs climatiques. La plupart des scénarios des modèles d'évaluation intégrée (MEI) s'appuient sur le déploiement à grande échelle des technologies TEN pour avoir plus de 50 % de chance de limiter l'augmentation de la température mondiale à moins de 2 °C. Les MEI révèlent que pour maintenir l'augmentation de la température bien en deçà de 2°C, il faut que les émissions négatives brutes commencent dans les années 2020 et atteignent des volumes cumulés d'environ 670 Gt CO<sub>2</sub> (Smith et al., 2017).

Matarasso (2003) explique que les MEI consistent à réaliser « *des modèles qui couplent la description des activités humaines déterminant les émissions de gaz à effet de serre avec des modèles climatiques dont l'évolution est dépendante de ces émissions. On rend compte des impacts du climat modifié sur l'économie (...) et de son influence sur les grands ensembles bio-écologiques qui participent au cycle du carbone. Le propos central de la modélisation intégrée est donc de traiter, dans un même cadre, des actions humaines (les émissions et leurs réductions possibles) et des conséquences de ces actions (les effets du changement climatique sur l'économie et la biosphère)* ».

Dans la même mesure, Climate Action Tracker (CAT)<sup>12</sup> (2021) trouve que les progrès de l'UE sont insuffisants pour atteindre les objectifs de réduction d'émissions de GES d'ici 2030. Par conséquent, selon le groupe CAT, il est urgent de déployer les TEN pour éliminer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en tandem avec les efforts de réduction des émissions de carbone. Sans recourir aux TEN, atteindre l'objectif climatique de 1,5°C est irréalisable pour Realmonte et al., (2019).

Sur la base de la difficulté à décarboner nos systèmes économiques, les projections du GIEC laissent à penser que les TEN seront incontournables pour atteindre les objectifs climatiques et pour avoir des chances de limiter l'augmentation de la température mondiale à moins de 1,5°C, voire 2°C. C'est pourquoi, il est possible de constater qu'il existe un lien entre la représentation des systèmes économiques, dépendants actuellement des énergies fossiles, et la proposition de solutions telles que les TEN.

---

<sup>11</sup> Le sommet le plus haut d'une courbe avant que la courbe des émissions de CO<sub>2</sub> s'inverse.

<sup>12</sup> Un groupe de recherche qui mesure l'action climatique des gouvernements par rapport à l'objectif en dessous de 2°C convenu au niveau mondial.

## II. L'amélioration du stockage du carbone dans les écosystèmes terrestres : les BECCS, le reboisement, des émissions négatives compétitives

Les scénarios du GIEC s'appuient fortement sur les approches terrestres (les BECCS et le reboisement) pour atteindre les objectifs climatiques (Fuhrman et al., 2019).

Malgré les compromis du reboisement comme la disponibilité des terres et de l'eau, cette TEN est présentée par de nombreuses études, telles que celle de Bastin et al., (2019), comme ayant une certaine efficacité en termes de séquestration du carbone. Les moyens d'améliorations du stockage du carbone dans les écosystèmes terrestres, tels que le (re)boisement, la gestion forestière et les modifications des pratiques agricoles (pour améliorer le stockage du carbone dans le sol), sont promues comme étant des technologies compétitives par l'étude de Malik (2019). En effet, Malik (2019) écrit que les technologies sont déjà compétitives en termes de coûts par rapport aux stratégies existantes d'atténuation des émissions (réduction des émissions de GES) et sont prêtes à être déployées à grande échelle. L'étude précise que des limites demeurent comme la disponibilité des terres (la disponibilité des aliments ou la biodiversité pourrait être affectée si des quantités importantes de terres étaient réaffectées). C'est pourquoi, Malik (2019) rajoute qu'il faudrait développer la recherche sur ces TEN et essayer de trouver des solutions aux problèmes de terres, en développant des plantes ou des méthodes plus efficaces pour séquestrer le carbone dans les écosystèmes terrestres.

Quant aux BECCS, l'étude de Malik (2019) ajoute qu'elles sont non seulement utiles pour séquestrer le carbone mais en même temps peuvent permettre de produire de l'électricité. Par ailleurs, l'étude a fait une comparaison avec les stratégies d'atténuation des émissions et les BECCS sont présentées comme étant plus compétitives en termes de coûts.

## III. Les DACCS, la minéralisation du carbone, la fertilisation des océans, ... des émissions négatives avec une capacité de séquestration potentielle élevée

Les scénarios du GIEC prévoient que s'il est possible de développer les TEN au cours des 30 prochaines années, il serait possible d'atteindre des émissions négatives du même ordre de grandeur que les émissions mondiales actuelles de CO<sub>2</sub> (Fuhrman et al., 2019).

Par exemple, les océans sont présentés par certaines études comme ayant un potentiel quasi illimité d'émissions négatives (GESAMP, 2019). Les océans et le climat sont inextricablement liés. D'après le rapport du GESAMP (Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin), le rapport mentionne que les océans jouent un rôle fondamental dans l'atténuation du changement climatique. Par unité de surface, les océans séquestrent le carbone plus rapidement et plus efficacement que les forêts terrestres. Le rapport pointe de même qu'il faudrait davantage intensifier la

recherche sur la capacité de séquestration du carbone des océans tout en faisant attention aux risques tels que l'acidification des océans, le blanchiment des coraux, etc.

Selon Malik (2019), la DACCS et la minéralisation du carbone ont une capacité de séquestration potentielle très élevée. L'étude ajoute qu'il faudrait développer les recherches pour réduire les coûts actuels de séquestration de la DACCS. Le déploiement des DACCS, d'après l'étude, peut réduire considérablement les coûts d'atténuation et compléter les autres technologies pour faire face au réchauffement climatique. En raison du potentiel de séquestration important, les DACCS font de plus en plus l'objet d'un certain nombre de recherches, comme le pointent Realmonte et al., (2019). Le facteur clé qui limite le déploiement du système DACCS est le rythme auquel il peut être mis à l'échelle. Dans ce contexte, Realmonte et al., (2019) recommandent de faire davantage de recherche pour réduire les limites des DACCS telles que la consommation énergétique pour capturer le CO<sub>2</sub>. En résumé, les résultats de l'étude de Realmonte et al., (2019) suggèrent que la DACCS permet d'alléger les mesures d'atténuation à court terme et de réduire considérablement les coûts de la politique climatique. La DACCS peut être utile selon l'étude si elle complète (et pas remplace) les autres technologies à émissions négatives.

Des ingénieurs prévoient que si la minéralisation complète du carbone devient économiquement réalisable, de grandes quantités de CO<sub>2</sub> pourraient être séquestrées par an (Williams, 2020). La minéralisation du carbone consiste en la fixation du CO<sub>2</sub> sous forme de carbonates inorganiques. Les produits de carbonatation minérale sont des solides stables d'origine naturelle qui fourniraient une capacité de stockage à l'échelle géologique.

Dans la littérature scientifique, tous les discours ne sont pas positifs à l'égard des TEN. De ce fait, il serait intéressant de nous pencher de même sur les discours critiques au sujet des TEN.

#### IV. Les TEN, un pari dont nous ne connaissons ni les résultats, ni les risques

De nombreuses personnes dans le milieu académique s'inquiètent au sujet de la faisabilité des technologies. À côté de la promotion des TEN, des critiques peuvent être lues.

Perrier et al. (2018) réalisent une étude et écrivent qu'atteindre une stabilité climatique à partir d'un équilibre entre émissions et absorptions anthropiques ne sera point aussi simple puisque le système climatique connaît une inertie (une résistance au changement de température) importante.

Selon Lawrence et al., (2018) et van Vuuren et al., (2017), il est très incertain que ces technologies d'émissions négatives puissent être mises en œuvre à l'échelle proposée. Anderson et Peters (2016) affirment que les TEN sont « *un pari injuste et à fort enjeu* ». En effet, les risques et les conséquences de ces technologies sont peu connus, ajoutent-ils. Déployer une technologie à l'échelle globale, dont nous ne connaissons les résultats, est une idée qui ne les rassure pas.

## V. Les TEN, un potentiel limité

D'autres critiques pointent le potentiel technologique des TEN dans cette même littérature. Les potentiels technologiques – en termes de capacité d'élimination du CO<sub>2</sub> – ont été présentés pour 2050 avec des incertitudes substantielles. En outre, les Académies nationales des sciences de l'ingénierie et de la médecine<sup>13</sup> examinent l'état actuel des différentes TEN et de la CSC. Elles concluent qu'en dehors des BECCS, il n'y pas beaucoup de technologies qui sont prêtes pour un déploiement à grande échelle d'un point de vue technique et économique (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019).

Carton (2019) ajoute que les scénarios incluant les émissions négatives sont peu réalisables à cause des difficultés techniques et économiques, notamment celles présentées dans l'état de l'art.

Dans cette même optique, le rapport du Conseil consultatif scientifique des académies européennes<sup>14</sup> (EASAC, 2018) a conclu que les TEN « *n'offrent qu'un potentiel réaliste limité* » pour éliminer le carbone de l'atmosphère.

Le rapport de l'EASAC pointe également l'incertitude quant aux capacités des TEN à séquestrer de grandes quantités de CO<sub>2</sub>. Nous pouvons lire dans le rapport que l'inclusion des TEN dans les scénarios est, selon eux, simplement une projection de ce qui se passerait si ces technologies existaient ce qui ne signifie pas que ces technologies seraient disponibles ou qu'elles fonctionneraient aux niveaux supposés dans les calculs du scénario (EASAC, 2018). Le rapport de l'EASAC donne comme exemple que le boisement et le reboisement absorbent le CO<sub>2</sub> par la croissance des plantes. Malgré du fait que c'est une « technologie » existante, qui peut être appliquée à faible coût, elle nécessitera de grandes surfaces pour absorber le CO<sub>2</sub> par la croissance (ou la repousse) des forêts. Sans oublier qu'il existe également des préoccupations concernant la disponibilité des terres pour le reboisement tout comme pour les BECCS face à la concurrence avec l'agriculture avec une population mondiale croissante.

## VI. Les TEN, possibilité d'un relâchement des efforts en matière de réduction de GES

Outre les limites des TEN, relatives à l'insuffisante disponibilité de ressources nécessaires, à leur mise en œuvre (sol, disponibilité en eau, énergie...) et à leurs limites économiques (prix élevé), plusieurs analystes comme Fragnière (2018), pointent « *des questions d'ordre éthique et politique* » telles que la crainte d'un relâchement des efforts en matière d'objectifs de réduction de GES.

---

<sup>13</sup> Institutions des États-Unis, composées de scientifiques qui conseillent le gouvernement américain en matière de science.

<sup>14</sup> Formé par les académies scientifiques nationales des États membres de l'UE.

Le rapport de l'EASAC écrit que le débat sur les TEN peut contribuer à un manque de reconnaissance dans le débat public et politique de l'urgence et de la nécessité de réduire les émissions nécessaires pour atteindre l'objectif de limiter le réchauffement à 2°C par rapport aux niveaux préindustriels. Le rapport écrit que « *présenter une technologie qui viendra à la rescousse sera un facteur susceptible d'une conviction d'un manque d'urgence face au changement climatique* ». Geden (2015) écrit là-dessus que défendre les émissions négatives sert à maintenir le statu quo des politiques climatiques insuffisantes.

Dans cette même optique, Anderson et Peters (2016) écrivent que les TEN pourraient influencer les priorités des stratégies d'atténuation à plus court terme. La promesse de futures technologies d'élimination rentables pourrait être plus attrayante politiquement que de s'engager dans des politiques d'atténuation rapides et profondes aujourd'hui. Effectivement, s'engager rapidement nécessiterait des profondes révisions de nos systèmes économiques comme le changement des systèmes énergétiques qui sont fortement dépendants de l'usage des énergies fossiles.

L'introduction des TEN dans les scénarios peut donc donner lieu à une réduction moins drastique des émissions à court terme par rapport à un scénario sans TEN selon Anderson et Peters (2016). Cela pourrait signifier que l'action climatique visant à réduire nos émissions de GES sera moins importante. En effet, l'atténuation à court terme est plus importante de 9,1 gigatonnes de CO<sub>2</sub> d'ici 2030 lorsque les TEN sont exclues (Riahi et al., 2017).

## VII. Les TEN impacteraient l'environnement

Les arguments liés à l'impact sur l'environnement et la nature reviennent fréquemment dans les critiques au sujet des TEN. L'étude de Anshelm and Hansson (2014) montre que dans les discours critiques, les TEN sont présentées comme une intrusion<sup>15</sup> de l'humanité sur les seuils du système Terre<sup>16</sup>. Gonzales et al., (2020) pointent que les TEN ne sont pas totalement neutres en termes de carbone étant donné qu'il y a des émissions produites au cours de la chaîne d'approvisionnement. Pires (2019) ajoute que les TEN peuvent poser problème car par exemple la fertilisation des océans pourrait engendrer un appauvrissement en oxygène, la prolifération de planctons toxiques et la perturbation de la chaîne alimentaire marine. Les impacts environnementaux des TEN donnent lieu à des critiques de celles-ci.

L'étude de Kartha et Dooley (2016) met en évidence qu'il se pourrait que le déploiement des TEN soit perçu comme « *inacceptable* » à cause des impacts écologiques. Elle rajoute qu'il n'y a aucune

---

<sup>15</sup> Intrusion : « *Fait d'intervenir dans un domaine où il ne conviendrait pas de le faire* », selon Le Larousse, 2014.

<sup>16</sup> « *Le système Terre, est un groupe d'entités en interaction composé de 4 entités majeures : l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère, la Terre solide.* » Regnier, P. 2020-2021.

garantie qu'elles puissent être déployées à des échelles suffisamment grandes sans avoir d'effets négatifs majeurs sur la biodiversité, les ressources en eau, etc. Terlouw et al., (2021) écrivent que les TEN ont des limites environnementales importantes.

L'étude de Dooley et al., (2021) expose les risques des TEN pour la biodiversité, en particulier les techniques qui dépendent de la manipulation à grande échelle des écosystèmes et des processus du système Terre. L'étude pointe la nécessité de considérer certains types de TEN comme potentiellement nuisibles pour l'environnement. Elle ajoute que l'accélération de la perte de biodiversité est de plus en plus reconnue comme une « crise » posant des risques pour l'humanité et les écosystèmes. L'article de Diaz et al. (2019), quant à lui, rajoute que les scénarios du GIEC s'appuient sur les TEN sans tenir sérieusement compte des menaces potentielles sur l'environnement.

Les TEN sont présentées par ses défenseurs comme une nécessité face aux systèmes économiques dépendants des énergies fossiles. En revanche, des critiques peuvent être lues pointant les limites au niveau du potentiel limité, des risques et conséquences peu connus, des éventuels impacts environnementaux et des possibilités d'engendrer des relâchements en matière d'efforts de réduction de GES. C'est dire que les opinions au sujet des TEN divergent dans la littérature. Ces positions semblent être déterminées par des représentations que les personnes se font de l'économie et de l'environnement. Il serait pertinent de le vérifier à l'occasion de ce mémoire. L'environnement et les systèmes économiques sont des objets sociaux, disent Garnier et Sauvé (1999), c'est pourquoi ils sont objets de représentations sociales.

### **C. Le rapport de la nature, l'environnement et l'économie dans les TEN**

Il est pertinent de regarder les représentations de l'économie et de la nature et leurs liens avec les TEN.

#### **I. L'économie**

Les TEN sont parfois présentées dans les articles académiques comme un argument pour maintenir nos économies comme vu plus haut. Les systèmes économiques dégradent l'environnement. Les activités humaines pèsent sur le système Terre. C'est à la seconde moitié du XXe siècle, notamment par l'intermédiaire du Rapport au Club de Rome de 1972 sur les Limites à la croissance et le Rapport Brundtland, qu'il a été dit que les Nations devraient limiter la croissance économique (augmentation de la production de biens et de services) à cause de la pollution qu'elle engendre et la raréfaction des ressources.

La cause du réchauffement climatique actuel est un consensus parmi les scientifiques. Il est la conséquence des émissions de GES croissantes depuis la révolution industrielle. Les scientifiques sont

d'accord sur le fait que le réchauffement climatique anthropique actuel est causé par les énergies fossiles dont dépendent actuellement nos systèmes économiques (van der Linden, 2021).

Les contraintes climatiques et environnementales témoignent dans la littérature académique de l'importance de transformer nos systèmes économiques pour qu'ils soient moins dépendants des énergies fossiles. C'est aussi dans ce contexte que le concept développement durable est né. Ce concept essaie d'inscrire dans une perspective de longue durée la croissance et le développement économique tout en tenant compte des contraintes environnementales mais aussi celles qui sont sociales (Dicks, 2021). Ce thème est apparu pour la première fois, en 1987, lors du rapport Brundtland, rédigé par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies (ONU). Un développement durable est en réalité défini comme étant un développement "*qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs*" (Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement, 1988, p.51).

Outre le développement durable, d'autres concepts naissent vers les années 1970 comme celui de la décroissance. Il remet en cause la croissance économique infinie pour les conséquences qu'elle engendre : pollution de l'air, de l'eau, épuisement des ressources, émissions de GES. Le concept de décroissance remet en cause l'économie pour la non-protection de l'environnement, et « *pour son productivisme dévastateur* » dit Harribey (2007).

L'environnement n'est plus que perçu comme une ressource illimitée pour l'économie (les forêts pour le bois, les poissons pour l'alimentation,...) mais commence à être considéré comme un ensemble de ressources limitées à certains niveaux. Cet environnement doit être protégé et des mesures réglementaires et sociétales doivent permettre aux entreprises et aux gouvernements de réduire les impacts des activités économiques sur les écosystèmes. Dès lors, les valeurs environnementales mises en avant par l'Organisation des Nations Unies (ONU) et les politiques climatiques internationales nécessitent des investissements dans des équipements de dépollution ou des technologies (telles que les TEN) qui permettent de réduire les impacts environnementaux et les émissions (Boiral, 2004). Selon Boiral, ces dernières apparaissent comme une nécessité pour garantir la continuité des sociétés économiques humaines actuelles ainsi que des activités industrielles.

Le rapport à l'économie paraît visible dans la position par rapport aux TEN. En outre, plus le pic des émissions mondiales sera tardif – dû au fait que nos systèmes économiques sont encore fortement dépendants des énergies fossiles – et plus il paraît qu'il faudra de TEN pour compenser un dépassement temporaire des budgets carbone ou des niveaux de température visés, +2°C par rapport à la période préindustrielle selon Geden et Löschel (2017).

Watson (2013), le chercheur principal du projet SPICE<sup>17</sup> (Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering), note que chaque fois que les politiciens, dans le contexte des négociations internationales sur le climat, donnent la priorité à la croissance économique, ils rendent aussi indirectement plus nécessaire l'intensification des efforts des TEN. L'acceptation des TEN semble, ici, reposer sur le fatalisme face à l'impossibilité de changer les aspirations de la société industrielle en matière de croissance économique. Malgré les projections alarmantes sur le réchauffement climatique, on affirme que la consommation mondiale d'électricité augmentera de 50 % d'ici 2030, et que 77 % de cette augmentation sera produite par des combustibles fossiles (Anshelm et Hansson, 2014). Au demeurant, les porte-parole du groupe ETC<sup>18</sup> ajoutent que l'industrie des combustibles fossiles utilise la géo-ingénierie et donc les TEN comme une excuse pour ne pas réduire les émissions de CO<sub>2</sub> (ETC Group, 2020).

Tous ces facteurs soulignent la nécessité des TEN, face à une représentation des systèmes économiques comme étant rigides et difficilement modifiables. En tenant compte de la structure socio-économique et industrielle contemporaine, il n'y a pas vraiment de choix selon les défenseurs des TEN.

## 2. La nature et l'environnement

La position par rapport aux TEN dépendant d'un rapport à l'environnement, nous pouvons constater des divergences au sujet des définitions quant à l'environnement.

L'économie est une des sphères de l'activité humaine et l'environnement est aujourd'hui vu par certains d'un point de vue économique comme étant « *un ensemble de ressources qu'il faut utiliser de façon « rationnelle » pour ne pas épuiser les « stocks » et « services », ce qui nuirait à la durabilité de l'activité économique.* » (Sauvé, 2007). Cette représentation de l'environnement est anthropocentrique. C'est une vision utilitariste de la nature et de l'environnement et qui ne les considère qu'à leur valeur économique : production de biens. En effet, l'anthropocentrisme est une philosophie qui place l'homme au centre de l'univers et qui considère que toute chose se rapporte à lui. De ce fait, l'approche anthropocentrique place la nature comme étant un capital économique produisant des ressources pour l'humain. Sauvé, (2007) explique que l'environnement n'est pas perçu que par sa propre valeur mais est parfois réduit à une valeur économique et plus précisément un capital naturel. Or, Sachs (1997) dit « *quand quelque chose devient une ressource, un capital (« capital naturel »), elle perd sa valeur en elle-même, elle perd toute autre valeur que celle d'être utilisée, exploitée* ». En ce lieu encore, il y a

---

<sup>17</sup> Projet de géo-ingénierie solaire d'origine britannique qui a pour objectif d'analyser les possibilités d'injecter des particules dans la stratosphère dans un but de modification du climat pour faire face au réchauffement climatique.

<sup>18</sup> Le Groupe ETC travaille pour aborder les problèmes socio-économiques ainsi que écologiques entourant les nouvelles technologies.

deux perceptions de l'environnement : l'une le voit comme étant une ressource économique, l'autre comme une biosphère unique, limitée, impactée et irremplaçable.

Dans le discours au sujet des TEN, outre l'environnement, la notion de nature apparaît également. « *Les deux termes recouvrent souvent des réalités semblables mais ils possèdent des différences non négligeables dans l'histoire de leur contenu et de leur usage* », dit Lévy (1999).

La question de savoir comment les gens se représentent l'environnement, comment ils se rapportent à la « nature » et la conceptualisent présente de multiples facettes. La nature n'est pas comprise de manière unique et directe dans le langage courant. Elle est parfois utilisée pour décrire les espaces verts de valeur écologique (c'est-à-dire les parcs, les forêts, l'herbe et les arbres), tout ce qui n'est pas directement de création humaine. Il y a ainsi une certaine dichotomie entre la nature (phénomènes naturels) et la société (la création humaine). De la sorte, il est possible de dire que la nature est décrite quand on fait une distinction cruciale entre ce qui est naturel et ce qui est artificiel donc issu d'une construction d'origine humaine (Buijs et al., 2012).

La perception et les représentations de la nature évoluent à travers le temps. L'humain était perçu comme « maître et possesseur » de la nature au XVII<sup>ème</sup> siècle. En effet, Descartes développa l'idée que les humains deviendront maîtres de la nature quand ils auront développé la science (Descartes, ed. 2021). Aujourd'hui une nouvelle représentation de la nature prend naissance dans laquelle elle n'est plus qu'anthropocentrique pour toutes et tous. Cela se reflète sur les nouvelles philosophies écologistes (*défense de la nature et de l'environnement*, selon le Larousse, 1994). Parmi celles-ci, nous retrouvons l'écologisme qui prône une protection de la nature en limitant les impacts environnementaux et en protégeant la faune et la flore.

Nous retrouvons de même l'écologie profonde qui remet en cause l'anthropocentrisme et qui pousse à la reconnaissance d'une valeur inhérente et intrinsèque (une valeur qui leur appartient) de tous les êtres vivants. Elle défend aussi l'idée d'une modification des structures économiques, technologiques, politiques afin de réduire les impacts environnementaux pour garantir le maintien de la diversité des formes de vie et de la richesse biologique de la nature. Étant donné que l'écologie profonde énonce que l'humain a une interférence grave dans la nature, cette philosophie propose une diminution de la population humaine mondiale pour réduire au maximum les impacts des humains sur la nature et l'environnement. En effet, selon l'écologie profonde tous les êtres vivants, voire la nature, devraient avoir les mêmes droits que les humains (Devall, 1985).

Dès lors, il est observable que les représentations de la nature ont évolué à travers le temps. Nous avons principalement des représentations anthropocentriques dans le passé. Aujourd'hui, nous pouvons avoir, à côté de ces représentations, des représentations écocentriques (plus centrées sur la nature et les écosystèmes), qui considèrent que la nature mérite une considération morale parce qu'elle

a une valeur intrinsèque (Kortenkamp et Moore, 2001). Beau (2019) ajoute que l'écocentrisme vise à établir des obligations morales à l'égard de la nature pour un engagement en faveur de la préservation des espaces et des espèces naturels « Wilderness ». Le courant écocentrique souligne l'importance de Wilderness, un terme anglo-saxon désignant l'importance du caractère « sauvage » de la nature. Beau (2019) dit également que l'écocentrisme repose sur une réflexion que devraient avoir les êtres humains sur leur manière d'habiter sur Terre afin de réduire au plus leurs impacts environnementaux. Il résume l'écocentrisme comme étant « *une interrogation sur les manières qu'ont les hommes de s'insérer dans les systèmes naturels et d'évoluer au sein de ce qui constitue en réalité des socio-écosystèmes* ».

Dans ce même ordre d'idées, Lévy (1999) ajoute à cela que la nature fait appel à des valeurs telles que le respect, la déférence, l'admiration, etc. D'abord idéalisée et puis, avec le développement des politiques écologistes (prônant la protection de l'environnement), perçue comme à protéger, la nature a connu des représentations différentes au cours de l'histoire.

En revanche, l'environnement a une définition différente. Le radical du mot « environnement » a la même origine du verbe « environner », c'est-à-dire ce qui nous entoure, ce qui nous environne. Lévy (1999) définit l'environnement, comme étant « *à la base ce qui entoure l'homme, sa périphérie, son milieu (on parle d'environnement social ou psychologique), ou alors, c'est ce qui est opposé à l'homme, à la société, et à l'œuvre de civilisation ; on parle ainsi d'un environnement naturel qui serait l'envers d'un environnement construit.* » En d'autres mots, il est possible de résumer l'environnement à l'interaction de l'humain et de son milieu.

La nature, ici, diffère de l'environnement et des écosystèmes (milieu de vie et les vivants qui y vivent) car elle diffère de ce qui a été construit par l'humain, voire s'oppose à celui-ci complètement (Frontier, 1977).

Le rapport économie-environnement semble important dans le débat sur le TEN. Face au maintien d'un système économique dégradant l'environnement et réchauffant la planète Terre, des scientifiques se tournent vers des technologies telles que les TEN qui peuvent occuper une place importante dans notre environnement. Or, lors de la description des TEN plus haut sur la divergence des points de vue au sujet des TEN, les limites environnementales des TEN étaient pointées dans la littérature académique. C'est pourquoi, il semble que les représentations de l'économie et de l'environnement semblent importantes dans les représentations des TEN.

## Formulation de la question de recherche, des hypothèses et objectifs du mémoire

Comme énoncé ci-dessus, la littérature scientifique au sujet des TEN reste fragmentée et incertaine quant à l'efficacité de ces TEN sur la réduction du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Ainsi se pose la question des perceptions et des représentations sociales vis-à-vis des TEN. Il semble intéressant de questionner les perceptions et les représentations de l'économie et de l'environnement des universitaires dans l'analyse de leurs représentations des TEN. Les représentations de l'économie et de l'environnement semblent effectivement déterminantes dans les représentations sociales des TEN.

Malgré le fait que le domaine de l'environnement et des technologies réunisse divers intérêts, diverses opinions et diverses représentations, très peu d'études dans les domaines climatique, environnemental et sur les TEN traitent des représentations sociales.

Par conséquent, il serait pertinent dans ce mémoire de s'aider des sciences sociales pour analyser, comparer les opinions et les représentations sur les TEN. En effet, les sciences sociales et plus précisément l'étude des représentations sociales permettent de mieux saisir les dynamiques sociales impliquées dans les enjeux climatiques, technologiques et environnementaux. Le champ de recherche a pour objectif principal d'essayer de voir s'il y a ou non des ressemblances et des constantes dans les représentations à travers une approche méthodologique et une analyse des résultats. Cette étude est principalement descriptive et exploratoire.

L'objectif de ce travail est d'explorer les diverses représentations à l'égard des TEN chez les universitaires. Au travers de cette recherche, d'autres réflexions secondaires naissent : les représentations des TEN sont-elles déterminées par les représentations de l'économie et l'environnement ?

Dans cette perspective, la question suivante mérite d'être posée : **Quelles sont les différentes représentations des technologies d'émissions négatives ainsi que de capture et de séquestration de carbone et en quoi sont-elles déterminées par des représentations de l'économie et de l'environnement ?**

Pour répondre à cette question, il est avant tout nécessaire de comprendre quels sont les différents arguments avancés par les personnes défendant les TEN et celles s'y opposant. En effet, il semble que l'on puisse partager les positions sur les TEN en deux « camps » et que la place de l'économie dans la société et les représentations de la nature et de l'environnement jouent un rôle prépondérant dans le discours au sujet des TEN.

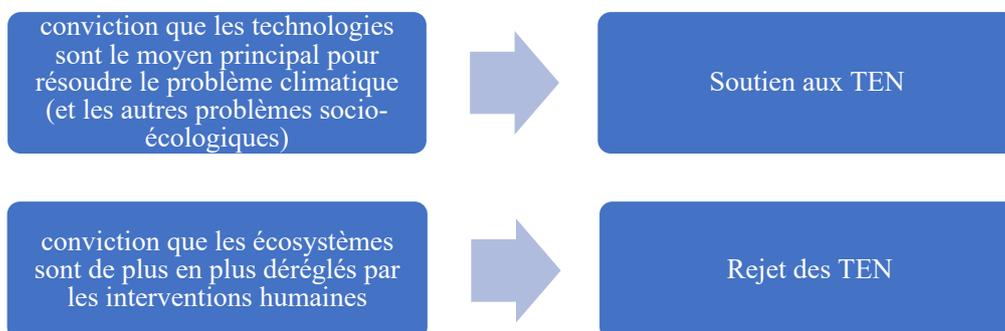
Les savoirs et les discours sur les TEN sont porteurs de représentations. En effet, les opinions concernant les TEN divergent d'une personne à l'autre et paraissent dès lors comme étant coproduites par l'interaction des ordres sociaux, des représentations sociales, des représentations de l'environnement et de l'économie.

Les représentations sociales sur l'environnement et l'économie devraient jouer un rôle essentiel pour l'étude des TEN étant donné que cette technologie a des impacts environnementaux tels que ceux vus ci-dessus. Par ailleurs, avoir une opinion positive concernant les TEN ne veut pas seulement dire être optimiste à l'égard des technologies, cela induit également une représentation de la société et de nos systèmes économiques futurs. Choisir la voie des TEN ou celle de la diminution drastique des émissions de GES, pour ne pas avoir à recourir à des solutions telles que les TEN, aura des répercussions sur la société, l'économie et l'environnement. Effectivement, opter pour la solution de baisses des émissions de GES engendre également des conséquences sur l'humain : baisse de la production, baisse du pouvoir d'achat, changements en termes d'habitudes (ex : les transports, la consommation alimentaire, etc.).

Compte tenu du fait que les représentations que les personnes ont de l'environnement, de la nature et de l'économie paraissent déterminantes dans le discours au sujet des TEN, **deux hypothèses** peuvent être formulées à partir des constats qui ont été faits. **Le soutien aux TEN est :**

(1) proportionnel à la conviction que les technologies sont le moyen principal de résoudre le problème climatique (et les autres problèmes socio-écologiques) et

(2) inversement proportionnel à la conviction que les écosystèmes (nature et environnement) sont de plus en plus dérégés par les interventions humaines.



En vue de vérifier ces hypothèses, j'ai choisi de faire une étude des représentations et des discours à travers des entretiens semi-directifs. « *La théorie des représentations sociales offre un éclairage particulier favorisant une meilleure compréhension des rapports entre la personne, le groupe social et l'environnement. Elle permet de mieux saisir les dynamiques sociales impliquées dans les enjeux environnementaux* » dirent Garnier et Sauvé (1999). En effet, l'étude des représentations sociales m'a permis d'analyser la prise de position des scientifiques au sujet des TEN.

Une justification de la méthode et un guide d'entretien sont présentés dans la partie suivante de ce mémoire. Durant les entretiens, j'ai réalisé une collecte des données nécessaires pour vérifier mes deux hypothèses formulées ci-dessus.

## 2. Cadre pratique : enquête sur les représentations et discours autour des TEN

### A) Description du terrain d'étude et méthodologie de l'enquête.

Dans cette partie, j'ai réalisé une description de l'environnement de recherche avant de restituer les données recueillies sur le terrain.

#### I. Méthodologie de l'enquête

En sciences sociales, il est important pour le chercheur de faire un bon choix de la méthode qui cadre bien avec la recherche. C'est ainsi que de toutes les techniques d'enquête, l'entretien semi-directif paraît le mieux approprié à l'étude de ce présent mémoire comme cela va être expliqué ci-dessous.

Selon Doise et al., (1992), le questionnement permet d'obtenir des informations sur l'objet étudié via les discours des individus. D'ailleurs, Maury (2007) ajoute que c'est par l'intermédiaire des discours que l'analyse des représentations sociales est le plus facile à réaliser. En effet, durant les discours, les interrogés argumentent, utilisent des adjectifs, donnent des explications... De ce fait, il est possible de capturer des représentations sociales. Dans ce mémoire, le corpus de discours sera composé des réponses des interviewés aux questions ouvertes posées par l'intermédiaire du guide d'entretien ci-dessous.

La meilleure façon de connaître et comprendre les représentations sociales sur les TEN est d'échanger directement avec les individus qui ont une certaine expérience et une connaissance au sujet des TEN notamment par leur milieu professionnel (soit ils travaillent sur les TEN soit ils ont déjà fait de la recherche à ce sujet). Dorselaer (1985), quant à lui, parle des témoins privilégiés : « *Ceux qui conviennent mieux que les autres* » et il explique la méthode de façon suivante : « *Cette méthode de sondage consiste à interroger uniquement et principalement, à propos d'un objet d'étude quelconque, les personnes qui sont directement concernées par le problème examiné ou qui sont les plus qualifiées pour répondre à un questionnaire concernant un domaine plus ou moins spécialisé* ».

Compte tenu du fait que le sujet est fortement technique, j'ai trouvé primordial de choisir les personnes interrogées en fonction de leur expertise au sujet des TEN. Il était, selon moi, essentiel qu'ils aient déjà écrit, travaillé ou étudié sur les TEN dans leur milieu professionnel ou académique.

J'ai choisi par ailleurs l'entretien semi-directif puisque je voulais analyser en profondeur les représentations que les experts concernés se font des TEN. En toute logique, il n'était pas probant de réaliser des questionnaires. Dans cette même optique, Lansdsheere (1980) fait remarquer qu'« *avec un questionnaire, le chercheur se limite à des informations déjà programmées* ». Ceci amène le chercheur

qui recourt à cette méthode technique à récolter des données limitées. Seule la technique d'entretien pouvait permettre de recueillir des informations souhaitées.

L'analyse de contenu des représentations sociales peut s'envisager soit de manière qualitative soit de manière quantitative. La méthode qualitative met l'accent sur les mots et les phrases employés à partir d'une analyse profonde des discours tandis que la méthode quantitative s'appuie sur des statistiques qui révèlent ou non des régularités dans les discours (Schiebel, 2018). Pour la collecte des données, le choix s'est porté sur le qualitatif (où le nombre d'enquêtés est limité et l'analyse approfondie) plutôt que sur le quantitatif. Les données vont être présentées sous forme de discours. J'analyserai ces discours par les mots et la signification accordée aux concepts étudiés, les métaphores utilisées...

## **B) Formulation du cadre d'analyse, des objectifs de l'enquête, des questions et des hypothèses**

### **II. Panorama des personnes interviewées**

Au total, sept personnes universitaires formant une population plutôt homogène ont été interrogées par des entretiens semi-directifs d'une heure. Les entretiens ont été retranscrits et se trouvent en partie annexe du mémoire. Dans le choix des profils, les critères suivants ont été privilégiés : avoir déjà entendu parler de la géo-ingénierie et des TEN ; avoir fait des études universitaires ; disposer de quelques connaissances en technologie ; en climatologie ; en sciences ; pouvoir donner une définition des TEN et employer le terme pertinemment ; avoir travaillé sur la thématique du réchauffement climatique, de la géo-ingénierie, des TEN, etc.

Compte tenu du fait que je préférais faire une analyse qualitative que quantitative, j'ai préféré me focaliser sur sept universitaires issus de trois pays différents et ayant des domaines d'expertise divers. Je les ai contactés par courrier électronique. Ces universitaires sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les personnes que j'ai choisies pour mon enquête m'ont donné leur accord pour que je les nomme sauf les deux experts en changement climatique du Service public fédéral belge Santé publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement, Direction générale Environnement, appelés R. et M., et pour que je traite des informations de leurs interviews durant mon mémoire. Tous les interviewés ont signé un papier RGPD (règlement général sur la protection des données) pour que je traite leurs interviews pour ce présent mémoire.

### Tableau récapitulatif des profils des personnes interviewées :

Interviewés	Profession	Diplômes	Spécialité	Opinion sur les TEN
<b>INTERVIEWÉ 1</b> <b>Jeanmart Hervé</b>	Professeur à l'Université Catholique de Louvain: énergies renouvelables ; chimie et physique ; développement durable, etc.	Ingénieur civil mécanicien. Docteur en sciences appliquées.	Énergéticien	Globalement contre car il trouve qu'il y a d'autres solutions plus faciles à mettre en place mais ne s'oppose pas pour les émissions résiduelles
<b>INTERVIEWÉ 2</b> <b>Selosse Sandrine</b>	Chercheuse en modélisation à long terme du système énergétique à MINES ParisTech. Attaché de recherche.	Universitaire. Docteur en économie, économie de la Science et de l'Innovation.	Spécialiste politique climatique et modélisation du système énergétique	Globalement favorable pour capter les émissions résiduelles de certains secteurs mais trouve qu'il faut d'abord davantage réduire nos émissions de GES.
<b>INTERVIEWÉ 3</b> <b>Expert service changement climatique</b>	Fonctionnaire au service public fédéral Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement	Universitaire. Bachelier en biologie, double master en écologie humaine et business administration.	Expert politique climatique	Soutient le déploiement des TEN pour des émissions résiduelles de secteurs difficiles à décarboner mais trouve qu'il faut d'abord traiter la source du problème (les émissions de GES)
<b>INTERVIEWÉ 4</b> <b>Experte service changement climatique</b>	Fonctionnaire au service public fédéral : Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement.	Universitaire. Bachelier en écologie sociale. Master en sciences et gestion de l'environnement, formation doctorale sur la gestion des forêts et en sciences sociales.	Experte politique climatique	Suggère que les TEN doivent être employées que pour compenser les émissions résiduelles mais que la priorité est la réduction des émissions
<b>INTERVIEWÉ 5</b> <b>Laude-Depezy Audrey</b>	Chercheur à l'Université de Reims dans les domaines de l'économie climatique, le CSC, la bioraffinerie, etc. Maître de conférences	Universitaire docteur. Ingénieure en mécanique et en électricité. Master en gestion des risques et doctorat en sciences économiques.	Spécialiste dans le domaine de la séquestration du carbone	Globalement critique envers la géo-ingénierie car nous ne connaissons pas les conséquences et les résultats de ces technologies mais peuvent être déployées à faible échelle
<b>INTERVIEWÉ 6</b> <b>Meyer Rodolphe</b>	Créateur de contenu en vulgarisation scientifique sur YouTube.	Universitaire. Ingénieur de formation et doctorat en sciences de l'environnement.	Spécialiste impacts environnementaux	Globalement critique car d'autres solutions seraient plus facilement applicables mais ne s'y oppose pas radicalement
<b>INTERVIEWÉ 7</b> <b>Yilmazoglu Zeki</b>	Enseignant Université de Gazi	Docteur en ingénierie mécanique.	Spécialiste conversion d'énergie	Globalement pour et est favorable à leur déploiement mais souligne la nécessité de réduire d'abord les coûts et de réduire les émissions de GES.

#### I. Présentation des objectifs des entretiens et des indicateurs

La présente partie constitue la phase la plus importante du travail. Il s'agit d'abord ici de présenter les objectifs des entretiens pour ensuite les analyser et les interpréter. Les questions posées lors des entretiens ont été formulées de manière à vérifier les deux hypothèses principales du mémoire.

Pour la collecte des données relatives aux représentations sociales des TEN, il convenait de créer un guide d'entretien et de formuler des questions. Dans le cadre de cette recherche, la collecte des données s'est faite à partir des indicateurs et des dimensions qui seront formulés ci-dessous.

En d'autres termes, des indicateurs ont été développés et les questions ont été formulées dans le but de vérifier s'il y a une corrélation entre la façon de se représenter l'environnement ainsi que nos systèmes économiques et les représentations au sujet des TEN. Ce guide d'entretien comporte dès lors la série des questions qui ont été posées en fonction des indicateurs hypothétiques formulés. L'objectif des entretiens était de vérifier si les représentations sur les TEN sont déterminées par des représentations de l'environnement et de nos sociétés économiques.

## **GUIDE D'ENTRETIEN**

*1) Dimension connaissances du sujet : pour pouvoir se positionner par rapport aux TEN, il est nécessaire d'avoir certaines connaissances quant à son fonctionnement, ses capacités et ses risques et des connaissances en technologie.*

### Éléments à vérifier : objectifs

### Indicateurs

<p><b>Les personnes ont besoin d'une certaine connaissance pour se positionner face au développement d'une technologie.</b></p> <p>Savoir si la personne interrogée a des notions quant à la géo-ingénierie et aux TEN et connaît leurs fonctionnements.</p> <p>Savoir si la personne interrogée connaît les capacités et les risques des TEN.</p>	<p><b>*Avoir fait des études universitaires.</b></p> <p><b>*Avoir entendu parler de la géo-ingénierie et des TEN et pouvoir les définir</b></p> <p><b>*Avoir des connaissances en technologies, en climatologie, en sciences, en physique, etc.</b></p> <p><b>*Avoir des ordres de grandeur : capacité de séquestration des TEN</b></p>
--	---

### Questions ?

Quelle TEN préférez-vous ? Que pensez-vous des BECCS, du DACCS, etc. ?

*2) Dimension environnementale : Les représentations quant aux TEN sont déterminées par des représentations de l'environnement, de la nature, des écosystèmes, etc.*

### Éléments à vérifier : objectifs

### Indicateurs hypothétiques

<p>Connaître l'impact des TEN sur l'environnement. Analyser les représentations qu'ils ont de la nature, de l'environnement et les comparer les avec les représentations des TEN.</p>	<p><b>* Le soutien aux TEN est inversement proportionnel à la conviction que les écosystèmes sont de plus en plus déréglés par les interventions humaines.</b></p>
---	--

## Questions ?

Quelle définition donneriez-vous pour la nature et l'environnement ? Quelle place occuperaient les TEN dans l'environnement et comment agiraient-elles avec ?

### 3) Dimension économique : Les représentations de l'économie sont déterminantes dans les représentations des TEN

#### Éléments à vérifier : objectifs

#### Indicateurs hypothétiques

Analyser les représentations que les interviewés ont de nos systèmes économiques, de la croissance économique, etc.

Savoir si cet intérêt a une corrélation avec d'autres indicateurs.

**\* Plus on désire garder le système économique présent, plus on a tendance à soutenir les TEN.**

**\* Plus on s'oppose aux systèmes économiques actuels, plus on aura tendance à rejeter les TEN.**

**\* Plus on a une méfiance face à la possibilité de changer nos systèmes économiques, plus on aura tendance à soutenir les TEN.**

## Questions ?

Dans un monde où plus de 80% de nos consommations énergétiques dépendent des énergies fossiles, pouvons-nous nous abstenir des TEN ?

Les TEN sont-elles une solution relativement bon marché comparées aux solutions de réduction des émissions de GES?

### 4) Dimension climatique : Les représentations des TEN dépendent des représentations du réchauffement climatique

#### Éléments à vérifier : objectifs

#### Indicateurs hypothétiques

Connaître et analyser l'intérêt accordé au réchauffement climatique par rapport aux autres enjeux mondiaux et planétaires.

Connaître l'importance de l'intérêt climatique par rapport aux autres intérêts.

Analyser la manière dont est décrit le problème du réchauffement climatique.

Analyser les solutions proposées quant au réchauffement climatique

Savoir si cette représentation a une corrélation avec d'autres indicateurs.

**\* Plus le réchauffement climatique est perçu de manière alarmante, plus les TEN sont considérées comme nécessaires**

**\* Le soutien aux TEN est proportionnel à la considération du réchauffement climatique comme un problème technique plus que sociétal.**

**\* Le soutien aux TEN est inversement proportionnel à l'urgence accordée aux réductions des émissions de GES.**

**\* Le soutien aux TEN est inversement proportionnel à la considération que le réchauffement climatique est un problème sociétal.**

Questions ?

Comment décrivez-vous le réchauffement climatique ? Comment faudrait-il y faire face? Quelle place accordez-vous aux TEN parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?

Les TEN pourraient-elles contribuer à ralentir le réchauffement climatique ?

5) Dimension technologie : *Les représentations liées aux TEN sont déterminées par des représentations de la technologique*

Éléments à vérifier : objectifs

Indicateurs hypothétiques

Connaître l'intérêt accordé à la technologie dans la résolution des problèmes sociétaux.

Connaître l'intérêt accordé à la technologie dans les mesures face au réchauffement climatique.

Savoir si cet intérêt a une corrélation avec d'autres indicateurs.

**\* Le soutien aux TEN est proportionnel à la conviction que les technologies sont le moyen principal de résoudre les problèmes climatiques et à la confiance en les capacités des technologies de séquestrer de grande quantité de carbone.**

**\* Le soutien aux TEN est inversement proportionnel à la méfiance en la capacité technologique et à la conviction que les technologies ne peuvent résoudre le problème climatique**

Questions ?

Les TEN peuvent-elles séquestrer de grandes quantités de CO<sub>2</sub> et être une solution aux problèmes du système Terre?

6) Dimension sociale : *Les représentations des TEN sont déterminées par des représentations de la société et sa capacité à agir et de se transformer.*

Éléments à vérifier : objectifs

Indicateurs hypothétiques

Analyser la perception de la capacité des humains à changer leurs habitudes et leurs modes de vie.

Analyser la perception de la possibilité de la transformation de société.

**\* Le soutien aux TEN est proportionnel à la méfiance quant à la capacité des humains à changer rapidement de mode de vie et est inversement proportionnel à la confiance en la capacité des humains à changer leurs modes de vie.**

Questions ?

Pensez-vous que les sociétés changeront et diminueront leurs consommations énergétiques face au réchauffement climatique dans un avenir proche?

7) Dimension : perception du futur : *Les représentations quant aux TEN sont déterminées par des perceptions de l'avenir*

Éléments à vérifier : objectifs

Indicateurs hypothétiques

Savoir comment les acteurs imaginent l'avenir climatique, la mise en application des objectifs climatiques, etc.

Savoir comment les acteurs imaginent l'avenir des TEN.

Analyser si cette représentation de l'avenir climatique a une corrélation avec la perception de l'avenir des TEN.

**\* Le soutien aux TEN est proportionnel à la méfiance face à la possibilité des réductions des émissions de GES et à la conviction que les TEN permettront de faire gagner du temps pour la transformation des systèmes.**

**\*Le soutien aux TEN est inversement proportionnel à la conviction que les TEN vont reporter les mesures de réductions des émissions de GES et à la méfiance quant à une mise en place rapide des TEN à l'échelle globale.**

Questions ?

Arriverons-nous à respecter les objectifs climatiques et comment ?

Quel est selon vous l'avenir à court terme (10 ans) et à long terme (30 ans) des TEN ? Pensez-vous que, d'ici la fin de la décennie, nous connaîtrons une course au déploiement des TEN et autres technologies de CSC?

À votre avis comment un accord sur les TEN pourrait être atteint, à la lumière des difficultés politiques, économiques, etc. actuelles ?

8) Dimension : intérêts professionnels : *Les représentations des TEN sont déterminées par les intérêts de l'acteur et de son organisation*

Éléments à vérifier : objectifs

Indicateurs hypothétiques

Connaître pour quelles organisations travaillent les acteurs.

Connaître leurs fonctions. Savoir si l'acteur défend sa propre idée ou celle de son organisation.

**\*Les fonctionnaires de l'État belge défendront la position de la Belgique.**

**\*Les interviewés défendront l'opinion de l'organisme pour lequel ils travaillent.**

Questions ?

Avez-vous défendu votre position personnelle ou officielle de votre organisation ?

Quelle différence faites-vous entre votre position personnelle et celle de votre organisation ?

## C) Présentation, analyse et interprétation des résultats

L'objet de cette présente analyse est de mettre en avant les représentations des technologies d'émissions négatives et de déterminer s'il existe ou pas des spécificités dans cette représentation liée au rapport de l'économie et de l'environnement. Il serait ainsi possible de vérifier si une représentation sociale peut être capturée à travers les constantes dans les représentations individuelles analysées.

### I. *Dimension environnementale*

Cette dimension soutient que les représentations des TEN sont déterminées par des représentations des écosystèmes<sup>19</sup>, de l'environnement et de la nature. Pour le vérifier sur le terrain, deux questions ont été posées aux personnes interrogées :

- *Quelle définition donnerez-vous pour la nature et l'environnement et la nature ? Est-ce différent ?*
- *Quelle place occuperaient les TEN dans l'environnement et comment agiraient-elles avec ?*

Ces questions permettent d'accéder à des mots, des discours représentatifs de l'environnement et de la nature des universitaires.

Dans la partie théorique, diverses représentations de la nature et de l'environnement ont été présentées. Lors de l'analyse des entretiens, nous retrouvons la représentation de la nature qui la perçoit comme un milieu physique mis à mal.

S. Selosse, experte en modélisation à long terme du système énergétique, décrit sa représentation de la nature également comme un milieu fragile et à préserver. Elle rajoute que l'humain (nous) a mis à mal la nature et qu'il faut revenir en arrière. Elle voit l'environnement comme un « *espace* » et qui entre en conflit avec la nature. Elle parle de haute valeur écologique. C'est une approche qui s'oppose à la représentation de l'environnement et de la nature comme étant un capital économique. Les représentations qu'elle a de la nature et de l'environnement mettent en évidence une responsabilité de l'humain de respecter l'environnement et la nature. Cette idée de protection et de préservation, qu'il est possible de lire dans les lignes ci-dessous, témoigne d'une certaine éthique (une morale et des valeurs sur la conduite à avoir envers la nature) :

---

<sup>19</sup> Système formé par un environnement (biotope) et par l'ensemble des espèces (biocénose) qui y vivent, s'y nourrissent et s'y reproduisent.

*« L'environnement, je le vois en termes d'espace. (...) L'environnement et la nature sont souvent en conflit. En général, la nature ne gagne pas souvent. Mais la nature est à préserver parce qu'est un capital de notre biodiversité. Elle n'est pas prise en compte à la hauteur de sa valeur. Sa valeur est souvent sous-estimée. On est allé loin dans la représentation de la capacité de l'environnement à résister et nous à ne pas le protéger et donc on l'a pas mal mis à mal c'est pourquoi, il faut revenir en arrière. Il y a d'importants efforts à faire. Il faut changer notre perception de l'environnement et de la nature. » (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)*

La nature est présentée comme « à protéger ». Cette vision de la nature mise à mal est retrouvée chez les autres interviewés. Jeanmart, ingénieur en mécanique, parle de destruction et rajoute que « nous » (les humains) détruisons l'environnement. Une destruction n'est pas qu'un impact. Le dictionnaire Larousse.fr définit la destruction comme étant une « *action d'anéantir, de faire disparaître quelque chose* » :

*« Pour moi, on ne peut pas mettre l'humain d'un côté et la nature de l'autre et se dire que quoi que nous fassions la nature s'en sortira. Je pense que nous sommes capables de détruire notre environnement, on est en train de le faire. » (Entretien 1 : JEANMART Hervé)*

Cela montre à quel point il considère que l'humain impacte très sévèrement son environnement. En revanche, Hervé Jeanmart n'a pas une représentation de la nature et de l'environnement comme celle des partisans de l'écologie profonde. Il ne pense pas que la nature et les autres êtres vivants devraient être traités d'égal à égal avec les humains :

*« Je ne me mets pas au même pied d'égalité qu'un cheval ou un cochon. Il y a des personnes qui disent que la nature a les mêmes droits qu'un être humain, qu'un arbre a les mêmes droits qu'un être humain. (...) A choisir, je privilégierai l'être humain à l'animal et c'est encore plus vrai si c'était un arbre. Je ne me mets pas au même niveau qu'eux. » (Entretien 1 : JEANMART Hervé)*

En effet, il perçoit également la nature comme une ressource, un capital pour les besoins de l'humain qu'il faut exploiter mais de manière raisonnée tout en veillant à réduire nos impacts. Compte tenu du fait qu'il défend l'idée de réduire nos impacts environnementaux, il ne partage pas la représentation utilitariste de la nature (présentée dans le cadre théorique) qui ne la considère qu'à sa valeur économique, comme productrice de biens : « la nature à exploiter uniquement ». En revanche, il est possible de mettre en évidence qu'il pointe les utilités et la valeur matérielle de la nature. L'avantage de son exploitation a permis aux humains de se développer et de ne plus « *vivre dans les grottes* » :

*« On doit quand même exploiter une partie de la nature, on l'a toujours fait, on le fera encore et cela ne pose pas de problèmes. Je ne suis pas pour le fait qu'on aille vivre dans des grottes. Je ne suis pas pour un respect total de la nature en voulant avoir le moindre impact possible. Il faut pouvoir maîtriser et exploiter la nature pour nos besoins mais avec une certaine harmonie. Il faut une utilisation raisonnée. Pour moi, garder une partie plus ou moins sauvage est essentiel. »* (Entretien 1 : JEANMART Hervé)

L'expert climatique belge M. va plus loin dans sa définition de la nature impactée par l'humain. Il utilise la métaphore de « violation » pour qualifier l'impact de l'humain sur la nature et son environnement :

*« Nous avons « violé » disons la nature à tel point que maintenant nous avons la responsabilité de corriger nos erreurs. »* (Entretien 3 : Expert climatique M.)

Zeki Yilmazoglu, ingénieur mécanique, parle de nature attaquée :

*« Nous vivons un exemple de la nature attaquée en ce moment. »* (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)

Le champ lexical<sup>20</sup> qui ressort dans la représentation de la nature et l'environnement est le suivant : attaqué, détruit, violé, mis à mal. Ces termes évoquent directement les impacts de l'environnement par les interventions humaines. Ces discours se rapprochent de la définition de Sauvé (1997) sur la nature : « *L'environnement nature...    apprécier, à respecter, à préserver* ».

En revanche, la dichotomie nature/société qui avait été présentée dans la partie théorique de ce mémoire n'est pas une représentation partagée par toutes et tous. En effet, Audrey Laude-Depezay, spécialiste de l'économie en environnement, explique lors de l'entretien :

*« Il n'y'a pas vraiment de nature au sens ou la dichotomie nature/culture. Aujourd'hui la nature n'existe plus depuis longtemps. (...) Elle a été anthropisée. De plus, la nature c'est nous. (...) Il y a aussi l'idée de protection. (...) J'ai tendance à considérer que ce qui est vivant a une valeur intrinsèque. »* (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)

Cette dernière ne fait pas une opposition entre la nature et la société. Elle pense que les humains ont depuis longtemps anthropisé la nature et que maintenant la séparation en deux entités n'est plus possible. En revanche, l'idée d'un devoir de protection de la nature revient en argumentant que celle-ci

---

<sup>20</sup> Les mots ayant un thème commun

a une valeur intrinsèque et donc il faut la préserver. Admettre que la nature a une valeur intrinsèque donne lieu à une reconnaissance de sa valeur pour ce qu'elle est.

Rodolphe Meyer, docteur en sciences de l'environnement, partage cette même représentation de la nature et ne fait plus la dichotomie entre nature et société. Même s'il sépare la nature de la société aménagée par l'humain, il précise tout de même que cela ne veut pas dire que la nature n'a pas été touchée et impactée par l'humain. La nature à l'état sauvage n'existe plus selon sa représentation même si elle s'oppose aux constructions humaines. Pour lui, l'environnement c'est le tout, c'est-à-dire la nature, les milieux de vie des humains, etc.

*« Aujourd'hui, les milieux naturels ont interagi avec les humains et coévolué depuis très longtemps. (...) Cette idée de nature sauvage, je me bats un peu contre. La nature, c'est ce qu'il y a en dehors de ce qu'on a construit, aménagé mais cela ne veut pas dire pour autant qu'il n'y a pas eu d'impacts de l'être humain. Je ne vois pas comme quelque chose de vierge, de pas touché, d'original, (...) En résumé, je dirai que la nature est à l'opposé de ce qui est aménagé, de ce qui a été construit, à l'opposé de nos villes alors que dans « environnement », j'intégrerai tout. » (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)*

La représentation de la nature impactée et qui se doit d'être protégée revient dans toutes les représentations. En effet, Zeki Yilmazoglu considère également la nature comme un héritage important. Il pointe que le devoir de l'humain est de la léguer de la meilleure des façons aux générations futures. Ceci se fera par la protection de cette dernière:

*« La nature (...) Nous aurons un héritage important à léguer aux générations futures. Et nous devons transmettre cet héritage de la meilleure façon possible. En fait, si nous vivons dans ce monde, je pense que notre devoir le plus important est de protéger la nature. (...) Je vois l'environnement comme faisant partie de la nature. » (Entretien 7: YILMAZOGLU Zeki)*

En résumé, une constante dans les discours apparaît et permet de capturer une représentation sociale. La nature est présentée comme un milieu physique impacté et qui se doit d'être protégé. Le milieu naturel est tantôt décrit comme étant attaqué, tantôt détruit, tantôt violé. S. Selosse et Laude-Depezay A. pointent que la nature a une valeur intrinsèque et qu'il faut reconnaître cette valeur.

Les représentations sociales que tous les interviewés ont de la nature et de l'environnement montrent qu'ils considèrent que les écosystèmes sont de plus en plus dérégés par les interventions humaines. Il serait pertinent maintenant d'examiner si cette représentation de la nature et de l'environnement engendre un rejet des TEN afin de vérifier l'hypothèse initialement posée : le soutien

aux TEN est inversement proportionnel à la conviction que les écosystèmes sont de plus en plus déréglés par les interventions humaines.

La nature a été violée par les humains et il faut corriger nos erreurs dit l'expert climatique M. et cette métaphore est reprise par sa collègue, l'experte climatique belge R. Pourtant pour elle, ce n'est pas n'est pas avec les TEN que le « viol » de cette nature commence :

*« Nous pouvons être d'accord avec la définition de la nature, de l'environnement et de la « violation » de la nature. Mais maintenant si nous n'acceptons pas les TEN et autres technologies, nous devons dire : il faut une diminution importante de la population terrestre. À ce stade si, au niveau de la place de l'humain dans la nature, ou du viol comme le disent les théories de l'écologie profonde, c'est déjà fait depuis longtemps. »* (Entretien 4: Experte climatique R.)

Pour elle, si nous nous refusons le déploiement des TEN, nous devons nous tourner vers des solutions plus radicales telles que la décroissance démographique. Dès lors, nous n'avons pas trop le choix. Cela ne sous-entend pas l'idée qu'elle ne prend pas en considération les problèmes environnementaux liés aux TEN. L'Experte climatique R. rajoute que lorsque la Belgique devra mettre en place des TEN, il faudrait travailler en coordination avec la cellule biodiversité pour éviter qu'il y ait d'énormes impacts environnementaux. Elle souligne les problèmes que peuvent engendrer les BECCS d'un point de vue biodiversité. Elle ajoute qu'il y a des enjeux multiples et qu'il faut répondre aux engagements de la Belgique au niveau climatique. Selon elle, les TEN sont une des solutions pour répondre aux engagements climatiques.

*« Il faut essayer de trouver des solutions bénéfiques pour les deux (climat et biodiversité). On voit que pour la BECCS par exemple d'un point de vue biodiversité, ce n'est vraiment pas une solution optimale. Il ne faut pas oublier qu'on est face à des enjeux multiples et il faut trouver des solutions multiples. Nous, dans notre service, travaillons en coordination avec la cellule biodiversité. Eux ne sont pas trop favorables à ces technologies mais après cela il faudra répondre aux engagements que la Belgique a pris même si c'est par le BECCS ou par d'autres alternatives. Il faudra juste s'assurer qu'à d'autres endroits, la biodiversité puisse être protégée. »* (Entretien 4 : Experte climatique R.)

Dans ces lignes, nous pouvons lire qu'avoir une représentation de l'environnement et de la nature comme déréglés ne donne pas forcément naissance à un rejet des TEN. En revanche, cette représentation n'est pas partagée par toutes et tous. H. Jeanmart critique les TEN car elles sont « agressives » envers la nature :

« *Faire moins au niveau société c'est aussi avoir moins d'impact au niveau de la planète, c'est aussi laisser de la place à une partie naturelle. Mais ici, quand on parle de géo-ingénierie, c'est assez agressif.* » (Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Néanmoins, si les émissions négatives sont obtenues par des voies plus naturelles, c'est-à-dire par le reboisement par exemple, il s'y oppose beaucoup moins.

« *Je suis plutôt favorable à ces solutions plutôt naturelles. (...) Pour moi, planter des forêts pourrait être une chose intéressante.* » (Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Cette même représentation est partagée par Laude-Depezay A. qui considère que le reboisement est le moyen d'obtenir des émissions négatives ayant le moins d' « *effet pervers* ». Dès lors, il est possible de constater qu'elle pense que le déploiement des BECCS pourrait par exemple entraîner une déforestation.

« *Le reboisement. Je pense que ce n'est pas suffisant mais clairement c'est la voie qui à mon avis celle a le moins d'effet pervers. (...) Par rapport au BECCS, je crains que cela entraîne une déforestation supplémentaire.* » (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)

« *Effet pervers* » ; « *Agressif* » sont des termes qui soulignent l'impact environnemental des TEN. Cela pousse à une critique forte des TEN de la part d'H. Jeanmart et de Laude-Depezay, A..

Lors des entretiens, tous les interviewés pointent qu'il faudrait faire attention aux impacts environnementaux des TEN et qu'il ne faut pas créer de nouveaux impacts en essayant d'obtenir des émissions négatives. « *Il ne faut pas remplacer un mal par un autre mal* » dit S. Selosse. :

« *il faut voir l'impact qu'elles (les TEN) ont sur le reste du système, sur les ressources parce que l'idée n'est pas de remplacer un mal par un autre mal.* » (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

L'expert climatique M. pointe les problèmes environnementaux que pourrait avoir la fertilisation des océans comme l'acidification des océans.

« *Par exemple, en mer, en mettant du phosphore à la mer, on crée un autre problème lié à l'acidification des océans.* » (Entretien 3 : Expert climatique M.)

Rodolphe Meyer se soucie aussi des impacts environnementaux (ex : *modification de la chimie de l'eau*) et pointe qu'aucune des TEN, le reboisement y compris, n'est une solution naturelle :

« *Je pense que qu'il n'y a aucune de ces technologies d'émissions négatives qui est vraiment naturelle. (...) Les technologies comme l'altération forcée peuvent*

*avoir des impacts locaux possiblement parce que nous allons modifier la chimie de l'eau, des rivières et des littéraux. Cela (...) peut avoir des impacts sur la biodiversité. Si on parle de BECCS, d'afforestation, cela va être des industries assez grandes soit de plantation et puis cela va également s'accompagner de pollution. » (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)*

### **Résumé des représentations de la dimension environnementale**

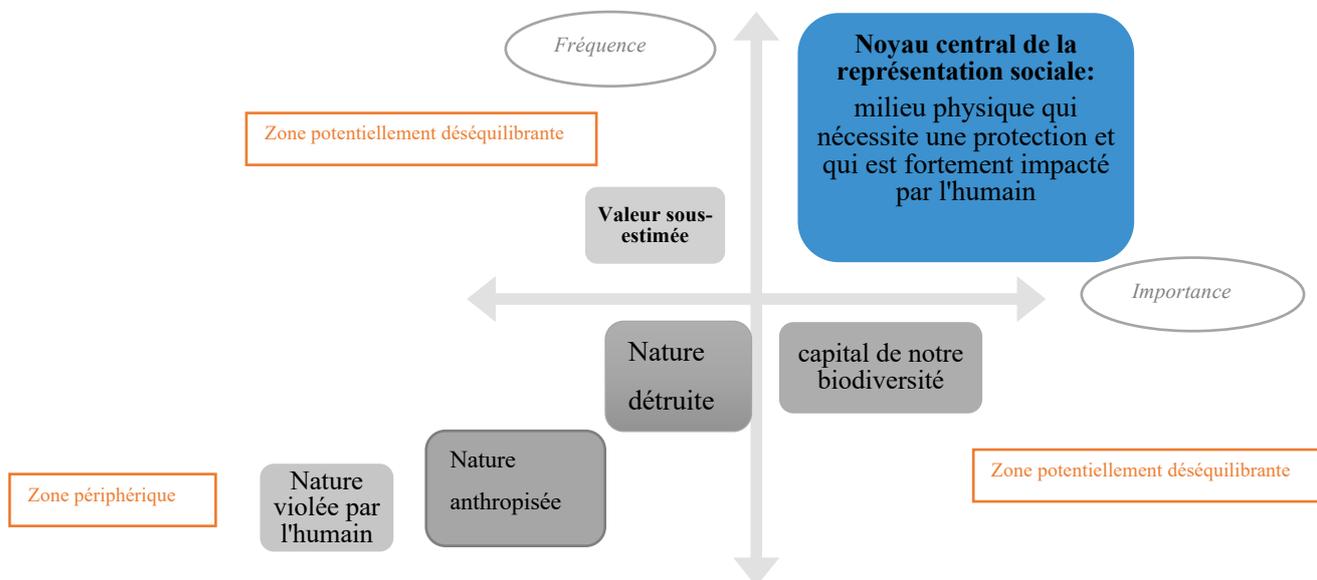
Dans la représentation de la nature et de l'environnement, les résultats de l'analyse témoignent d'une certaine homogénéité. La nature semble faire l'objet d'une admiration particulière et d'une nécessité d'une protection spéciale. L'environnement est le milieu de vie et intègre la nature et l'espace de vie des humains. Parmi les différents discours qu'ont tenus les personnes interviewées, une représentation commune est partagée : la nature est impactée et il faut la protéger. Une tendance lexicale est observée constituée par les verbes suivants utilisés pour décrire comment l'humain impacte la nature « *On l'a mise à mal* » ; « *on la détruit* » ; « *on l'a violée* »... Ces verbes impliquent une vision négative et pessimiste des interventions humaines sur la nature. Dès lors, il est possible de considérer que les interviewés présentent les impacts environnementaux de l'humain sur la nature et l'environnement comme un problème à résoudre. Cette chaîne de significations peut être interprétée par la phrase suivante : L'humain a mis à mal la nature, l'a détruite et l'a violée. Il semblerait qu'il est possible de déceler une tendance écocentriste : un soutien de « *rendre l'activité humaine plus harmonieuse avec la nature* » (Dussault, 2013). Cette vision défend une réduction des impacts de l'activité humaine pour protéger la nature. L'interprétation de ces éléments de représentation sociale de l'environnement fait ressortir une perception d'un milieu physique impacté (environnement nature) même si H. Jeanmart le voit également comme « environnement ressource » à exploiter de manière raisonnée.

Par ailleurs, aucune des représentations des interviewés ne partage la représentation de domination de Descartes de « *maîtres et possesseurs de la nature* ».

La plupart des représentations sur les TEN au niveau de la dimension environnementale pointent les impacts environnementaux de ces dernières ce qui pousse à une critique des TEN, néanmoins pas toujours à un rejet. R. Meyer précise les impacts locaux des TEN tels que la modification de la chimie de l'eau, l'impact sur la biodiversité. Les experts climatiques belges pointent les problèmes que cela pourrait engendrer au niveau de la biodiversité pour les BECCS et de l'acidification des océans... S. Selosse souligne que lors du déploiement des TEN, il faut veiller à ne pas créer un mal de l'autre côté. H. Jeanmart les qualifie d' « *agressives* » et cet adjectif qu'il emploie pour décrire les conséquences des TEN marque à quel point il est réticent face aux TEN. Laude-Depezay, A., quant à elle, utilise l'expression « *effet pervers* » pour mettre en évidence l'issue négative du déploiement des TEN.

En revanche, il est également possible de voir que la représentation des TEN n'est pas univoque. Selon, l'experte climatique R., la nature a été « violée » depuis longtemps. Elle rajoute que malgré les impacts environnementaux, il faut trouver des solutions pour faire face au réchauffement climatique comme les BECCS tout en essayant de réduire les impacts environnementaux. Les TEN doivent être déployées selon S. Selosse et les experts climatiques mais il faudrait veiller à ne pas engendrer davantage d'impacts environnementaux. Or, H. Jeanmart et Laude-Depezay, A. sont davantage critiques au sujet des TEN. Ils considèrent qu'elles pourraient considérablement impacter l'environnement, qu'elles sont agressives et qu'elles ont des effets pervers. Ces derniers privilégient le reboisement pour obtenir des émissions négatives. Des divergences demeurent dans la représentation de la place qu'occuperaient les TEN dans notre environnement et l'argument de l'impact environnement est présent dans la critique des TEN.

Figure sur les représentations sociales de la nature

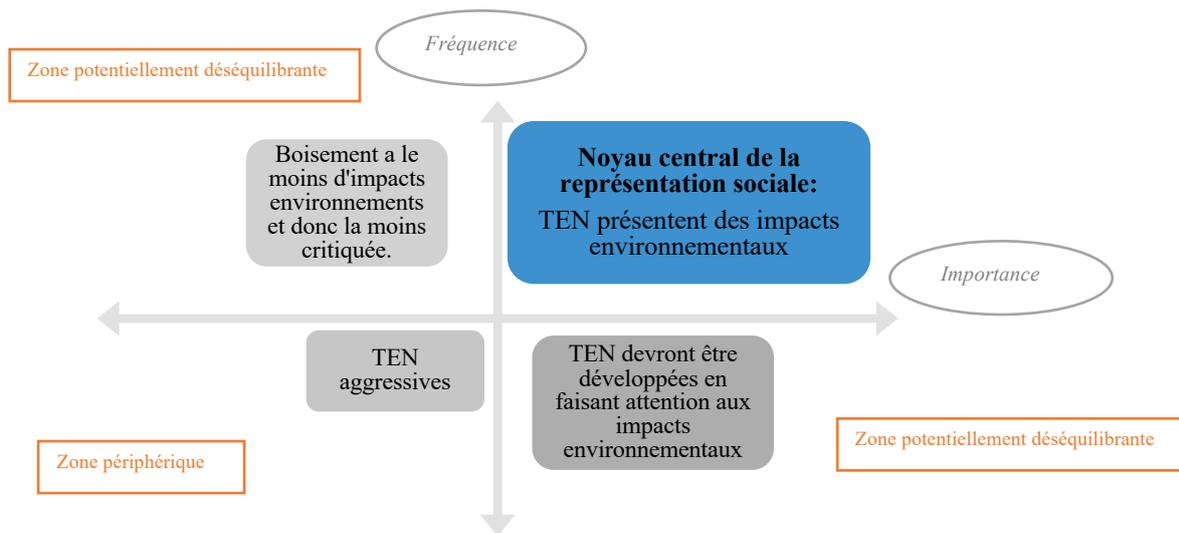


*Les abscisses représentent l'importance accordée à un élément dans une représentation*

*Les ordonnées représentent la fréquence des termes employés pour décrire une représentation.*

La nature est impactée et il faut la protéger représente le noyau central de la représentation sociale de l'environnement. Celui-ci est représenté en bleu dans la figure ci-dessus. En gris, les zones potentiellement déséquilibrantes regroupent d'une part l'évocation de la valeur sous-estimée de la nature ainsi que la présentation de la nature comme un capital de notre biodiversité. La zone périphérique met en évidence les représentations moins fréquentes de la nature : violée, détruite, anthropisée.

Figure sur les représentations sociales de la place des TEN dans l'environnement



*Les abscisses représentent l'importance accordée à un élément dans une représentation*

*Les ordonnées représentent la fréquence des termes employés pour décrire une représentation*

Le noyau central de la représentation sociale des TEN de la dimension environnementale dans la figure ci-dessus met en évidence les impacts environnementaux des TEN. La nécessité de développer les TEN en réduisant les impacts environnementaux se trouve en zone potentiellement déséquilibrante tout comme le reboisement dont les impacts environnementaux sont présentés comme plus faibles. En zone périphérique se trouve la représentation sociale des TEN comme étant une technologie agressive et donc une critique de celle-ci.

## *II. Dimension économique*

Afin de vérifier si les représentations des TEN sont déterminées par des représentations de l'économie, il convient d'analyser la représentation sociale que les interviewés ont de la croissance économique, de nos systèmes économiques et industriels, du coût des TEN, etc. Deux questions permettent de vérifier cette dimension :

- *Dans un monde où plus de 80% de nos consommations énergétiques dépendent des énergies fossiles, pouvons-nous nous abstenir des TEN ?*
- *Les TEN sont-elles une solution relativement bon marché comparées aux solutions de réduction des émissions de GES?*

L'analyse de cette dimension économique des représentations et des discours permettra de vérifier les sous-hypothèses initialement formulées :

- Plus on désire garder le système économique présent plus on aura tendance à soutenir les TEN ;

- Plus on a une méfiance face à la possibilité de changer nos systèmes économiques, plus on aura tendance à soutenir les TEN.

Pour H. Jeanmart, afin de faire face au réchauffement climatique, la solution serait de produire moins et de consommer moins. De ce fait, il est possible de voir que la représentation de la consommation est déterminante dans le débat sur le réchauffement climatique. Dès lors, il est facilement constatable qu'il ne soutient pas nos systèmes économiques dépendants des énergies fossiles.

*« Vouloir produire moins aussi. On sait que l'énergie est la principale responsable et donc il faut admettre qu'on doit peut-être pendant un certain temps et peut-être même pour toujours diminuer nos consommations. (...) De ce fait, accepter de consommer moins avec tous les impacts que cela peut avoir. »* (Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Le choix des groupes de mots « *produire moins* » & « *consommer moins* » désigne la nécessité de décroître. A. Laude-Depezay trouve également que la solution serait la décroissance et elle la définit au sens « *de réduction de la consommation, la réduction de la production d'objets et d'énergie, de biens, de services...* ». Par ailleurs, elle est également critique à l'égard des TEN et considère qu'elles sont promues par des personnes ayant des intérêts économiques :

*« Beaucoup de modélisateurs du GIEC (...) ont peur de certains mots forts comme la décroissance. Décroissance au sens de réduction de la consommation (...). Si on commence à dire clairement que l'objectif est de réduire la production d'objets et d'énergie, la production de biens et services, on ne va pas plaire à tout le monde. (...) Je pense qu'on devrait aller dans cette direction (la décroissance) (...). La géo-ingénierie est promue par certains types de personnes qui ont des intérêts économiques. »* (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)

La décroissance est aussi la solution selon Meyer et il la définit comme étant « *décroître les pollutions et les impacts environnementaux* ». La réduction du Produit Intérieur Brut, c'est-à-dire de la production des richesses en sera la conséquence. En effet, pour pouvoir faire décroître les pollutions, d'après ce dernier, des changements de modes de vie seront obligatoires:

*« La décroissance pour moi est le fait de faire décroître les pollutions et les impacts.(...) Quand je parle de décroissance, je sous-entends que la technologie ne serait pas suffisante et du coup nous serons obligés d'avoir des adaptations de comportements ou des changements d'habitudes de vie pour réduire la production ou l'extraction des ressources. (...) Peut-être que la réduction du PIB serait la*

*conséquence de cela. Je veux réduire la mobilité car (...) elle est très polluante.»*  
(Entretien 6 : MEYER Rodolphe)

Pour faire face au réchauffement climatique, les personnes interrogées mentionnent spontanément la nécessité de changer nos structures économiques. R. Meyer, H. Jeanmart et A. Laude-Depezay soulignent que la production de richesses étant polluante, il faut décroître. C'est pourquoi, il est possible d'observer que dans le débat au sujet des TEN, la représentation de l'économie est déterminante. L'analyse des discours ici montre que certains termes qui peuvent être utilisés pour décrire la décroissance sont présents comme mots associés. La synonymie<sup>21</sup> s'observe à travers l'emploi des expressions et mots suivants : « *consommer moins* » ; « *diminuer nos consommations* » ; « *réduire la production d'objets et d'énergie* » ; « *réduire la production et l'extraction des ressources* »...

Ils ne sont pas les seuls à s'opposer aux systèmes économiques dépendants des énergies fossiles. Effectivement, le besoin de changer nos économies est une représentation sociale partagée par toutes les personnes interviewées.

S. Selosse dit à ce sujet qu'il faut des changements importants de nos économies et de nos systèmes énergétiques de manière urgente. Le fait d'attendre induit des changements de nos systèmes économiques plus importants.

*« Il est de plus en plus temps de faire quelque chose et de changer la situation, de changer nos économies. Et du fait qu'on ait attendu énormément de temps aussi, cela induit des changements plus importants puisqu'il y a une inertie qui s'opère quand même et l'économie repose sur l'existence des énergies fossiles. Je travaille beaucoup plus sur les systèmes énergétiques et on ne change pas un système du jour au lendemain. Il y a des investissements à faire.(...) Il y a une urgence, il faut changer nos économies mais nous sommes face à divers problèmes liés à l'économie et la société. »* (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

« *Changer nos économies* » est l'expression qu'elle utilise pour décrire la nécessité de transformer nos systèmes économiques. Encore une fois, dans les représentations de l'économie, une nécessité de changer cette dernière ressort systématiquement. Ceci est associé à un besoin de protéger notre environnement. Cela se traduit par le fait que ce sont les systèmes énergétiques émetteurs de GES doivent être revus. Les solutions qui sont privilégiées pour atteindre ce « *changement économique* » visent à réduire la consommation des ressources et des objets, des biens, le changement des modes de

---

<sup>21</sup> deux mots ou expressions synonymes

vie, etc. Il est possible de résumer sa représentation de l'économie par cette phrase : « *l'économie repose sur l'existence des énergies fossiles c'est la raison pour laquelle il faut la changer* ».

Tous les entretiens pointent un besoin de changement des systèmes énergétiques alimentant nos économies. Pour l'experte climatique R., il faut décarboner nos systèmes économiques :

*« Il faut justement éviter de trop émettre. (...) En 2050, l'Europe devrait décarboner et nous espérons que les autres grands blocs du monde nous suivrons. »*  
(Entretien 4 : Experte climatique R.)

Pour R. Meyer également, la priorité serait de réduire les émissions de GES :

*« Pour moi, aujourd'hui, la priorité absolue est la réduction des émissions. Cela déjà doit se faire de toute façon. »* (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)

La synonymie que nous pouvons repérer parmi les discours de la représentation qu'ils ont de la nécessité de changer les systèmes énergétiques est la suivante : « *réduire les émissions* » ; « *décarboner* »... Le champ lexical<sup>22</sup> dominant pour défendre la nécessité de changer nos économies fait toujours référence à des aspects environnementaux liés aux émissions de GES est le suivant : « *décroître les pollutions et les impacts* » et « *éviter de trop émettre* ». En résumé, il faut changer nos économies pour les problèmes environnementaux qu'elles engendrent.

A travers les discours des universitaires, il est possible de s'apercevoir que nos systèmes économiques sont compris comme étant les principaux responsables du réchauffement climatique et donc il faudrait les changer. « *Il faut changer nos systèmes* » ; « *il faut décroître* » ; « *il faut diminuer nos consommations* » sont les verbes qui résument la nécessité de transformer nos systèmes.

En conséquence, une représentation commune est partagée : il faut réduire nos émissions de GES engendrées par nos systèmes économiques et pour cela transformer nos systèmes énergétiques pour qu'ils soient moins dépendants des énergies fossiles. D'autres tels que H. Jeanmart, A. Laude-Depezay, R. Meyer, vont même plus loin : ils prônent une décroissance économique et de ce fait ne désirent pas garder le système économique actuel.

Les interviewés défendent l'idée qu'il faudrait changer nos systèmes économiques. Il serait à présent pertinent de voir d'abord s'ils croient en la possibilité de transformer nos systèmes économiques dans les temps nécessaires pour faire face au réchauffement climatique. Il serait par après utile d'observer s'il y a une corrélation entre le rapport à l'économie et les représentations au sujet des TEN.

---

<sup>22</sup> groupe de mots appartenant à un même thème

Pour S. Selosse, tout le débat est de savoir comment et quand nous allons changer nos systèmes énergétiques et donc économiques. Ce questionnement illustre à quel point elle a une représentation des systèmes énergétiques et donc économiques difficilement modifiables :

*« Tout le débat est là : comment on va transformer nos systèmes énergétiques ? »* (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

Elle ne croit pas qu'il sera possible de changer facilement nos systèmes. Elle a une représentation de la structure économique comme difficilement modifiable dans un court laps de temps. Elle argumente que transformer un système exige un développement d'un grand nombre d'infrastructures. Par ailleurs, elle rajoute que les énergies fossiles restent très compétitives. C'est la raison pour laquelle elle note l'obligation de s'orienter vers les TEN comme une des solutions pour faire face au réchauffement climatique:

*« C'est une solution qui est proposée parmi les autres et qui permet aussi d'atteindre notre objectif qui est fort. Compte tenu du fait que notre objectif nous pousse à tout transformer, les TEN sont donc un moyen pour atteindre cet objectif puisqu'à court terme, on ne pourra pas tout transformer et à long terme, on espère qu'on pourra transformer. À court terme, c'est assez difficile car il y a pas mal d'infrastructures à développer(...) Sans compter que les énergies fossiles sont très présentes car elles sont plus compétitives.(...) Dans ce contexte, les TEN sont une solution. »* (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

Il est important de mettre en évidence qu'elle dit que les TEN sont « *une solution parmi les autres* ». Son discours révèle qu'elle accorde une importance aux TEN en revanche elle soutient une panoplie de solutions. Elle qualifie l'objectif de réductions des émissions de GES de « *fort* ». Cet adjectif souligne l'importance qu'elle accorde au fait de faire face au réchauffement climatique. Compte tenu du fait qu'on n'a pas encore changé nos systèmes, les TEN paraissent selon elle comme une solution pour respecter l'objectif climatique de +2°C et encore plus pour les filières difficiles à décarboner :

*« On en parle également (des TEN) comme étant la solution inévitable car on (...) n'a pas assez changé nos systèmes. C'est la raison pour laquelle, on va devoir déployer les DACCS. (...) pour des filières notamment comme l'industrie car cela va être le secteur le plus difficile à décarboner. »* (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

D'après elle, pour atteindre cet objectif fort climatique, « *on ne peut se passer des TEN* » dans un contexte dans lequel les systèmes énergétiques ne changent pas suffisamment :

*Si on veut atteindre nos objectifs sachant qu'on n'a pas changé nos systèmes énergétiques suffisamment, on ne peut se passer des TEN (...) Il me semble qu'au départ, on avait des scénarios où il n'y avait pas forcément de TEN. Les scénarios avec les TEN se sont accrus au fur et à mesure du temps. (...) Aujourd'hui, la recherche s'est intensifiée sur une accentuation des scénarios de recours aux TEN.* (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

S. Selosse n'est pas la seule à penser que nos systèmes économiques ne vont pas facilement se décarboner. Zeki Yilmazoglu pense qu'y croire est vraiment utopique.

*« Réduire les émissions de dioxyde de carbone en Europe ne suffit pas , (...) le monde entier a besoin d'avancer vers le même objectif (...), mais c'est une approche très utopique dans la situation actuelle. »* (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)

L'usage du terme *utopique* est porteur de sens pour qualifier la représentation de Z. Yilmazoglu de nos systèmes énergétiques. D'après lui, croire actuellement qu'une réduction des émissions de carbone au niveau mondial est possible n'est pas très réaliste.

Selon l'experte climatique R., il n'y a de même pas de sens de garder nos systèmes économiques tels qu'ils sont. Or, il y a des émissions que la Belgique n'arrive à compenser notamment dans l'agriculture et l'industrie. Dès lors, il faut développer les TEN pour compenser les émissions résiduelles des secteurs difficiles à décarboner. Il faut aussi développer les CSC à la sortie des usines en plus des politiques importantes de réduction de GES :

*« Pour le moment, (...) les puits de carbone ne sont pas suffisants en Belgique pour compenser les émissions de l'agriculture et de l'industrie. (...) Les évolutions sont telles que nous ne pourrions nous passer des CSC. Il faut des captures de CO<sub>2</sub> à la sortie des industries. Il faut des émissions négatives pour compenser les émissions de l'agriculture. Le scénario 1 vise 95% de réductions des émissions de CO<sub>2</sub>, et la dernière partie, les 5% résiduels, c'est justement via des émissions négatives, sinon nous n'arrivons pas à la neutralité carbone en 2050. C'est pourquoi, pour les secteurs où décarboner les systèmes est très dur, les CSC et TEN gagnent tout leur sens. Les TEN, ici, deviennent une « sortie » nécessaire. »* (Entretien 4 : Experte climatique, R.)

Elle utilise la métaphore de « sortie » pour les TEN permettant à l'humanité de décarboner les émissions résiduelles. Sa représentation des solutions pour faire face au réchauffement climatique est la suivante : *il faut réduire nos émissions et décarboner nos systèmes énergétiques toutefois il faut tout de même développer les TEN pour les émissions résiduelles des secteurs économiques difficiles à décarboner.* Malgré le fait qu'elle ne s'oppose pas aux TEN, il est clairement perceptible qu'elle ne considère point les TEN comme une solution miraculeuse:

*« Il faut justement éviter de trop émettre car ce n'est pas sensé d'émettre trop puis de capturer et de mettre dans le sol. »* (Entretien 4 : Experte climatique, R.)

H. Jeanmart, critique à l'égard de la possibilité du déploiement des TEN à l'échelle mondiale, pense également qu'à l'échelle locale, la technologie de capture et stockage du carbone (CSC) à la sortie des usines, ou les TEN comme le DACCS pourraient être utiles pour capturer les émissions résiduelles des secteurs difficiles à carboner :

*« Je pense qu'à l'échelle locale, on va pouvoir faire des choses, (...) la capture de CO<sub>2</sub> à la sortie des usines, capture dans l'air (...) pour leur impact positif sur le réchauffement climatique. »* (Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Z. Yilmazoglu pense comme les autres que les technologies de CSC seraient nécessaires pour la capture des émissions résiduelles à la sortie des usines et à la sortie des centrales à charbon :

*« Si je dois parler d'une méthode de géo-ingénierie qui n'est point une émission négative, je vais donner mon avis sur la CSC. (...) Il y avait un grave problème d'émission de poussière ainsi que des particules dans nos centrales thermiques au charbon en Turquie. C'est une bonne technologie (la CSC) pour faire face aux émissions résiduelles, mais elle n'a pas été appliquée dans notre pays. »* (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)

Pour R. Meyer, Il faut d'abord réduire  $\frac{3}{4}$  de nos émissions pour ensuite s'orienter vers les TEN pour les émissions résiduelles. En d'autres mots, il ne considère pas les TEN comme une solution suffisante pour faire face au réchauffement climatique. Néanmoins, il dit qu'elles peuvent être peut-être utiles :

*« Pour moi, toutes ces technologies d'émissions négatives ne seront jamais suffisantes. Il faut réduire au moins de  $\frac{3}{4}$  voire plus nos émissions et ensuite on pourra peut-être rajouter un peu d'émissions négatives par-dessus. »* (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)

R. Meyer pense qu'il faudrait faire très attention à ne pas considérer les TEN comme un « joker » qui pousserait à l'inaction en termes de réduction des émissions de GES. Selon lui, les TEN ne sont pas la meilleure solution. D'une part, leur coût est élevé et d'autre part, il est moins cher pour les systèmes économiques de réduire nos émissions de GES que de les puiser de l'atmosphère :

*« C'est beaucoup moins cher de réduire nos émissions ou de trouver des technologies alternatives qui permettent de remplacer ce qui est polluant que d'imaginer de sortir du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Il faut faire très attention aux*

*technologies d'émissions négatives si cela commence à être une espèce de joker qui pousse à l'inaction. » (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)*

R. Meyer pense de même que les TEN et la CSC peuvent être utiles pour les secteurs difficiles à décarboner tels que la production de ciment :

*« Cela serait probablement utile pour des choses qu'on aura vraiment du mal à décarboner, y compris des émissions qui ne sont pas liées au fossile par exemple la production de ciment qui émet du CO<sub>2</sub> pour des raisons strictement chimiques. Là nous ne pourrions les compenser même en sortant du fossile. (Entretien 7 : MEYER Rodolphe)*

S. Selosse aussi souligne que l'industrie est un secteur difficile à décarboner. Les CSC peuvent être utiles à ce niveau :

*« L'industrie car cela va être le secteur le plus difficile à décarboner. Il y a donc toutes ces réflexions autour du carbone. Cela devient un bien marchand qui peut inciter à son développement (du CSC) et qui a une utilité pour l'utiliser par exemple dans l'acier. » (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)*

Z. Yilmazoglu considère également que le coût élevé des TEN est le principal obstacle au déploiement des TEN. D'après lui, s'il est possible de réduire les coûts, les TEN pourraient occuper une place importante dans notre environnement:

*« Le plus gros problème est le coût. C'est à cela que nous devons penser en premier lieu. Si nous pouvons réduire leurs coûts, les technologies à émissions négatives auront vraiment leur place importante dans notre environnement. » (Entretien 6 : YILMAZOGLU Zeki)*

Les interviewés pointent la nécessité de changer nos systèmes économiques. S. Selosse, Z. Yilmazoglu et l'experte climatique, R. considèrent que changer rapidement nos systèmes n'est pas facile. R. Meyer est plus optimiste quant à la capacité de changer nos systèmes économiques. Néanmoins, il ne sait pas prédire quand cette transformation aura mondialement lieu :

*« Est-ce que l'on peut réduire les émissions ? Moi, je suis absolument convaincu que l'on peut et je pense même qu'on le fait dans certains pays mais la question est vraiment de combien et à quelle vitesse ? » (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)*

Tout comme R. Meyer, l'expert climatique M. précise qu'il faut tout décarboner mais il ne sait pas quand le monde y arrivera:

*« Si on décarbone complètement, on aura un puits de carbone suffisant (...). Maintenant, à quel moment on y arrivera, je ne sais pas. »* (Entretien 6 : L'expert climatique M.)

S. Selosse, les experts climatiques et Z. Yilmazoglu pensent qu'à court terme, il est plus difficile de transformer nos systèmes et de là vient la nécessité de l'orientation vers les TEN en plus de tous les efforts de réduction des émissions. Ils considèrent les TEN comme une solution nécessaire parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique et surtout pour les secteurs difficiles à décarboner. R. Meyer, H. Jeanmart ou A. Laude-Depezay, davantage critiques par rapport aux TEN, considèrent également qu'elles pourraient être utiles pour les émissions résiduelles des secteurs qu'on ne peut décarboner. R. Meyer ne s'y oppose pas totalement non plus en revanche il pense qu'il y a des solutions qui ont des coûts moindres pour faire face au réchauffement climatique. Les autres interviewés insistent de même sur l'obstacle lié au coût économique comme nous pouvons le voir avec l'entretien de Jeanmart :

*« Dans les rapports du GIEC, ils mentionnent que nous ne pouvons pas y arriver si nous ne les (TEN) déployons pas parce qu'ils ont encore une vision de l'économie de la croissance à l'infini (...) C'est pourquoi, je suis assez sceptique sur les contributions des TEN. Je suis sceptique pas parce que c'est impossible, pas parce que je n'y crois pas. C'est juste que je trouve qu'il y a d'autres pistes qui me paraissent moins coûteuses (... )pour arriver au même résultat. »* (Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Le problème de croissance est directement mentionné par H. Jeanmart dans le débat sur les TEN. D'après ce discours, sa représentation de l'économie s'oppose à la croissance. Nous avons vu plus haut qu'il défendait l'idée de la décroissance. Pour lui, les TEN ont été développées dans une vision de l'économie de croissance à l'infini. Il rajoute dès lors qu'il ne croit pas en la contribution des TEN face au réchauffement climatique puisqu'il ne partage pas la vision de la croissance à l'infini. La représentation de l'économie, ici, est déterminante dans sa représentation des TEN de Jeanmart. Il avait vu plus haut) qu'elles pouvaient être utiles pour décarboner certains secteurs mais il ne croit pas aux contributions des TEN pour faire face totalement au réchauffement climatique.

### **Résumé des représentations de la dimension économique**

Les résultats des analyses lexicales permettent de constater que les mots les plus fréquemment associés à l'économie: *changement, transformation, décarboner*. Ces mots témoignent d'une vision négative de l'économie actuelle. Trois des personnes interrogées ont utilisé en plus de cela les mots : *décroissance, réduction des consommations* et de la *production*. Ces mots, ayant une fréquence plus faible que les précédents, soulignent une représentation négative de nos systèmes économiques actuels.

La critique des systèmes économiques renvoie directement à la critique des systèmes énergétiques. La critique des systèmes énergétiques, quant à elle, renvoie aux conséquences environnementales et climatiques de ces derniers (émissions de GES). Il est à noter qu'une nécessité de changer nos économies est pointée et celle-ci est justifiée par les conséquences environnementales qu'elles engendrent (émissions de GES). Parmi la nécessité de changer nos systèmes économiques, les expressions de « *réduction des émissions* » et « *le besoin de décarboner* » peuvent être mises en évidence. Les systèmes économiques sont perçus comme étant problématiques et ayant des conséquences qui seraient mauvaises comme le réchauffement climatique. L'analyse de cette dimension révèle une représentation sociale claire : la nécessité de décarboner nos systèmes économiques.

Une représentation positive de la décroissance peut également être observée. En effet, un rejet de la croissance économique se justifie pour des raisons environnementales. La croissance économique devrait cesser et il faudrait réduire nos productions et consommations pour H. Jeanmart, A. Laude-Depezay et R. Meyer. Ces trois répondants donnent une définition proche de la décroissance et l'évoquent à travers les expressions suivantes « *produire moins, consommer moins* » Jeanmart ; « *réduire la production d'objets et d'énergie* » Depezay, « *réduire la production ou l'extraction des ressources* » Meyer.

Dans les représentations, les TEN ne sont pas perçues comme étant la principale solution pour réduire les problèmes socio-écologiques (émissions importantes de GES engendrant le réchauffement climatique). Elles sont perçues comme pouvant être utiles pour les secteurs difficiles à décarboner.

Par ailleurs, les coûts économiques sont présentés comme un obstacle. La critique des TEN dans la dimension économique renvoie aux problèmes économiques de son déploiement.

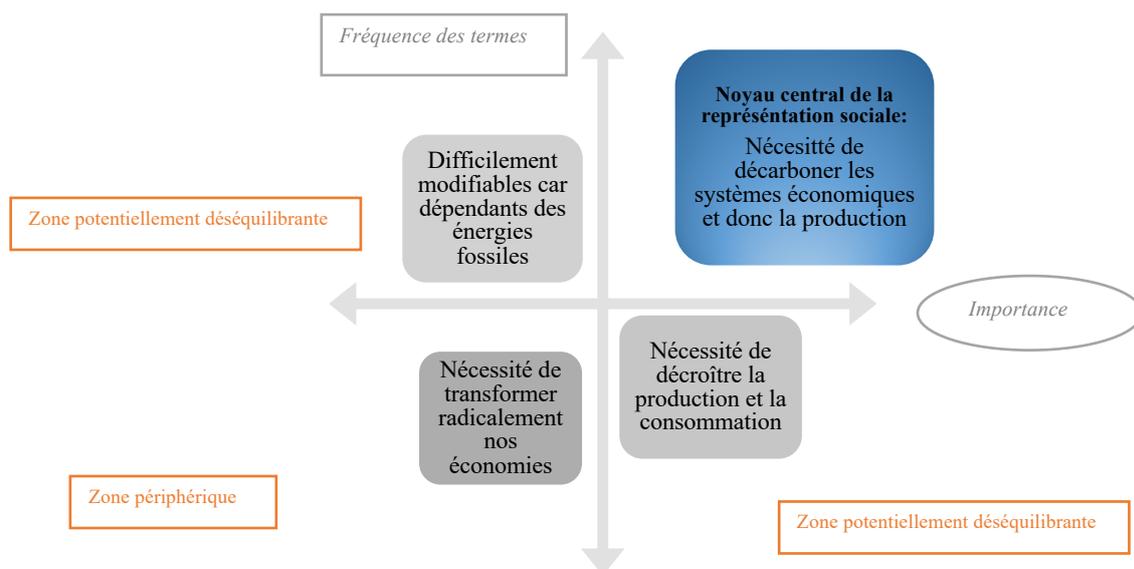
Des convergences apparaissent quant à la place des TEN dans cette « transformation » des systèmes économiques. En effet, S. Selosse, les experts climatiques M. et R., Z. Yilmazoglu, sont plus pessimistes que R. Meyer par rapport à nos capacités de changer nos systèmes économiques. Par conséquent, ils ont davantage tendance à soutenir la place des TEN parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique. Une critique plus importante apparaît : H. Jeanmart et A. Laude-Depezay, partisans de la décroissance, ne croient pas en la contribution très importante des TEN face au réchauffement climatique. H. Jeanmart affirme qu'elles ont été développées dans une vision de croissance de la production économique à l'infini. A. Laude-Depezay ajoute que les TEN et les autres technologies de géo-ingénierie sont promues par des personnes ayant des intérêts économiques.

Néanmoins, le soutien observé n'est qu'un déploiement partiel des TEN, et ce pour les émissions résiduelles des secteurs difficiles à décarboner. Il est vrai que quand on s'oppose au système économique actuel, on peut avoir tendance à rejeter les TEN. En revanche, toutes les personnes

interviewées pointent la nécessité de changer les systèmes économiques et énergétiques. Cela ne donne pourtant pas systématiquement naissance à un rejet des TEN. La variance s’observe davantage dans la place que les universitaires accordent aux TEN. En effet, S. Selosse, Z. Yilmazoglu et les deux experts climatiques belges les considèrent comme des technologies importantes pour les secteurs industriels ou agricoles difficiles à décarboner. H. Jeanmart, R. Meyer et A. Laude-Depezay pensent qu’elles pourraient être utiles pour ces secteurs mais affirment qu’il faut d’abord une décroissance. Pour récapituler, les interviewés prônent un changement de nos systèmes économiques actuels et ceci n’engendre pas inévitablement un rejet total des TEN ou des CSC. Ces dernières sont tout de même considérées comme éventuellement utiles pour les secteurs difficiles à décarboner. Cette dimension permet de faire un constat : le soutien aux TEN et aux CSC est plus important quand elles sont couplées à d’autres solutions.

Cette dimension montre une relation des TEN avec d’autres objets sociaux : argent (coût économique des TEN) ; les systèmes économiques, etc.

Figure sur les représentations sociales des systèmes économiques

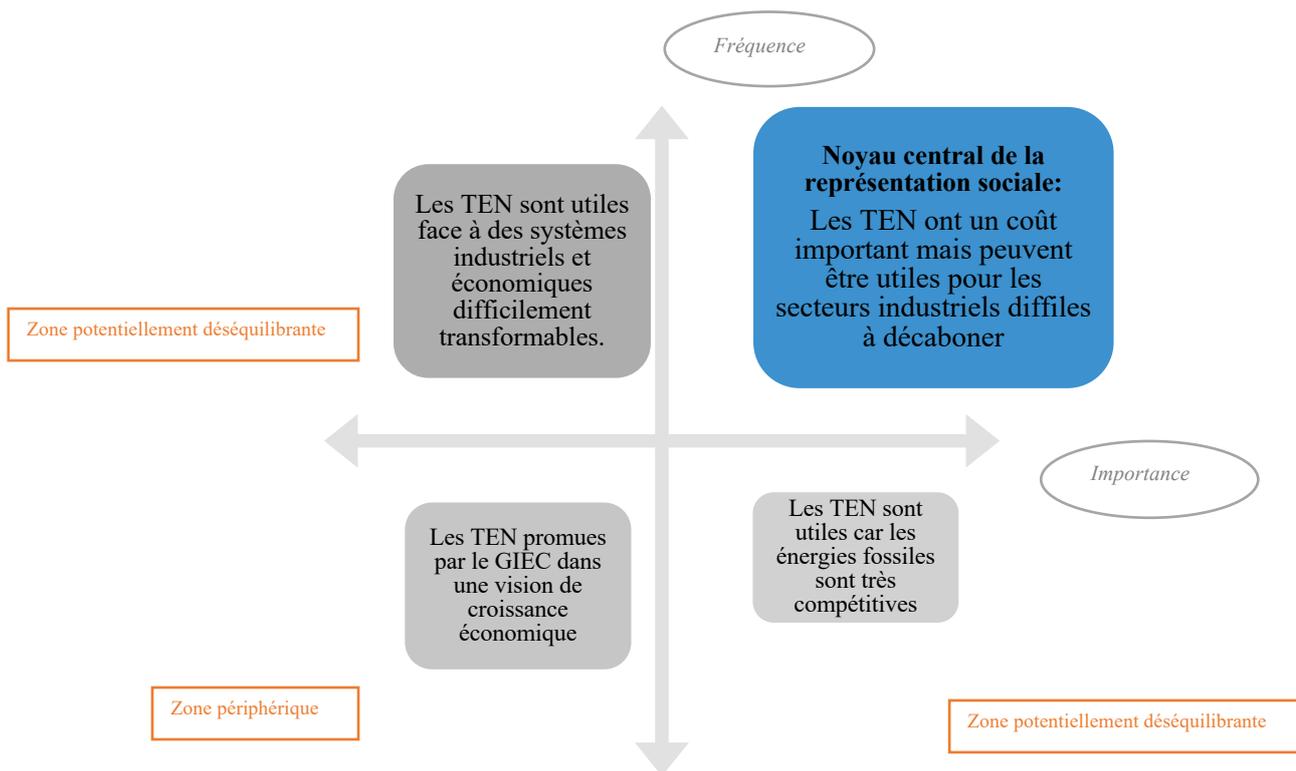


*Les abscisses représentent l'importance accordée à un élément dans une représentation*

*Les ordonnées représentent la fréquence des termes employés pour décrire une représentation.*

Dans la figure ci-dessus au sujet des systèmes économiques, la nécessité de décarboner les modes de production est le noyau central qui ressort des représentations des universitaires des systèmes économiques. Le noyau central est représenté en bleu. Les zones déséquilibrantes mettent en évidence d’une part l’importance qu’accordaient R. Meyer, A. Laude-Depezay et H. Jeanmart au besoin de décroître nos productions et consommations et d’autre part, la représentation la représentation sociale des systèmes économiques difficilement modifiables. La zone périphérique illustre le soutien d’une transformation radicale de nos économies.

Figure sur les représentations des interviewés des TEN par l'analyse de la dimension économique



Les abscisses représentent l'importance accordée à un élément dans une représentation

Les ordonnées représentent la fréquence des termes employés pour décrire une représentation.

La figure ci-dessus sur les TEN au niveau de la dimension économique met en évidence le coût trop important des TEN ainsi que leur potentielle utilité pour les secteurs industriels difficiles à décarboner. Ceci est le noyau central et est représenté en bleu. Les zones déséquilibrantes mettent en lumière dans un premier temps le soutien aux TEN face à des systèmes économiques difficilement transformables et dans un deuxième temps l'utilité des TEN face aux énergies fossiles compétitives. La zone périphérique, quant à elle, illustre la critique des TEN et l'argument qu'elles sont promues dans une vision de croissance économique.

### III. Dimension climatique

Cette dimension soutient que les représentations des TEN sont déterminées par des représentations du réchauffement climatique. J'étudie à présent si les représentations du réchauffement climatique ont une corrélation avec la représentation des TEN en analysant la place que les experts concernés accordent aux TEN parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique.

- *Comment selon vous faudrait-il faire face au réchauffement climatique ?*

- *Quelle place accordez-vous aux émissions négatives parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?*

Une représentation sociale du réchauffement climatique est mise en évidence parmi tous les propos qu'ont tenus les personnes interviewées : le réchauffement climatique est dû aux émissions du CO<sub>2</sub>. En supplément, il faut à tout prix réduire nos émissions pour ne pas franchir le seuil fixé par le GIEC. Dans la représentation sociale qu'ils ont du réchauffement climatique, c'est la crainte des conséquences de celui-ci qui ressort : *élévation du niveau de la mer, changement saisonnier, mouvements des populations*, etc. L'évocation de l'urgence d'agir est également revenue systématiquement. Dans cette idée, H. Jeanmart note la nécessité d'agir de toute urgence puisque le problème est présent et criant :

*« Forte confiance aux scientifiques spécialistes du climat et surtout concernant le seuil à ne pas franchir. Il ne faut pas émettre trop de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère (...) On doit agir de manière urgente. (...) On sera face au problème quand il sera criant et présent -pour moi cela l'est déjà- il sera trop tard. (...) Le réchauffement climatique n'est pas qu'une question de biodiversité et de température pour ma représentation. Il y a toutes les conséquences au niveau des sociétés notamment les mouvements de population. Ces derniers ont déjà lieu aujourd'hui »*  
(Entretien 1 : JEANMART Hervé)

H. Jeanmart utilise l'adjectif « *urgent* » pour qualifier la manière dont nous devons agir pour faire face au réchauffement climatique. Pour lui, c'est un problème « *urgent* », « *présent* » et « *criant* ». Tous ces adjectifs révèlent à quel point H. Jeanmart se soucie du réchauffement climatique. Selon lui, il faut agir dès aujourd'hui sinon il sera trop tard. Les conséquences sont déjà présentes. C'est pourquoi, il est possible de relever qu' H. Jeanmart ne fait pas une distanciation temporelle, c'est-à-dire qu'il ne considère pas que le problème sera visible seulement dans plusieurs décennies. L'évocation des conséquences sociales du réchauffement climatique telles que les mouvements des populations traduit un sentiment d'inquiétude fort important.

L'experte climatique belge R. note également les conséquences catastrophiques du réchauffement climatique et qu'il faut agir :

*« Je pense que tous les rapports du GIEC soulignent les effets catastrophiques du réchauffement climatique et les solutions doivent être trouvées de tous les côtés. »*  
(Entretien 4 : Experte climatique R.)

Il est possible ici d'observer que l'experte climatique R. et H. Jeanmart font confiance aux rapports du GIEC sur la limite à ne pas dépasser.

Pour R. Meyer aussi, les problèmes du réchauffement climatique sont les conséquences de celui-ci: *la sécheresse, l'intensification du cycle de l'eau, les inondations, l'élévation du niveau de mer, etc.* :

« Dans le changement climatique, ce n'est pas l'augmentation de la température qui serait très grave. Il y a toutes les conséquences qui sont dues à celui-ci comme l'intensification du cycle de l'eau qui peuvent être les sécheresses d'un côté et les inondations de l'autre et l'élévation des niveaux de mer, etc. » (Entretien 5 : MEYER Rodolphe)

Z. Yilmazoglu marque comme H. Jeanmart que le réchauffement climatique est bien un problème actuel et non futur puisqu'il ressent déjà les effets de ce dernier :

« Je ne me souviens pas de m'être assis au travail à Ankara en cette saison, en juin, avec un manteau. Au cours des dernières années (...) nous voyons maintenant qu'il y a un changement saisonnier. » (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)

Laude-Depezay recourt à un adjectif fort pour qualifier le réchauffement climatique et ses conséquences : « *dramatique* ». Elle a non seulement des craintes quant au réchauffement climatique mais rajoute que les conséquences de celui-ci seront dramatiques : *extinction massive, conséquences sur la biodiversité, ...* comme nous pouvons le lire dans l'extrait de son interview :

« De mon point de vue, il y a des grosses craintes à avoir et c'est toujours difficile de déterminer l'ampleur mais on sait qu'en termes de la crise actuelle, la biodiversité, l'extinction massive (conséquence du RC) et la combinaison des deux risquent d'être malheureusement assez dramatique ». (Entretien 5 : DEPEZAY Audrey-Laude)

Dans l'ensemble, les discours sont assez proches parmi les réponses des interviewés : le réchauffement climatique est un problème actuel et il faut lutter pour y faire face de manière urgente. Un sentiment d'inquiétude s'observe dans toutes les représentations. Le champ lexical que l'on peut mettre en évidence pour décrire leur représentation du réchauffement climatique illustre leur perception négative de celui-ci : « *problème criant, urgent* » ; « *problème ayant des effets catastrophiques* » ; « *craintes à avoir, conséquences dramatiques* ». Les interviewés évoquent spontanément les conséquences du réchauffement climatique quand je leur demandais leur représentation de celui-ci.

La représentation sociale que l'on peut capturer des interviews en ce qui concerne le réchauffement climatique se résume de cette manière : il y a de fortes craintes quant à ses conséquences sur la météo (*changement saisonnier*) ; sur l'environnement (ex : *sécheresse, inondations*), sur la biodiversité (ex : *l'extinction massive*), sur l'humain (ex : *les mouvements des populations*), etc.

Compte tenu du fait que les interviewés sont des universitaires ayant fait des études scientifiques, les termes employés spontanément sont clairs et sont des termes scientifiques tels que montée des eaux, perturbation des pluies saisonnières, intensification du cycle de l'eau et sécheresse.

Maintenant, penchons-nous sur les solutions qu'ils proposent pour faire face à celui-ci et analysons la place des TEN parmi ces solutions.

Il serait à présent question de vérifier si les représentations des TEN sont déterminées par les représentations du réchauffement climatique à partir des indicateurs hypothétiques initialement formulés :

- Plus le réchauffement climatique est perçu de manière alarmante, plus les TEN sont considérées comme nécessaires ;
- Plus le réchauffement climatique est considéré comme un problème qui peut être en partie résolu par la technologie, plus le soutien aux TEN est important.

Z. Yilmazoglu attire l'attention sur la nécessité de réduire nos émissions de GES à l'échelle mondiale. Il considère également que le renouvelable est une des solutions pour faire face au réchauffement climatique :

*« Cela pourrait (les solutions pour faire face au réchauffement climatique) donc être l'intégration de technologies renouvelables, cela pourrait être la réduction des émissions provenant de la combustion. »* (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)

H. Jeanmart n'est pas très favorable au déploiement des TEN puisqu'il trouve que c'est une solution compliquée à mettre en œuvre. Il cite plutôt le renouvelable, l'efficacité énergétique, la diminution de la demande, de la consommation... Encore une fois, les représentations de l'économie et de la croissance semblent déterminantes dans les représentations des TEN.

*« Je n'ai pas parlé des TEN précédemment (...) dans mes solutions pour faire face au réchauffement climatique. J'ai évoqué le renouvelable, l'efficacité et la diminution de la demande. (...) Je trouve que c'est une manière de trouver des solutions parce que nous ne sommes pas capables de mettre en œuvre les plus évidentes. Je ne vois pas comment une solution plus compliquée serait plus facile à mettre en œuvre alors qu'il y a des solutions plus simples. Tout ce que nous pouvons faire avec de la géo-ingénierie, nous pouvons le faire du jour au lendemain en consommant moins. »* (Entretien 1 : JEANMART Hervé)

L'expert climatique M. rejoint l'idée de la nécessité de réduire les émissions de GES et utilise une analogie : il faut réduire nos émissions de ce fait « *aller à la source du problème* » :

*« Il faut aller vers la source du problème,(...) Le problème c'est que la géo-ingénierie ne va pas à la source du problème. (...) Une métaphore explicative que je pourrais donner est la suivante : il ne faut pas nettoyer sa maison quand le robinet est ouvert.(...) Notre position c'est la position que la Belgique a toujours prise. »*  
(Entretien 3 : Expert climatique M.)

L'analogie faite ici avec le robinet illustre que s'orienter seulement vers la géo-ingénierie comme les TEN c'est comme nettoyer la maison avec le robinet ouvert : il n'est pas utile de le faire car nous ne pourrions obtenir le résultat voulu. Dès lors, il faut d'abord fermer le robinet avant de s'orienter vers les TEN.

Sa collègue, l'experte climatique R. rejoint ses propos quant à la nécessité de réduire les émissions. Pour elle, toutefois, les TEN sont utiles pour compenser les émissions résiduelles des secteurs difficiles à décarboner comme nous l'avons vu ci-dessus :

*« La première chose à faire est de diminuer les émissions partout où cela est possible et la deuxième chose à faire est de pouvoir protéger les puits de carbone naturels. La troisième chose à faire est de pouvoir se développer en tenant compte du principe de précaution, comme les captures de carbone afin de compenser les émissions résiduelles. »* (Entretien 4 : Experte climatique. R.)

Cette représentation de l'utilité des TEN pour les secteurs difficiles à décarboner est partagée par toutes les personnes interviewées comme cela a été vu dans la dimension économique.

Z. Yilmazoglu pense qu'à l'avenir, les TEN seront utiles face à l'augmentation de la demande:

*« Ce sont des technologies très importantes (les TEN), (...) À l'avenir, je pense qu'elles auront une place importante dans un contexte d'augmentation de la demande énergétique et la mise en place (...) d'émissions négatives sera dès lors très utile. »*  
(Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)

Pour S. Selosse, les TEN peuvent être utiles parmi toutes les technologies pour faire face au réchauffement climatique. Elle justifie en disant que les systèmes énergétiques ne se seront pas assez transformés. Les TEN deviendront « *un secours* » pour atteindre notre objectif climatique de 1,5°C.

*« Oui, parmi les technologies pour faire face au réchauffement climatique, il y a les TEN sachant que de plus en plus, on n'a pas avancé dans notre transformation, on ne pourra plus faire sans notamment pour 1,5°C. (...) Pour moi, c'est plutôt la technologie de secours pour réussir à atteindre nos objectifs qu'on s'est donnés parce qu'on n'aura pas assez transformé le reste du système pour pouvoir atteindre nos objectifs climatiques. »* (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

Selon Z. Yilmazoglu et S. Selosse, les TEN seront nécessaires dans un contexte d'augmentation de la demande énergétique pour atteindre l'objectif climatique de +1,5°C, +2°C. L'experte climatique R. les considère aussi utiles pour les objectifs climatiques. Par ailleurs, S. Selosse les qualifie de technologie « *de secours* ». L'usage de ce nom est porteur de sens dans sa représentation des TEN : les TEN couplées à d'autres solutions, selon elle, peuvent permettre de secourir, sauver les humains face à la situation difficile du réchauffement climatique.

Laude-Depezay, quant à elle, ne trouve pas que les TEN sont une technologie qui « sauvera » l'humanité. Elle souligne qu'elles ne viendront pas nous sauver mais rejoint l'idée que le déploiement de ces dernières pour certains secteurs permettrait d'atteindre l'objectif climatique de +1,8°C. Pour elle, également, la solution serait de se tourner vers les énergies renouvelables, le gaz naturel et la réduction de la consommation énergétique :

*« Tel que c'est présenté, je trouve que c'est un peu mensonger. (...) La BECCS, c'est super, ça va tous nous sauver (...) Non, ce n'est pas La BECCS, seule, en tout cas, selon moi. De tout façon, la grande part appartient aux énergies renouvelables, le passage au charbon au gaz naturel et à la réduction de la consommation énergétique. En revanche, ce qui fait la limite, le passage de 1,8 à 2°C, c'est quasiment toujours la BECCS + CSC. »* (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)

### **Résumé des représentations des TEN au niveau de la dimension climatique**

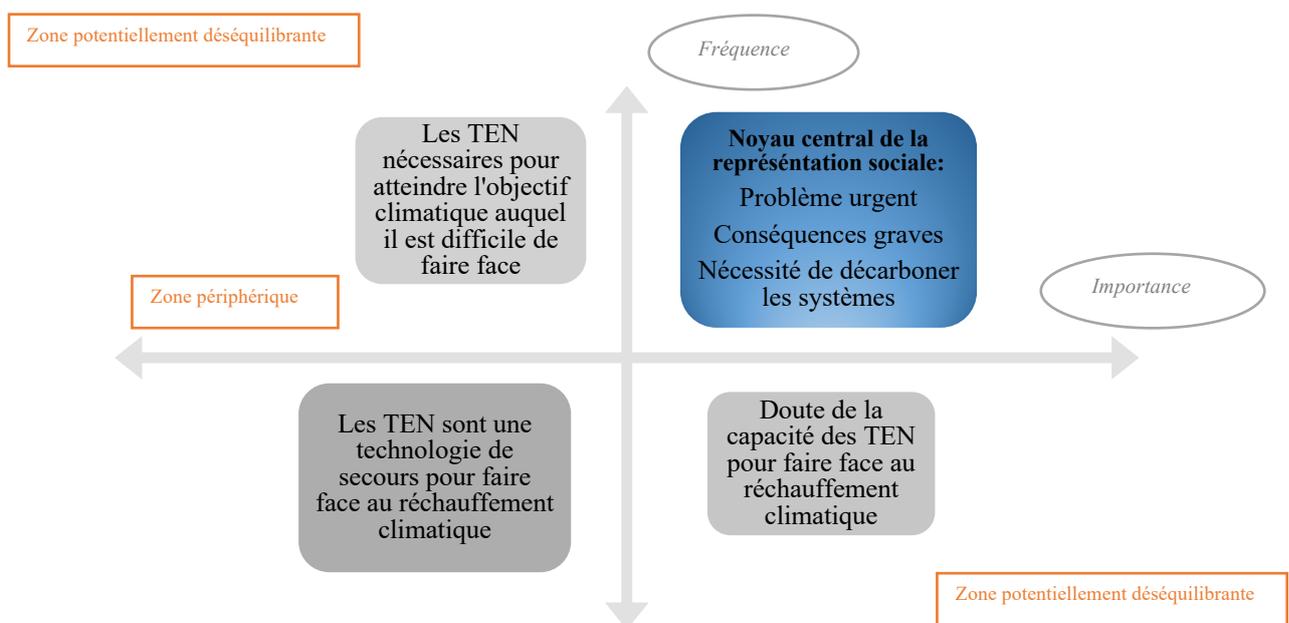
La question sur le réchauffement climatique permet d'obtenir des informations sur les éléments susceptibles d'être les éléments centraux ou périphériques de la représentation sociale. Chez ces universitaires, on observe deux éléments saillants : (1) l'urgence d'agir est l'élément susceptible de constituer le noyau central de la représentation du réchauffement climatique et (2) les conséquences graves du réchauffement climatique. Le deuxième élément contient des expressions de l'environnement : *l'intensification du cycle de l'eau, les sécheresses, les inondations, l'élévation des niveaux de mer, crise de la biodiversité...*

Au sein des différentes représentations sur la place des TEN parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique, une constante peut être observée: la transformation de nos systèmes énergétiques est une nécessité de ce fait la solution doit être traitée davantage en amont. Les TEN sont perçues comme étant une solution en aval qui ne résolvent point le problème à la source.

Z. Yilmazoglu et S. Selosse accordent davantage d'importance aux TEN parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique. H. Jeanmart et A. Laude-Depezay ne les trouvent pas faciles à mettre en œuvre. Les experts climatiques pensent qu'elles seront utiles pour les objectifs climatiques. Néanmoins, il faut, selon tous les interviewés, diminuer en premier lieu les émissions de GES.

Même si le réchauffement climatique est perçu de manière alarmante, les TEN n'ont pas pour autant systématiquement été considérées comme une nécessité. L'indicateur hypothétique formulé initialement : « plus le réchauffement climatique est perçu de manière alarmante, plus les TEN sont considérées comme nécessaires » a été réfuté. Par ailleurs, aucune représentation du réchauffement climatique ne pointe que le réchauffement climatique peut être entièrement résolu par la technologie. La représentation sociale qu'ils ont des TEN est un doute de leur capacité pour faire totalement face au réchauffement climatique. En revanche, elles peuvent être utiles pour un déploiement local afin de capturer le CO<sub>2</sub> des émissions résiduelles présentes dans l'atmosphère des secteurs difficiles à décarboner comme vu dans la dimension économique. Cette dimension permet de faire un constat : le soutien aux TEN et aux CSC est plus important quand elles sont couplées à d'autres solutions et est moins important quand elles sont considérées isolément et comme solution principale pour faire face au réchauffement climatique.

Figure sur la représentation du réchauffement climatique et des TEN



*Les abscisses représentent l'importance accordée à un élément dans une représentation*

*Les ordonnées représentent la fréquence des termes employés pour décrire une représentation.*

La figure ci-dessus sur les TEN au niveau de la dimension climatique met en évidence le problème urgent du réchauffement climatique et les conséquences graves. Ceci est le noyau central et est représenté en bleu. Les zones déséquilibrantes mettent en lumière d'une part l'utilité des TEN face à la difficulté de faire face au réchauffement climatique et d'autre part le doute de la capacité des TEN pour faire face au réchauffement climatique. La zone périphérique illustre la représentation des TEN comme technologie de secours pour faire face au réchauffement climatique qui est une représentation peu partagée.

#### IV. Dimension technologique

Cette dimension technologique soutient que les représentations des TEN sont déterminées par les représentations de leur capacité technologique. Dès lors, plusieurs indicateurs hypothétiques initialement formulés seront vérifiés :

- Le soutien aux TEN est proportionnel à la conviction que les technologies sont le moyen principal de résoudre les problèmes climatiques et à la confiance en les capacités des technologies de séquestrer de grande quantité de carbone ;
- Le soutien aux TEN est inversement proportionnel à la méfiance en la capacité technologique et à la conviction que les technologies ne peuvent résoudre le problème climatique.

Pour les vérifier, deux questions ont été posées :

- *Les TEN auront-elles de grandes capacités de séquestration du carbone atmosphérique?*
- *Les TEN et autres technologies peuvent-elles être une solution aux problèmes du système Terre ?*

S. Selosse, qui pense que les TEN sont une solution importante pour faire au réchauffement climatique, ne considère pas qu'elles sont le moyen principal pour y faire face au réchauffement climatique. Elles sont nécessaires mais « *doivent être couplées à d'autres solutions* » ; « *Il faut un portfolio de solutions* ». Elle n'oublie pas de pointer que ces technologies ont plusieurs limites liées au déploiement. De ce fait, elle reste assez critique à leur égard :

*« Pour moi, il n'y a pas qu'une solution, il y a des solutions. Il faut vraiment un portfolio de solutions. Au vu des potentiels, la BECCS a le plus gros potentiel. (...) La DACCS aussi mais là cela dépend aussi de plusieurs facteurs : qui va le déployer ? quelle filière il va y avoir derrière ? A chaque fois, il y a des limites autour de cela. À chaque fois, il y a des freins car il y a d'autres impacts qui posent d'autres soucis. (...) Ces TEN ont oui un certain potentiel de réduction. Pour être suffisant, il faut qu'elles soient couplées aux autres solutions. » (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)*

R. Meyer est critique quant à la faisabilité des TEN. D'après lui, cela coûte cher (comme vu dans la dimension économique) et c'est énergivore. Il insiste de même sur les limites qu'elles pourraient avoir en termes d'impacts environnementaux ou bien la concurrence que pourraient avoir les BECCS avec le secteur agricole. Il pense qu'au niveau des TEN, des solutions peuvent exister mais qu'elles ont des capacités limitées. C'est pourquoi, les volumes de séquestration de carbone ne seront énormes et donc pour lui, la priorité est de réduire les émissions:

*« La DACCS (...) sera très limitée car cela coûte beaucoup trop cher et cela demande beaucoup d'énergie donc cela peut avoir un impact. Les BECCS (...) seront*

*limitées parce que la biomasse (...) va vite être en compétition avec des usages alimentaires, et ce qu'on pourrait faire avec le bois, de la construction, voire avec des agro-carburants qu'on aura peut-être besoin pour décarboner certains secteurs. Toutes les technologies sont limitées. (...) Il faut se rendre compte que ces solutions peuvent exister mais (...), les volumes ne seront pas énormes, qu'il y a pas mal de désavantages et que la priorité est de réduire les émissions. » (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)*

Les critiques à propos des limites de ces technologies sont nombreuses. Même si l'expert climatique M. considère ces dernières comme indispensables pour les ambitions climatiques de la Belgique, il n'oublie point de pointer les désavantages des TEN tels que les problèmes liés au stockage :

*« CSC et BECCS, ce sont les deux technologies qui peuvent être utiles pour nos ambitions(...) En revanche, pour beaucoup de ces technologies, il y a encore nombreux désavantages. Il y a des soucis de responsabilité au niveau du stockage d'un point de vue juridique. Si tu stockes un grand nombre de (...) CO<sub>2</sub>, qui en serait responsable ? » (Entretien 3 : Expert climatique M.)*

Bien que Z. Yilmazoglu pointe la limite des coûts, il pense tout de même qu'en plus des réductions des émissions de GES, les développements technologiques, dont les TEN, peuvent être utiles :

*« Réduire les émissions de dioxyde de carbone en Europe ne suffit pas. Nous devons définir un processus de transition (...). À l'avenir, devons-nous avoir des carburants fortement émetteurs de carbone ou devons-nous nous tourner vers différentes technologies ? L'hydrogène est ici au premier plan. (...) Les TEN pourront avoir une place importante dans notre environnement. » (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)*

Pourtant, il n'est pas convaincu que les technologies peuvent résoudre systématiquement tous les problèmes climatiques et environnementaux. Il argumente en disant que parfois, il est difficile de contrôler la nature qui a ses propres lois et de ce fait il faut éviter d'atteindre le point de non-retour du système Terre :

*« Seront-elles capables de maintenir les émissions dans l'atmosphère et d'amener les niveaux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère à 380 PPM comme avant ? Y aura-t-il moins de réchauffement climatique ? Si nous regardons scientifiquement, oui c'est possible. Mais encore une fois, si on regarde le design dans la nature, c'est tout le point d'interrogation, car parfois la nature a ses lois (...) Nous*

*avons peut-être atteint le point de non-retour dans certains systèmes.» (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)*

Laude-Depezay est plus critique quant au déploiement des TEN car plusieurs obstacles posent problème : le coût est important et une nouvelle technologie met énormément de temps à s'installer :

*« Un autre souci important est le problème de timing. La BECSS met longtemps avant d'être installée. Vous savez, on dit qu'en France il faut 8 ans pour installer une éolienne et pour la technologie CSC, c'est pareil. » (Entretien 5 : LAUDE-SEPEZAY Audrey)*

Par ailleurs, elle pense que le potentiel de séquestration du carbone des TEN est surestimé. Pourtant, elle ne dit pas qu'on ne va pas les mettre en place. Elle pense seulement que les TEN ne seront pas déployées en masse et à l'échelle mondiale:

*« Je pense que le potentiel est surestimé. (...) Cela ne veut pas dire qu'il ne faut pas la mettre en place. Cela veut plutôt dire qu'on la mettra à mon avis beaucoup moins en place. » (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)*

Elle ajoute aussi que les conséquences de ces technologies ne sont pas connues, ce qui la pousse à être beaucoup plus critique vis-à-vis des TEN. Effectivement, déployer une technologie irréversible avec un impact mondial dont nous ne connaissons pas les résultats n'est pas rassurant d'après elle. Elle qualifie d'ailleurs le soutien total aux TEN (comme solution pour faire face au réchauffement climatique) de « *science-fiction* ». Dès lors, il est constatable qu'elle ne partage pas la représentation de la maîtrise de la nature « *maîtres et possesseurs de la nature* » de Descartes telle que nous l'avons vu dans le cadre théorique. Pourtant, elle ne s'oppose pas complètement à tous déploiements des TEN. Elle pense qu'elles pourraient être utiles lors des scénarios très graves mais dit qu'être dans ces scénarios est mauvais signe:

*« Je suis très contre les solutions de géo-ingénierie parce que selon moi on ne connaît pas suffisamment les conséquences. (...) Je suis aussi ingénieure de formation. Je n'ai pas peur des technologies. Mais le côté technologie irréversible déployée avec un impact mondial n'est pas super rassurant (...) L'idée qu'on aurait dans peu de temps une maîtrise si forte des sciences et des technologies qu'on pourrait maîtriser le monde est de la science-fiction. Le côté apprenti-sorcier qu'on croit qu'on maîtrise mais on ne maîtrise pas ou autant de chose qu'on le prétend (...) est de la fiction.(...) Après dans les scénarios terribles et dramatiques, certaines formes de l'ingénierie climatique extrême pourraient avoir leur utilité éventuellement. En revanche, être dans ces scénarios serait un très mauvais signe. » (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)*

H. Jeanmart est tout autant critique quant au déploiement des TEN. Même s'il est technicien, il ne pense pas que les technologies seront suffisantes pour faire face au réchauffement climatique. L'idée d'émettre du CO<sub>2</sub> et le récupérer après l'avoir émis n'est pas une solution qu'il souhaite développer :

*« Je suis technicien. J'adore les trucs modernes mais (...) quand je vois l'ampleur du problème, aller chercher du CO<sub>2</sub> à 500 PPM, (...) je préférerais ne pas les émettre. J'aime peut-être mieux l'idée de dire qu'il faut moins rouler à la voiture. (...) La technologie seule ne peut atteindre globalement les objectifs réellement souhaités (...) Nous avons les effets rebonds. (...) Nous n'avons pas cessé d'améliorer l'ensemble des équipements (...) et nous n'avons pas autant consommé autant d'énergie. »*  
(Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Pour lui, le réchauffement climatique est un problème sociétal et non technologique :

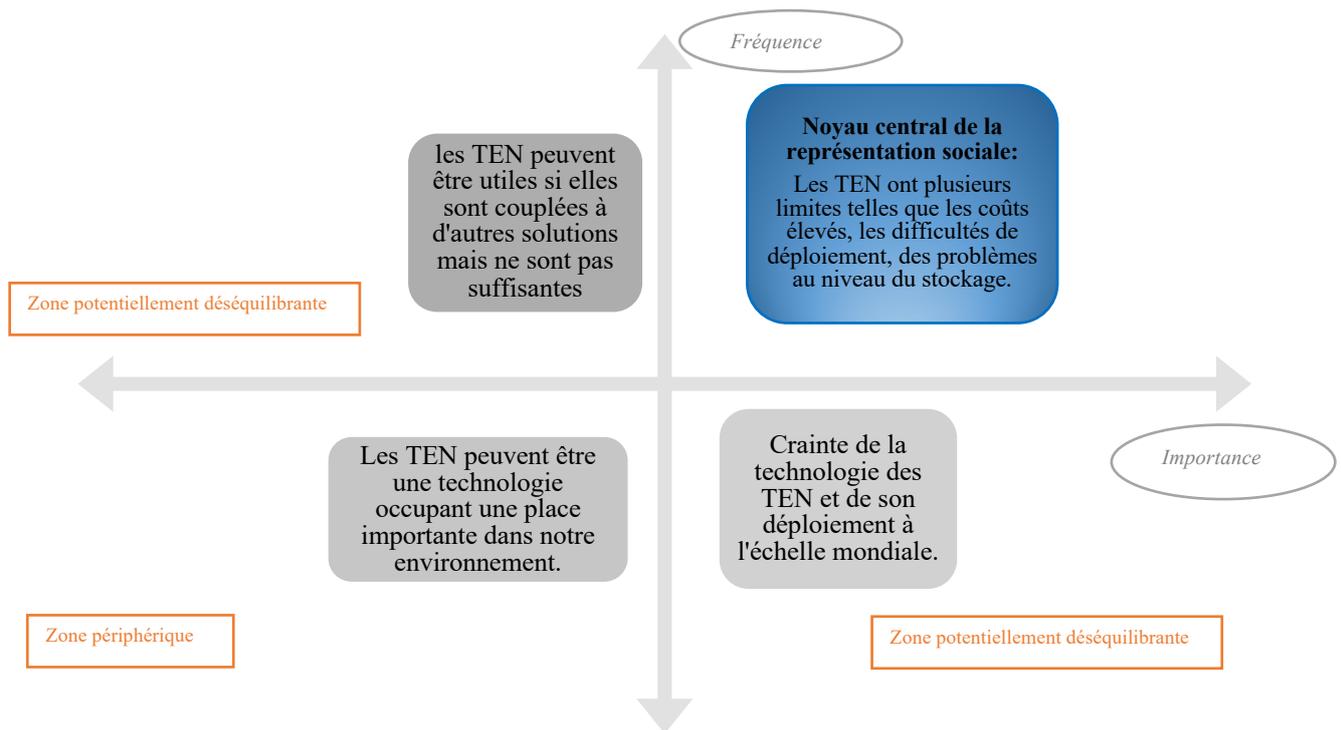
*« La technologie, seule, ne va pas résoudre les problèmes sociétaux. »*  
(Entretien 1 : JEANMART Hervé)

### **Résumé des représentations des TEN au niveau de la dimension technologique**

Parmi les différentes représentations de la capacité technologique des TEN, une constante est observée : les TEN ne pourront contribuer à faire face, à elles seules, au réchauffement climatique. L'incertitude est liée au fait que cette technologie n'a jamais été utilisée à long terme et à grande échelle. Cela suscite un certain nombre de préoccupations lors des interrogations. Cette inquiétude sur les implications à long terme telles que les conséquences environnementales impliquent des critiques des TEN. Les interviewés mettent l'accent sur les limites économiques (coûts), environnementaux (impacts) et politiques (liées à la concurrence avec l'agriculture), le temps (pour les déployer), les risques, etc.

Au niveau de la dimension technologique, nous pouvons retenir que les personnes interrogées se décrivent sensibles aux coûts énergétiques et respectueuses de l'environnement. Un très grand optimisme technologique à l'égard des TEN n'a pas pu être observé à travers les représentations des interviewés. Deux groupes peuvent être mis en évidence : (1) d'une part, S. Selosse, Z. Yilmazoglu et les deux experts climatiques belges disent que les TEN peuvent être utiles couplées à d'autres solutions de réduction des émissions de GES et (2) H. Jeanmart et A. Laude-Depezay qui expriment une crainte plus importante quant au déploiement d'une technologie irréversible et difficile à déployer à l'échelle mondiale. Il est utile de souligner que le premier groupe ne soutient pas totalement le déploiement des TEN et que le deuxième ne s'y oppose pas complètement. Dès lors, une constante est retenue : toutes les personnes interviewées s'interrogent sur les nombreuses limites des TEN, citées plus haut, mais pensent qu'elles peuvent avoir leur utilité pour décarboner certains secteurs.

## Figure des représentations sociales des TEN au niveau de la dimension technologique



*Les abscisses représentent l'importance accordée à un élément dans une représentation*

*Les ordonnées représentent la fréquence des termes employés pour décrire une représentation.*

Les éléments cités fréquemment sont les limites des TEN. Ces éléments représentent le noyau central des représentations sociales des TEN. Le noyau central est représenté en bleu dans la figure ci-dessus. Les éléments se trouvant dans les zones potentiellement déséquilibrantes en gris sont : (1) l'évocation de l'utilité des TEN si elles sont couplées d'autres solutions. La fréquence de cette position était importante ; (2) La crainte du côté irréversible du déploiement à l'échelle mondiale des TEN. L'élément périphérique de la représentation sociale des TEN est représenté également en gris. Les TEN sont perçues comme une technologie qui pourrait occuper une place importante dans notre environnement pour les ambitions climatiques selon Z. Yilmazoglu.

### *V. Dimension sociale*

Les représentations des TEN sont déterminées par des représentations de la société et sa capacité à agir. Il convient donc d'analyser la perception qu'ont les individus sur la capacité des humains à changer leurs habitudes et leurs modes de vie. Il s'agit de vérifier les hypothèses suivantes :

- le soutien aux TEN est proportionnel à la méfiance quant à la capacité des humains à changer rapidement de mode de vie
- et est inversement proportionnel à la confiance en la capacité des humains à changer leurs modes de vie.

Afin de vérifier cette hypothèse, la question suivante fut posée : *Pensez-vous que les sociétés changeront et diminueront leurs émissions face au réchauffement climatique dans un avenir proche ?*

H. Jeanmart propose une transformation radicale de la société. Il dit ne pas partager la même opinion que le GIEC qui, selon lui, ne propose pas la même transformation de la société. C'est pourquoi, il rajoute qu'il ne partage pas les mêmes représentations des TEN que les scientifiques du GIEC. Pour lui, la solution devrait être une transition « *plus radicale* ». Il est possible de comprendre qu'il veut un changement très important des sociétés :

*J'appelle transition au sens très large du terme. (...) Ce que je propose est plus radical car il n'y pas qu'une transition énergétique, elle est aussi sociétale. Ce que propose le GIEC est une transition moins agressive puisque nous disons aux gens, vivez comme maintenant, ce que nous allons faire tout simplement c'est aller puiser dans l'atmosphère le CO<sub>2</sub> que vous émettez à la sortie de votre pot d'échappement »*  
(Entretien 1 : JEANMART Hervé)

En effet, pour H. Jeanmart, le problème du réchauffement climatique est sociétal et ne peut être résout par la technologie :

*C'est une vision très restreinte de nos sociétés de penser que tous problèmes peuvent se résoudre par la technologie. (...) C'est un problème global de société. »*  
(Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Laude-Depezay, comme H. Jeanmart, pense que le GIEC ne propose pas de modèles tenant compte des changements sociétaux :

*« Les modèles sont très macros, très agrégés(...). Les résultats ont beaucoup de mal à intégrer (...) des changements sociaux. »* (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)

S. Selosse pense également que notre société actuelle, fortement émettrice de GES, n'est pas tenable et qu'il faut la changer de toute urgence. Pour elle, la technologie, à elle seule, ne suffira pas et qu'il faut dès lors repenser nos façons de vivre et certains changements de comportement :

*« Nos sociétés se sont construites d'une certaine manière, en utilisant un certain nombre de ressources qui émettent énormément de GES. Et cette société n'est plus tenable maintenant. Il y a un peu de retard dans l'action. (...) Il y a une urgence, il faut changer (...) la société. Ce n'est pas que les technologies qui devraient être mises en place mais il faudrait repenser nos façons de vivre. Il faut accepter certains*

*changements de comportements. Tout un système dans son ensemble qui doit changer au plus vite mais d'une manière réfléchie et coordonnée.* » (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

En revanche, elle ajoute qu'il faut certes changer mais tout le monde n'est pas prêt à le faire. C'est pourquoi, nous ne pouvons nous passer des TEN. Elle rajoute qu'il y a des comportements qui ne sont pas du tout économes en énergie et de ce fait, les TEN deviennent utiles. Elle explique que si nous n'avancions pas dans la transformation sociétale, l'objectif climatique de 1,5°C sera difficile à atteindre sans les TEN:

*« Tout le monde n'est pas prêt à changer. Il y a des comportements qui ne sont pas du tout économes en énergie. On est loin de la lutte contre le réchauffement climatique. (...) Est-ce que c'est possible sans ? A quel coût, à quelles conséquences sur nos façons de vivre ? (...) Là est le sujet. Oui, parmi les technologies pour faire face au réchauffement climatique, il y a les TEN sachant que de plus en plus, on n'a pas avancé dans notre transformation, on ne pourra plus faire sans notamment pour 1,5°C. C'est ce que montre le rapport du GIEC. Pour atteindre cet objectif, on ne peut se passer des TEN »* (Entretien 2 : SELOSSE Sandrine)

On observe également qu'elle a une forte confiance dans le rapport du GIEC puisqu'elle justifie son discours en se basant sur le rapport. Or, A. Laude-Depezay et H. Jeanmart disent qu'ils ne soutenaient pas autant les TEN car le GIEC avait, selon eux, promu ces dernières dans une vision de croissance qui a du mal à intégrer des changements sociétaux.

R. Meyer, quant à lui, pense aussi qu'il faut des changements sociétaux et dans les modes de vie. Il faudrait « décroître » nos consommations mais il ne sait pas si cela sera possible dans un avenir proche. Il ne sait pas par exemple si en France, les gens seraient prêts à abandonner leur voiture:

*« Si on décroissait, la solution serait beaucoup plus facile (...) À quel point, en France, les gens seraient prêts à abandonner leur voiture ? À quel point ils seraient prêts à avoir de plus petites surfaces ? »* (Entretien 6 : MEYER Rodolphe)

H. Jeanmart pense également que les sociétés changeront difficilement. Il fait une comparaison avec le navire Ever-Given qui est resté bloqué sur le canal de Suez et qui a bloqué tout le trafic. Pour lui, la société est difficilement transformable comme il était difficile de faire changer la direction du navire. Par ailleurs, il ajoute que les humains ne changent pas automatiquement. Il faut que le danger soit perceptible pour que ces derniers changent étant donné que l'être humain a du mal à se projeter:

*« C'est une société qui s'est mise dans un mode et qui a du mal à changer. On l'a bien vu quand un bateau de 220 000 tonnes s'échoue dans le canal de Suez et bloqua*

*tout le trafic. Il faut imaginer que notre société est un bateau beaucoup plus lourd donc on aura encore plus de mal à changer de direction. (...) Le problème selon moi est qu'on ne change massivement qu'à partir du moment où le danger est véritablement perceptible et devient incontestable et c'est un peu dommage car cela veut dire l'être humain a du mal à se projeter et c'est cela qui va mener à sa perte car il n'est pas capable de se projeter ou de réfléchir de manière très large dans l'espace » (Entretien 6 : JEANMART Hervé)*

Pour lui, puisque l'humain a du mal à se projeter vers le futur, cela va le mener à sa perte. Néanmoins, il n'est pas totalement pessimiste quant à la capacité de la société de changer. En effet, il échange avec des académiciens en sciences humaines et croit tout de même qu'il serait possible si une fraction importante de la population veuille changer, que la masse suive :

*« Mes amis en sciences humaines (...) disent que s'il y a une fraction importante de gens qui veulent changer, il y a toujours une masse silencieuse qui est prête à suivre. Il ne faut pas que la majorité change pour que cela change, il faut qu'il y ait une minorité positive qui montre qu'il y a une voie importante et significative qui donnera lieu à l'adhésion d'une grande majorité qui est prête à changer. » (Entretien 1 : JEANMART Hervé)*

Laude-Depezay est davantage optimiste quant à la possibilité des changements des sociétés. Étant professeure à l'université, elle observe déjà des représentations du réchauffement climatique qui évoluent. Elle cite par exemple que les pensées changent et que les étudiants parlent de plus en plus de décroissance. Elle ajoute qu'aujourd'hui les gens se rendent compte qu'il faut éviter de faire perdurer le réchauffement climatique et qu'on observe une vague de « *pro-écologie* » très importante. Selon elle, tous ces constats montrent à quel point les sociétés changent. Sa critique des TENDANCES semble proportionnelle en la croyance qu'elle a de la montée des intérêts climatique parmi la population jeune :

*« Parmi les étudiants, j'observe que les pensées changent. On va en parler de plus en plus (...) en plus de la décroissance. Aujourd'hui, je pense que la plupart des gens savent qu'il faut s'adapter et éviter de faire perdurer le changement climatique. (...) Il n'y a jamais eu une vague de fond pro écologie aussi forte depuis les années 70. » (Entretien 5 : LAUDE-DEPEZAY Audrey)*

L'experte climatique, R. pense également que les changements se constatent d'ores et déjà par les engagements des pays en matière climatique pour être neutres en carbone :

*« Oui, pour moi, la transition est enclenchée avec un signal très fort de l'Europe. On voit de plus en plus de pays qui s'engagent à être neutres en carbone*

*pour 2050 y compris des gros émetteurs comme la Chine et les États-Unis. » (Entretien 4 : R. experte climatique)*

L'analyse des évocations sur la société fait ressortir une représentation importante de la nécessité de changer nos sociétés et nos comportements. Les interviewés pointent systématiquement que la société actuelle n'est pas tenable et qu'elle est responsable du réchauffement climatique : « *le problème est un problème global de société* »; « *Il faut accepter certains changements de comportements* »; « *Les résultats ont beaucoup de mal à intégrer (...) des changements sociaux.* »; « *Moi, j'admettrais que si on décroissait, la solution serait beaucoup plus facile* ».

Une connotation négative de la société actuelle est mise en évidence parmi les discours. Les évocations de la nécessité de changer nos comportements, de décroître nos consommations, nos façons de vivre, nos lieux de vie, nos modes de transport en témoignent. Les mots et expressions « *radical* » ; « *repenser nos façons de vivre* » ; « *abandonner leur voiture* » ; « *mouvements écolos* » ; « *habiter dans de plus petites surfaces* » insistent particulièrement sur la question de changer nos sociétés.

Bien que les participants de cette analyse partagent cette évaluation négative de nos sociétés, ils ne sont pas très optimistes quant à la possibilité de changer les sociétés rapidement. Il y a eu trois catégories de réponses : (1) d'une part, S. Selosse et Z. Yilmazoglu pensent que les sociétés changeront très lentement et dès lors, ils notent que les TEN sont utiles pour accompagner cette transformation ; (2) R. Meyer et H. Jeanmart trouvent également que les sociétés se transformeront difficilement or ils relèvent une lueur d'espoir. Pour H. Jeanmart, les individus pourraient changer leur mode de vie, mais qu'une sorte de « crise » serait nécessaire avant qu'ils ne soient prêts à le faire. (3) Pour l'experte climatique belge R., et pour A. Laude-Depezay, les changements s'observent d'ores et déjà de ce fait elles sont plus optimistes quant à la possibilité de transformer nos sociétés.

Un autre argument revient dans les changements sociétaux : celui de la décroissance démographique. H. Jeanmart propose des politiques qui inciteraient les personnes à faire moins d'enfants. Pour lui, les humains sont trop nombreux sur Terre :

*Quand on compare le nombre d'êtres humains sur Terre et le nombre d'animaux sauvages, on se rend compte que le nombre d'êtres humains est trop important. Il faut utiliser des politiques pour inciter les gens à faire moins d'enfants.»*  
(Entretien 1 : JEANMART Hervé)

Z. Yilmazoglu pense aussi que nous sommes trop nombreux sur Terre, ce qui est une des causes des émissions de GES causant le réchauffement climatique. Il qualifie de « *problème* » l'augmentation

de la population et qualifie de « *surpopulation* » le nombre d'humains sur Terre. Pour lui, la croissance démographique a pour conséquence l'augmentation de la demande en aliments et en énergie :

*« Il y a dix ans, quand la population mondiale était de sept (...), nous nous demandions comment nous allions faire (...) Aujourd'hui, nous dépassons les huit milliards. Il y a donc une croissance démographique incroyable ce qui est un problème. Il y a une augmentation incroyable de la demande. Cette augmentation de la demande ne concerne pas seulement les aliments (...), mais aussi l'énergie. »* (Entretien 7 : YILMAZOGLU Zeki)

### **Résumé des représentations des TEN au niveau de la dimension sociétale**

La représentation sociale des TEN partagée par toutes et tous au niveau de la dimension sociétale est qu'il faut d'abord transformer nos sociétés afin qu'elles soient moins émettrices de GES. Ils pointent une nécessité de changer nos modes de vie et nos consommations puisque nos façons de vivre et nos comportements ne sont pas économes en énergie. H. Jeanmart et Z. Yilmazoglu proposent par ailleurs une autre solution : connaître une transition démographique. Selon eux, la croissance démographique engendre une croissance de la consommation et de ce fait une croissance des émissions de GES.

Dans cette dimension, des variations s'observent quant à la confiance en la capacité des humains à changer rapidement de modes de vie. Quand S. Selosse et Z. Yilmazoglu pensent que les sociétés ne sont pas encore prêtes à changer, A. Laude-Depezay trouve que des changements s'observent d'ores et déjà dans les comportements et les représentations des jeunes. L'experte climatique R. souligne que des changements se constatent dans la politique car des pays s'engagent à être neutres en carbone. R. Meyer et l'expert climatique M. ne savent prédire si les sociétés changeront pour ne pas dépasser le seuil climatique de +2°C. H. Jeanmart, quant à lui, pense que les sociétés changeront quand les impacts environnementaux seront graves mais il a tout de même une lueur d'espoir : si une petite fraction de la population change, peut-être qu'une masse la suivra.

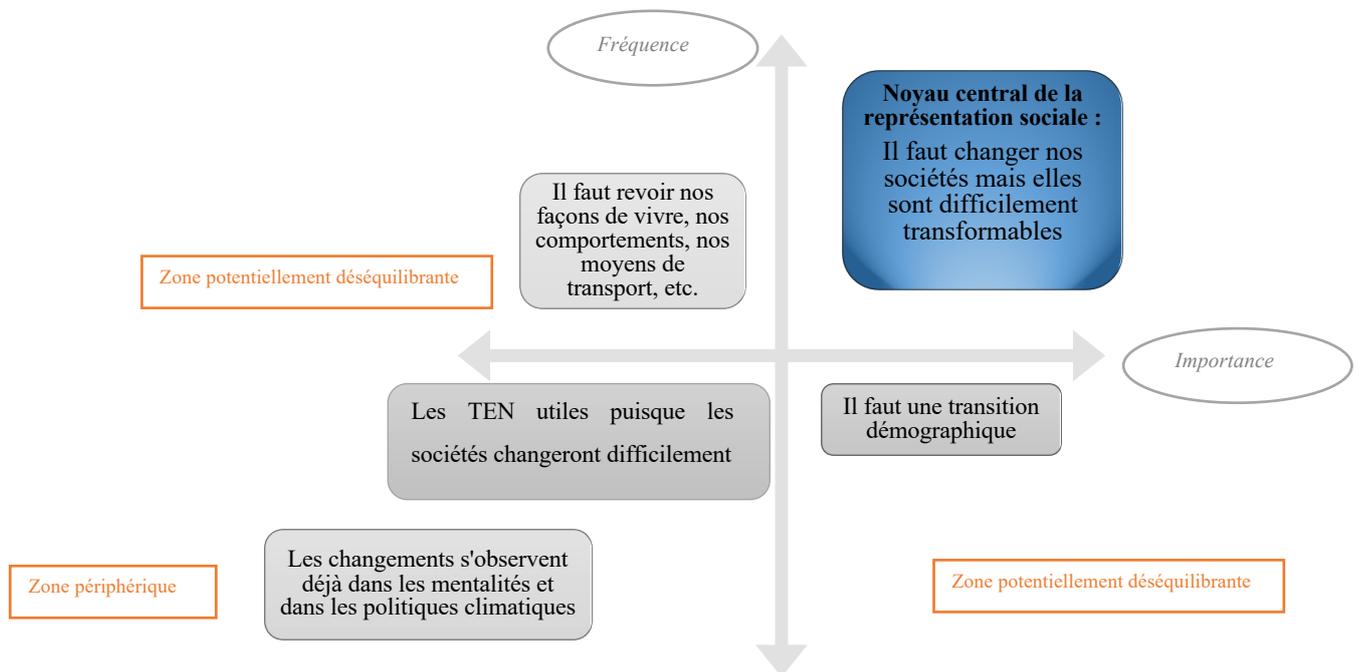
Il est possible d'apercevoir que le soutien aux TEN est parfois proportionnel à la méfiance quant à la capacité des humains à changer rapidement de modes de vie mais cela n'est pas une constante. R. Meyer et H. Jeanmart savent que les sociétés auront du mal à changer mais sont plus optimistes que S. Selosse et Z. Yilmazoglu. A. Laude-Depezay est celle qui critique le plus les TEN (avec H. Jeanmart) et c'est celle qui est également la plus optimiste en la montée des intérêts climatiques parmi les jeunes.

Le constat général observé est le suivant : les interviewés sont incertains quant à la capacité de la société de se transformer rapidement pour faire face au réchauffement climatique. D'ailleurs, c'est à

ce niveau que les TEN deviennent utiles pour S. Selosse. Les doutes quant à la faisabilité des changements des modes de vie n'ont pas systématiquement donné lieu à un soutien des TEN. H. Jeanmart et R. Meyer sont conscients que les sociétés se transformeront difficilement or ils privilégient d'autres solutions que les TEN telles que l'efficacité énergétique.

Finalement, l'hypothèse que le soutien aux TEN est proportionnel à la méfiance quant à la capacité des humains à changer rapidement de mode de vie est infirmée. En effet, malgré son petit optimisme, Jeanmart ne pense pas que les humains changeront rapidement pourtant il ne soutient qu'un très faible déploiement des TEN.

La figure ci-dessous résume la représentation des TEN au niveau de la dimension sociétale



*Les abscisses représentent l'importance accordée à un élément dans une représentation*

*Les ordonnées représentent la fréquence des termes employés pour décrire une représentation.*

En résumé, la nécessité d'un changement global et sociétal est l'un des éléments les plus cités lors des enquêtes et représente le noyau central de la représentation sociale des TEN au niveau de la dimension sociétale et est représenté en bleu dans la figure ci-dessus. Ces sociétés sont perçues comme étant difficilement transformables. Pour certains des interrogés, il faudrait revoir nos comportements, d'autres comme H. Jeanmart et Z. Yilmazoglu pointent la nécessité d'une transition démographique. Ces représentations sont donc placées en zones potentiellement déséquilibrantes. L'utilité des TEN face aux sociétés difficilement transformables ainsi que la croyance en la capacité des sociétés de changer se trouvent en zone périphérique.

## **II. Limites de l'étude**

Il est clair que certaines variables n'ont pu être étudiées pour examiner les représentations des individus sur les TEN telles que la variable du statut socioéconomique, leurs caractéristiques personnelles comme leurs âges, leurs situations familiales ou encore celle de leur région géographique. L'échantillon était limité. Ces variables auraient certainement permis d'intégrer d'autres perspectives d'analyse. En effet, il se pourrait que des personnes issues de pays dans lesquels la confiance dans les technologies est très importante tels que le Japon seraient plus favorables aux TEN. Il se pourrait également que les scientifiques issus de pays où les questions environnementales sont davantage prises en compte dans le gouvernement, comme la Finlande, seraient moins favorables au déploiement des TEN à cause de ses éventuels impacts environnementaux.

Il aurait été intéressant d'élargir l'analyse à une plus grande population, de recueillir le sentiment de davantage de personnes concernant les TEN, des jeunes, des journalistes, des politiciens, etc. De la sorte, il aurait été possible d'étudier la représentation de la société en général au sujet des TEN et non seulement celle que des universitaires. En revanche, il était difficile de trouver une personne non-universitaire ou non-experte pouvant comprendre ce que sont les TEN, comment elles fonctionnent et quelles sont les limites. Mon sujet de mémoire, étant fort technique, limitait l'échantillon des personnes qui pouvaient être interviewées. Par ailleurs, les politiciens que j'ai contactés m'ont dit qu'ils étaient occupés.

Il faut signaler aussi que lors d'un entretien semi-directif, compte tenu du fait qu'il nécessite des éclaircissements de réponses, les interviewés ont parfois développé des réponses à d'autres questions que celles initialement posées. En effet, les interviewés ont traité des technologies de CSC alors qu'à l'origine, le thème du mémoire était « les émissions négatives ». C'est ainsi, que j'ai décidé de revoir le sous-titre de mon mémoire. Par ailleurs, le temps parfois ne suffit pas pour l'approfondissement de tous les arguments afin d'analyser encore plus les représentations.

## CONCLUSION GENERALE

L'objet du présent mémoire était d'étudier la dynamique des représentations sociales sur les TEN chez les universitaires. Cette recherche s'est articulée sur les représentations des TEN de sept experts et la relation des représentations de l'environnement, de l'économie et des TEN.

L'idée était d'analyser quels étaient les arguments dans les opinions positives et négatives au sujet des TEN. La méthodologie de recherche de ce mémoire était essentiellement qualitative de type exploratoire, c'est-à-dire qu'elle se basait sur des entretiens semi-directifs. Cette étude, bien que non généralisable, permet d'arriver à des observations et des conclusions intéressantes.

La problématique a questionné la nature de l'interrelation entre les représentations sur les TEN et le rapport entre environnement et économie: **Quelles sont les différentes représentations au sujet des technologies d'émissions négatives et en quoi sont-elles déterminées par des représentations de l'économie et de l'environnement ?** Sauf les experts climatiques belges, les interviewés ont dit avoir défendu leur propre position. Même s'il est difficile d'en retirer une seule tendance forte, l'enquête révèle que l'environnement, le coût économique et les représentations quant à la possibilité de changer nos systèmes économiques sont au cœur des discours au sujet des TEN. En effet, l'analyse des réponses à l'enquête dévoile que les dimensions économique et environnementale dominent largement les représentations des TEN.

Une représentation sociale est partagée : la nature est un milieu physique touché par les interventions humaines et il faut la protéger. Les personnes interrogées ont pointé systématiquement les impacts environnementaux des TEN ainsi que la nécessité d'être vigilant par rapport à ces derniers lors de leur éventuel déploiement. Les préoccupations des impacts environnementaux des TEN tels que l'acidification des océans, la déforestation, sont le noyau central de la représentation sociale des TEN. Bien que les critiques des impacts environnementaux que pourraient avoir les TEN ont été fréquentes, cela ne donne néanmoins pas lieu à un rejet absolu des TEN. Ainsi, l'experte climatique belge R., par exemple, défend l'idée qu'il faut mettre en place des BECCS pour respecter les engagements de la Belgique tout en veillant à ce que la nature et la biodiversité soient protégées.

Une autre constante est revenue dans la dimension climatique et a permis de mettre en lumière un autre noyau central de la représentation sociale : les personnes interrogées pointent que les TEN, à elles seules, ne peuvent contribuer à faire face au réchauffement climatique et que le coût élevé de ces technologies est un obstacle pour leur déploiement. Dans ce cas-ci, les technologies ne sont pas perçues comme étant la principale solution pour faire face aux problèmes socio-écologiques liés aux émissions fortes de GES engendrant le réchauffement climatique. Les énergies renouvelables sont davantage promues que les TEN par toutes les personnes interviewées.

Une partie des interviewés considèrent que les TEN seront nécessaires pour accompagner la transformation de nos systèmes énergétiques alors que les autres trouvent qu'elles pourraient être utiles pour les émissions résiduelles des secteurs difficiles à décarboner. Toutefois, ces derniers précisent qu'il y a des solutions plus faciles à mettre en place telles que l'efficacité énergétique, l'isolation des bâtiments...

La sous-hypothèse initialement formulée : plus on s'oppose au système économique actuel, plus on aura tendance à rejeter les TEN est réfutée car elle n'est pas une généralité parmi les représentations au sujet des TEN. La critique des systèmes économiques actuels ne donne pas systématiquement naissance à un rejet des TEN.

En définitive, pour répondre au titre du mémoire : les TEN, solution miraculeuse ou aveuglement aberrant ? Sur la base de l'analyse des discours, la représentation sociale qui peut être capturée témoigne d'une préoccupation fondamentale à l'égard du réchauffement climatique et la reconnaissance de la nécessité de réduire les émissions de GES. Aucune des personnes interviewées ne pense que les TEN sont une solution miraculeuse qui va sauver, à elle seule, l'humanité du réchauffement climatique. Une opposition totale et unanime n'est pas non plus une représentation sociale qui ressort des interviews. En effet, les interviewés n'ont en général pas considéré ces technologies comme impossibles à déployer ou comme étant inutiles. Le soutien aux TEN est plus important quand elles sont couplées à d'autres solutions que lorsqu'elles sont considérées isolément. Effectivement, le soutien aux TEN et CSC est conditionné par la mise en œuvre d'une série d'autres options de décarbonisation, en particulier les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

Le groupe d'experts prône une approche intégrée de la décarbonisation, dans laquelle toutes les options sont prises en compte telles que les changements sociaux, les changements des systèmes de production et les options technologiques moins émettrices de carbone telles que le renouvelable. Un consensus s'est dégagé d'une éventuelle utilité des TEN pour les secteurs difficiles à décarboner. Le noyau central de la représentation sociale des TEN est le suivant : **elles peuvent être utiles pour un déploiement à l'échelle locale et pour des émissions résiduelles mais ne pourront contribuer à faire totalement face au réchauffement climatique.**

Les experts n'ont pas une vision de solutionnisme technologique, notion développée par Morozov (Morozov, E. 2014). Gilli (2019) définit la notion de solutionnisme technologique comme *«la croyance que les problèmes peuvent être résolus de manière simple et rapide grâce aux nouvelles technologies.»*

Débattre des TEN ne reflète pas forcément d'une conséquence du solutionnisme technologique et de représentations sociales accordant une grande confiance aux technologies. Le réchauffement climatique place les experts concernés souvent face à des dilemmes, des difficultés, etc. Les rapports

pointent l'urgence or les chiffres des émissions de GES continuent d'augmenter. Face à cela, il est difficile de trouver une solution pour faire face au réchauffement climatique. Se poser la question de savoir si les TEN sont une piste utile et probable pour atténuer le réchauffement climatique n'est pas qu'un débat physique et technologique. Le débat est davantage philosophique : Allons-nous réellement jouer aux apprentis sorciers du climat ? Pouvons-nous nier le fait que sans les TEN comme les BECCS, les objectifs climatiques de 1,5°C sont difficilement atteignables ? C'est face à ce dilemme que les experts concernés ont dû se positionner.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abric, J. (1976). Jeux, conflits et représentations sociales [thèse]. *Marseille (FR): Université de Provence*.
- Abric, J-C. (1987). *Coopération, compétition et représentations sociales*. Suisse. Cousset : DeVal.
- Abric, J. C. (2001). L'approche structurale des représentations sociales: développements récents. *Psychologie et société*, 4(2), 81-104.
- Abric, J. C. (2003). La recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales. *Méthodes d'étude des représentations sociales*, 296.
- Abric, J. C. (1994). Les représentations sociales: aspects théoriques. *Pratiques sociales et représentations*, 2, 11-37.
- Agence Europe. (2021, November 10). La Suède et l'Espagne rejoignent l'engagement à cesser de financer des projets de combustibles fossiles à l'étranger d'ici fin 2022, *Agence Europe-Bulletin Quotidien Europe N°12830*. Retrieved from <https://agenceurope.eu/fr/bulletin/article/12830/29>
- Ahluwalia, M. S., & Patel, U. (2021). *Getting to Net Zero: An Approach for India at CoP-26*. Tech. rep. 13. New Delhi: CSEP.
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (Éds.). (2012). *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision*. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.288998>
- Al-Haj, A. N., & Fulweiler, R. W. (2020). A synthesis of methane emissions from shallow vegetated coastal ecosystems. *Global change biology*, 26(5), 2988-3005.
- Institute for Carbon Removal Law and Policy American University. 2018. What is DACCS. American University Washington DC.
- Institute for Carbon Removal Law and Policy. (2018). *Carbon Removal Fact Sheet: Direct Air Capture with Carbon Storage (DACCS)*. [https://www.american.edu/sis/centers/carbon-removal/upload/icrlp\\_fact\\_sheet\\_daccs\\_181005.pdf](https://www.american.edu/sis/centers/carbon-removal/upload/icrlp_fact_sheet_daccs_181005.pdf)
- Kevin Anderson, G. P. (2016). The trouble with negative emissions-Reliance on negative-emission concepts locks in humankind's carbon addiction. *Science*, 354, 6309.
- Anshelm, J., & Hansson, A. (2014). Battling Promethean dreams and Trojan horses: Revealing the critical discourses of geoengineering. *Energy Research & Social Science*, 2, 135-144.
- Arora, V. K., & Montenegro, A. (2011). Small temperature benefits provided by realistic afforestation efforts. *Nature Geoscience*, 4(8), 514-518.
- Aumont, O., & Bopp, L. (2006). Globalizing results from ocean in situ iron fertilization studies. *Global Biogeochemical Cycles*, 20(2).
- Avanzini, G. (1971). Lanosheere (G. de). —Introduction à la recherche en éducation, 3e éd. *Revue française de pédagogie*, 17(1), 57-58.

- Azar, C., Lindgren, K., Larson, E., & Möllersten, K. (2006). Carbon capture and storage from fossil fuels and biomass—costs and potential role in stabilizing the atmosphere. *Climatic change*, 74(1), 47-79.
- Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D., & Houghton, R. A. (2017). Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss. *Science*, 358(6360), 230-234.
- Bajželj, B., Richards, K. S., Allwood, J. M., Smith, P., Dennis, J. S., Curmi, E., & Gilligan, C. A. (2014). Importance of food-demand management for climate mitigation. *Nature Climate Change*, 4(10), 924-929.
- Barlow, J., Lennox, G. D., Ferreira, J., Berenguer, E., Lees, A. C., Mac Nally, R., ... & Gardner, T. A. (2016). Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, 535(7610), 144-147.
- Bastin, J. F., Finegold, Y., Garcia, C., Mollicone, D., Rezende, M., Routh, D., ... & Crowther, T. W. (2019). The global tree restoration potential. *Science*, 365(6448), 76-79.
- Bayraktarov, E., Saunders, M. I., Abdullah, S., Mills, M., Beher, J., Possingham, H. P., ... & Lovelock, C. E. (2016). The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Applications*, 26(4), 1055-1074.
- Beau, R. (2019). Une perspective philosophique sur la durabilité forte. Pour un écocentrisme relationnel. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 10(1).
- Beck, S., & Mahony, M. (2018). The politics of anticipation: the IPCC and the negative emissions technologies experience. *Global Sustainability*, 1.
- Bellamy, R. (2016). A sociotechnical framework for governing climate engineering. *Science, Technology, & Human Values*, 41(2), 135-162.
- Bellamy, R., & Hulme, M. (2011). Beyond the tipping point: understanding perceptions of abrupt climate change and their implications. *Weather, Climate, and Society*, 3(1), 48-60.
- Ben Larbi, S. (2014). Christophe Bonneuil, Pierre-Benoît Joly, Sciences, techniques et société. Paris, Éd. La Découverte, coll. Repères, 2013, 126 pages. *Questions de communication*, (25), 394-397.
- Betz, G., & Cacean, S. (2012). *Ethical Aspects of Climate Engineering*. KIT Scientific Publishing.
- Bocquet, A. M. (2013). L'engagement environnemental de l'entreprise: quelle responsabilité envers quelles parties prenantes? Les cas Migros et Coop sur le marché agroalimentaire suisse. *Management Avenir*, (6), 35-55.
- Boettcher, M., Chai, F., Cullen, J., Goeschl, T., Lampitt, R., Lenton, A., ... & Wanninkhof, R. (2019). High Level Review of a Wide Range of Proposed Marine Geoengineering Techniques.
- Boidin, B., & Zuideau, B. (2006). Socio-économie de l'environnement et du développement durable: état des lieux et perspectives. *Mondes en développement*, (3), 7-37.

- Boiral, O. (2004). Environnement et économie: une relation équivoque. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 5(2).
- Bourg, D., & Hess, G. (2010). La géo-ingénierie: réduction, adaptation et scénario du désespoir. *Natures Sciences Sociétés*, 18(3), 298-304.
- Boyd, P., & Vivian, C. (2019). Should we fertilize oceans or seed clouds? No one knows. *Nature*, 570(7760), 155-157. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-01790-7>
- Branca-Rosoff, S., & Ramognino, N. (2007). Normes et sciences humaines. *Langage et société*, (1), 7-11.
- Brockerhoff, E. G., Jactel, H., Parrotta, J. A., Quine, C. P., & Sayer, J. (2008). Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity?. *Biodiversity and Conservation*, 17(5), 925-951.
- Buijs, A., Hovardas, T., Figari, H., Castro, P., Devine-Wright, P., Fischer, A., Mouro, C., & Selge, S. (2012). Understanding People's Ideas on Natural Resource Management : Research on Social Representations of Nature. *Society & Natural Resources*, 25(11), 1167-1181. <https://doi.org/10.1080/08941920.2012.670369>
- Caillaud, S. (2010). Représentations sociales et significations des pratiques écologiques: Perspectives de recherche. [*VertigO*] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 10(2), 0-0.
- Canadell, J. G., & Schulze, E. D. (2014). Global potential of biospheric carbon management for climate mitigation. *Nature communications*, 5(1), 1-12.
- Capron, M. E., Stewart, J. R., de Ramon N'Yeurt, A., Chambers, M. D., Kim, J. K., Yarish, C., Jones, A. T., Blaylock, R. B., James, S. C., Fuhrman, R., Sherman, M. T., Piper, D., Harris, G., & Hasan, M. A. (2020). Restoring Pre-Industrial CO2 Levels While Achieving Sustainable Development Goals. *Energies*, 13(18), 4972. <https://doi.org/10.3390/en13184972>
- Carbon Capture Coalition Commends Senate Introduction of the EFFECT Act.* (2019, avril 11). Carbon Capture Coalition. <https://carboncapturecoalition.org/carbon-capture-coalition-commends-senate-introduction-of-the-effect-act/>
- Carr, W., Mercer, A., & Palmer, C. (2012). Public concerns about the ethics of solar radiation management. *Engineering the climate: The ethics of solar radiation management*. Lexington Books, Lahham, 169-186.
- Carton, W., Asiyani, A., Beck, S., Buck, H. J., & Lund, J. F. (2020). Negative emissions and the long history of carbon removal. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(6), e671.
- Carton, W. (2019). "Fixing" climate change by mortgaging the future: negative emissions, spatiotemporal fixes, and the political economy of delay. *Antipode*, 51(3), 750-769.

- Cohen-Scali, V., & Moliner, P. (2008). Représentations sociales et identité: des relations complexes et multiples. *L'orientation scolaire et professionnelle*, (37/4), 465-482.
- Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement- Glasgow Climate Pact. (2021, November). Nations Unies, 10p.
- Corner, A., Parkhill, K., Pidgeon, N., & Vaughan, N. E. (2013). Messing with nature? Exploring public perceptions of geoengineering in the UK. *Global Environmental Change*, 23(5), 938-947. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.06.002>
- Coron, M. (1995). Sauvé, L. (1994). Pour une éducation relative à l'environnement : Éléments de design p dagogique. Montréal / Paris : Guérin / Eska. *Revue des sciences de l'éducation*, 21(3), 629. <https://doi.org/10.7202/031829ar>
- Clark, N. (2012). Rock, Life, Fire : Speculative Geophysics and the Anthropocene. *Oxford Literary Review*, 34, 259-276. <https://doi.org/10.3366/olr.2012.0045>
- Clark, N. (2013). Geoengineering and Geologic Politics. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 45(12), 2825-2832. <https://doi.org/10.1068/a45646>
- Clarke, L., Edmonds, J., Krey, V., Richels, R., Rose, S., & Tavoni, M. (2009). International climate policy architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios. *Energy Economics*, 31, S64-S81.
- Clément, F. (2010). De la nature des croyances collectives. *L'Année sociologique*, 60(1), 63-91
- Cl net, J. (1998). *REPRESENTATIONS, FORMATIONS ET ALTERNANCE. Etre form  et/ou se former?* L'Harmattan.
- Climate Action Tracker., 2021. Evaluation methodology for national net zero targets. (s. d.). 20. Retrieved from [https://climateactiontracker.org/documents/859/CAT\\_Evaluation-methodology-for-national-net-zero-targets.pdf](https://climateactiontracker.org/documents/859/CAT_Evaluation-methodology-for-national-net-zero-targets.pdf), accessed December 1, 2021.
- Creutzig, F., Ravindranath, N. H., Berndes, G., Bolwig, S., Bright, R., Cherubini, F., Chum, H., Corbera, E., Delucchi, M., Faaij, A., Fargione, J., Haberl, H., Heath, G., Lucon, O., Plevin, R., Popp, A., Robledo-Abad, C., Rose, S., Smith, P., ... Masera, O. (2015). Bioenergy and climate change mitigation : An assessment. *GCB Bioenergy*, 7(5), 916-944. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12205>
- Crutzen, P. J. (2006). Albedo enhancement by stratospheric sulfur injections: A contribution to resolve a policy dilemma?. *Climatic change*, 77(3-4), 211.
- Dang, H. A. H., & Trinh, T. A. (2021). Does the COVID-19 lockdown improve global air quality? New cross-national evidence on its unintended consequences. *Journal of Environmental Economics and Management*, 105, 102401.

- de Carlos, P. (2016). Les représentations sociales de la préhistoire chez les élèves de primaire: l'exemple de l'alimentation de Cro-Magnon. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, (1), 49-82.
- Descartes, R. (2021). *Discours de la méthode*. J'ai Lu.
- Deem, L. M., & Crow, S. E. (2017). Biochar. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10524-X>
- Devall, B., & Sessions, G. (1985). *Deep ecology* (pp. 200-05). Pojman.
- Dias, P., Marchand, D., Bailly, É., Casal, A., & Moliner, P. (2020, July). L'ancrage et l'objectivation des représentations iconographiques de la ville. In *13ème Congrès International de Psychologie Sociale Appliquée*.
- Díaz, S. M., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H., Guèze, M., Agard, J., ... & Zayas, C. (2019). The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for policy makers.
- Dicks, H. (2021). Développement durable et démocratie écologique. *Éducation au développement durable: Enjeux et controverses*, 57-72.
- Dictionnaire des sciences humaines. (2006). Sous la direction de Sylvie Mesure et Patrick Savidan, Édition PUF, Paris, 1277 pages.
- Doise, W., Clémence, A., & Lorenzi-Cioldi, F. (1992). Représentations sociales et analyses de données (p. 56). *Paris: Presses Universitaires de Grenoble*.
- Doise, W. (1991). L'ancrage dans les études sur les représentations sociales. *Bulletin de psychologie*, 45(405), 189-195.
- Dooley, K., & Kartha, S. (2018). Land-based negative emissions: risks for climate mitigation and impacts on sustainable development. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 18(1), 79-98
- Dooley, K., Harrould-Kolieb, E., & Talberg, A. (2021). Carbon-dioxide Removal and Biodiversity: A Threat Identification Framework. *Global Policy*, 12, 34-44.
- Dorselaer, J. (1984). *Méthodologie pour réaliser un travail de fin d'études*. Ed. du CRID.
- Dramaix, S. (2021). Les représentations sociales, *La Sociothèque*, <https://www.youtube.com/watch?v=0vWksSch84Y>, consulté le 14 novembre 2021.
- Duarte, C. M., Sintes, T., & Marbà, N. (2013). Assessing the CO2 capture potential of seagrass restoration projects. *Journal of Applied Ecology*, 50(6), 1341-1349.
- Durkheim, É. (1898). Représentations individuelles et représentations collectives. *Revue de Métaphysique et de Morale*, 6(3), 273-302.
- Durkheim, E. (1907). Textes/1. *Éléments d'une théorie sociale*, Paris, Minuit, p. 404.

- Dussault, A. C. (2013). L'écocentrisme et ses appels normatifs à la nature: sont-ils nécessairement fallacieux?.
- Efron, R. (1969). What is Perception? In R. S. Cohen & M. W. Wartofsky (Éds.), *Proceedings of the Boston Colloquium for the Philosophy of Science 1966/1968* (p. 137-173). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-3378-7\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-010-3378-7_4)
- Erb, K. H., Haberl, H., & Plutzer, C. (2012). Dependency of global primary bioenergy crop potentials in 2050 on food systems, yields, biodiversity conservation and political stability. *Energy Policy*, 47, 260-269.
- Ernsting, A., & Munnion, O. (2015). Last-Ditch Climate Option, or Wishful Thinking: Bioenergy with Carbon Capture and Storage—A Report by Biofuelwatch.
- Negative emission technologies : What role in meeting Paris Agreement targets ? - Report by the EASAC | Réseaux internationaux d'académies | Réseaux internationaux | Favoriser les collaborations internationales.* (s. d.). Accessed 1 December 2021, Retrieved from <https://www.academie-sciences.fr/en/Reseaux-internationaux-dacademies/negative-emission-technologies-what-role-in-meeting-paris-agreement-targets-report-by-the-easac.html>
- European Commission. (2018a). A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, Brussels, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions, and the European Investment Bank, COM(2018) 773.
- European Commission. (2018b). In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication COM (2018) 773A: Clean Planet for all: A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy, Brussels.
- European Commission. (2020). Circular Economy Action Plan: For a cleaner and more competitive Europe, Brussels.
- The Sugar Daddy of Geoengineering.* (2020, octobre 14). ETC Group. <https://www.etcgroup.org/content/sugar-daddy-geoengineering>
- Fennel, K. (2008). Widespread implementation of controlled upwelling in the North Pacific Subtropical Gyre would counteract diazotrophic N<sub>2</sub> fixation. *Marine Ecology Progress Series*, 371, 301-303.
- Fitzsimmons, M. (1989). The Matter of Nature. *Antipode*, 21(2), 106-120. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.1989.tb00183.x>
- Fleming, J. R. (2010). *Fixing the sky: the checkered history of weather and climate control.* Columbia University Press.
- Foucault, M. (1976). *Les mots et les choses* (p. 314). Paris: Gallimard.
- Fragnière, A. (2015). *La compensation carbone : Illusion ou solution ?* Presses Universitaires de France.
- Fragnière, A., (2018). Potentiel et limites des technologies à émission négatives, *La Revue Durable*. p.61

- Franklin, A. (2002). *Nature and social theory*. Sage.
- John Kerry: Fossil Fuel Subsidies Are the 'Definition of Insanity'—*The New York Times*. (s. d.), retrieved January 1, 2022, from <https://www.nytimes.com/2021/11/12/climate/john-kerry-fossil-fuel-subsidies.html>
- Frontier, S. (1977). Réflexions pour une théorie des écosystèmes. *Bull. Ecol*, 8(4), 445-464.
- Fuhrman, J., McJeon, H., Doney, S. C., Shobe, W., & Clarens, A. F. (2019). From zero to hero?: why integrated assessment modeling of negative emissions technologies is hard and how we can do better. *Frontiers in Climate*, 1, 11.
- Fuss, S., Canadell, J. G., Peters, G. P., Tavoni, M., Andrew, R. M., Ciais, P., ... & Yamagata, Y. (2014). Betting on negative emissions. *Nature climate change*, 4(10), 850-853.
- Garnier, C., & Sauvé, L. (1999). Apport de la théorie des représentations sociales à l'éducation relative à l'environnement-Conditions pour un design de recherche. *Éducation relative à l'environnement. Regards-Recherches-Réflexions*, (Volume 1).
- Gattuso, J. P., Magnan, A. K., Bopp, L., Cheung, W. W., Duarte, C. M., Hinkel, J., ... & Rau, G. H. (2018). Ocean solutions to address climate change and its effects on marine ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 5, 337.
- Gattuso, J. P., Williamson, P., Duarte, C. M., & Magnan, A. K. (2021). The potential for ocean-based climate action: negative emissions technologies and beyond. *Frontiers in Climate*, 2, 37.
- Geden, O. (2015). Policy: Climate advisers must maintain integrity. *Nature News*, 521(7550), 27.
- Geden, O. (2015). Policy: Climate advisers must maintain integrity. *Nature News*, 521(7550), 27.
- Geden, O., & Löschel, A. (2017). Define limits for temperature overshoot targets. *Nature Geoscience*, 10(12), 881-882.
- Gemenne, F., & Rankovic, A. (2019). *Atlas de l'anthropocène*. Presses de Sciences Po.
- Change, (IPCC) Intergovernmental Panel on Climate, & Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC). (2013). *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis: Summary for policymakers, technical summary and frequently asked questions*. IPCC. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/#.U1-Wk1AwooB>
- Gilli, Y. (2019). Solutionnisme technologique, mais quels avantages?. *Bulletin des médecins suisses*, 100(10), 323-323.
- Giraud, P. N. (2004). La lutte contre le changement climatique. *Etudes*, 401(10), 321-332.
- Gonzales, V., Krupnick, A., & Dunlap, L. (2020). Carbon Capture and Storage 101. *Resources for the Future*. Washington DC, USA: Resources for the Future.
- Grawitz, M. (1993). Méthode des sciences sociales, Éd. Dalloz, Paris, *Droit et Société*, 25(1), 588-588.
- Guimelli, C. (1999). Les représentations sociales. Dans : Christian Guimelli éd., *La pensée sociale* (pp. 63-78). Paris cedex 14: Presses Universitaires de France.

- Gustavsson, L., & Sathre, R. (2011). Energy and CO<sub>2</sub> analysis of wood substitution in construction. *Climatic change*, 105(1), 129-153.
- Haberl, H., Erb, K. H., Krausmann, F., Running, S., Searchinger, T. D., & Smith, W. K. (2013). Bioenergy: how much can we expect for 2050?. *Environmental Research Letters*, 8(3), 031004.
- Hale, B. (2012). The world that would have been: moral hazard arguments against geoengineering. *Engineering the climate: The ethics of solar radiation management*, 113.
- Hamilton, C. (2011). *Ethical Anxieties About Geoengineering : Moral hazard, slippery slope and playing God*. 18.
- Hamilton, S. E., & Friess, D. A. (2018). Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012. *Nature Climate Change*, 8(3), 240-244.
- Hammad, H. M., Nauman, H. M. F., Abbas, F., Ahmad, A., Bakhat, H. F., Saeed, S., ... & Cerdà, A. (2020). Carbon sequestration potential and soil characteristics of various land use systems in arid region. *Journal of environmental management*, 264, 110254.
- Hansen, O. H., Langhelle, O., & Anderson, R. (2008). Framework and methodology: regulation and discourse analysis as a research strategy. In *Arctic Oil and Gas* (pp. 101-122). Routledge.
- Harribey, J. (2007). Les théories de la décroissance: enjeux et limites. *CAHIERS FRANCAIS-PARIS*, 337, 20.
- Harrison, D. P. (2013). A method for estimating the cost to sequester carbon dioxide by delivering iron to the ocean. *International Journal of Global Warming*, 5(3), 231-254.
- Harrison, D. P. (2017). Global negative emissions capacity of ocean macronutrient fertilization. *Environmental Research Letters*, 12(3), 035001.
- Hochman, G., Rajagopal, D., Timilsina, G. R., & Zilberman, D. (2014). Impacts of biofuels on food prices. In *The impacts of biofuels on the economy, environment, and poverty* (pp. 47-64). Springer, New York, NY.
- Honegger, M., & Reiner, D. (2018). The political economy of negative emissions technologies: consequences for international policy design. *Climate Policy*, 18(3), 306-321.
- Höijer, B. (2011). Social representations theory. *Nordicom review*, 32(2), 3-16.
- Holtmark, B. (2015). Quantifying the global warming potential of CO<sub>2</sub> emissions from wood fuels. *Gcb Bioenergy*, 7(2), 195-206.
- Honegger, M., Michaelowa, A., & Roy, J. (2021). Potential implications of carbon dioxide removal for the sustainable development goals. *Climate policy*, 21(5), 678-698.
- Houghton, R. A. (2013). The emissions of carbon from deforestation and degradation in the tropics: past trends and future potential. *Carbon Management*, 4(5), 539-546.
- Houghton, R. A., Byers, B., & Nassikas, A. A. (2015). A role for tropical forests in stabilizing atmospheric CO<sub>2</sub>. *Nature Climate Change*, 5(12), 1022-1023.

- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2014). Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses.
- Howard, J., Sutton-Grier, A., Herr, D., Kleypas, J., Landis, E., Mcleod, E., ... & Simpson, S. (2017). Clarifying the role of coastal and marine systems in climate mitigation. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(1), 42-50.
- HugoN, P. (2005). Environnement et développement économique: les enjeux posés par le développement durable. *Revue internationale et stratégique*, (4), 113-126.
- IEA. (2020). *Direct Air Capture – Analysis*. (n.d.). IEA. Retrieved January 5, 2022, from <https://www.iea.org/reports/direct-air-capture>
- IPCC, Allen, M., Babiker, M., Chen, Y., de Coninck, H., Connors, S., van Diemen, R., Dube, O., Ebi, K., Engelbrecht, F., Ferrat, M., Ford, J., Forster, P., Fuss, S., Guillén Bolaños, T., Harold, J., Hoegh-Guldberg, O., Hourcade, J.-C., Huppmann, D., & Zickfeld, K. (2018). *Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report*.
- Ipsos, M. O. R. I. (2010). *Experiment earth?: Report on a public dialogue on geoengineering*. Ipsos Mori.
- Isambert, F.-A. (1961). Moscovici Serge, La psychanalyse, son image et son public. *Revue française de sociologie*, 2(4), 328-330.
- Jones, I. S. (2014). The cost of carbon management using ocean nourishment. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*.
- Kahan, D., Jenkins-Smith, H., Tarantola, T., Silva, C., & Braman, D. (2012, January). Geoengineering and the science communication environment: A cross-cultural experiment (Cultural Cognition Project Working Paper No. 92). In *7th Annual Conference on Empirical Legal Studies, New Haven, CT*.
- Kalkuhl, M., & Wenz, L. (2020). The impact of climate conditions on economic production. Evidence from a global panel of regions. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102360.
- Karl, D. M., & Letelier, R. M. (2008). Nitrogen fixation-enhanced carbon sequestration in low nitrate, low chlorophyll seas. *Marine Ecology Progress Series*, 364, 257-268.
- Karlsson, Å.-B. (2020.) Vågen till en klimatpositiv framtid: Betänkande av Klimatpolitiska vägvalsutredningen Sou:4. Accessed January 5, 2022, from <https://www.regeringen.se/48ec20/contentassets/1c43bca1d0e74d44af84a0e2387fbcc/vagen-till-en-klimatpositiv-framtid-sou-20204>
- Keith, D. W. (2020). Geoengineering the Climate: History and Prospect 1. In *The Ethics of Nanotechnology, Geoengineering and Clean Energy* (pp. 207-246). Routledge.
- Keith, D.W., (2001). Geoengineering and carbon management: Is there a meaningful distinction?, in Williams, D., et al. (Eds), *Greenhouse Gas Control Technologies: Proceedings of the 5th International Conference*, Collingwood, CSIRO Publishing, 1192-1197.

- Keith, H., Lindenmayer B., D., Mackey, B., & Berry L., S. (2008). *Green Carbon : The role of natural forests in carbon storage*. ANU Press. [https://doi.org/10.26530/OAPEN\\_459256](https://doi.org/10.26530/OAPEN_459256)
- Keller, D. P., Feng, E. Y., & Oeschles, A. (2014). Potential climate engineering effectiveness and side effects during a high carbon dioxide-emission scenario. *Nature Communications*, 5(1), 3304. <https://doi.org/10.1038/ncomms4304>
- Keller, R. (2007). L'analyse de discours comme sociologie de la connaissance : Présentation d'un programme de recherche. *Langage et société*, 120. <https://doi.org/10.3917/ls.120.0055>
- Kortenkamp, K. V., & Moore, C. F. (2001). ECOCENTRISM AND ANTHROPOCENTRISM : MORAL REASONING ABOUT ECOLOGICAL COMMONS DILEMMAS. *Journal of Environmental Psychology*, 21(3), 261-272. <https://doi.org/10.1006/jevp.2001.0205>
- Kuppusamy, S., Thavamani, P., Megharaj, M., Venkateswarlu, K., & Naidu, R. (2016). Agronomic and remedial benefits and risks of applying biochar to soil : Current knowledge and future research directions. *Environment International*, 87, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.018>
- Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemeyer, S., Potapov, P., Saint-Laurent, C., & Sizer, N. 2011. Mapping opportunities for forest landscape restoration. *Unasylva Engl. Ed* 62, 47–48.
- Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1), 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>
- Lamb, D., Erskine, P., & Parrotta, J. (2006). Lamb, D., P. D. Erskine, and J. A. Parrotta. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*. *Science (New York, N.Y.)*, 310, 1628-1632. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Larousse, É. (s. d.). *Petit Larousse—LAROUSSE*. Consulté 6 janvier 2022, à l'adresse [https://www.larousse.fr/encyclopedie/oeuvre/Petit\\_Larousse/128891](https://www.larousse.fr/encyclopedie/oeuvre/Petit_Larousse/128891)
- Lawrence, M. G. (2006). The Geoengineering Dilemma : To Speak or not to Speak. *Climatic Change*, 77(3), 245-248. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9131-5>
- Lawrence, M. G., Schäfer, S., Muri, H., Scott, V., Oeschles, A., Vaughan, N. E., ... & Scheffran, J. (2018). Evaluating climate geoengineering proposals in the context of the Paris Agreement temperature goals. *Nature communications*, 9(1), 1-19.
- Lehtveer, M., & Emanuelsson, A. (2021). BECCS and DACCS as negative emission providers in an intermittent electricity system: why levelized cost of carbon may be a misleading measure for policy decisions. *Frontiers in Climate*, 3, 15.
- Lenton, T. M. (2014). The global potential for carbon dioxide removal. *Geoengineering of the climate system*, 662, 52-79.
- Lévy, B. (1999). Nature et environnement. Considérations épistémologiques. *Actes du FIG. Géographie et nature*, 1.

- Lomax, G., Workman, M., Lenton, T., & Shah, N. (2015). Reframing the policy approach to greenhouse gas removal technologies. *Energy Policy*, 78, 125-136. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.10.002>
- Lovelock, J. E., & Rapley, C. G. (2007). Ocean pipes could help the Earth to cure itself. *Nature*, 449(7161), 403-403. <https://doi.org/10.1038/449403a>
- Low, S. (2017). The futures of climate engineering. *Earth's Future*, 5(1), 67-71. <https://doi.org/10.1002/2016EF000442>
- MacKenzie, W. H., & Mahony, C. R. (2021). An ecological approach to climate change-informed tree species selection for reforestation. *Forest Ecology and Management*, 481, 118705.
- MacMartin, D. G., Ricke, K. L., & Keith, D. W. (2018). Solar geoengineering as part of an overall strategy for meeting the 1.5°C Paris target. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2119), 20160454. <https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0454>
- Macnaghten, P. (2010). Researching Technoscientific Concerns in the Making : Narrative Structures, Public Responses, and Emerging Nanotechnologies. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 42(1), 23-37. <https://doi.org/10.1068/a41349>
- Macnaghten, P., & Urry, J. (1998). *Contested natures*. SAGE Publications.
- Macnaghten, P., & Szerszynski, B. (2013). Living the global social experiment : An analysis of public discourse on solar radiation management and its implications for governance. *Global Environmental Change*, 23(2), 465-474. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.12.008>
- Mackey, B., Prentice, I. C., Steffen, W., House, J. I., Lindenmayer, D., Keith, H., & Berry, S. (2013). Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 3(6), 552-557. <https://doi.org/10.1038/nclimate1804>
- Malik, J. A. N. (2019). US Academies call for research agenda on Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration. *MRS Bulletin*, 44(1), 13-15. <https://doi.org/10.1557/mrs.2019.6>
- Marbà, N., Arias-Ortiz, A., Masqué, P., Kendrick, G. A., Mazarrasa, I., Bastyan, G. R., Garcia-Orellana, J., & Duarte, C. M. (2015). Impact of seagrass loss and subsequent revegetation on carbon sequestration and stocks. *Journal of Ecology*, 103(2), 296-302. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12370>
- Marquis, G. (2001). Les représentations sociales de l'environnement : Une comparaison des jeunes du Québec et du Sénégal. *Canadian Journal of Environmental Education (CJEE)*, 6(1), 158-177.
- Matarasso, P. (2003). Evaluation intégrée et modélisation du Changement Climatique. *Annales des Ponts et Chaussées*, 107-108, 71-79.
- Maury, C. (2007). Les représentations sociales : boîte à outil. Revue de littérature (partie 11) », *Knowledge & Policy in education and health sectors*, 19p.
- McLeod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M., Lovelock, C. E., Schlesinger, W. H., & Silliman, B. R. (2011). A blueprint for blue carbon : Toward an improved understanding of the role

- of vegetated coastal habitats in sequestering CO<sub>2</sub>. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552-560. <https://doi.org/10.1890/110004>
- Meadowcroft, J. (2013). Exploring negative territory Carbon dioxide removal and climate policy initiatives. *Climatic Change*, 118(1), 137-149. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0684-1>
- Mercer, A. M., Keith, D. W., & Sharp, J. D. (2011). Public understanding of solar radiation management. *Environmental Research Letters*, 6(4), 044006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/4/044006>
- Medicine, N. A. of S., Engineering, and, Studies, D. on E. and L., Board, O. S., Technology, B. on C. S. and, Resources, B. on E. S. and, Resources, B. on A. and N., Systems, B. on E. and E., Climate, B. on A. S. and, & Sequestration, C. on D. a R. A. for C. D. R. and R. (2019). *Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration : A Research Agenda*. National Academies Press.
- Mining technologies could capture ‘billions of tonnes of CO<sub>2</sub> per year,’ says UBC prof. (2020, avril 28). *MINING.COM*. <https://www.mining.com/mining-technologies-could-capture-billions-of-tonnes-of-co2-per-year-says-ubc-prof/>
- Miyake, S., Renouf, M., Peterson, A., McAlpine, C., & Smith, C. (2012). Land-use and environmental pressures resulting from current and future bioenergy crop expansion : A review. *Journal of Rural Studies*, 28(4), 650-658. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2012.09.002>
- Moscovici, S. (1989). Des représentations collectives aux représentations sociales. In D. Jodelet (Éd.), *Les représentations sociales* (pp. 62-86). Paris : Presses Universitaires de France.
- Moscovici, S. (1988). Notes towards a description of Social Representations. *European Journal of Social Psychology*, 18(3), 211-250. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2420180303>
- Morrow, D. R. (2014). Ethical aspects of the mitigation obstruction argument against climate engineering research. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 372(2031), 20140062. <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0062>
- Morozov, E. (2014). *Pour tout résoudre, cliquez ici: l'aberration du solutionnisme technologique*. Fyp.
- Mucchielli, R. (1993). *Le questionnaire dans l'enquête psycho-sociale : Connaissance du problème, applications pratiques*. Esf Editeur.
- Murphy, R. (2018). *Rationality And Nature : A Sociological Inquiry Into A Changing Relationship*. Routledge.
- Narayan, S., Beck, M. W., Wilson, P., Thomas, C., Guerrero, A., Shephard, C., Reguero, B. G., Franco, G., Ingram, C. J., & Trespalacios, D. (2016). *Coastal wetlands and flood damage reduction : Using risk industry-based models to assess natural defenses in the northeastern USA*. <https://doi.org/10.7282/T3GH9M7M>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medecine. (2019). *Negative Emissions Technologies and Reliable Sequestration: A research Agenda*. Washington, DC: The National Academies Press, Accessed January 5, 2022, from <https://doi.org/10.17226/25259>

- Nilsson, A. E., Gerger Swartling, Å., & Eckerberg, K. (2012). Knowledge for local climate change adaptation in Sweden: challenges of multilevel governance. *Local Environment*, 17(6-7), 751-767.
- Nilsson, M. (2017). *Important interactions among the sustainable development goals under review at the high-level political forum 2017*. Stockholm Environment Institute.
- Nilsson, S. (2012). Availability of cultivable land to meet expected demand in food, fibre and fuel. In *The global need for food, fibre and fuel: Land use perspectives on constraints and opportunities in meeting future demand* (Vol. 151, pp. 37-42).
- Nolte, C., Agrawal, A., Silvius, K. M., & Soares-Filho, B. S. (2013). Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(13), 4956-4961.
- Fairclough, N. (2003). *Analysing discourse: Textual analysis for social research*. Psychology Press.
- Oschlies, A., Koeve, W., Rickels, W., & Rehdanz, K. (2010). Side effects and accounting aspects of hypothetical large-scale Southern Ocean iron fertilization. *Biogeosciences*, 7(12), 4017-4035.
- Palmonari, A., & Doise, W. (1986). Caractéristiques des représentations sociales. *L'étude des représentations sociales*, 12-33.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993.
- Pan, Y., Fan, W., Zhang, D., Chen, J., Huang, H., Liu, S., ... & Chen, Y. (2016). Research progress in artificial upwelling and its potential environmental effects. *Science China Earth Sciences*, 59(2), 236-248.
- Pecqueur, B. (2006). Le tournant territorial de l'économie globale. *Espaces et sociétés*, (1), 17-32.
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S., ... & Baldera, A. (2012). Estimating global "blue carbon" emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems.
- Perrier, Q., Guivarch, C., & Boucher, O. (2018). L'objectif «zéro émissions nettes» de l'Accord de Paris: signification et implications. *La Météorologie*.
- Persha, L., Agrawal, A., & Chhatre, A. (2011). Social and ecological synergy: local rulemaking, forest livelihoods, and biodiversity conservation. *science*, 331(6024), 1606-1608.
- Peters, G. P., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Fuss, S., Jackson, R. B., Korsbakken, J. I., ... & Nakicenovic, N. (2017). Key indicators to track current progress and future ambition of the Paris Agreement. *Nature Climate Change*, 7(2), 118-122.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1948). *La représentation de l'espace chez l'enfant*. Paris, PUF, 574p.

- Pianelli, C., Abric, J. and Saad, F. (2010). Rôle des représentations sociales préexistantes dans les processus d'ancrage et de structuration d'une nouvelle représentation. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 86, 241-274. <https://doi.org/10.3917/cips.086.0241>
- Pidgeon, N., Corner, A., Parkhill, K., Spence, A., Butler, C., & Poortinga, W. (2012). Exploring early public responses to geoengineering. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 370(1974), 4176-4196.
- Pidgeon, N., Parkhill, K., Corner, A., & Vaughan, N. (2013). Deliberating stratospheric aerosols for climate geoengineering and the SPICE project. *Nature Climate Change*, 3(5), 451-457.
- Pires, J. C. M. (2019). Negative emissions technologies: a complementary solution for climate change mitigation. *Science of The Total Environment*, 672, 502-514.
- Preston, C. J. (2012). Beyond the end of nature: SRM and two tales of artificiality for the anthropocene. *Ethics, Policy & Environment*, 15(2), 188-201.
- Protocol, K. (1997). United Nations framework convention on climate change. *Kyoto Protocol, Kyoto*, 19(8).
- Radanne, P. (2006). Changement climatique et société(s). *Écologie & politique*, 2(2), 95-115
- Realmonde, G., Drouet, L., Gambhir, A., Glynn, J., Hawkes, A., Köberle, A. C., & Tavoni, M. (2019). An inter-model assessment of the role of direct air capture in deep mitigation pathways. *Nature communications*, 10(1), 1-12.
- Regnier, P. 2020-2021. « Introduction aux Sciences de la Terre » *Sciences, de la Terre, Environnement et société*. [notes prises dans le cours ENVI-F1001]. Bruxelles. Université Libre de Bruxelles
- Reynolds, L. K., Waycott, M., McGlathery, K. J., & Orth, R. J. (2016). Ecosystem services returned through seagrass restoration. *Restoration Ecology*, 24(5), 583-588.
- Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S., ... & Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global environmental change*, 42, 153-168.
- Rickels, W., Merk, C., Reith, F., Keller, D. P., & Oeschle, A. (2019). (Mis) conceptions about modeling of negative emissions technologies. *Environmental Research Letters*, 14(10), 104004.
- Rickels, W., Proelß, A., Geden, O., Burhenne, J., & Fridahl, M. (2020). *The future of (negative) emissions trading in the European Union* (Working Paper N° 2164). Kiel Working Paper. <https://www.econstor.eu/handle/10419/224064>
- Rimmer, M. (2021). Carbon capture and storage: Intellectual property, innovation policy, and climate change. In *Carbon Capture and Storage in International Energy Policy and Law* (pp. 181-203). Elsevier.
- Rogelj, J., Luderer, G., Pietzcker, R. C., Kriegler, E., Schaeffer, M., Krey, V., & Riahi, K. (2015). Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1.5 C. *Nature Climate Change*, 5(6), 519-527.

- Rosa, L., Sanchez, D. L., Realmonte, G., Baldocchi, D., & D'Odorico, P. (2021). The water footprint of carbon capture and storage technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110511.
- Rosentreter, J. A., & Williamson, P. (2020). Concerns and uncertainties relating to methane emissions synthesis for vegetated coastal ecosystems. *Global Change Biology*, 26(10), 5351-5352.
- Roussanaly, S., Rubin, E. S., Der Spek, M. V., Booras, G., Berghout, N., Garcia, M., Fout, T., Gardarsdottir, S., Kunchekanna, V., Matuszewski, M., McCoy, S., Morgan, J., Nazir, S. M., & Ramirez, A. (2021). *Towards improved guidelines for cost evaluation of carbon capture and storage*. National Energy Technology Laboratory (NETL), Pittsburgh, PA, Morgantown, WV, and Albany, OR (United States). <https://doi.org/10.2172/1779820>
- Rouquette, M. L., & Rateau, P. (1998). *Introduction à l'étude des représentations sociales*. Presses universitaires de Grenoble.
- Royal Society (Great Britain), R. A. of E. (Great B. (2018). *Greenhouse gas removal*.
- Recognizing Indigenous and Community Rights : Priority Steps to Advance Development and Mitigate Climate Change*. (s. d.). Namati, Accessed January 5, 2022, from <https://namati.org/resources/indigenous-and-community-rights/>.
- RRI, R., Initiative, R. (2015). Who owns the world's land? A global baseline of formally recognized indigenous & community land rights. RRI Washington, DC.
- Sachs, W. (1997). Sustainable development. In Redclift, M. et Woodgate, G. *The International Handbook of Environmental Sociology*. Ed. Edward Elgar, p. 71-83.
- Saderne, V., Geraldini, N. R., Macreadie, P. I., Maher, D. T., Middelburg, J. J., Serrano, O., Almahasheer, H., Arias-Ortiz, A., Cusack, M., Eyre, B. D., Fourqurean, J. W., Kennedy, H., Krause-Jensen, D., Kuwae, T., Lavery, P. S., Lovelock, C. E., Marba, N., Masqué, P., Mateo, M. A., ... Duarte, C. M. (2019). Role of carbonate burial in Blue Carbon budgets. *Nature Communications*, 10(1), 1106. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08842-6>
- Sauvé, L. (2007). *Chemin de Traverse*, No 4, p. 31-47.
- Sauvé, L., & Garnier, C. (2000). Une phénoménographie de l'environnement : Réflexions théoriques et méthodologiques sur l'analyse des représentations sociales. *Représentations sociales et éducation*, 207-227.
- Schiebel, J. (2018). Quelle place pour la durabilité dans les représentations sociales de la mobilité? Vers une meilleure compréhension des actions mises en œuvre. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 9(1).
- Schneider, S. H. (1996). Geoengineering : Could— or should— we do it? *Climatic Change*, 33(3), 291-302. <https://doi.org/10.1007/BF00142577>

- Searchinger, T., Waite, R., Hanson, C., Ranganathan, J., & Matthews, E. (2019). *Creating a Sustainable Food Future*. <https://www.wri.org/research/creating-sustainable-food-future>
- Secretariat, U. N. F. C. C. C. (2014). *Compilation of economy wide emissions reduction targets to be implemented by Parties included in Annex I to the Convention: FCCC* (Vol. 6). SBSTA/2014/INF.
- Seto, K.C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G.C., Dewar, D., Huang, L., Inaba, A., Kansal, A., Lwasa, S. (2014). Climate Change 2014: mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *World Urban. Prospects* 923–1000.
- Shaffer, G. (2010). Long-term effectiveness and consequences of carbon dioxide sequestration. *Nature Geoscience*, 3(7), 464-467.
- Shepherd, J., Iglesias-Rodriguez, D., & Yool, A. (2007). Geo-engineering might cause, not cure, problems. *Nature*, 449(7164), 781-781.
- Smil, V. (2016). *Energy transitions: global and national perspectives*. ABC-CLIO.
- Smith, L. J., & Torn, M. S. (2013). Ecological limits to terrestrial biological carbon dioxide removal. *Climatic Change*, 118(1), 89-103.
- Smith, P., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, N. H., Rice, C. W., Roble do Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F., & Tubiello, F. (2014). *Chapter 11—Agriculture, forestry and other land use (AFOLU)*. Cambridge University Press. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter11.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf)
- Smith, P., Friedmann, J., Amador, G., Bustamante, M., Cowie, A., Deich, N., & Minx, J. (2017). Bridging the gap—carbon dioxide removal. *The UNEP emissions Gap report*, 58-66.
- Smith, W. K., Zhao, M., & Running, S. W. (2012). Global bioenergy capacity as constrained by observed biospheric productivity rates. *BioScience*, 62(10), 911-922.
- Sörlin, S. (2012). Environmental humanities: Why should biologists interested in the environment take the humanities seriously?. *BioScience*, 62(9), 788-789.
- Stébé, J. M. (2011). *Qu'est-ce qu'une utopie?*. Vrin.
- Stark, C., Thompson, M., & Climate Change Committee. (2019). Net Zero The UK's contribution to stopping global warming.
- Stevens, C., Winterbottom, R., Springer, J., & Reytar, K. (2014). *Securing Rights, Combating Climate Change: How Strengthening Community Forest Rights Mitigates Climate Change*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Stilgoe, J., Watson, M., & Kuo, K. (2013). Public engagement with biotechnologies offers lessons for the governance of geoenvironmental research and beyond. *PLoS Biology*, 11(11), e1001707.

- Strassburg, B. B., Kelly, A., Balmford, A., Davies, R. G., Gibbs, H. K., Lovett, A., ... & Rodrigues, A. S. (2010). Global congruence of carbon storage and biodiversity in terrestrial ecosystems. *Conservation Letters*, 3(2), 98-105.
- Tajfel, H. (1972). La catégorisation sociale. In S. Moscovici (Éd.), *Introduction à la psychologie sociale* (pp. 272-299). Paris : Larousse.
- Tavoni, M., & Socolow, R. (2013). Modeling meets science and technology: an introduction to a special issue on negative emissions. *Climatic Change*, 118(1), 1-14.
- Terlouw, T., Bauer, C., Rosa, L., & Mazzotti, M. (2021). Life cycle assessment of carbon dioxide removal technologies: A critical review. *Energy & Environmental Science*, 14(4), 1701-1721.
- Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S., & Mosseler, A. (2009). Forest resilience, biodiversity, and climate change. In *Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. Technical Series no. 43. 1-67*. (Vol. 43, pp. 1-67).
- Tisserant, A., & Cherubini, F. (2019). Potentials, limitations, co-benefits, and trade-offs of biochar applications to soils for climate change mitigation. *Land*, 8(12), 179.
- Tokarska, K. B., & Zickfeld, K. (2015). The effectiveness of net negative carbon dioxide emissions in reversing anthropogenic climate change. *Environmental Research Letters*, 10(9), 094013.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2015). Adoption of the Paris Agreement.
- Van Vuuren, D. P., Hof, A. F., Van Sluisveld, M. A., & Riahi, K. (2017). Open discussion of negative emissions is urgently needed. *Nature energy*, 2(12), 902-904.
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., ... & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(30), 12377-12381.
- Webb, R., Silverman-Roati, K., and Gerrard, M. (2021). Removing Carbon Dioxide Through Ocean Alkalinity Enhancement and Seaweed Cultivation: Legal Challenges and Opportunities, *Columbia Public Law Research Paper Forthcoming*.
- Williamson, P. (2016). Emissions reduction: scrutinize CO 2 removal methods. *Nature News*, 530(7589), 153.
- Williamson, P., Bodle, R., 2016. Update on climate geoengineering in relation to the convention on biological diversity: potential impacts and regulatory framework. *CBD Technical Series*. No. 84.
- Williamson, P., & Bodle, R. (2016). Update on climate geoengineering in relation to the Convention on Biological Diversity: potential impacts and regulatory framework. Montreal, QC: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Wiltshire, A., & Davies-Barnard, T. (2015). Planetary limits to BECCS negative emissions. *AVOID2 WPD. 2a Report, 1*.

- Yamasaki, S. H., & Tyrrell, T. D. (2012). A background report on improving forest biodiversity monitoring and reporting. In *CBD SBSTTA 16 Information Document UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/25*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity Montréal, Canada.
- Yool, A., Shepherd, J. G., Bryden, H. L., & Oschlies, A. (2009). Low efficiency of nutrient translocation for enhancing oceanic uptake of carbon dioxide. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114(C8).
- Zeebe, R. E., & Archer, D. (2005). Feasibility of ocean fertilization and its impact on future atmospheric CO<sub>2</sub> levels. *Geophysical Research Letters*, 32(9).
- Zhang, J., & Mu, Q. (2018). Air pollution and defensive expenditures: Evidence from particulate-filtering facemasks. *Journal of Environmental Economics and Management*, 92, 517-536.
- Zickfeld, K., Arora, V. K., & Gillett, N. P. (2012). Is the climate response to CO<sub>2</sub> emissions path dependent?. *Geophysical Research Letters*, 39(5).
- Ziegler, A. D., Phelps, J., Yuen, J. Q., Webb, E. L., Lawrence, D., Fox, J. M., ... & Koh, L. P. (2012). Carbon outcomes of major land-cover transitions in SE Asia: great uncertainties and REDD+ policy

## ANNEXES : Retranscription des entretiens

### (I) Entretien de Jeanmart Hervé

#### A) Comment décrivez-vous le réchauffement climatique ?

Forte confiance aux scientifiques spécialistes du climat et surtout concernant le seuil à ne pas franchir. Il ne faut pas émettre trop de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Quant à la limite, +1,5°C ou 2°C est-ce que c'est la limite ou non, je n'ai aucune connaissance. Ils disent des choses. Ils ont de plus en plus de certitudes. C'est une réalité. La première chose à faire est d'agir de manière urgente.

Je fais un parallélisme avec la pandémie COVID19 et nombreux l'ont fait. Avec la pandémie, ils se sont dit qu'ils ont perdu le contrôle. Ils mettent tout le monde en confinement, enfermés chez eux et ils ont le contrôle. C'est finalement un problème difficile mais on peut avoir un contrôle en imposant des règles et contraintes strictes. Quand on leur dit que c'est pour leur santé, que c'est important, que c'est une question de vie ou de mort, les gens comprennent en général. Ils font l'effort. Fondamentalement on a un point de retour. On récupère une vie normale après.

Avec le réchauffement climatique, on n'aura pas cela. On ne va pas dire « *restez chez vous et arrêtez d'émettre et cela ira mieux* ». C'est à des échelles de temps tellement longues que finalement on ne peut pas dire qu'on va rester chez soi pendant deux siècles. Avec trois semaines, les gens en ont déjà marre.

Quand on sera face au problème, quand il sera criant et présent - pour moi cela l'est déjà - il sera trop tard. Donc il y a vraiment une urgence. Pour prendre une analogie qui n'est pas très bonne : c'est un peu comme quelqu'un qui a un cancer mais qui n'a pas encore de symptôme évident. Pendant ce temps, il a quand même un cancer mais quand il l'apprend, c'est un peu trop tard. Quand on le saura, il sera trop tard pour agir. Il y a vraiment une urgence. Un point important dans ma représentation : nous ne sommes certainement pas ceux qui vont le plus en souffrir. Il y a d'autres populations beaucoup plus faibles et qui vont être beaucoup plus exposées au réchauffement. Mais ce n'est point une raison pour ne pas agir. Il faut agir pour la planète. On doit agir à une échelle mondiale. On n'agit pas uniquement pour soi. Nous pourrions mettre de l'air conditionné. Nous pourrions nous protéger. Nous aurons les moyens financiers et techniques pour atténuer un certain nombre d'effets mais c'est globalement qu'on doit résoudre. Je suis par ailleurs surpris par la dynamique qu'il y a dans les pays plus pauvres. Ils ont des moyens plus faibles mais il y a une sensibilisation très forte dans le monde scientifique surtout de ces pays. Je me base personnellement principalement sur le monde scientifique.

Le réchauffement climatique n'est pas qu'une question de biodiversité et de température pour ma représentation. Il y a toutes les conséquences au niveau des sociétés notamment les mouvements de

population. Ces derniers ont déjà lieu aujourd'hui. Tout ce chamboulement va avoir lieu si on ne fait rien pour y faire face.

### B) Comment selon vous faudrait-il y faire face?

Je suis énergéticien. Le monde de l'énergie engendre trois quarts des GES. Le reste est lié à l'agriculture, l'élevage et les autres modifications des affectations des sols. L'énergie est quand même responsable de la grande partie. Je ne suis pas là pour dire qu'il ne fallait jamais aller chercher le pétrole et le charbon. Si on n'avait jamais sorti le pétrole et le charbon, on serait encore dans des sociétés très archaïque. On ne doit pas nier les gains qu'ont permis ces énergies fossiles. Il ne faut pas verser une larme en disant : « *non il ne fallait jamais en trouver* ».

On a bien fait d'exploiter. Aujourd'hui, on sait qu'un humain peut avoir un impact à l'échelle planétaire. C'est pourquoi, pour moi, la solution est assez naïve et simple mais on n'a guère le choix. (1) La solution serait de passer aux renouvelables. L'énergie renouvelable est une clé. Je viens de lire ce matin qu'on vient de refuser un permis pour deux éoliennes. L'argument était qu'il faut les mettre dans des zones bien définies et il ne faut pas les disperser. C'est une aberration car par définition les énergies renouvelables sont extensibles. Elles se répartissent dans l'espace. De ce fait, on doit les mettre partout. On n'a pas le choix. Et toutes les critiques « *je n'en veux pas. ; Ce n'est pas beau. Je ne veux pas d'éoliennes près de chez moi* » sont insensées. On doit placer du renouvelable de manière massive partout en Belgique, en Europe et dans le monde et cela aura des conséquences sur nos sociétés. Cela ne sera pas innocent ou sans effet.

Le deuxième élément (2) est l'efficacité. Il faut essayer de faire mieux que ce que l'on fait. Faire mieux que ce que l'on fait est une chose qu'on fait depuis toujours. Cela peut permettre des économies. En effet, on peut penser à l'isolation des bâtiments. Si les bâtiments étaient plus isolés en Belgique, la consommation d'énergie diminuerait de manière significative. C'est une voie intéressante à ne pas négliger.

La troisième solution (3) est la diminution de la demande. Vouloir produire moins aussi. On sait que l'énergie est la principale responsable. Dès lors, il faut admettre qu'on doit peut-être pendant un certain temps, et peut-être même pour toujours, diminuer nos consommations. Sans compter qu'ailleurs, d'autres personnes sur Terre veulent consommer plus puisqu'elles ont beaucoup moins que nous. De ce fait, il faut accepter de consommer moins avec tous les impacts que cela peut avoir. Consommer moins, cela paraît facile. On dit que cela est faisable mais il y a beaucoup d'impacts. Je viens ici pointer les dimensions qui vont poser problèmes. Si je consomme moins, un peu moins de vêtements, un peu moins de voyage, un peu moins de restos, économiquement cela aura un impact. Il devrait y avoir beaucoup moins de gens qui travaillent pour fournir cela. Il faut donc une redistribution du travail puisque moins de consommation veut dire moins de travail (travail tel qu'il existe

aujourd'hui). À titre d'exemple, si on ferme une entreprise puisqu'on ne fait plus de pneus, les gens qui font des pneus se retrouvent au chômage. C'est pourquoi, il y a toute une distribution de la richesse qui doit être mise en place puisqu'il y aura moins de travail. Il y a un problème au niveau économique puisque la consommation d'énergie et l'économie sont deux choses liées. Si je consomme moins d'énergie, j'aurai moins d'activité économique. Il suffit d'écouter les politiciens qui parlent de PIB, de relance parce qu'on a eu un creux de 5% ces derniers temps. 5% ce n'est pas grand-chose pourtant c'est une catastrophe sur certaines manières. C'est vu comme une catastrophe et cela est présenté comme une catastrophe. Tout ce qu'ils essaient de faire est de récupérer au plus vite ce retard et compenser pour aller plus loin et cela consomme de l'énergie. On voit que l'année dernière, l'activité économique et l'énergie ont baissé et maintenant on va avoir un bond. On s'attend à une surconsommation pendant les mois qui viennent.

En résumé, le premier élément est qu'on peut consommer moins mais cela aura un impact sur l'économie. Et l'autre élément, par rapport à l'efficacité est l'effet rebond. Si je fais des économies sur un point, je peux dépenser sur d'autres. Par exemple, pendant la pandémie, certains avaient un salaire garanti et ont pu faire des économies car ils n'ont pas voyagé. Ils pourront utiliser cet argent après soit pour voyager plus, soit pour investir dans d'autres choses. Il y a donc la vérité de l'effet rebond.

Les volets « efficacité énergétique » & « diminution de la demande » sont supers mais ne sont pas évident à mobiliser. De ce fait, les gens aiment bien dire « *on va faire de l'énergie renouvelable et cela devrait suffire* ». Pour moi, c'est la solution et je ne suis pas le seul à la proposer. Tout le monde propose cela mais avec des difficultés sous-jacentes qu'on ne perçoit pas ou qu'on perçoit mais qu'on a du mal à solutionner. C'est la raison pour laquelle, on ne bouge pas beaucoup. Pour le moment, au niveau énergétique, on ne fait pas assez. On est loin du compte et l'urgence est là. Quand on voit les plans politiques, les souhaits politiques avec des annonces « en 2050, on en sera là », et puis la réalité : quelles sont les politiques réellement mises en œuvre et leur impact ? On voit que la trajectoire n'est pas du tout la même. Pour arriver à 0 en 2050, on n'est pas dans la même trajectoire, on n'est pas cohérent. De dire blanc puis faire noir ou l'inverse c'est propre à l'être humain et on est dans ce jeu-là avec le climat en tout cas du point de vue énergétique. La conséquence est qu'on va le payer assez cher quand on va se réveiller. Plus on attend, plus cela sera douloureux.

Le CO2 qu'on éviterait maintenant c'est tout ce qu'on ne devrait pas éviter par la suite en un temps plus court. En bon père de famille, cela ferait une bonne décennie qu'on aurait commencé à dire « *écoutez, il faut freiner car quand on voit entre ce qu'on peut émettre et ce qu'on a déjà émis si on ne commence pas maintenant, on n'y arrivera pas* ». De ce fait, il aurait fallu des actions beaucoup plus anticipatives car on était au courant. Dès lors, il faut des actions beaucoup plus fortes maintenant. Mais on ne gère pas la politique en bon père de famille et donc je n'en veux pas aux politiciens. Ce n'est pas au titre individuel ou la classe politique qui est coupable. En réalité, c'est une société qui s'est mise

dans un mode et qui a du mal à changer. On l'a bien vu quand un bateau de 220 000 tonnes s'échoua dans le canal de Suez et bloqua tout le trafic. Il faut imaginer que notre société est un bateau beaucoup plus lourd donc on aura encore plus mal à changer de direction. Il va falloir plus que quelques remorqueurs pour y arriver. On n'est pas capable de se réinventer rapidement et c'est cela qui va nous tuer. L'inertie est énorme. On a trop accumulé. On a trop de choses. On a trop de lancées et finalement on a du mal à se remettre en question. Les gens qui ont moins sur Terre ont plus facile à se remettre en question car ils ont moins de ce fait ils ont moins à perdre. Et nous, nous voyons cela comme une perte et là est notre problème. Alors que moi, à titre personnel, j'étais super content au premier confinement quand il n'y avait quasi plus de voitures dans les rues. On allait à vélo, c'était super sympa. Les gains en termes de qualité de vie étaient remarquables. Il y avait aussi des inconvénients bien sûr. Nous, les humains, avons toujours tendance à voir du mauvais côté. Nous ne voyons pas les bons côtés et cela nous empêche d'évoluer vers la bonne chose.

**C) Quelle place accordez-vous à la géo-ingénierie et aux émissions négatives parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?**

Je n'ai pas parlé des TEN précédemment comme vous l'avez vu dans mes solutions pour faire face au réchauffement climatique. J'ai évoqué le renouvelable, l'efficacité et la diminution de la demande. Je n'ai pas évoqué les TEN. Je pense qu'à l'échelle locale, on va pouvoir faire des choses. C'est clair que la capture de CO<sub>2</sub> à la sortie des usines et la capture dans l'air peuvent être utiles. On parle de techniques plus dures comme l'émission dans l'atmosphère de certains composés pour leur impact positif sur le réchauffement climatique. On parle de blanchir certaines montagnes pour augmenter la réflexion. Je trouve que c'est une manière de trouver des solutions parce que nous ne sommes pas capables de mettre en œuvre les plus évidentes. Je ne vois pas comment une solution plus compliquée serait plus facile à mettre en œuvre alors qu'il y a des solutions plus simples. Tout ce que nous pouvons faire avec de la géo-ingénierie, nous pouvons le faire du jour au lendemain en consommant moins. Et j'ai l'impression que pour la planète, l'impact est plus léger et plus riche.

Si nous regardons à une dimension plus grande, pas uniquement technique et pas uniquement liée au réchauffement climatique, faire moins au niveau société c'est aussi avoir moins d'impact au niveau de la planète. C'est aussi laisser de la place à une partie naturelle. Mais ici, quand on parle de géo-ingénierie, c'est assez agressif. C'est comme le renouvelable. Cela doit se faire sur des surfaces et des volumes assez considérables. On ne va pas dire « *je viens peindre mon toit en blanc est l'affaire est faite.* » On s'en est rendu compte : c'est beaucoup plus important et beaucoup plus intense. On va avoir des unités partout. Il faut faire des transformations assez conséquentes.

Je n'y crois pas à l'échelle globale parce que – je pense que techniquement, nous pouvons faire des choses – mais j'ai l'impression que ce sera plus facile et moins coûteux pour la société d'aller vers d'autres pistes. Mais je sais que dans les rapports du GIEC, ils mentionnent que nous ne pouvons pas y

arriver si nous ne les déployons pas parce qu'ils ont encore une vision de l'économie de la croissance à l'infini. Dès lors, dans ce paradigme-là, nous n'avons pas le choix. Outre les personnes qui travaillent vraiment techniquement là-dessus pour voir si nous pouvons les déployer ou non technologiquement et qui n'ont pas vraiment de vision, les organismes qui regardent cela comme le GIEC, parlent de croissance économique obligatoire. C'est pourquoi, ils font leur calcul en tenant compte de cela. Ils ne peuvent pas trop jouer sur la demande, de ce fait cela coince. Ils n'arrivent pas à atteindre leur objectif. Donc, ils sont obligés de trouver des solutions en plus et les émissions négatives en font partie. C'est pourquoi, je suis assez sceptique sur les contributions des TEN. Je suis sceptique pas parce que c'est impossible, pas parce que je n'y crois pas, c'est juste que je trouve qu'il y a d'autres pistes qui me paraissent moins coûteuses, plus élégantes pour arriver au même résultat.

Nous avons l'impression qu'étant technicien, nous allons davantage aller vers des solutions techniques, modernes, etc. Je suis technicien. J'adore les trucs modernes. En revanche, je dois avouer que quand je vois l'ampleur du problème, aller chercher du CO<sub>2</sub> à 500 PPM, j'aime autant vous dire que je préférerais ne pas les émettre. J'aime peut-être mieux l'idée de dire qu'il faut moins rouler à la voiture. Je fais la distinction entre les moyens purement techniques comme la capture du CO<sub>2</sub> dans l'air ou à la sortie des usines (qui sont des installations industrielles) avec les autres techniques de géo-ingénierie (transformations plus liées à l'environnement) comme aller peindre les montagnes en blanc ou injecter des choses dans l'atmosphère pour résoudre le problème, pour essayer de faire un voile pour empêcher le rayonnement solaire d'arriver, etc. J'ai moins confiance aux choses « apprentis sorciers ». Technologiquement, oui, il y a des choses qui peuvent se mettre en place. Toutes les TEN liées à la capture du CO<sub>2</sub> coûtent pas mal d'énergie, mais nous pouvons le faire dans des pays du Maghreb qui sont bien ensoleillés. Dès lors, autant les faire là où il y a de l'énergie pour le faire. Mais je pense que pour moi cela ne résout pas le problème. Tout cela est très bien. Je suis technicien. Je suis admiratif devant le génie de la capture de CO<sub>2</sub> mais ce n'est pas pour autant que je serais très axé sur ces solutions.

J'ai plus de doutes concernant le stockage souterrain sur nos capacités à avoir des choses stables sur le très long terme, bien qu'on puisse faire des choses. J'ai une opposition radicale au fait de vouloir l'injecter au fond des mers. Il faut faire attention à la suite car si on n'aura pas résolu le problème. Le fait de le piéger de manière définitive, même si le coût énergétique est plus important, est une piste intéressante. Je ne connais pas de façon détaillée tout ce qui touche à la séquestration.

C'est une vision très restreinte de nos sociétés de penser que tous problèmes peuvent se résoudre par la technologie. C'est une vision fort partagée par nos sociétés et surtout par les non-techniciens. Les non-techniciens ont une grande confiance en la technologie. Je ne dis pas qu'il n'y a pas de techniciens qui pensent de même. En revanche, un grand nombre de gens qui ne sont des techniciens ont une confiance très énorme en la technologie. Mais pour moi, ici, le problème est global et est un problème de société. Il y a d'autres problèmes dans d'autres dimensions. De ce fait, ce n'est pas qu'un problème

technologique. On peut repenser nos sociétés par la technologie, mais il faut la repenser de manière globale. Et la repenser de manière technologique paraît plus simple car la repenser de manière globale est plus compliqué. Il y a beaucoup de niveaux dans lesquels on peut intervenir.

La technologie, seule, – et on n’a des preuves d’une certaine manière – ne peut atteindre globalement les objectifs réellement souhaités dans le sens où nous avons les effets rebonds. Regardez, nous n’avons pas cessé d’améliorer l’ensemble des équipements que nous avons et nous n’avons pas autant consommé autant d’énergie. La technologie, seule, ne va pas résoudre de ce fait, les problèmes sociétaux. Il faut autre chose que technologique dans la solution pour pouvoir résoudre le problème. C’est pourquoi, je ne suis pas un adepte de la vision de dire que la solution est technologique. Pour moi, il y a d’autres dimensions à intégrer et tout doit se mettre ensemble. C’est erroné de penser qu’il y a qu’une piste et que cela va tout résoudre. C’est beaucoup plus complexe que cela. Il y a beaucoup de choses à mettre en place à différents endroits et là est le souci : c’est un phénomène mondial qui a une complexité énorme et qui demande des solutions qui ne sont pas triviales. Il faut implémenter partout ! Je pense qu’il y a d’autres dimensions qui peuvent nous aider et qu’il faut implémenter partout mais ce n’est pas évident. C’est plus dur que la technologie mais qu’avec la technologie, on n’y arriverait pas.

Une métaphore, une analogie, pour les technologies, et notamment les technologies d’émissions négatives, c’est comme les gens qui pensent qu’ils vont maigrir car ils font du sport. Alors que le sport ne fait pas maigrir à lui seul. C’est comme si on pensait qu’avec les TEN, cela allait aller. Les gens vont comprendre et se dire « *puisque je peux capturer, je peux émettre* » // « *puisque je vais faire du sport, je peux manger* ». Il y aura une pensée « *oui, on peut continuer à utiliser des énergies fossiles car on va capturer le CO<sub>2</sub> à côté* ». L’idée qu’on va faire disparaître ce qu’on a émis alors que dans la balance, cela ne sera suffisant par rapport aux enjeux climatiques. L’analogie est là : ce n’est pas parce que tu fais du sport, que tu vas maigrir ou que tu peux encore manger plus. Ma crainte, c’est effectivement, si on continue de dire aux populations « *Regardez, on a des technologies de capture, on peut utiliser des charbons* », on est foutus. Ma vision des TEN : si elles ne sont associées à autre chose, on va droit dans le mur.

#### **D) Dans un monde où plus de 80% de nos consommations énergétiques dépendent des énergies fossiles, pouvons-nous nous abstenir des TEN ?**

En fait, il y a le réalisme du GIEC et puis il y a le réalisme que je développe. De toute façon, si on se dit « *j’aurais besoin d’énergie fossile, je vais en consommer* », on n’aura pas d’autres choix que de déployer les TEN sinon nous ratons la cible de loin. Si nous ratons la cible de loin, ce n’est pas +2°C que nous allons avoir mais +3°C ; +4°C ; +5°C et nous ne savons pas vers où nous allons aller.

Évidemment, nous ne pouvons pas faire un plan en disant « *Écoutez, nous ne savons pas comment nous en sortir. Nous allons arriver dans une zone que nous maîtrisons pas parce qu’il y a*

*tellement de phénomènes non linéaires. Nous ne savons pas très bien comment la Terre va réagir même si nous maîtrisons de mieux en mieux. Nous n'avons pas de certitude sur tout. Cela peut devenir un désert ou la vie peut devenir moins agréable à vivre ».* Nous ne pouvons pas écrire cela. Il faut trouver une piste et la piste est les technologies d'émissions négatives ainsi que les autres techniques de géo-ingénierie, etc.

Il y a une cohérence dans ce qu'ils présentent et je ne nie pas cette cohérence-là. Je dis seulement qu'avec des efforts considérables, nous pouvons essayer d'aller plus vite dans la transition comme mettre du renouvelable. Si nous allons dans l'optique des pistes que j'ai mentionnées précédemment, je pense qu'il y aura du sens. Mais bien évidemment mes pistes demandent une révision plus profonde du fonctionnement de nos systèmes et de nos sociétés. Je n'accuse pas le GIEC. Ils répondent à des messages politiques aussi donc ils sont très neutres dans la partie climatique. En revanche dans la partie solution, il y a un agenda politique derrière. Entre ces deux trajectoires, je préfère celle que je présente à l'autre même si les deux sont cohérentes pour la transition.

#### **E) Qu'entendez-vous par transition ?**

Moi, j'appelle transition au sens très large du terme. La vie est faite de déséquilibre. Nous étions dans une sorte de trajectoire relativement stable, une sorte de situation d'équilibre même si c'était dynamique. Ce que je propose est plus radical car il n'y pas qu'une transition énergétique, elle est aussi sociétale. Ce que propose le GIEC est une transition moins agressive puisque nous disons aux gens : *« vivez comme maintenant, ce que nous allons faire tout simplement c'est aller puiser dans l'atmosphère le CO<sub>2</sub> que vous émettez à la sortie de votre pot d'échappement »* ; *« Ne changez pas vos vies, la technologie est là »*. Cela est une caricature mais ils disent que nous n'allons rien changer d'autres. Entre ce que je propose et ce que propose le GIEC, les deux régimes sont très différents. Les transitions sont différentes. Les régimes sont différents mais j'ai une sorte d'affinité pour celle que je défends. Néanmoins, je ne suis pas contre ce que font les autres non plus. Je ne vais pas aller manifester contre ce que propose le GIEC en disant : *« révolution totale »*. Cela n'a aucun sens. Je suis un pur technicien mais je côtoie depuis un certain nombre d'années des personnes des sciences humaines qui sont beaucoup plus radicales dans leurs propos et dans leurs actes et finalement poursuivent la voie que je mentionne de manière plus forte que moi et ont réussi à me convaincre par des échanges. De ce fait, je dis que cette piste a du sens.

Je préfère dire que c'est une transition puisque nous passons d'un état plutôt stable – même s'il y a de la dynamique – à un autre état qui changera sur plusieurs facettes : énergétique, sociétale, économique, etc. Il y aura beaucoup de choses qui vont changer. Nous espérons arriver à un nouveau plateau qui sera plus acceptable pour la planète jusqu'à arriver à une nouvelle crise mais cela fait partie de la vie. Si nous disons que dans 200 ans, nous vivrons la même vie qu'aujourd'hui, vaut mieux tout arrêter. Il y a toujours des choses qui viennent et cela fait partie de la vie et nous devons faire face.

**F) Elon Musk est prêt à offrir 100 millions de dollars pour la meilleure technologie de capture et stockage de carbone. Pensez-vous que d'ici la fin de la décennie, nous connaîtrons une course au déploiement des TEN et autres technologies de CSC?**

Pour moi le marché est présent. Certaines technologies sont encore dans des laboratoires mais le marché est présent. Il ne faut pas seulement le capturer. Il faut pouvoir faire quelque chose de ce CO<sub>2</sub>. Le concentrer c'est très bien mais il faut une utilisation. Nous n'allons pas que les mettre dans du Coca Cola pour le faire pétiller. Il y a non seulement la capture et puis son utilisation. Dans les laboratoires, il y a pas mal de gens qui travaillent sur ces sujets-là. Ils n'ont pas attendu Elon Musk pour y réfléchir. Il y a des sommes d'argent bien plus importantes qui ont été investies. C'est un effet d'annonce qui est très bien. Néanmoins, globalement pour moi, ce que nous aurons technologiquement pour résoudre les problèmes est dans les laboratoires à des échelles plus ou moins développées. Si vous parcourez, vous allez au Canada, vous allez en Suisse, vous allez en Espagne, vous avez un grand nombre de personnes qui travaillent au sujet des technologies de capture. Cela se fait à des effets plus ou moins concentrés. Il y a déjà des démonstrations de capture dans l'air. Je connais un peu tout ce qui touche à l'absorption et la désorption à la sortie des centrales. Il y a pleins d'autres techniques comme les captures biologiques que je maîtrise moins, les BECCS, etc. Tout cela est en route depuis un certain nombre d'années puisque les gens connaissent le problème depuis un certain nombre d'années. Ils n'ont pas attendu Elon Musk ou autres pour regarder cette voie-là. Pour moi, les choses sont à l'échelle de la démonstration et du laboratoire avancé. Si on les met en 2040, il sera trop tard. C'est pourquoi, il faut que cela se développe petit à petit. Plus on attend, plus on devra développer massivement, plus cela sera compliqué. Or, aujourd'hui, nous n'avons pas encore véritablement un scénario où ces systèmes ont un bilan global intéressant parce qu'ils consomment énormément d'énergie. Je connais mieux ces technologies dans le domaine du non-vivant et la consommation énergétique est énorme. On va capturer du CO<sub>2</sub> mais pour le capturer, on va devoir en émettre plus. Il n'y a pas encore de solutions.

Il y a des promesses d'améliorations technologiques pour diminuer tout cela. À titre d'exemple, au Maghreb, ils disent que l'énergie sera fournie par les panneaux solaires car il faut beaucoup de chaleur donc c'est assez facile à faire. Il y a des idées qui sont mises en place. C'est la direction qu'on suit et c'est forcément la direction qu'on va suivre.

Si cela ne pénalise pas les autres pistes que j'ai évoquées (celles que je privilégie), faire des essais dans ces domaines-là et aller vers cette direction, je dirai « *pourquoi pas* ». Ce n'est pas une mauvaise chose. Je ne suis pas contre le développement technologique dans ce domaine-là. Je suis juste en train de dire que ce n'est pas ce domaine-là qui va permettre de résoudre le problème dans la globalité si on n'agit pas dans les autres domaines.

Oui, il faut le faire. À qui va arriver les 100 millions de dollars ? Finalement à ceux qui sont déjà dans la course aujourd'hui. Quelle est la meilleure technologie ? C'est une question qui n'a pas

beaucoup de sens. Cela dépend l'endroit où l'on stocke, qu'est qu'on fait de la technologie, etc. Il y a tellement de contraintes qu'il y a une diversité de solutions. C'est comme si on disait qu'on donnait 100 millions d'euros au meilleur médecin du monde. C'est qui le meilleur médecin du monde ? Si vous avez des problèmes d'articulation, c'est le spécialiste dans ce domaine.

C'est tellement diversifié donc il n'y a pas qu'une méthode de capture. Il n'y a pas qu'une situation idéale. Il y a une série de choses, différents acteurs spécifiques qui sont actifs dans ce domaine. C'est ce qu'il faut préserver. Je ne suis pas anti-recherche. Je pense qu'il faut intensifier la recherche dans ce domaine. Et si on a une bonne piste dans ce domaine-là, qui est rentable et efficace, qu'on peut la mettre en œuvre, pourquoi pas.

Le développement du renouvelable est très compliqué. C'est très extensible, cela prend du temps. Ce sera de même pour les CSC (*en sous-entendant le DACCS*), on ne va pas mettre une unité au centre, sur Terre qui va tout absorber. Il y aura plusieurs unités de CSC un peu partout. Cela va prendre du temps. Cela sera compliqué. Cela demandera, tout comme l'énergie renouvelable et tout comme la réduction de la demande, des efforts considérables. Si on doit construire beaucoup d'unités de capture de CO<sub>2</sub>, il faut qu'on mette en place des éléments. D'un point de vue économique, il faut que les entreprises fassent cela, etc.

Si on s'attaque à un problème de manière massive, c'est au détriment d'autres problèmes. On ne sait pas gérer tout simultanément. On n'a pas la capacité humaine pour tout gérer. Il faut prendre des décisions. Si on investit massivement dans la capture et toutes les TEN du vivant et du non-vivant, cela veut dire que l'on va moins investir dans d'autres domaines. Et si, nous investissons dans le renouvelable parce que c'est important, cela veut dire que nous allons avoir un panel de technologies à mettre en œuvre qui est conséquent. Cela veut aussi dire que d'autres activités vont disparaître. Le problème quand on se dit qu'on va capturer (1) nous ne pouvons capturer maintenant car nous ne sommes prêts ; (2) nous nous dirons qu'on va capturer dans 10 ans, qu'on recommence en 2030. Et en 2030, le problème sera plus aigu de ce fait, on devra aller plus vite. Ce sera plus intense et il faudra investir plus. On va compliquer les choses. Alors qu'aujourd'hui, on peut commencer les autres tests de technologies de manière beaucoup plus simple. Elles sont matures. Elles sont prêtes. Elles sont là. C'est un peu cela qui me fait penser que les 100 millions sont là mais ne feront pas changer le dogme.

Le déploiement lent s'explique par l'argent. Cela me fait penser à l'étude que j'avais suivie sur les explications quant au déploiement lent du renouvelable de type éolien dans un pays comme le Brésil. Il y a des ressources mais il y avait un manque de technologies pour le faire. Les gens se sont finalement rendu compte que ce qu'il manquait était les incitations financières. S'il y avait de bonnes incitations, cela se développerait. Aujourd'hui, l'énergie renouvelable devient rentable indépendamment du soutien. Cela va se développer naturellement car cela devient rentable par rapport à d'autres

technologies. Elles ont franchi le cap après avoir été soutenues très longtemps par les autorités et deviennent rentables. Cela devient intéressant.

Les technologies de capture coûtent cher et elles capturent un CO<sub>2</sub> qui ne vaut rien. Et donc qui va payer pour faire quelque chose qui ne rapporte rien ? Mis à part avoir une bonne volonté et être un messie, personne ne va faire cela. Une entreprise n'a aucun intérêt aujourd'hui à aller capter son CO<sub>2</sub>. Le prix n'est pas assez élevé. Elle préfère racheter au voisin qui a fait des économies. Le système d'échange permet peut-être plus simplement de compenser pour ce qu'on a émis. Si le prix du CO<sub>2</sub> augmente, la donne va changer. C'est vraiment une question économique. Le CO<sub>2</sub> n'a pas de valeur aujourd'hui ou plutôt a très peu de valeur. Le prix à la tonne est ridicule par rapport aux enjeux. Capturer du CO<sub>2</sub> à la sortie d'une centrale diminue le rendement de la centrale. Vous perdez donc en production.

Installer un système de capture dans l'air – en oubliant les problèmes liés à la consommation énergétique – par rapport au prix du CO<sub>2</sub> capturé, on ne le fait pas. Cela ne tournera pas. Sauf s'il y a des subsides massifs de l'État. De nouveau, l'État doit se poser la question : « *Est-ce que l'argent qu'il veut investir là-dedans est le meilleur investissement ?* » « *Est-ce qu'il ne devrait pas investir cet argent dans l'isolation des maisons et de bâtiments qui dans nos pays ?* ». Si j'étais l'État belge aujourd'hui, je ne suis pas sûr que j'investisse dans les TEN, dans la capture du CO<sub>2</sub>. J'investirai dans l'absence d'émissions de CO<sub>2</sub>.

En résumé, l'explication pour la lenteur est (1) cela coûte cher et (2) l'absence de subsides. C'est peut-être une bonne chose. Ce n'est pas parce qu'une technologie existe qu'elle doit être utilisée et mise en œuvre. Cela peut exister dans des endroits où nous avons des concentrations très importantes de CO<sub>2</sub> comme par exemple les processus chimiques avec des CO<sub>2</sub> qu'on ne sait plus quoi en faire. À ce moment-là, le CSC peut être une solution.

Je suis contre l'idée que dès que nous avons une technologie, il faut la répandre et l'utiliser et dire que c'est d'office bien. Non, ce n'est pas toujours le cas. Il faut réfléchir de manière un peu plus large que cela, sans nier les choses extraordinaires que cela puisse avoir un rôle. Mais économiquement, cela ne tient pas la route. Je n'ai pas les chiffres exacts mais pour moi, cela ne tient pas la route. Si vous me demandez un prix du CO<sub>2</sub> pour que cela tienne la route, je ne pourrais vous le dire. À mon avis en dessous de 100 euros, on ne fera pas grand-chose. Aujourd'hui, le prix du CO<sub>2</sub>, je ne sais pas à combien il est mais je pense que nous devrions aller minimum à 100 euros la tonne pour que cela ait du sens à mon avis. Je dis comme cela à la louche.

**G) Vous avez dit que c'est un problème sociétal : les sociétés sont-elles prêtes à changer selon vous ? Qu'est-ce qui va provoquer le changement ?**

Mes amis en sciences humaines y travaillent. Quelle fraction de la population doit changer pour que le reste change aussi ? Le problème selon moi est qu'on ne change massivement qu'à partir du

moment où le danger est véritablement perceptible et devient incontestable. C'est un peu dommage car cela veut dire l'être humain a du mal à se projeter. C'est le fait qu'il ne sache pas se projeter ou réfléchir de manière très large dans l'espace qui va le mener à sa perte. Nous avons du mal à nous projeter. C'est un défaut majeur de l'être humain. Ils ont une vision assez restreinte de l'environnement, c'est-à-dire qu'ils ne voient que ce qui les entoure et le reste ils oublient. Dans le temps, nous avons du mal à voir 40 ans plus tard. Parfois les gens se projettent à 5-10 ans, parfois à 20 ans, mais se projeter à une génération, cela devient compliqué. Malheureusement, il va falloir attendre que cela soit perceptible. Cela commence. Quand on aura quelques bonnes canicules qui nous tomberont sur la tête, quand on aura des manques de pluviosité, des sécheresses abondantes, quand on aura des zones terrestres qui deviendront véritablement inhabitables (parce que l'irrigation ne sera plus suffisante), quand on aura plus les moyens d'irriguer des zones considérables, quand on aura beaucoup d'ouragans, etc. C'est malheureux pour les gens qui en souffrent. Je ne souhaite pas cela. Mais on en a déjà quelques-uns et quand on en aura de manière plus intense, les gens se diront « *okay, c'est moi le prochain* », dans ce cas-là, c'est plus facile de changer. Je crains que l'on n'ait pas de changements massifs avant que les impacts soient massifs.

On peut faire une analogie avec la cigarette. Quand j'étais plus jeune, les profs fumaient dans les auditoriums. C'était un peu épouvantable. Moi qui ne fume pas, je trouvais cela très difficile. La science était là depuis longtemps en revanche il y avait nombreux détracteurs, des lobbies, etc. Mais évidemment, ils se sont rendu compte que le cancer du poumon n'était pas la chose la plus idéale du monde et qu'il n'y avait pas que les fumeurs qui en souffraient. D'autres en souffraient également : les fumeurs passifs. Tout le monde a connu quelqu'un qui souffrait du cancer du poumon ou autre cancer qu'on pouvait associer à la cigarette comme le cancer de la mâchoire, etc. Cela a quand même fait changer les mentalités, plus vite chez certains que d'autres. Au bout du compte, les gens ne fument plus dans les environnements publics. C'est interdit. Maintenant, quand je croise quelqu'un qui fume la cigarette, ce n'est plus vu comme une qualité. Quand j'étais jeune, c'était une qualité de fumer. Maintenant quand on voit quelqu'un qui fume, on se dit « *malheureusement, il est tombé dedans. Ce n'est pas de sa faute, il en est victime* ». Ce n'est plus perçu comme étant quelque chose de positif. On a quand même basculé pour cela il a fallu que les facteurs du domaine médical sortent et arrivent à combattre les lobbies car il y a toujours des forces protagonistes. Il ne faut pas croire que tout le monde va dans le même sens.

Je crains que pour le changement climatique, on soit réduit à ce genre de situation. Il va falloir une accumulation de preuves tangibles et de victimes directes connues. Hélas, cela ne marche que quand les gens sont touchés par ces choses pour qu'on change vraiment. C'est ma crainte.

Je souhaiterais réellement que l'on puisse, par l'éducation et par un certain nombre d'éléments, y arriver avant que tout cela arrive et donc pouvoir anticiper. L'être humain n'est pas très fort. S'il était

fort, il n'y aurait pas d'alcoolisme car les gens seraient assez forts pour ne pas tomber dans le piège et je pense que c'est un piège, qu'il ne vient pas comme cela. Si on était assez forts, on arriverait à anticiper pas mal de choses. Je pense qu'on ne l'est pas à l'échelle individuelle et on ne l'est pas à l'échelle collective. Je crains donc que cela prenne encore du temps pour que les mentalités changent.

En revanche, il y a quand même des messages rassurants de mes amis en sciences humaines que j'ai mentionnés au début. Ces derniers disent que s'il y a une fraction importante de gens qui veulent changer, il y a toujours une masse silencieuse qui est prête à suivre. Il ne faut pas que la majorité change pour que cela change, il faut qu'il y ait une minorité positive qui montre qu'il y a une voie importante et significative qui donnera lieu à l'adhésion d'une grande majorité qui est prête à changer. C'est la petite note d'espoir : peut-être on va y arriver.

#### **H) Vous avez dit qu'on a besoin de temps, est-ce que les TEN feraient gagner du temps ?**

On ne peut pas être gagnant car cela va s'emballer. Cela va nous faire gagner quoi ? 1 an sur la transition ? Je ne sais pas. Nous faire gagner 1 an sur les 30 ans qui nous restent, on aura du coup 31-32-33 ans devant nous ? Cela ne veut pas dire qu'on peut se reposer sur cela et aller dormir tranquillement. Le combat reste le même. Ce n'est pas un game changer dans le sens où cela ne va pas absorber tout le CO<sub>2</sub> du jour au lendemain et on va dire demain « *écoutez, le problème est résolu* », on va continuer comme avant et on va absorber ce qu'il y a en plus. On émet tellement de plus en plus de CO<sub>2</sub> que je ne suis même pas sûr que ces technologies, à elles seules, seraient capables d'aplatir la courbe malgré les déploiements. C'est cela le problème de ce genre de message, si on dit « *bon, on a cela, cela va aller, on met en place et dans 20 ans, on aura tout absorbé* », les gens ne vont rien faire à côté. Je n'aime pas ces discours trop optimistes. Cela peut faire gagner un petit peu de temps, cela peut nous aider mais, pour moi, cela ne va pas drastiquement modifier la trajectoire et le temps accordé pour la transition.

#### **I) Que pensez-vous du reboisement pour obtenir des émissions négatives ?**

Je suis plutôt favorable à ces solutions plutôt naturelles. C'est vrai que j'ai très peu abordé cette voie et que j'ai davantage traité de la capture du CO<sub>2</sub> par voie technologique qui est mon domaine. Pour moi, planter des forêts pourrait être une chose intéressante. Mais de nouveau, aujourd'hui on plante des forêts pour donner bonne conscience. En revanche, il faut, EN PLUS DE TOUT LE RESTE, planter des forêts. Spécifiquement, je pense qu'on a tout à recréer un couvert végétal important y compris dans les villes étant donné que le climat va toute façon changer. La forêt permet de réguler les températures donc il fait toujours plus frais et agréable en forêt. C'est pourquoi, avoir des régions urbaines plus boisées est intéressant.

On nous invite à manger moins de viande, c'est un impact positif sur l'émission de GES. Cela pourrait permettre de convertir certains sols en forêt. Je pense qu'on a tout intérêt. Je suis plutôt

favorable à ces solutions-là mais de nouveau dans un message de ne pas se fier qu'à cela. C'est une des solutions parmi tant de solutions qui demandent de travailler plein de choses à la fois. Mais effectivement c'est à faire.

#### **J) Comment définissez-vous la nature ?**

Pour moi, on ne peut pas mettre l'humain d'un côté et la nature de l'autre et se dire que quoi que nous fassions la nature s'en sortira. Je pense que nous sommes capables de détruire notre environnement et on est en train de le faire. Je ne me mets pas au même pied d'égalité qu'un cheval ou un cochon. Il y a des personnes qui disent que la nature a les mêmes droits qu'un être humain, qu'un arbre a les mêmes droits qu'un être humain. Je caricature. Je dois avouer qu'à choisir, je privilégierai l'être humain à l'animal et c'est encore plus vrai si c'était un arbre. Je ne mets pas au même niveau qu'eux. On a quand même un certain nombre de caractéristiques. On doit quand même exploiter une partie de la nature, on l'a toujours fait, on le fera encore et cela ne pose pas de problème. Je ne suis pas pour le fait qu'on aille vivre dans des grottes. Je ne suis pas pour un respect total de la nature en voulant avoir le moindre impact possible. Il faut pouvoir maîtriser et exploiter la nature pour nos besoins mais avec une certaine harmonie. Il faut une utilisation raisonnée. Il faut une utilisation tout de même raisonnable de l'espace naturel qui nous entoure. Pour moi, garder une partie plus ou moins sauvage est essentiel.

Quand on compare le nombre d'êtres humains sur Terre et le nombre d'animaux sauvages, on se rend compte que le nombre d'êtres humains est trop important. Il faut utiliser des politiques pour inciter les gens à faire moins d'enfants. Nous sommes trop nombreux si nous voulons vivre comme nous voulons.

#### **K) Avez-vous votre position personnelle ou officielle de votre organisation ? Quelle différence faites-vous entre votre position personnelle et celle de votre organisation ?**

Je réponds aux deux questions en une fois : J'exprime toujours une position personnelle lors des entretiens. L'Université n'a pas de position officielle sur mes thématiques. A part le Recteur qui s'exprime au nom de l'Université, les autres acteurs s'expriment toujours en leur nom. L'appartenance à l'UCLouvain n'est qu'une indication qui n'a aucune conséquence sur les idées défendues par les professeurs. Cela fait partie de la liberté académique. Dans de rares cas, l'Université peut de se distancier des propos d'un de ses membres et donc émettre un avis en son nom mais cela se fait via le Recteur ou un de ses représentants.

## (2) Entretien de SELOSSE Sandrine

### A) Comment décrivez-vous le réchauffement climatique et comment y faire face ?

Nos sociétés se sont construites d'une certaine manière, en utilisant un certain nombre de ressources qui émettent énormément de GES et cette société n'est plus tenable maintenant. Il y a un peu de retard dans l'action. Il est de plus en plus temps de faire quelque chose et de changer la situation, de changer nos économies. Et du fait qu'on ait attendu énormément de temps aussi, cela induit des changements plus importants puisqu'il y a une inertie qui s'opère quand même et l'économie repose sur l'existence des énergies fossiles. Je travaille beaucoup plus sur les systèmes énergétiques et on ne change pas un système du jour au lendemain. Il y a des investissements à faire. Plus les technologies et les ressources sont construites et organisées, plus cela nécessitera un temps pour les mettre en place même si c'est nécessaire. Il y a des technologies qui existent. Pour répondre à la question sur le changement climatique, il y a une urgence. Il faut changer nos économies mais nous sommes face à divers problèmes liés à l'économie et la société. Ce n'est pas que les technologies qui devraient être mises en place mais il faudrait repenser nos façons de vivre. Il faut accepter certains changements de comportements. Tout un système dans son ensemble qui doit changer au plus vite mais d'une manière réfléchie et coordonnée. La technologie que je pointais qu'il faudrait développer sont les renouvelables. Il y a aussi le débat autour du nucléaire.

### B) Quelle place accordez-vous à la géo-ingénierie et aux émissions négatives parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?

Tous les modèles et tous les scénarios qui visent à atteindre un objectif ambitieux de 1,5°C, 2°C reposent sur les TEN. Si on devait se poser la question : est-ce que c'est possible sans ? à quel coût ? à quelles conséquences sur nos façons de vivre ? Et si cela repose sur elles, est-ce possible de les déployer ? Est-ce qu'on a ce potentiel-là pour réellement pouvoir atteindre ces objectifs sous ces niveaux-là. Là est le sujet. Oui, parmi les technologies pour faire face au réchauffement climatique, il y a les TEN sachant que de plus en plus, on n'a pas avancé dans notre transformation, on ne pourra plus faire sans notamment pour 1,5°C. C'est ce que montre le rapport du GIEC. Pour atteindre cet objectif, on ne peut se passer des TEN après il faut voir lesquelles. Il faut aussi voir l'impact qu'elles ont sur le reste du système, sur les ressources parce que l'idée n'est pas de remplacer un mal par un autre mal.

Dans les TEN, il y a plusieurs niveaux. Initialement, on parlait beaucoup de la BECCS, l'utilisation de la biomasse et la récupération du carbone issu de la combustion de la biomasse qu'on allait séquestrer. Initialement, il y avait beaucoup de travaux autour de cela. Il y a eu pas mal de débat autour du biochar. Cela s'est complété avec les travaux autour de la fertilisation des océans. Il y a eu un stockage dans les océans profonds qui a été interdit après à cause de l'acidification des océans. Il y a eu des recherches sur la fertilisation des océans aussi et également sur tout ce qui est

reforestation/afforestation, etc. C'était un peu les TEN initiales au départ et là maintenant, on parle énormément de DACCS (direct air capture) partout. On en parle également comme étant la solution inévitable car on n'a pas déployé suffisamment les autres et qu'on n'a pas assez changé nos systèmes. C'est la raison pour laquelle on va devoir déployer les DACCS. Derrière cela, il y a la réflexion autour d'une filière qui ne serait plus que de la séquestration du carbone mais plutôt une réutilisation du carbone. Maintenant, on a une autre réflexion sur la réutilisation du carbone pour créer des filières notamment pour l'industrie car cela va être le secteur le plus difficile à décarboner. Il y a donc toutes ces réflexions autour du carbone. Cela devient un bien marchand qui peut inciter à son développement et qui a une utilité pour l'utiliser par exemple dans l'acier.

La réflexion s'est un peu accentuée au fur et à mesure sur les TEN car cela devient inévitable ainsi que sur les nouvelles TEN comme la DACCS mais ici je la vois plus comme une modélisation.

**C) Donc vous accordez quand même une place importante aux TEN dans les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?**

Oui à ce stade. Tout l'enjeu pour éventuellement s'en passer est les renouvelables. On n'est pas encore en mesure d'avoir les capacités de stockage associés aux renouvelables. Il y a toute la question d'intermittence, gestion des réseaux, fiabilité des réseaux, etc. Pour le moment, les TEN sont incontournables.

J'aurais plutôt envie de dire que pour cette lutte, ce sont les humains qui doivent bouger pour avancer. En effet, même pour les technologies qu'on veut déployer, il y a des problèmes d'acceptabilité. Ces soucis mettent des freins énormes sur le montage de certains projets. Tout le monde n'est pas prêt à changer. Il y a des comportements qui ne sont pas du tout économes en énergie. On est loin de la lutte contre le réchauffement climatique et contre la prise en compte alors que c'est bien avéré. C'est plutôt à nous à davantage nous engager pour faire face au réchauffement climatique.

Il y avait déjà des technologies qui servaient notamment pour l'extraction du pétrole. La technologie en soit n'est pas si moderne que cela. Là où elle est nouvelle c'est dans sa capacité à être déployée largement à très grande échelle en respectant différents points : il ne faut pas qu'il y ait des fuites. Il faut qu'il y ait une capture suffisante. Il faut qu'il y ait des coûts raisonnables, etc.

Pour cette technologie initialement, il y avait une source existante. Le fait d'utiliser de la biomasse pour produire du carburant ou de l'électricité par exemple, cela sert également à quelque chose. Il y avait déjà des centrales. Ce n'est pas très différent de ce qu'il y avait avant. C'est plutôt une adaptation de ces systèmes-là pour répondre à l'enjeu. Il y avait une base existante qui est réorientée et approfondie pour répondre à l'enjeu.

Après, autour de là, il y a cet objectif (climatique) à atteindre et cela s'est déployé. Mais la technologie en soit n'est pas si différente finalement. Pour le stockage, l'enjeu est de pouvoir le stocker

à des échelles de temps longues. Il y a d'autres questions qui se posent : qui va gérer le contrôle pendant si longtemps ? Cela ne peut être une entreprise. Pourquoi ils se sont lancés dans la recherche sur les TEN ? il y avait un besoin. Il y avait un engagement. Face à l'enjeu climatique, les TEN sont une adaptation de la technologie existante à l'enjeu. Pour moi, il n'y a pas qu'une solution, il y a des solutions. Il faut vraiment un portfolio de solutions.

Au vu des potentiels, la BECCS a le plus gros potentiel. En revanche, pour la BECCS, il faut faire attention à l'usage de la ressource de la biomasse. Il y a d'autres enjeux autour de cela, usage des sols, alimentation, etc. En termes de potentiel, c'est la BECCS qui en a le plus. La DACCS aussi mais là cela dépend aussi de plusieurs facteurs : qui va le déployer ? quelle filière il va y avoir derrière ? A chaque fois, il y a des limites autour de cela. À chaque fois, il y a des freins car il y a d'autres impacts qui posent d'autres soucis. Je ne pourrais dire que cette technologie est meilleure. Quant à la reforestation, elle peut être déployée à grande échelle mais c'est quand même compliqué... La fertilisation des océans est une solution un peu limitée car il y a le souci de l'acidification des océans. Le biochar, je n'ai pas assez creusé mais il y a la concurrence alimentaire. Pour la DACCS, il y a une contrainte économique. Donc c'est assez difficile de préférer une technologie à une autre. Comme toutes solutions technologiques, il n'y a pas de solution miracle. Il faut des technologies d'émissions négatives mais il faut quand même développer d'autres technologies dans un ensemble de solutions et revoir nos comportements.

Pour moi, les TEN sont la technologie de secours pour réussir à atteindre nos objectifs qu'on s'est donnés parce qu'on n'aura pas assez transformé le reste du système pour pouvoir atteindre nos objectifs climatiques. Dans les modèles, elles sont présentées comme le moyen pour atteindre les objectifs climatiques, les engagements, etc. Sachant que le reste n'a pas été développé à la hauteur, les TEN ne sont pas là pour être un moyen d'esquiver les solutions d'atténuation mais plutôt sont une solution de secours face à la réalité. C'est une solution qui est proposée parmi les autres et qui permet aussi d'atteindre notre objectif qui est fort. Compte tenu du fait que notre objectif nous pousse à tout transformer, les TEN sont donc un moyen pour atteindre cet objectif puisqu'à court terme, on ne pourra pas tout transformer et à long terme, on espère qu'on pourra transformer. À court terme, c'est assez difficile car il y a pas mal d'infrastructures à développer en parallèle des solutions qui sont alternatives. Sans compter que les énergies fossiles sont très présentes car elles sont plus compétitives. Qu'est-ce qui empêche de les utiliser outre l'idée de dire que ce n'est pas bon pour le réchauffement climatique ? Dans ce contexte, les TEN sont une solution.

Cela dépend aussi des pays qui disposent ou non de ces ressources. Les pays en développement ne vont pas attendre de se développer en attendant qu'il y ait une technologie qui permette leur développement de manière plus propre. On ne peut pas reprocher à ces pays le développement. Dans ce contexte, cela permet à ces derniers de se développer tout en ayant une solution à côté.

**D) Selon vous quel est l'avenir à court terme (10 ans) et à long terme (30 ans) des TEN ?**

À court terme, on va avoir de plus en plus de démonstrateurs, de projets pilotes pour notamment tester leur faisabilité. Les entreprises y investissent pas mal pour essayer de voir s'il y a un business qui peut être déployé derrière et si cela peut marcher. À court terme, il y aura vraiment des tests du système si elles peuvent être déployées. Il y a une partie de la mutualisation, de la coordination et à long terme, il va falloir mettre en place. En plus avec tous les engagements actuels de dé-carbonisation 2050-2060, le temps est très court. Je ne vois d'autant moins d'autres solutions. À long terme, en résumé, il faut organiser le déploiement pour répondre à l'enjeu climatique.

**E) Elon Musk est prêt à offrir 100 millions de dollars pour la meilleure technologie de capture et stockage de carbone. Pensez-vous que d'ici la fin de la décennie, nous connaîtrons une course au déploiement des TEN et autres technologies de CSC?**

J'aimerais dire que cette course a déjà commencé. Ils sont en train d'organiser tous ces déploiements. La question est de savoir qui va se positionner en tant que leader sur le déploiement de la technologie. Pour le CCS, en France, il y a eu des investissements énormes sur le CSC, pas que pour le déployer au niveau national, c'est parce qu'ils voulaient aussi développer des marchés à l'étranger. Il y a déjà une sorte de course à la technologie qui se fait notamment par les projets pilotes. L'idée est que cela prend sa place sur ce marché-là. Ce qu'il manque sont les impulsions. Il y a des signaux qui disent qu'on va devoir avancer sur des changements mais le signal n'est pas assez fort pour dire que c'est demain. On est dans ces attentes. Il n'y a pas de contraintes si fortes comme le prix du carbone qui est faible. Quand il y aura une impulsion politique plus forte, il y aura une vraie course car les choses vont s'accélérer.

**F) Trouvez-vous le déploiement des TEN lent malgré leur place importante dans les modèles du GIEC ?**

Oui ! J'ai l'impression que là c'est la technologie de dernier recours. Ils sont en train d'organiser le reste et ils ont l'air de dire qu'ils mettront en place cette technologie après. LA CSC, on en parle depuis des années. Tout ce qui est autour de la capture et de la séquestration, cela existe depuis très longtemps, pas pour ces objectifs-là forcément. Cela aurait déjà pu être mis en place ou au moins donner plus de soutien. Je trouve le déploiement très lent.

**G) Vous parliez de la nécessité de changement des sociétés. Est-ce que les sociétés sont prêtes à changer ?**

Il faudrait des incitations surtout des plus jeunes. Il faut que la prise de conscience soit systématique. Il y a pas mal de choses sur le développement durable. Il faut une bonne éducation, il faut une communication, mettre à disposition des solutions pour adapter nos comportements, etc. Il y a une petite prise de conscience au niveau européen mais c'est à l'échelle de la planète qu'il faut changer. Il faut accompagner le développement des États en voie de développement : il faut l'accès à la

technologie et faire en sorte que la façon dont ils évoluent soit directement durable. Ici, ce n'est pas forcément un changement de comportement. Accompagner le développement des pays en voie de développement pour qu'ils n'aient pas à changer leurs comportements après. Et pour nos changements de comportement dans les pays développés, il faut beaucoup de communication, des incitations et donner les moyens de le faire parce que pour certains, même s'il y a une bonne volonté, ce n'est pas forcément facile pour changer nos déplacements notamment. Il faut accompagner. Par ailleurs, par rapport à nos consommations énergétiques, cela va dépendre des ressources qu'on peut avoir, de l'isolation, etc. Il faut une bonne éducation pour les jeunes pour que cela devienne presque un réflexe.

**H) À votre avis, comment un accord sur les TEN pourrait être atteint à la lumière des difficultés actuelles et quelles seront les actions et les motivations des scientifiques et des politiciens ?**

Il faut la communication des pouvoirs publics. Il faut qu'il y ait des contraintes pour que cela ne puisse être possible de faire autrement. Il faille vraiment que cela soit avantageux. Sachant qu'on sait déjà que le fait de ne rien faire, cela coûtera plus cher que faire quelque chose sauf que c'est à des temps plus longs. Il faut donc être dans ces moments de contraintes pour qu'il y ait des accords.

**I) Qu'entendez-vous par moment de contraintes ?**

Ce n'est pas forcément une crise. La crise peut être un bon moyen de repenser le système en reconstruisant de meilleure manière et en la liant avec des objectifs à long terme. Comme cela s'est passé avec la crise COVID, les changements de société, il faudrait repenser plein de choses comme reprendre la croissance – sans rentrer dans le débat croissance/décroissance – s'appuie sur des solutions qui prennent en compte nos objectifs de développement durable et du changement climatique. C'est plutôt se dire : à partir de quand, ils vont estimer que l'objectif qu'ils se sont donné va être encore plus coûteux ? Là, ils se sont donné un objectif à 2050, un moment il va falloir le faire. Aujourd'hui, on se dit que c'est dans 30 ans, ce n'est pas si loin que cela et s'ils veulent atteindre l'objectif, il faut lancer les signaux, les incitations, les contraintes, etc. On doit faire ce basculement. Parce que quand on dit que c'est dans 30 ans, on se dit qu'on a encore du temps pour changer nos économies, l'énergie, mais il est temps de le faire. Les points de basculement sont ces moments. En même temps, les annonces sur la décarbonisation et les engagements à plus court terme qui ont été reportés à cause du report de la COP. Là, on attend des déclarations pour les pays, ce qui devait arriver l'an dernier, ... On sait que les engagements ne sont pas assez ambitieux et ne sont pas en accord avec le +2°C. Et à côté, il y a eu des engagements : on va décarboner jusqu'en 2050. On garde cet objectif à long terme. Mais on aurait déjà dû être plus ambitieux pour y arriver. C'est-à-dire au moment actuel, les engagements n'y sont pas là et on se dit qu'ils y seront en 2050. Le signal n'est pas très fort.

**J) À votre avis, les TEN pourraient-elles contribuer à ralentir le réchauffement climatique ? Est-ce les technologies peuvent être une solution pour faire face à des problèmes du système Terre ?**

Oui cela peut être une transition. Le temps d'avoir le temps de déployer d'autres technologies. Il y avait une réflexion autour du gaz (le gaz par rapport au charbon). On disait que le gaz pouvait être le pont. Là effectivement les TEN peuvent être un moyen pour réduire les émissions. Même dans les propositions, cela ne s'installe pas comme une proposition transitoire mais plutôt comme une solution qui s'installe dans la durée. Il faudrait peut-être les mettre au plus tôt pour préparer la transition pour pouvoir préparer ces changements notamment dans les systèmes qui se construisent. Les TEN peuvent être une des solutions oui mais pas la seule. Elles ont une importante capacité mais pas suffisante. Il faut déployer d'autres éléments mais il y a quand même une certaine capacité de réduction. Les autres solutions sont les réductions de nos besoins en énergie, une limitation des émissions par le choix d'autres technologies, avoir moins recours aux énergies fossiles aussi, trouver des alternatives, etc. Ces TEN ont oui un certain potentiel de réduction, pour qu'il soit suffisant, il faut que les TEN soient couplées aux autres solutions.

**K) Vous avez parlé de transition. Quelle définition donnez-vous à la transition ?**

La transition, je la vois comme le passage d'un état de système à un autre. Ce n'est pas qu'« un point de départ » et un « point d'arrivée ». C'est aussi quand on opère un changement entre un état A et un état B. C'est quand on modifie et on change nos systèmes. Ce n'est pas tant le système d'arrivée qu'on veut atteindre mais c'est la façon dont on construit. Il peut y avoir plusieurs points, plusieurs périodes dans cette transition.

**L) Dans un monde où 80% de nos consommations énergétiques dépendent des énergies fossiles, est-ce qu'on peut se passer des TEN ?**

C'est en soit qu'elles apparaissent nécessaires actuellement. Après en général, dans ce qui sort, il n'y a pas que des TEN. Tout le débat est là : comment on va transformer nos systèmes énergétiques ? Et là, la question est autour des différents modèles. Si on veut atteindre nos objectifs – sachant qu'on n'a pas changé nos systèmes énergétiques suffisamment – on ne peut se passer des TEN. Car pour se passer des TEN, il faut des changements importants des systèmes maintenant. Il me semble qu'au départ, on avait des scénarios où il n'y avait pas forcément de TEN. Les scénarios avec les TEN se sont accrus au fur et à mesure du temps. Il y a 10 ans, il y avait beaucoup de TEN mais pas autant qu'aujourd'hui. Les travaux sortaient systématiquement mais aujourd'hui la recherche s'est intensifiée sur une accentuation des scénarios de recours aux TEN. Après est-ce qu'à terme on pourrait s'en passer ? Cela rejoint la question du « pont ». Les TEN sont dès lors un pont quand on aura réussi à transformer nos systèmes, on pourrait s'en passer. Après la question est de savoir si c'est un mal d'utiliser les TEN ? Pour moi c'est une solution comme une autre. Il n'y a pas de raison de vouloir s'en

passer. Sans oublier que toutes les solutions ont des impacts négatifs. Là actuellement, les tendances montrent qu'on ne peut guère s'en passer si on veut surtout atteindre l'objectif 1,5°C qui semble s'éloigner petit à petit. D'ailleurs, il y a eu une réévaluation dans les travaux du GIEC qui montre qu'on ne pourra respecter l'objectif 1,5°C. On va dépasser le 1,5°C dans tous les cas. Dans ce contexte peut-on se passer des TEN ? Bien évidemment que non. Les TEN existent. Ici, l'objectif est de le déployer à grande échelle ailleurs. Il y a déjà un commerce de transport et d'achat de CO<sub>2</sub> pour cette utilisation. Dans l'industrie, ils fabriquent du CO<sub>2</sub>. Là, l'idée serait qu'ils ne fabriquent plus mais qu'ils aillent le récupérer de l'atmosphère ou là où il pourrait être capté. Développer des TEN ne va donc pas détourner l'objectif d'atténuation puisque qu'elles existent déjà.

**M) Les TEN sont-elles une solutions bon marché par rapport aux autres solutions de réductions des émissions de GES ?**

Pas forcément. Pour l'instant les TEN sont assez coûteuses quand on considère toutes les autres infrastructures liées aux autres solutions. Il faut noter que les TEN ne sont pas assez compétitives. C'est pourquoi les travaux et les recherches se concentrent sur la réduction des coûts des TEN. Il y a un surcoût associé. Le coût du CO<sub>2</sub> n'est pas intégré pour contrebalancer le coût des TEN.

**N) Quelle définition donnez-vous à la nature et à l'environnement?**

Il faudrait avoir des arbitrages par rapport à notre représentation de l'environnement et l'évolution des besoins, de la population, etc. L'environnement, je le vois en termes d'espace, ou bien l'environnement autour de la qualité de l'air par exemple. L'environnement et la nature sont souvent en conflit. En général, la nature ne gagne pas souvent. Mais la nature est à préserver parce que c'est un capital de notre biodiversité. Elle n'est pas prise en compte à la hauteur de sa valeur. Sa valeur est souvent sous-estimée. Bien évidemment qu'il y a des réglementations, des mécanismes pour la protéger mais ce n'est pas assez pris en compte. On est allé loin dans la représentation de la capacité de l'environnement à résister et nous à ne pas le protéger et donc on l'a pas mal mis à mal c'est pourquoi, il faut revenir en arrière. Il y a d'importants efforts à faire. Il faut changer notre perception de l'environnement et de la nature.

**O) Avez-vous tenu votre position personnelle ou officielle de votre organisation ? Quelle différence faites-vous entre votre position personnelle et celle de votre organisation ?**

Il n'y a pas de position officielle de mon organisation sur ce sujet. Quant à la mienne, j'en ai évoqué certains éléments lors d'interventions ou autre interview, mais je ne peux pas dire que je l'ai défendue. Par ailleurs, je ne la considère pas comme une position arrêtée.

### (3) Entretien de M., l'expert climatique belge et

### (4) Entretien de R., l'experte climatique belge

#### A) Quelles sont vos représentations du réchauffement climatique et comment devons-nous y faire face?

M. l'expert climatique : Sachant que nous sommes fonctionnaires, nous sommes pas censés politiquement répondre mais nous pouvons vous donner des grandes lignes sur ce que disent nos politiciens. Et là, je fais référence aux principes de développement durable. Ils ont été identifiés en 1992 à Rio. Ce sont les grands principes de développement durable. Il y en a presque 60 ans.

Une des choses est qu'il faut utiliser est l'approche qui va vers la source du problème, c'est-à-dire s'il y a pollution, il faut aller vers la source du problème et pas la fin du problème. Le problème c'est que la géo-ingénierie ne va pas à la source du problème. Par exemple, en mettant du phosphore à la mer, on crée un autre problème lié à l'acidification des océans. Lors du sommet de Rio en 1992, le principe de précaution a été défini. Il convient de prendre des mesures anticipatives de gestion de risques. Quand on n'est pas toujours sûr, il faut éviter. On n'est pas en mesure d'évaluer les effets possibles d'une action. Ceci est la vision très macro.

De notre point de vue, nous n'avons pas une position belge figée sur tout ce qui est géo-ingénierie mais nous avons reçu des questions parlementaires sur le sujet et les ministres-présidents ont déjà répondu à des questions. La position qu'ils avaient prise était la suivante : il faut se focaliser sur la source du problème. Une métaphore explicative que je pourrais donner est la suivante : « *il ne faut pas nettoyer sa maison quand le robinet est ouvert* ». C'est un peu la façon dont nous avons communiqué notre position. C'est la position que la Belgique a toujours prise.

#### B) Quelle est selon vous la meilleure façon d'obtenir des émissions négatives ?

R., l'experte climatique : On a une position belge de protéger, restaurer et maintenir les puits de carbone et par rapport à tous les aspects de la biodiversité. Ceci est fort présent dans les scénarios de transition bas carbone vers la neutralité climatique que notre service a développés. La première chose à faire est de diminuer les émissions partout où cela est possible et la deuxième chose à faire est de pouvoir protéger les puits de carbone naturels. La troisième chose à faire est de pouvoir se développer en tenant compte du principe de précaution, comme les captures de carbone afin de compenser les émissions résiduelles.

#### C) Pour vous, le développement des CSC et autres technologies de géo-ingénierie et de TEN est-il indispensable ?

R., l'experte climatique : Pour le moment, dans les estimations qu'il y a dans notre service, on ne parvient pas à compenser toutes les émissions de l'agriculture par exemple, le CH<sub>4</sub> ou NO<sub>2</sub> qu'on ne sait pas compenser ainsi que les émissions résiduelles de l'industrie qu'on ne sait compenser sans avoir

des modes de séquestration en plus. Les puits de carbone ne sont pas suffisants en Belgique pour compenser les émissions de l'agriculture et de l'industrie.

En 2011, on avait encore des scénarios sans le CSC, c'était encore possible mais le temps passe, les résultats contredisent la possibilité de se passer des CSC. Les évolutions sont telles que nous ne pourrions nous passer des CSC. Il faut des captures de CO<sub>2</sub> à la sortie des industries. Il faut des émissions négatives pour compenser les émissions de l'agriculture. Le scénario 1 vise 95% de réductions des émissions de CO<sub>2</sub>, et la dernière partie, les 5% résiduels, c'est justement via des émissions négatives, sinon nous n'arrivons pas à la neutralité carbone en 2050.

#### **D) Quel type de moyen d'obtenir des émissions négatives préférez-vous ?**

R., l'experte climatique : Il faut savoir que la Belgique n'a pas de grands potentiels pour le reboisement parce que nous n'avons plus assez de terres libres. Nous avons déjà la moitié de notre territoire qui est occupée par des forêts et des champs destinés à l'agriculture. Nous ne pourrions augmenter les forêts. Pour les puits naturels, il y a des possibilités de BECCS, avec des paiements, notamment à travers la PAC, de mettre des petites superficies dans les fermes de plantation soit pour le bois-énergie soit pour le bois des bâtiments par exemple. Nous avons cette possibilité-là mais cela reste assez réduit. Nous avons également la possibilité en Flandre de remouiller des zones humides qui ont été drainées qu'à partir de 2026.

M. l'expert climatique : Je ne suis pas un grand savant des technologies non plus. Il n'y a pas vraiment une préférence ni du service, ni du fédéral. Nous regardons juste un peu la rentabilité et là où les émissions négatives sont les mieux appliquées. C'est un peu la thermodynamique et là nous voyons que dans l'industrie les CSC deviennent indispensables. Les résultats de nos études montrent que cela est indispensable.

R., l'experte climatique : En résumé, les émissions négatives, en dehors des puits de carbone, etc. seront obligatoires en Belgique. Pour le moment, nous avons un objectif d'être à zéro, c'est-à-dire que les puits ne bougent pas mais le fait qu'ils ne bougent pas ne permet pas de compenser les émissions qui augmentent. Par conséquent, pour le moment soit nous réduisons drastiquement dans l'agriculture surtout au niveau de l'élevage. Ceci est assez compliqué parce que cela transforme complètement l'agriculture belge. Soit nous utilisons des technologies d'émissions négatives en plus de réduire nos émissions. Soit nous achetons dans d'autres pays européens des crédits de puits naturels (des pays qui n'auraient pas besoin de tout pour arriver à nos objectifs). Mais sur notre territoire, si déjà nous maintenons les puits tels qu'ils sont, ce sera bien.

M. l'expert climatique : Pour tout ce qui est CSC et BECCS, ce sont les deux technologies qui peuvent être utiles pour nos ambitions. C'est entre 4 et 6 mégatonnes en général mais cela dépend le scénario que vous suivez. La capture de l'air direct est trop énergivore pour les résultats. Les TEN vont se

concrétiser avant les années 2030 mais cela dépendra des émissions que nous aurons. Il y avait une initiative avec la Commission européenne où une part des allocations qui sont mises aux enchères ont été dédiées pour développer 15 projets de CSC en Europe. Malgré les conditions très favorables à leur développement, le prix du carbone n'était pas suffisamment haut pour les faire développer. D'un autre côté, la technologie n'est pas assez mûre de ce fait, peu de gens y croient vraiment pour que même ces 15 projets voient le jour.

Maintenant, entre 2021 et 2030, nous avons de nouveau 400 millions de crédits qui sont mis aux enchères via la banque européenne d'investissements et une partie sera dédiée à des fins pour réduire les émissions. Il y a trois volets : les CSC classiques, les renouvelables et tout ce qui est initiative dans l'industrie en incluant également la CSC. Mais là je pense que le focus a beaucoup changé depuis 2011 et 2013. Les projets CSC se focalisent sur l'industrie. Dans beaucoup de secteurs industriels, le carbone est plus concentré et il est plus facile à capturer. C'est plus intéressant car dans ces secteurs industriels, il est plus dur de décarboner les systèmes que dans le secteur électrique. Si on décarbonne complètement, on aura un puits de carbone suffisant pour permettre ces émissions négatives. Maintenant, à quel moment on y arrivera, je ne sais pas. Peut-être qu'en 2040, il y aura des autres façons de produire de l'électricité ou l'hydrogène, etc. Il y aura peut-être d'autres technologies qui seront en concurrence avec la CSC. Il faut bien évidemment un prix de carbone suffisamment haut pour que la CSC fonctionne, comme 100 euros.

#### **E) Pourquoi, à votre avis, avons-nous développé les TEN ?**

R., l'experte climatique : Je pense que tous les rapports du GIEC soulignent les effets catastrophiques du réchauffement climatique et les solutions doivent être trouvées de tous les côtés. Avec les TEN, il faut bien s'assurer que cela soit bien sécurisé et efficace pour faire face au réchauffement climatique mais aucune solution ne viendra que d'un seul endroit.

#### **F) Dans un monde où 80% de nos consommations énergétiques dépendent des énergies fossiles, pouvons-nous passer des TEN ?**

M., l'expert climatique : C'est justement l'idée. La position belge est la suivante : il faut justement éviter de trop émettre car ce n'est pas sensé d'émettre trop puis de capturer et de mettre dans le sol. Cela n'a pas de logique.

En 2050, l'Europe devrait décarboner et nous espérons que les autres grands blocs du monde nous suivront. Même en décarbonant presque tout c'est assez difficile en fait. Par exemple pour l'acier, on en a besoin, trouver une solution pour décarboner le secteur est difficile. C'est pourquoi, pour les secteurs où décarboner les systèmes est très dur, les CSC et autres TEN gagnent tout leur sens. Les TEN, ici, deviennent une « sortie » nécessaire. La Belgique ne s'y oppose pas bien au contraire la Flandre investit énormément là-dedans en revanche nous n'avons pas toujours les moyens pour les

séquestrer dans le sol. En Flandre ou en Wallonie, c'est possible mais le potentiel n'est pas énorme. Dans la Mer du Nord, il n'y a pas de potentiel.

### **G) Comment et quand les TEN deviendront-elles une réalité ?**

M. l'expert climatique : Pour une grande partie, cela commence déjà à être déployé à petite échelle. En revanche, pour beaucoup de ces technologies, il y a encore nombreux désavantages. Il y a des soucis de responsabilité au niveau du stockage d'un point de vue juridique. Si tu stockes un grand nombre de mégatonnes de CO<sub>2</sub> dans le sol qui en serait responsable ? Ce n'est pas comme le nucléaire qui lui perd sa radioactivité après 24 000 ans mais le CO<sub>2</sub> non. Ce n'est pas évident. Ce sont des questions qui se posent. Il y a la directive 2009 31/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative au stockage géologique du dioxyde de carbone.

### **H) Est-ce les TEN peuvent contribuer à faire face au réchauffement climatique ?**

L'experte climatique R. : Les TEN peuvent en effet contribuer à une durabilité climatique. Après les liens entre climat et biodiversité sont toujours bien observés. Il faut essayer de trouver des solutions bénéfiques pour les deux. On voit que pour la BECCS, par exemple, d'un point de vue biodiversité, ce n'est vraiment pas une solution optimale. Après, il ne faut pas oublier qu'on est face à des enjeux multiples et il faut trouver des solutions multiples.

Nous, dans notre service, travaillons en coordination avec la cellule biodiversité. Eux ne sont pas trop favorables à ces technologies mais après cela il faudra répondre aux engagements que la Belgique a pris même si c'est par le BECCS ou par d'autres alternatives. Il faudra juste s'assurer qu'à d'autres endroits, la biodiversité puisse être protégée.

M. l'expert climatique : La remarque qu'a faite ma collègue est très sensée. Il y a eu 500 scientifiques qui se sont mis d'accord sur le fait qu'il ne faut pas utiliser la biomasse forestière.

R., l'experte climatique : C'est sûr que le climat et la biodiversité ne font pas le même résultat après il faut travailler sur des challenges multiples. On peut se dire que soit toutes les solutions fonctionnent pour tout, soit au niveau d'un territoire. On a une multiplicité de défis et de solutions à mettre en place. Je pense que chez nous, en Belgique, on s'oriente plutôt vers là même si on essaye au maximum de trouver des solutions qui sont positives pour le climat et la biodiversité.

Nous sommes des experts climats c'est pourquoi nous ne pouvons nous prononcer sur l'écologie qui prend en compte les aspects sociaux et environnementaux, des points sur lesquels nous ne sommes pas vraiment experts et nous n'avons pas l'habilité à nous prononcer sur les politiques belges là-dessus. C'est une (les TEN) des solutions qui permet de diminuer le dépassement en cas on diminue très fortement les émissions. Cela représente quatre à cinq millions de tonnes pour la Belgique.

Par rapport au degré d'émissions, mettre des TEN en place sans diminuer drastiquement nos émissions, n'aura pas de sens.

M. l'expert climatique : Il faut d'abord fermer le robinet.

R., l'experte climatique : Et après on éponge

**i) Mais est-ce que nous allons pouvoir fermer le robinet dans un futur proche?**

M. l'expert climatique : Le Conseil européen a décidé le 10 et le 11 décembre de l'année précédente que L'Europe deviendra neutre en carbone en 2050. Nous augmentons notre objectif pour 2030 de -55%. La population ne se rend pas compte mais c'est un défi énorme et cela engendrera une transformation totale de nos sociétés.

R., l'experte climatique : tous les domaines : agriculture, forêt, villes, bâtiments, énergie, industries, ... Oui, pour moi, la transition est enclenchée avec un signal très fort de l'Europe. On voit de plus en plus de pays qui s'engagent à être neutres en carbone pour 2050 y compris des gros émetteurs comme la Chine et les États-Unis. Pour le moment, nous sommes politiquement dans une période durant laquelle il y a des ambitions politiques pour y parvenir. Je pense qu'au niveau de l'Europe, nous sommes extrêmement actifs là-dessus.

**J) Pensez-vous que la technologie peut être une solution pour faire face au réchauffement climatique?**

M. l'expert climatique : On a un choix à faire. On peut faire un parallélisme avec la vaccination. Certains disent qu'ils ne veulent pas être vaccinés parce qu'ils survivront même sans vaccin. Ceux qui s'opposent à la science, à la technologie, ce n'est pas un avis suffisant pour critiquer les TEN car il n'y a pas vraiment d'autres choix que de développer des technologies.

Pour la CSC, le problème c'est la séquestration dans le sol, espérons que cela reste correctement dans le sol. Nos problèmes avancent rapidement que nous n'avons pas vraiment d'autres alternatives. Peut-être que dans le futur, nous aurons d'autres technologies et d'autres façons d'éviter ces émissions et ne pas avoir ces émissions. Mais pour l'instant, c'est ce que c'est et nous n'avons pas beaucoup de choix. Avec les scénarios et les perspectives actuels, nous n'avons pas vraiment d'autres choix.

Avec l'avancement technologique actuel, l'utilisation des TEN est prise en compte dans les scénarios. Nous avons une nécessité de faire des grands changements de comportement avec une politique très ambitieuse sur le comportement et la façon dont nous allons réorganiser nos économies malheureusement même avec toutes ces hypothèses, il semble que ces technologies deviennent indispensables. Alors qu'en 2011, nous avions d'autres scénarios et d'autres objectifs. Nous avons besoin de ces émissions négatives pour arriver à 0 mais la façon dont va se dérouler, nous ne savons

pas. En tant que gouvernement, nous, nous voulons seulement créer un cadre qui permettrait des investissements qui permettraient de développer ces technologies.

R., l'experte climatique : Il ne semble pas qu'à nous, ce sont les modèles qui le prédisent. Sans les TEN, nous ne parvenons pas à répondre aux objectifs climatiques.

M. l'expert climatique : En effet, les objectifs sont beaucoup plus durs et décarboner complètement est assez difficile. Alors qu'en 2011, nous avions le scénario de -80% c'est pourquoi à ce moment-là, il y avait encore des possibilités de ne pas utiliser les TEN. À cette époque-là, nous nous focalisions davantage sur l'énergie et la production d'électricité.

**K) Quelle vision avez-vous de la nature ? Quelle place occuperaient les humains et les TEN dans la nature et l'environnement et comment réagiraient-elles avec la nature ?**

M. l'expert climatique : On pourrait se dire qu'en mettant un arbre, cela contrôle la température l'été et nous sommes à un point où il faut arroser cet arbre car celui-ci ne survivra probablement la sécheresse de l'été alors. Nous avons « violé » disons la nature à tel point que maintenant nous avons la responsabilité de corriger nos erreurs. C'est mon opinion mais je ne sais pas si c'est la position de la Belgique. L'idée c'est que l'humain qui doit corriger ses actions et ses erreurs. Parce que l'humain s'est développé dans la nature et l'environnement tellement rapidement.

R., l'experte climatique : Je connais des théories de l'écologie profonde et de l'écologie politique sur lesquelles d'un point de vue idéologique, nous pouvons être d'accord avec la définition de la nature, de l'environnement et de la « violation » de la nature mais maintenant si nous n'acceptons pas les TEN et autres technologies, nous devons dire : il faut une diminution importante de la population terrestre, soit nous acceptons que nous arriverons dans un climat où notre espèce ne survivra pas. De toutes les façons, cela arrive à parler de la sixième extinction de masse en mettant les humains dedans. À ce stade si, au niveau de la place de l'humain dans la nature, ou du viol comme le disent les théories de l'écologie profonde, c'est déjà fait depuis longtemps.

La question maintenant est notre survie et dans quelles conditions ? Moi, idéologiquement parlant, je ne pense pas que c'est le mieux à faire bien évidemment en revanche d'un point de vue pragmatique, la question se pose autrement et c'est aussi poser toutes les questions pour cela. C'est intéressant de faire cette critique mais la critique peut être tellement plus large et couvrant d'autres domaines. C'est comme refuser que nous trouvions des solutions dans la technique qui est développée depuis de longues années qui créent la pollution.

M. l'expert climatique : Nous, en tant que fonctionnaires, nous ne sommes pas vraiment censés avoir une position là-dessus. En revanche, il serait intéressant de contacter des gens de Greenpeace.

**L) Elon Musk est prêt à offrir 100 millions de dollars pour la meilleure technologie de capture et stockage de carbone. Pensez-vous que d'ici la fin de la décennie, nous connaissons une course au déploiement des TEN et autres technologies de CSC?**

R., l'experte climatique : Peut-être qu'il y a une compétition entre les différentes technologies dans le marché des affaires mais il ne faut surtout pas oublier que cela représente un faible taux de capacité de séquestration et que donc la compétition pour développer la meilleure technologie de CSC ne doit pas effacer l'objectif majeur de réduire drastiquement nos émissions de GES, 90 à 95%. Et si après, le secteur du privé s'organise pour une compétition de CSC, c'est leur façon de fonctionner et si cela peut donner des résultats, tant mieux. Toutefois, cela ne doit pas faire oublier l'objectif de réduire nos émissions qui est notre nécessité première avant de compenser le reste.

M.F. l'expert climatique : Pour votre mémoire, la première phrase que vous devrez mettre c'est « fermer le robinet ».

**(5) Entretien de LAUDE-DEPEZAY Audrey**

**A) Comment voyez-vous le réchauffement climatique et comment devons-nous y faire face ?**

De mon point de vue, il y a des grosses craintes à avoir et c'est toujours difficile de déterminer l'ampleur mais on sait qu'en termes de la crise actuelle, la biodiversité, l'extinction massive (conséquence du RC) et la combinaison des 2 risques risquent d'être malheureusement assez dramatiques. D'après les documents du GIEC, si on veut vraiment limiter à 2 degrés ou 1,8 ou même 1,5 l'augmentation de la température au niveau international, il faut des émissions négatives. Quand je dis, il faut des émissions négatives, c'est-à-dire que selon eux, avec leurs modélisations, la reforestation/du reboisement ne suffit pas. Sans la CCS et la BECCS actuellement, la plupart des modèles plantent. Il n'y a pas beaucoup de solution.

Ces technologies sont quand même nouvelles et assez difficiles à mettre en place. Dans les 23 dernières années, il n'y avait pas beaucoup d'autres technologies négatives que le reboisement. Les BECCS sont faciles à intégrer dans les modèles. En résumé, oui je suis assez inquiète à titre personnel de l'évolution que cela pourrait avoir et pas seulement d'ici la fin du siècle. Il faut rajouter que les représentations sur le changement climatique ont beaucoup changé depuis 2007- 2008. Quand j'ai débuté ma thèse, par exemple, la plupart des articles alors raisonnaient moins en termes de degré qu'en termes de concentration atmosphérique. On raisonnait beaucoup à 550 ppm, 450 ppm, 350 ppm. En Europe, il y avait des objectifs plus stricts que les États-Unis et les objectifs du GIEC avaient tendance à se caler sur ceux des États-Unis pour permettre un meilleur consensus au niveau international. Dans les articles scientifiques que je connaissais, il y avait beaucoup de gens qui avaient tendance à considérer que le changement climatique n'était pas un problème de court terme. Aujourd'hui, les gens

ressentent le changement climatique. Ils voient la fonte des glaces, que les saisons ont changé... Ils voient les événements extrêmes et donc les représentations changent. Quand j'ai démarré, il y avait beaucoup de gens qui me disaient en « *ce n'est pas bien mais ce n'est pas grave parce que ça sera durant la fin du siècle* ». Cette représentation se reflétait dans les modèles économiques. Par exemple, le prix Nobel Nordhaus, c'est l'un des premiers qui a fait des modèles de la croissance. Il partait de l'idée que le changement climatique était un problème de long terme et que les générations futures seraient toujours plus riches. Il a mis des taux d'actualisation assez forts et que les générations futures sont essentiellement plus riches et qu'on n'avait pas trop intérêt à nous focaliser sur le changement climatique à court terme. Il disait qu'il fallait mieux attendre et que la technologie mûrisse, soit efficace et que sinon on allait réduire la richesse des générations présentes de façon trop forte. Il avait mis des taux d'actualisation assez forts et la conséquence directe était la suivante : pas nécessaire d'agir sur le climat à l'immédiat.

À l'époque, j'étais choquée par ce genre de propos. Et mon directeur de mémoire m'a dit « *Que tu y crois ou que tu n'y crois pas, toute façon ce n'est pas toi qui vas faire changer. Ça fait depuis les années 70 que ça dure, et c'est ce que tout le monde pense en économie* ».

Aujourd'hui, j'ai beaucoup moins cette représentation parmi les étudiants. J'ai beaucoup moins d'étudiants qui me disent que le changement climatique n'existe pas. Les représentations concernant le réchauffement climatique ont changé car il y a une dizaine d'années, il y avait plus de climato-sceptiques parmi les étudiants.

**B) Quel type d'émissions négatives préférez-vous ? Que pensez-vous des différentes technologies ? Quelle place accordez-vous à la géo-ingénierie et aux émissions négatives parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?**

Le reboisement. Je pense que ce n'est pas suffisant mais clairement c'est la voie qui est à mon avis celle qui a le moins d'effets pervers.

Je suis quand même restée sur le constat que la capture directe à partir de l'air était très consommatrice d'énergie. C'est surtout la consommation d'énergie qui me fait un peu peur, c'est-à-dire si on consomme plus d'énergie, ou quasiment autant d'énergie, on risque d'avoir aussi des émissions déguisées pour la production d'énergie. Un exemple un peu plus clair sur la CSC appliquée sur les centrales charbon, et il y avait une représentation qui avait été faite par Greenpeace que je trouvais intéressante. Dans le rapport Greenpeace, il est mentionné qu'une perte énergétique de 20% impliquerait la construction d'une nouvelle centrale électrique pour 4 centrales existantes. Vous augmentez très fortement la consommation d'énergie d'environ 20 % et donc là on commence à se dire qu'il y a un petit problème.

Par rapport aux BECCS, je crains que cela entraîne une déforestation supplémentaire ou une justification de la déforestation. Par exemple, en Indonésie, dans la plantation de l'huile de palme, ils se disaient « *et en plus on pourrait dire que c'est écolo* ».

Un autre effet pervers est la récupération du pétrole assisté (greenwashing). J'ai discuté avec les gens de Total qui étaient super contents en disant « *on récupère grâce au CO<sub>2</sub> injecté plus de pétrole, on peut dire qu'on fait du pétrole écolo* ». C'était assez amusant. Je me souviens toujours aussi de tentatives de manipulation qui nous avaient mis un petit peu mal à l'aise dans la communauté. Par exemple, il y a eu des sociologues qui travaillent sur l'acceptabilité sociale et alors racontaient aux enfants les CSC. Les enfants ont fait des dessins où on arrive à capturer les nuages de CO<sub>2</sub> et le monde devenait plus vert. Leur représentation véhiculée des CSC était féérique. Les petites histoires racontées aux enfants engendrent une forme de manipulation très précoce. Cela m'a mise extrêmement mal à l'aise.

Un autre souci important est le problème de timing. La BECCS met longtemps avant d'être installée. Vous savez, on dit qu'en France, il faut 8 ans pour installer une éolienne et pour la technologie CSC, c'est pareil. Il faut tester où et comment il faut installer. Il faut qu'il y ait une concordance entre le lieu où l'on l'installe l'unité et le lieu où l'on peut stocker le CO<sub>2</sub> ou alors il faut prévoir des raccordements, etc. Sans oublier que cela coûte extrêmement cher.

Les personnes des industriels sont très réticentes. Après, il faut ne pas oublier que ce n'est guère rentable. Selon ces dernières, cette technologie doit être subventionnée par le système européen. En résumé, les industriels avec lesquelles je travaillais disaient toujours : « *c'est une bonne chose. C'est une bonne idée mais seulement il faut que cela soit subventionné le plus possible par les États* ». En d'autres termes, ils ne veulent pas prendre de risques industriels et financiers. On ne peut pas leur en vouloir.

C'est assez rigolo parce qu'il faut considérer que si je voulais que les résultats soient optimales et construire quelque chose en 2022, il aurait fallu déjà le prévoir il y a 5-6 ans avant au moins.

En conclusion pour cette question, on est face à un gros problème de délai. Ensuite, je pense qu'une grosse crise au niveau de la biodiversité risque d'être une des conséquences. En effet, les BECCS, c'est plutôt de la monoculture donc il risque d'y avoir du reboisement. De plus, il faut signaler la question du transport de la biomasse. Par exemple, il pourrait être envisagé d'importer du bois canadien pour le brûler dans des centrales mixtes charbon/ bois anglais. Là encore, j'ai des doutes sur le bilan carbone et énergétique. Après, je suis certainement influencée par le fait que je connais plus le BECCS et ses défauts que les autres technologies.

Je pense que le potentiel (des TEN) est surestimé. Le potentiel dans des conditions propres, on va dire, où on ne fait pas n'importe quoi. Il est clairement surestimé parce qu'il y a un problème de

timing notamment et des effets pervers. Cela ne veut pas dire qu'il ne faut pas la mettre en place. Cela veut plutôt dire qu'on la mettra à mon avis beaucoup moins en place.

Une autre nuance que j'aimerais apporter c'est que je n'ai pas dit qu'on allait tous mourir. C'est simplement que par rapport aux modèles, le modèle ne tourne pas sans la CSC et la BECCS. C'est toute une famille de modèles souvent, mais je pense qu'il y a des choses qui ne sont pas mises à l'intérieur des modèles ou qui commencent à l'être. Les modèles sont très macros, très agrégés même quand ils sont faits au niveau d'un pays seulement. Les résultats ont beaucoup de mal à intégrer – même s'ils le font de plus en plus je trouve – des changements sociaux. Par exemple, ils intègrent de plus en plus le végétarisme ou des mobilités douces. Mais il me semble que c'est encore à la hache par rapport à ce qu'on pourrait faire. Je ne suis pas modélisatrice et je pense que c'est extrêmement complexe de modéliser ces choses-là. On manque encore de données et donc les modélisateurs hésitent à les intégrer. Tel que c'est présenté, je trouve que c'est un peu mensonger. Au sens où on a la BECCS, c'est super, ça va tous nous sauver, et non, ce n'est pas la BECCS, seule, en tout cas, selon moi. De tout façon, la grande part appartient aux énergies renouvelables, le passage au charbon au gaz naturel et à la réduction de la consommation énergétique. En revanche, ce qui fait la limite, le passage de 1,8 à 2°C, c'est quasiment toujours la BECCS + CSC.

**C) Vous avez parlé des changements sociaux, faut-il des changements sociaux pour faire face au changement climatique et sont-ils possibles ?**

Oui, je pense aussi que beaucoup de modélisateurs du GIEC ou autres de ce type de modèles ont peur de certains mots forts comme décroissance. Décroissance au sens de réduction de la consommation. La raison pour laquelle ils ont peur est claire et est la suivante: Si on commence à dire clairement que l'objectif est de réduire la production d'objets et d'énergie, la production de biens et services, on ne va pas plaire à tout le monde. La croissance mondiale est basée sur la production de biens et de services et donc dire même (ce n'est pas ma position) qu'il faudrait moins d'enfants, ce n'est pas très consensuel. Pour l'instant, cela fait partie des choses que les économistes de l'environnement ne peuvent pas dire de façon très franche devant les chefs d'État et leur diplomatie. Il faut prendre vraiment beaucoup de précautions. Donc, on peut dire par exemple, si on mange un peu moins de bœuf et un petit peu plus de poulet à la place. Cela ne va pas traumatiser les foules. Par ailleurs, je connais beaucoup de gens qui travaillent sur l'environnement qui sont véganes donc qui ont aussi cette aspiration-là. Mais dire finalement ce serait bien que la transition démographique se fasse plutôt vite, c'est très intrusif. Dire qu'il faut utiliser plus de vélo, ça va aller comme discours, ça peut être entendu. Mais dire qu'il va falloir acheter moins de chose, cela ne va pas passer surtout dans les pays du Sud où les gens sont pauvres et ils ne peuvent pas réduire la consommation par individu. C'est complexe de dire aux gens « *vous êtes pauvres, vous resterez pauvres et tous vos descendants seront pauvres* », si j'extrémise le propos surtout que ce sont les pays riches qui polluent le plus par habitant.

**D) Vous êtes donc favorable à la décroissance de la production mais va-t-elle être possible ?**

D'ici quelques décennies, il y aura des changements car de toute façon on va y être contraint. Alors là, je pense que je suis en porte-à-faux avec beaucoup de mes collègues économistes de l'environnement mais je trouve qu'il y a eu beaucoup d'évolution de la société. C'est peut-être parce que je connais plus d'étudiants. Les étudiants sont des gens qui ont de la culture générale et dans cette population-là, la différence est phénoménale avec ce que je pouvais rencontrer il y a 10 ans. La différence observée n'est pas seulement sur le changement climatique. Les évolutions s'observent sur tout ce qui est autour comme ce qui concerne les réutilisations de produits, ... Il n'y a jamais eu une vague de fond pro écolo aussi forte depuis les années 70. Peut-être que j'exagère. Oui, j'ai l'impression qu'on progresse bien même dans la population générale. Il y a une vraie inquiétude ces derniers temps. Je vais travailler avec des agriculteurs et beaucoup viennent avec des pratiques plus écologiques pour leur santé notamment. Ils ne veulent pas être empoisonnés par les pesticides. Il y a donc une grosse résistance qui prend naissance.

Par ailleurs, on voit parmi la population, qu'à chaque fois qu'il faut faire une micro-mesure, il y a toujours des lobbies qui agiront. Exemple, l'interdiction des écrans publicitaires dans l'espace public qui est envisagée. Ils ont donné une image d'écologie punitive. Mais en conclusion, globalement, la société est de plus en plus consciente et prête pour des formes d'écologie. La crainte étant – comme on l'a vu avec le mouvement des gilets jaunes – qu'il y ait une augmentation des inégalités sociales et une diminution du pouvoir d'achat.

**E) Quelles sont vos représentations de la nature et de l'environnement ?**

Je ne m'intéressais pas trop à cette question. Il y a peu de temps mais je me suis assez intéressée récemment aux textes sur l'écologie de la conservation mais aussi à des auteurs comme Baptiste Morizot, philosophe de l'environnement. En résumé, je pars du principe qu'il n'y a pas vraiment de nature au sens ou la dichotomie nature/culture. Vous pouvez voir Philippe Descola. Aujourd'hui la nature n'existe plus depuis longtemps. Depuis longtemps, elle a été anthropisée. De plus, la nature c'est nous. En effet, nous ne sommes pas d'une autre nature pour le coup puisque nous sommes aussi des êtres biologiques constitués d'éléments qui appartiennent à la biologique. J'ai pas une vision de type hypothèse Gaia (Lovelock). Je ne suis pas dans la pensée mère/nature. Néanmoins, j'ai une représentation de la nature qui évolue et donc je pense en effet qu'on ne peut pas forcément distinguer la nature et la culture et que l'une et l'autre sont actuellement liées. Après, il ne faut point oublier le fait que je suis issue d'une culture chrétienne catholique qui a sûrement une influence sur ma représentation de ce qu'il faut faire en termes de protection de la « Création ». Il y a certainement des choses comme ça qui reste même si on considère souvent que les chrétiens, les gens du Livre plus généralement, sont dans une logique « maître et possesseur de la nature », d'expression de Descartes. En revanche, à côté de cela, il y a aussi l'idée de protection.

En résumé ma réponse est la suivante : oui j'ai tendance à considérer que ce qui est vivant – on va dire plutôt que nature – a une valeur intrinsèque.

**F) Quel est l'avenir à court terme (10 ans) et à long terme des TEN (30 ans) ? Pensez-vous que les technologies peuvent être une solution efficace pour faire face au réchauffement climatique ?**

En tant qu'économiste, j'aurais tendance à dire que ce qui est le moins coûteux devrait être mis en place le plus vite. Le moins coûteux est plus facile à mettre en place, théoriquement. Parce qu'en pratique, ce n'est pas très compliqué techniquement d'isoler un bâtiment, ni ce qui est le plus coûteux (comparé à d'autres technologies d'atténuation en €/tCO<sub>2</sub>). Pourtant, il y a des blocages encore (ex : les individus sont trop pauvres ou sous-estiment les bénéfices ou bien, les propriétaires ne veulent pas investir pour les locataires qui de toute façon n'ont que peu de pouvoir de négociation dans ce domaine).

Dans les dix ans à venir, ça me paraît possible de privilégier – puisque c'est en cours – tout ce qui est protection des sols en Europe comme par exemple rétablir des tourbières, des éléments qui accueillent le CO<sub>2</sub>. À moyen terme, il est aussi possible d'essayer de limiter évidemment le déboisement (l'UE est moins concernée par cette thématique sauf peut-être des pays comme la Roumanie).

Après je trouve que pour la BECCS, par exemple, ce qui manque est la mise en place de la technologie. Certes, on pourra toujours faire mieux en termes de recherche développement que ce soit avec la CSC ou la BECCS. Les recherches ne sont pas trop mauvaises. Cela fonctionne réellement. On a de bons pilotes. Maintenant il faut passer à une échelle industrielle. Ici, le souci est l'argent. Soit on force certaines entreprises à le faire mais, avec les biotechnologies, cela paraît assez illusoire, soit on donne de l'argent pour. Il faut trouver évidemment l'équilibre entre subvention et investissement des industriels. Je pense que pour tout ce qui est BECCS et forêts, ça doit pouvoir se faire. Cela serait faisable en France aussi et en Wallonie de même. Le sujet sur lequel j'ai travaillé le plus est la betterave sucrière et en termes technique elle marche. Il n'y a plus qu'à tout mettre en place. Et tout cela en dix ans, c'est fait. Cela ne veut pas dire que toute la France sera couverte de BECCS. Mais le potentiel français et wallon peut être mis en place assez vite selon moi. En 15 ans, c'est possible. Si demain il y'a un plan Marshall BECCS, en 15 ans le potentiel est mis en place.

Mais je pense que non, nous n'aurons développé et déployé les TEN d'ici 15 ans. Même si dire non est tirer une balle à ma propre technologie. Je pense qu'il sera possible de construire quelques pilotes puisqu'il y en a déjà. J'ai des collègues qui sont passés par beaucoup d'étapes de frustration ces 15 dernières années sur le sujet. Est-ce qu'il y aura quelque chose ? Oui je pense ! Est-ce qu'on aura atteint même 20 % du potentiel BECCS européen dans 15 ans ? On est dans un état de crise sur crise. J'ai commencé à enseigner l'économie en 2008 et j'en suis quand même à quelques crises économiques : crise des taux d'intérêt, la crise actuelle ... C'est pourquoi, je pense que l'Europe va avoir du mal à choisir ses priorités. L'environnement pourrait être une priorité quand même sur tout ce qui permet de

donner de l'emploi à court terme mais est-ce que ça va être fait, je ne sais pas. Et les TEN, surtout la BECCS, sont coûteuses et cela ne rapporte rien finalement au pays. Cela ne rapporte pas beaucoup de l'argent. Cela ne crée pas d'exportation. Cela ne crée pas beaucoup d'emplois. De ce fait, s'orienter vers un déploiement n'est point facile puisque, mis à part les arguments environnementaux, il n'y a pas vraiment d'autres points bénéfiques pour l'instant.

**G) Les TEN, la CSC, peuvent-elles utiles pour faire face au réchauffement climatique ou autre problème du système Terre ?**

J'aurais tendance à dire non mais cela dépend de la situation d'urgence dans laquelle on est. A priori, je suis très contre les solutions de géo-ingénierie parce que, selon moi, on ne connaît pas suffisamment les conséquences, les résultats. Prenez par exemple le fer dans l'océan ou mettre des particules dans l'atmosphère, la difficulté est le côté réversible ou non des technologies. Je suis aussi ingénieure de formation. Je n'ai pas peur des technologies. Mais le côté « une technologie irréversible déployée avec un impact mondial » n'est pas super rassurant et même dans le cas d'imiter les volcans, on n'est pas sûr des résultats. Actuellement on voit que les grands incendies, qu'il y a eus en Australie, dégagent tellement de poussières que cela a eu un effet réfrigérant et les poussières ont fait le tour de l'hémisphère Sud. Ceci est quelque chose qui n'avait pas été anticipée par les scientifiques. Ils l'ont détecté mais cela leur fait une expérience naturelle de ce qui peut se passer avec la géo-ingénierie et les TEN. Ils sont un peu surpris du résultat. Ils ont du mal à savoir où vont aller les particules. Le résultat : on sent que ce n'est pas très finalisé comme modélisation ni dans le trajet des particules, ni dans l'effet réfrigérant, ni dans les conséquences négatives.

Après dans les scénarios terribles et dramatiques, certaines formes de l'ingénierie climatique extrême pourraient avoir leur utilité éventuellement. En revanche, être dans ces scénarios serait un très mauvais signe.

L'idée qu'on aurait, dans peu de temps, une maîtrise si forte des sciences et des technologies qu'on pourrait maîtriser le monde est de la science-fiction. Le côté apprenti-sorcier – qu'on croit qu'on maîtrise mais on ne maîtrise pas ou autant de chose qu'on le prétend et qu'on l'imagine – est de la fiction. Il faut savoir que (1) il y a des technologies non matures (DACCS) qui sont encore des « promesses » (on parle parfois d'économie des promesses) ; (2) par extension, j'utilise le mot science-fiction pour certaines hypothèses – à mon sens abusives – d'anticipation à l'échelle du siècle (ou 2050 le plus souvent) qui ont été intégrées dans les modèles « macros » du GIEC. D'ailleurs, cela se voit très vite dans les documents. Toutes les sciences sont faites d'hypothèses mais parfois les hypothèses sont très farfelues. En économie, il y a beaucoup d'hypothèses très osées et cela c'est de la science-fiction. Exemples : recouvrir un pays entier avec des systèmes de turbine pour récupérer le CO<sub>2</sub> alors qu'il y a plus simple, moins coûteux et plus rapide. Ici, la personne essaye plus de vendre sa technologie en émettant des théories de science-fiction. Il faut bien évidemment faire des essais mais il y a un côté très

technophile qui permet de rien faire et qui nous ramène à la situation de Nordhaus : toute façon cela sert à rien de bosser car les générations futures seront plus riches et développeront de nouvelles technologies. Quand je dis « rien », cela veut dire ne pas faire suffisamment. Faire les choses à minima pour faire sembler de faire des efforts.

#### **H) Comment pourrait-on atteindre un accord sur les TEN à la lumière des difficultés économiques et politiques actuelles ?**

Je pense qu'aujourd'hui, un des freins, bizarrement, est le côté technocratique. Au niveau européen, il n'y a pas encore de poussées de la part des citoyens à inciter à garder en tête l'objectif constamment. La discussion s'éloigne des citoyens. À titre d'exemple, avec les travaux sur la bioéconomie – transformation du végétal en cosmétiques par exemple –, on voit bien l'effet du lobbying industriel comme la confiscation de certaines thématiques, etc. Je pense à l'article suivant : Jeanne Pahun et al., « De quoi la bioéconomie est-elle le nom ? Genèse d'un nouveau référentiel d'action publique », *Natures Sciences Sociétés* 2018/1 (Vol. 26). P.3-16. DOI 10. 1051/ nss/ 201820. Ici, il y a un souci. S'il n'y a pas des poussées de la part des citoyens, les états et l'Europe ne s'orientent pas. Il faut aussi une poussée de la part des associations qui peuvent aider. Elles essaient mais elles ont en général moins de poids que les lobbies industriels. J'aimerais préciser que je ne suis point très experte en sciences politiques et côté droit du sujet. C'est pourquoi, j'aurais tendance à répondre au niveau de la recherche quant aux TEN. Il faut travailler sur les mises en place de ces technologies de façon plus fine en collaboration avec les gens qui les utiliseraient. Travailler sur les chaînes valeurs, fabriquer des chaînes logistiques efficaces. Si on montre que c'est faisable, où/quand/ comment, ce serait mobilisable plus vite ce qui est le cas pour l'utilisation des sols. C'est ainsi que nous pouvons modifier les choses.

Sans oublier que ce sont des grands équilibres à l'échelle internationale. Comment mettre d'accord le président du Brésil ? Il n'a pas envie de protéger sa population du virus, va-t-il se soucier des questions environnementales ? Même avec la crise actuelle COVID-19, il y a des blocages pour mettre en place des mesures. Les gens ont peur. Les lobbies industriels, par nature, ne veulent pas remettre en question leurs activités industrielle et économique. Ils sont souvent associés au pouvoir en place. Les gens ont peur et ont une vision peu ouverte à la géo-ingénierie car cela ne change pas directement leur vie. Ils ne s'y connaissent pas assez. La crise COVID-19 montre quand même à quel point les gens peuvent changer d'attitude sous la coercition. Les gens peuvent changer de comportement très vite quand il y a les incitations efficaces ce qui est à la fois effrayant et intéressant.

#### **I) Est-ce que les TEN sont selon vous une solution bon marché ?**

Toutes les solutions, même celles qui ont l'air de ne pas en avoir, ont des coûts cachés : l'isolation des bâtiments et autres. Sinon ce serait déjà fait. Je pense que la plupart des solutions sont coûteuses en investissement initial. Dans une logique coût-bénéfice, avec un taux d'actualisation bas, on obtient le résultat souhaité. Il faut agir. Cela coûte cher. Mais, il y a beaucoup de choses qui coûtent

cher comme l'éducation mais on le fait quand même. Est-ce qu'on fait un retour sur les investissements en se disant que les citoyens futurs seront plus riches et plus travailleurs et rapporteront de l'argent ou est-ce qu'on le fait pour les citoyens ? Est-ce qu'on décide de protéger l'environnement pour des questions de valeurs, des questions pécuniaires ? Pourquoi se préoccuper de l'environnement ? Les évaluations coûts-bénéfices sont très intéressantes et servent à motiver et à justifier les décisions des politiciens. Mais en tant que citoyenne, j'ai un minimum de valeur et je veux un monde vivable demain.

Pour être claire, on peut justifier un investissement initial lourd avec des répercussions positives de 2 façons : (1) une analyse coût-bénéfice classique (tant que le taux d'actualisation ne soit pas trop élevé) et (2) le recours à des valeurs (pas ou difficilement monétarisables).

Actuellement, avec la crise COVID, on n'a pas protégé les vieux pour l'argent. On l'a fait en défendant des valeurs. En tant qu'économiste, je pourrais avoir un discours cynique. Ne pas sauver les vieux ce n'est pas plus grave. L'héritage passe aux plus jeunes et ils participent peu au PIB. Mais qu'est-ce qui a compté ? Les coûts-bénéfices ou les valeurs qui trainent ? En réalité, les retraités ont un rôle social et économique important, ne serait-ce que par les activités bénévoles et la garde d'enfants.

Ce serait idiot de dépenser plus que ce qui est nécessaire pour obtenir un même objectif. C'est l'idée d'optimalité. On désigne un objectif et on essaye de trouver la trajectoire la moins coûteuse.

#### **J) Qu'est-ce qui explique le déploiement lent des TEN ?**

Le coût, technophilie, vision Nordhaus, les intérêts privés... Par exemple au Brésil, c'est compliqué de mettre en place le reboisement car il y a des intérêts économiques très forts alors que pour la BECCS, il y a d'autres problèmes. Le coût d'investissement initial est élevé et la logistique n'est point en place.

#### **K) Avez-vous défendu votre position personnelle ou officielle de votre organisation ? Quelle différence faites-vous entre votre position personnelle et celle de votre organisation ?**

Mes réponses ne reflètent que mes opinions personnelles et non celles de mon institution (l'Université de Reims Champagne Ardenne - l'URCA), ni de mes financeurs, collaborateurs et coauteurs. L'URCA n'a pas de position officielle (à ma connaissance) sur le captage du CO<sub>2</sub>, ni sur les émissions négatives. Toutefois, on peut noter qu'elle finance plusieurs formations et reçoit de l'argent pour plusieurs projets de recherche consacrés à la bioéconomie, comprise comme l'économie de la transformation de biomasse en produits biosourcés, le plus souvent dans des secteurs autres que l'alimentaires (ex: chimie, carburant, méthanisation, etc.). En résumé, uniquement mes positions personnelles et je n'ai pas de conflits d'intérêt à déclarer.

## (6) Entretien de MEYER Rodolphe

### A) Pouvez-vous nous décrire votre profil et votre parcours ?

J'ai fait un Lycée avec un BAC-Scientifique ensuite j'ai fait une prépa. J'ai fait l'ESPCI qui est une école d'ingénieurs à Paris qui a la particularité d'être une école de 4 ans avec en plus une année de spécialisation et cette dernière année je l'ai faite en Norvège. Cela me ramène à un BAC +6. C'est là-bas que je me suis rendu compte des grands problèmes environnementaux liés au changement climatique et à la biodiversité. J'ai voulu faire un doctorat dans ce qu'on appelle les sciences de l'environnement. Je l'ai fait dans une technique qui s'appelle l'analyse du cycle de vie qui a pour but de comptabiliser les impacts environnementaux. J'ai fait mon doctorat en ACV et plus particulièrement, j'ai essayé de rentrer dans cette méthode qui essaie de tout prendre en compte : l'impact du bruit des transports routiers. En parallèle de cela, je continue dans le domaine de l'environnement. Je me suis rendu compte qu'il y avait un écart entre ce qu'on savait dans le milieu scientifique et la compréhension de ces enjeux par le grand public mais aussi par les médias, les politiques, etc. J'ai voulu faire de la vulgarisation et j'ai ouvert ma chaîne YouTube, il y a 6 ans. Je devais être au 2/3 de mon doctorat. J'ai fait pendant un temps en parallèle avec mon doctorat et puis quand j'ai fini le doctorat, c'est devenu mon activité principale, l'activité qui me rémunère aujourd'hui. Depuis trois ans, c'est mon activité principale.

### B) Comptez-vous défendre votre position personnelle ou officielle de votre organisation ?

Je ne travaille pas pour une organisation en fait ma première source de revenus est le financement participatif. Une partie de gens qui regardent mes vidéos me « donnent » de l'argent sans contrepartie. Je ne défends pas de position d'organisation. Après la position que je vais défendre est la position qui me vient de l'analyse que je fais des éléments scientifiques. La position que je défends découle d'un travail personnel de recherche, de résumé et d'application de ce qui existe. La position que je défends ne découle pas directement de mes propres travaux. Je n'ai pas fait de doctorat sur la capture de carbone, des TEN, etc. En tout cas oui, je suis indépendant donc je peux dire ce que je veux ce qui est une chance.

### C) Quels types de TEN et autres techniques de géo-ingénierie préférez-vous ?

Pour répondre à la question de préférence, cela va être compliqué car cela va beaucoup dépendre du contre et ces différentes approches vont avoir des avantages et des inconvénients. Par exemple, la reforestation ou l'afforestation va être limitée par nature car nous n'avons pas une surface infinie. On est d'accord qu'une fois qu'une forêt a atteint la maturité, elle ne peut pas continuer à capter du CO<sub>2</sub>. Une forêt à l'équilibre émet autant de CO<sub>2</sub> qu'elle en capte. La seule façon pour que cela soit des émissions négatives, c'est d'augmenter les surfaces de forêts. Je vais plus loin. Quand on met une forêt là où il y en avait déjà, ce qu'on compense en réalité c'est la déforestation initiale, ce n'est pas le vol Paris-New York d'hier soir.

Il y a vraiment des limites. Il y a une autre limite aussi qui découle directement du cycle de carbone. Si on considère que cela compense les émissions qui viennent du fossile, pour le fossile, d'un côté, on a du carbone qu'on sort du sol, qui aurait pu être là pendant des millions d'années et qu'on met dans l'atmosphère et de l'autre côté, ce qui est dans une forêt, la forêt sèche, brûle. Elle est déforestée et cela retourne dans l'atmosphère directement. Ce n'est pas du tout équivalent en termes de fiabilité de stockage d'avoir du pétrole dans le sous-sol ou du carbone dans la forêt. Et encore cela dépend par rapport à quoi on optimise, si on optimise par rapport au coût, etc.

Pour moi, aujourd'hui, la priorité absolue est la réduction des émissions. Cela doit déjà se faire de toute façon. Pour moi, toutes ces technologies d'émissions négatives, ne seront jamais suffisantes. Il faut réduire au moins de  $\frac{3}{4}$ , voire plus, nos émissions et ensuite on pourra peut-être rajouter un peu d'émissions négatives par-dessus. C'est un premier point. Même si on passe en termes de faisabilité économique ou technologique, je pense qu'aujourd'hui, c'est beaucoup moins cher de réduire nos émissions ou de trouver des technologies alternatives qui permettent de remplacer ce qui est polluant que d'imaginer de sortir du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère.

Il faut faire très attention aux technologies négatives si cela commence à être une espèce de joker qui pousse à l'inaction. Il y a des gens aujourd'hui qui, plutôt d'essayer de réduire les émissions, commencent à s'orienter vers ces technologies d'émissions négatives. Je pense que c'est même très dangereux d'un point de vue éthique et philosophique car il y a beaucoup de scénarios dans le rapport du GIEC 1,5°C qui utilisent massivement les BECCS, de la biomasse et de la CSC. Je trouve cela très dangereux éthiquement et philosophiquement, en fait on est en train de dire quoi ? On est en train de dire : aujourd'hui on n'arrive pas à réduire suffisamment. Donc, cela va être aux générations suivantes de faire cela. Les générations suivantes ne vont plus avoir des ressources pas chères permettant d'avoir une société fonctionnelle. Elles vont subir les conséquences du changement climatique qui vont leur être chères. En plus, c'est à elles que revient la charge de retirer le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère qu'on émet aujourd'hui. Et là, il y a une cassure idéologique qui ramène ces technologies puisqu'avant même le 5<sup>e</sup> rapport du GIEC, il y avait beaucoup de scénarios qui comptaient sur la capture et la séquestration du carbone à la sortie des usines.

Ces technologies vont être nécessaires au moins à une certaine échelle. Elles peuvent être utiles mais il faut faire très attention à ne pas tout parier dessus car on fait quoi si demain on n'y arrive pas. On fait quoi du carbone qu'on a émis en pensant qu'on y arriverait. C'est un sujet compliqué.

L'afforestation, la reforestation, le stockage du carbone dans le sol, évidemment, ce sont des méthodes un peu plus douces mais qui sont limitées. Moi, il y a un truc qui me dérange : le reboisement que l'on peut faire est limité dans l'espace. Est-ce qu'aujourd'hui c'est éthique de laisser à Microsoft, Amazon, Air Force, ce joker de l'humanité ? Ces surfaces que l'on peut reboiser ne seront pas là à

l'infini. Est-ce éthique aujourd'hui de dire qu'ils ont droit de planter des arbres pour compenser un vol en avion ou est-ce que l'on doit regarder cela comme une sécurité pour des usages d'émissions, que demain, nous ne pourrions pas réduire ? Il y a un problème sur certaines de ces solutions que je dirai des solutions exclusives. Si Air France décide de planter des forêts là pour compenser des vols, il n'y a personne d'autre qui peut venir planter des forêts là-bas. Cela exclut les autres acteurs. Alors que si, à la place, elle met des DACCS et en mettant du CO<sub>2</sub> dans le sous-sol, à ce moment-là, cela n'exclut pas forcément puisqu'il y a beaucoup de manières de mettre dans le sous-sol en revanche c'est beaucoup plus cher. L'ordre de grandeur est de 300 fois plus. Ici, le vol Paris-New York prend 1000 euros de plus car cela coûte extrêmement cher de faire du direct air capture, donc ce n'est pas applicable. D'un point de vue philosophie et éthique, si on me vendait un vol en avion (je ne prends plus l'avion pour info) et qu'on me mettait une compensation en face, la seule que j'accepterai est une compensation qui est physiquement équivalente. Donc, on sort du carbone du sous-sol pour le pétrole qu'on met dans mon avion, la seule qui est équivalente est de remettre du carbone dans le sous-sol. Planter une forêt n'est pas équivalent. La forêt peut ne plus être là dans un siècle mais le carbone que l'on met dans le sous-sol sera là normalement dans plusieurs siècles. Du point de vue des équivalences, il y a vraiment une importante différence et à ce moment-là, il y a que les BECCS et les DACCS qui sont vraiment équivalentes à mon sens. À la limite, on pourrait mettre un petit peu d'altération forcée qui s'en approche mais là on rentre dans des choses qui coûtent beaucoup plus cher. Direct air capture, je pense, que cela sera très limité car cela coûte beaucoup trop cher et cela demande beaucoup d'énergie donc cela peut avoir un impact. Les BECCS, je pense que cela sera limité parce que la biomasse, on va en avoir besoin pour plusieurs choses et cela va être limité par nature car cela va vite être en compétition avec des usages alimentaires, et ce qu'on pourrait faire avec le bois, de la construction, voire avec des agro-carburants qu'on aura peut-être besoin pour décarboner certains secteurs. Toutes les technologies sont limitées c'est pourquoi quand on regarde un peu tout cela, je dirai qu'il faut continuer à chercher là-dedans. Il faut se rendre compte que ces solutions peuvent exister. Mais, quand on regarde de près, on se rend compte que les volumes ne seront pas énormes, qu'il y a pas mal de désavantages et que la priorité est de réduire les émissions. Cela serait probablement utile pour des choses qu'on aura vraiment du mal à décarboner, y compris des émissions qui ne sont pas liées au fossile comme par exemple la production de ciment qui émet du CO<sub>2</sub> pour des raisons strictement chimiques. Peut-être qu'il faut réserver à ces usages particuliers, pour ces secteurs que nous ne pourrions compenser même en sortant du fossile, ces jokers (les TEN) qu'on a dans des quantités limitées.

Si on regarde les choses qui ne seront pas dans des quantités limitées, comme le DACCS, cela demande beaucoup d'énergie, beaucoup d'effort, beaucoup de matière. Ce qui fait que si on essaie de dire que derrière chaque utilisation de fossile, on va mettre en place cela, on se rend compte que c'est tellement cher, qu'il serait plus rentable de sortir du fossile. La conséquence serait donc qu'on réduirait considérablement l'usage du fossile.

Je pense que c'est assez consensuel car quand tu regardes même les différents scénarios qui sont optimistes sur les TEN, certains scénarios du 1,5°C par exemple, commencent par réduire les émissions d'au moins 75%. C'est compliqué les scénarios (du GIEC) sur l'avenir parce qu'en fait, on construit des modèles qui peuvent être discutables sur des hypothèses qui le sont aussi. On peut les voir comme des sortes de paris. Il faut leur attacher une crédibilité et c'est toujours comme cela. Ce n'est jamais certain. Il faut attacher une crédibilité. De ce fait, moi, j'attache à ces scénarios optimistes une crédibilité assez faible parce que par exemple la CSC a toujours eu du mal à décoller. Le rapport spécial 1,5°C utilise des quantités de biomasse dans les BECCS qui ne paraissent pas réalistes. C'est le problème de l'exercice. Si je devais faire un exercice comme cela, je prendrais les différentes technologies qui existent aujourd'hui, je rajouterais les hypothèses et je regarderais où cela pourrait nous amener. Ce n'est pas comme cela que ces scénarios ont été construits. On leur a demandé des scénarios qui tenaient avec 1,5°C, ils ont fait des scénarios qui tiennent avec 1,5°C. À ce moment-là, c'est intéressant comme exercice mais il ne faut pas croire que parce qu'il y a un scénario qui est arrivé à faire cela que c'est faisable. Il faut regarder les scénarios et en particulier quelles hypothèses ils ont dû prendre pour réussir à tenir ces scénarios. Et quand on regarde les hypothèses, – là c'est mon opinion mais je ne suis pas tout seul – si vous parlez à des scientifiques du domaine de la modélisation, ils ne sont pas d'accord entre eux. Si on prend ces scénarios, pour moi, les hypothèses de déploiement technologique sont un peu discutables. Ce sont surtout les hypothèses qu'ils utilisent comme quantité de biomasse disponibles dans les BECCS qui me paraissent ambitieuses. Je doute qu'on voit cela. Je doute qu'on soit dans un monde 1,5°C. Un monde +1,5°C, on le sera dans 20-30 ans. C'est très dur ces scénarios et cela demanderait des très importantes transformations économiques, sociétales et technologiques en plus d'un certain optimisme sur le développement de ces différentes technologies.

Quant à ma vision en tant qu'ingénieur, je trouve que les ingénieurs que je connais sont conscients des limites. Ils quantifient et ils appliquent les mêmes critères aux différentes technologies. Même les rapport et scénarios qui utilisent beaucoup les émissions négatives s'appuient avant tout sur une réduction des émissions. Il faut vraiment réduire le volume de fossile et c'est un peu indépassable. C'est la priorité.

**D) Est-ce qu'on pourrait réduire nos consommations de fossiles ainsi que nos émissions dans un avenir proche (10 ans) ou plus lointain (30 ans) ?**

C'est là qu'il y a plus de divergence entre les personnes que tu interrogues et même entre les ingénieurs. En théorie, c'est possible. Il y a des grands leviers qui sont technologiques par exemple les énergies renouvelables, associés à une mobilité électrique, associés à des pompes à chaleur pour la production de chaleur, etc.

Il y a 4 chantiers pour la transition énergétique : (1) d'abord la priorité, pour la plupart des pays, va être d'essayer de décarboner l'électricité. Chose qu'en France, on n'est plutôt pas mal pour l'instant

grâce au nucléaire. (2) Ensuite, il y a un autre chantier qui est le transport. Le transport, qui vraiment aujourd'hui, repose essentiellement sur le pétrole. Ici, c'est un chantier très difficile. Il y a très peu de pays qui arrivent à décarboner (3) Et il y a un troisième chantier : la production de chaleur. La production de chaleur, qui, dans un pays comme la France, repose beaucoup sur le fossile comme le gaz naturel pour prendre sa douche, pour chauffer en hiver, etc. (4) Et il y aurait un quatrième qui est l'industrie qui a vraiment des spécificités particulières. Pour la production de chaleur, il y a des pays qui arrivent mieux que d'autres. La Suède, par exemple, est un cas assez exemplaire. Ils n'ont pas les mêmes ressources que nous. Ils se basent beaucoup sur la biomasse sur les volumes que nous ne pourrions pas avoir. Sur tous ces chantiers, tu peux avoir un petit peu des solutions. On pourrait discuter de la pertinence. Soit en passant par l'électricité par exemple avec la voiture électrique pour le transport. Soit sans passer par l'électricité, les agrocarburants par exemple pour le transport ou la biomasse pour la chaleur. Il y a toujours des défauts et des compromis, etc. Ce que je veux dire est qu'on a des solutions pour décarboner certains secteurs. Après comme c'est compliqué et comme nous n'avons pas nécessairement les volumes, il faut aussi envisager des réductions de la consommation énergétique, des besoins de chaleur, etc. Ces réductions peuvent à la fois être quelque chose de technologique par exemple l'efficacité énergétique ou la rénovation des bâtiments. Si les bâtiments sont mieux isolés, il y a moins besoin d'énergie pour le même confort. Donc là, nous sommes encore dans les leviers technologiques qui permettent une réduction de la consommation. Et à l'inverse, cela peut être des leviers socio, politico-économiques comme habiter de plus petites surfaces, moins chauffer, moins se déplacer, moins prendre l'avion, etc. Ces choses qui sont plus polémiques. Et c'est là que tu vas avoir une divergence de visions. Il y a des gens qui vont penser que vraiment l'importance c'est de décroître par exemple.

Moi, j'admettrais que si on décroissait, la solution serait beaucoup plus facile mais à quel point on arriverait à décroître aujourd'hui ? À quel point, en France, les gens seraient prêts à abandonner leur voiture ? À quel point ils seraient prêts à avoir de plus petites surfaces ? Et là, on rentre dans les choses qui sont beaucoup plus compliquées, qui sont des bras de fer démocratiques, qui sont même pour les gens qui font des modèles des perceptions de ce qui serait acceptable pour leurs citoyens si on arrivait à leur expliquer correctement. Si tu veux un exemple, il y a le scénario négawatt qui est à mon avis très optimiste sur les réductions des niveaux de vie qu'accepteraient les Français.

En résumé, est-ce que l'on peut réduire les émissions ? Je suis absolument convaincu que l'on peut et je pense même qu'on le fait dans certains pays mais la question est vraiment de combien et à quelle vitesse ? Et là tu vas tomber dans la guerre civile éternelle entre les partisans du nucléaire et le mouvement antinucléaire. Une guerre qui occupe beaucoup trop de temps à tout le monde et qui ne bénéficie au final qu'à l'industrie fossile. Cela est mon opinion. Là, il va y avoir différents points de vue. Il va y avoir des ingénieurs qui considèrent que les renouvelables vont devenir très peu chères et

vont donc se déployer très vite. Et de ce fait, demain, nous aurons la croissance verte avec le renouvelable. Et il y a d'autres qui considèrent qu'il y a des limites intrinsèques, donc il vaudrait mieux garder le nucléaire. Il y a des limites intrinsèques donc il faudrait décroître. Il y a des limites intrinsèques donc cette transition énergétique va être très lente.

Mon opinion à moi en particulier : C'est compliqué. Je pense que les gens qui se lancent là-dedans ne doivent pas se précipiter aveuglement. Certes, il y a une urgence climatique et il faut se mettre le plus tôt possible au travail. Il faut arrêter de rêvasser de la neutralité carbone en 2050 mais plutôt se demander qu'est-ce qu'on fait demain matin pour réduire les émissions et ce qu'on peut mettre aujourd'hui en place. Si la voiture électrique c'est mieux, il faut commencer à les déployer. Si isoler c'est mieux, il faut commencer à isoler aujourd'hui. Mais ce qu'on est en train de changer en faisant cela, c'est le hardware d'une société, c'est vraiment la structure physique. Et changer pour l'humanité c'est aujourd'hui 80% consommation d'énergie fossile, c'est changer 80% de tout ce qu'on fait : changer comment on chauffe, comment on se déplace, comment on construit, comment on mange, etc. Cela ne se fera pas en dix ans. Cela demande des transformations.

J'espère qu'on réduira les émissions de CO<sub>2</sub>. J'espère qu'on les réduira le plus vite possible. Si on devait mettre un pistolet sur la tempe, je ne parierais pas qu'on est neutre en carbone d'ici 2050. Je pense que cela prendra plus de temps que cela. Donc les gens qui se lancent dans ce combat, que cela soit personnellement ou professionnellement, par les associations, je pense qu'il faudrait qu'ils se préparent mentalement à courir un marathon. Les énergies déployées aujourd'hui, il faudrait les réduire énormément dans 20 ans. Mais on aura probablement encore un bout de chemin à faire. Et ce n'est pas aujourd'hui qu'il faut parler de neutralité carbone ou d'hydrogène.

Il faut faire au plus vite et au mieux. C'est pourquoi réduire d'abord là où il y a le plus d'impact. Aujourd'hui, comme il y a 40 ans, on doit encore sortir du charbon, à devoir limiter le gaz, etc. Cela est mon ressenti personnel et c'est peut-être négatif pour toi qui es jeune mais j'ai l'impression qu'il y a un grand écart qui se fait entre les discours qui tournent autour d'une hypothétique neutralité en année x et les émissions qui tous les ans augmentent. Chaque année, on émet plus que l'année d'avant sauf quelques accidents comme le coronavirus. On en est là. On n'en est même pas à se demander de la dernière marche. Il faut arrêter d'accélérer. Il faudrait déjà commencer par cela.

Alors tu pourrais dire les enjeux sont moins chez nous et sont plus nombreux chez d'autres. Non, nous avons encore pleins de choses à faire en France. Moi, je ne suis pas anti-nucléaire et je pense que c'est une position. Et je pense qu'il y a eu une erreur de stratégie, et peut-être parce que le politique et le public ont tendance à amalgamer la question de l'énergie avec celle de l'électricité ? Par ailleurs, je pense qu'il y a eu une erreur stratégique à se concentrer beaucoup sur l'électricité alors qu'on aurait

pu faire des choses sur la production de chaleur et sur les transports qui auraient été beaucoup plus efficaces en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>.

Après, je trouve que l'éolien est par exemple un très bon moyen de production. Je ne suis pas anti-éolien pour autant. Et dans des pays comme la Pologne, cela serait très bien s'ils pouvaient en déployer le plus vite possible. Ce serait très bien car on est sûr que cela efface le charbon. Je ne suis pas du tout dans les guerres. Je suis là pour défendre tous les moyens bas carbone puisque je suis très inquiet par le climat. Et en défendant tous les moyens bas carbone, je serai plus à défendre la pompe à chaleur, à défendre la voiture électrique, à défendre l'isolation que les technologies d'émissions négatives. Les enjeux sont vraiment ceux-là. D'un point de vue d'un ingénieur, on regarde le système : où sont les émissions de CO<sub>2</sub> ? Où est-ce qu'on pourrait les réduire le plus vite possible pour le moins cher possible ? C'est cela ma vision un peu normative pour simplifier les choses.

Aujourd'hui, ce n'est pas en faisant de l'hydrogène ou ce n'est pas en faisant des technologies d'émissions négatives, c'est en remplaçant avec des technologies qu'on a déjà, là où il y a beaucoup d'émissions. Mais politiquement ce n'est pas attirant de dire « *on va isoler les maisons* ». C'est plus attirant de dire : « *l'hydrogène c'est trop un vecteur propre, trop bien.* ». De ce fait, il y a des gaps qui se font entre ce qu'on devrait faire et ce qu'on arrive à vendre lors des productions de discours.

#### **E) Vous avez parlé de « décroissance ». Quelle définition donnez-vous à la décroissance ?**

Ce que j'essaie de dire c'est qu'on a un système à deux bouts. On a des sociétés humaines aujourd'hui qui extraient trop de ressources dans l'environnement et on peut avoir des problèmes face à l'épuisement de ces ressources notamment les ressources fossiles. Si on n'arrive pas pour le climat, on arrêterait toute façon un jour car on fera face à l'épuisement des ressources. Et puis de l'autre côté, on est face au problème du trop d'émissions engendrées par nos activités. Le changement climatique c'est une pollution même si on l'évoque rarement comme cela comme la pollution de l'air. Ce que j'aimerais faire vraiment est de décroître c'est ces deux bouts. C'est cela mon objectif. Ma vision scientifique d'ingénieur est cela. La décroissance pour moi est le fait de faire décroître les pollutions et les impacts. C'est pourquoi, là il y a deux solutions. Soit la technologie nous permet de le faire à usage constant, soit elle ne le permet pas.

Et en fait quand je parle de décroissance, je sous-entends que la technologie ne serait pas suffisante et du coup nous serons obligés d'avoir des adaptations de comportements ou des changements d'habitudes de vie pour réduire la production ou l'extraction des ressources. Je ne la définirai pas comme une réduction du PIB. Peut-être que la réduction du PIB serait la conséquence de cela. Je veux réduire la mobilité car aujourd'hui elle est très polluante. Imaginons qu'on n'ait pas de solution. Le seul levier qu'on a est de moins se déplacer. Et donc on se déplace moins. Peut-être que la conséquence serait moins de PIB car beaucoup d'activités dépendent du transport. Ce n'est pas parce

que je réduis le PIB que je réduis nécessairement la pollution. Cela dépend ce que je réduis et où. Moi, j'aurais vraiment une vision comme cela. Je n'ai jamais eu à définir. C'est plus des changements de comportement, des adaptations de la société des habitudes, des usages, voire du niveau de vie pour réduire les impacts sur l'environnement. Et là, tous les comportements ne sont pas les mêmes. Si dans la société, il y a des comportements qui ont peu d'impacts, je n'ai pas à y toucher. Je vais plutôt viser les comportements les plus polluants d'abord. Je vais viser la voiture avant le vélo électrique ou l'avion avant la voiture. Je vais viser le chauffage au fioul avant la pompe à chaleur. En fait je tiens à parler de décroissance parce que si on se met des objectifs ambitieux, même 2°C c'est ambitieux, cela me paraît difficile de tenir cet objectif sans qu'il y ait certains comportements qui changent.

Après cela ne veut même pas forcément dire que les gens seraient plus malheureux. Un exemple qui est souvent donné est que l'hypermobilité aujourd'hui a tendance à éclater les cercles d'amis, les cercles familiaux, etc. Cela fait que les gens sont peut-être moins heureux à cause de ces aspects-là. Souvent, ce qui rend heureux les gens est d'avoir des amis, des connaissances, de voir leurs familles. Maintenant qu'ils sont éclatés sur tout le territoire, ils ont un peu perdu cela. Si on revient vers la mobilité un peu plus faible, peut-être que les gens seront plus heureux. Peut-être qu'ils auront plus de temps. Ce sont un peu les discours des philosophes de la décroissance.

En tout cas, je ne le définis pas comme une baisse du PIB. Moi, mon but, quand je pense décroissance, est de vraiment décroître les impacts environnementaux. Et décroître les impacts environnementaux, pourquoi ? parce que je pense qu'ils vont être suffisamment graves pour affecter les gens. Donc décroître les impacts environnementaux pour qu'au final les gens soient plus heureux. C'est vraiment dans une approche utilitariste. C'est pour maximiser le bien-être. Aujourd'hui, dès lors, il faut peut-être abandonner certaines choses.

**F) Quelles sont vos représentations du réchauffement climatique, de la nature ainsi que de l'environnement et est-ce que ces deux derniers sont deux choses différentes ?**

Dans le changement climatique, ce n'est pas l'augmentation de la température qui serait très grave. Il y a toutes les conséquences qui sont dues à celui-ci comme l'intensification du cycle de l'eau qui peut être les sécheresses d'un côté et les inondations de l'autre et l'élévation des niveaux de mer, etc. Pour moi, le changement climatique est un problème environnemental qui est extrêmement grave. Je ne rentre pas dans les discours qui y voient comme un risque existentiel. Je ne pense que ces problèmes environnementaux pourront faire disparaître l'humanité. L'humanité, c'est un peu comme les cafards, ils sont capables de s'adapter à des environnements très différents surtout avec la technologie. En revanche, ce changement climatique va amener tellement de désagréments, tellement d'impacts qu'il va dégrader la vie de beaucoup de gens.

Autant, je ne pense pas que l'humanité puisse disparaître autant je pense que le changement climatique peut amener des effondrements, au moins à l'échelle locale, dans des pays qui seront touchés. Les pays d'Asie du Sud-Est, du Sud, au fur et à mesure, quand cela se réchauffe, on va atteindre un point où les conditions de température et d'humidité rendront ces endroits-là invivables biologiquement pour l'être humain. En résumé, le changement climatique va avoir des impacts qui sont très graves et à grande échelle, cela va dégrader la vie de centaines de millions de personnes. D'un point de vue utilitariste, c'est la raison pour laquelle c'est un des problèmes environnementaux les plus graves.

Par la suite, il y a une autre spécificité par rapport aux autres problèmes environnementaux, c'est que c'est vraiment un problème qui est global. Peu importe l'endroit où le CO<sub>2</sub> est émis, il va avoir les mêmes effets et cela c'est quelque chose de très différent de la pollution de l'air ou de l'eutrophisation qui sont des problèmes locaux. Cela fait qu'il y a une forme d'injustice qui est extrêmement invisible avec le changement climatique. Les grands pays pollueurs ne sont pas forcément ceux qui subiront le plus et ceux qui subissent ont peu joué de rôle dans les émissions historiquement et parfois aujourd'hui jouent encore assez peu de rôle. En fait, ils ont peu de leviers pour limiter ce changement climatique et vont subir les impacts de plein fouet. Souvent, ce sont les pays pauvres qui ne sont pas capables de s'adapter. Je pense vraiment que c'est une priorité.

La complexité vient du fait que beaucoup de personnes, inquiétées par le changement climatique, peinent à voir cela. D'un côté, nous avons tous ces impacts qui vont advenir et qui vont être graves si nous continuons d'émettre mais aujourd'hui l'utilisation de ce fossile est ce qui conditionne le bien-être de ces populations. Si on essaye de réduire cela très vite, il y aura aussi des impacts. Si je claques des doigts et que je fais disparaître le charbon et le gaz, il y a des gens qui vont très mal, il y a des gens qui meurent, etc. parce qu'aujourd'hui, nous en sommes dépendants pour nos sociétés. Il faut donc trouver un chemin entre les deux : entre décroître très vite, qui sera projeté d'un effondrement, et continuer à émettre qui aura des impacts extrêmement graves. Et ce chemin-là est extrêmement difficile à trouver surtout que ce n'est pas toujours les mêmes personnes qui émettent et subissent les impacts.

Pour la nature et l'environnement, j'avoue que ce ne sont pas des sujets que je connais très bien. Je vais donc avoir des définitions vagues je pense.

L'environnement, j'aurai tendance à dire que c'est tout ce qui est extérieur à moi. Je mettrai la ville dans l'environnement. Quand on parle de l'air est qu'on dit que c'est un problème environnemental local, on parle aussi de la pollution de l'air dans la ville. Environnement, c'est tout ce qui nous environne. J'en aurai une vision extrêmement large et je mettrai la ville dedans.

Quant à la nature – j'avoue que j'aurai du mal à la définir – parce qu'aujourd'hui nous avons montré que les milieux naturels ont interagi avec les humains et coévolué depuis très longtemps.

Aujourd'hui, on est revenu sur le fait que l'Amazonie était une forêt primaire et on pense plutôt que c'est un jardin à l'abandon. Cette idée de nature sauvage, je me bats un peu contre. La nature, j'ai l'impression, que c'est un sujet qui est utilisé par des gens qui en parlent mal. J'aurais du mal à la définir. Je ne suis pas à l'aise pour définir cela. La nature, c'est ce qu'il y a en dehors de ce qu'on a construit, aménagé mais cela ne veut pas dire pour autant qu'il n'y a pas eu d'impacts de l'être humain. Je ne vois pas comme quelque chose de vierge, de pas touché, d'original, ou même de bon. Dans la nature, il y a des toxines, il y a des animaux qui peuvent me faire mal et il y a surtout pas mal de poison dans les plantes.

En résumé, je dirai que la nature est à l'opposé de ce qui est aménagé, de ce qui a été construit, à l'opposé de nos villes alors que dans « environnement », j'intégrerai tout ?

### **G) Quelle place vont occuper les TEN dans l'environnement et comment vont-elles interagir avec?**

En fait, il n'y a rien de naturel dans les technologies d'émissions négatives même une forêt qu'on replanterait n'est pas forcément un espace naturel. Cela le serait si on la laisse à l'abandon pendant très longtemps. Cela va être avant tout une entreprise humaine. Cela ne va pas être des personnes qui vont mettre des plantes dans leurs champs. Cela va être des trucs qu'il va falloir faire à des échelles incroyables et cela va être une industrie avec ses impacts. Donc, je pense qu'il n'y a aucune de ces technologies d'émissions négatives qui est vraiment naturelle. Ce sont des choses que nous allons devoir mettre en place et puis cela dépend lesquelles.

Les technologies comme l'altération forcée peuvent avoir des impacts locaux possiblement parce que nous allons modifier la chimie de l'eau, des rivières et des littoraux. Cela peut être dans des proportions qui ne sont pas graves mais cela peut avoir des impacts sur la biodiversité. Si on parle de BECCS, d'afforestation, cela va être des industries assez grandes (ex : de plantation) et puis cela va également s'accompagner de pollution. Si on parle de mieux gérer l'agriculture, je pense que c'est vraiment une voie intéressante aussi pour avoir plus de carbone dans le sol, etc. Oui ce serait bien, ce serait bénéfique sur pleins d'aspects mais je ne pense que ce sont des choses que l'on ne peut qualifier de naturelles. J'ai l'impression que ce critère « naturel » « pas naturel » est utilisé par des gens qui ont une approche pas scientifique ou technique du problème.

### **H) Quel est l'avenir à court terme (10 ans) et à long terme (30 ans) des TEN ?**

Dans les technologies de géo-ingénierie, il y a deux grandes familles que je vais traiter séparément. Il y a d'abord les technologies d'émissions négatives qui, dans 10 ans, c'est assez difficile. Là, nous sommes dans une cassure parce que c'était abandonné il y a quelques temps et je pense que depuis 3-4 mois voire 5-6, elles commencent vraiment à avoir plus d'intérêts notamment parce que des pays commencent à comprendre qu'ils ont du mal.

Oui c'est possible que la géo-ingénierie et la CSC, dans une approche de réduction des émissions du fossile se mettent en place parce que cela commence à s'agiter. L'hydrogène peut être une porte d'entrée aussi là-dessus. L'hydrogène est beaucoup plus lié à la capture et séquestration de carbone que beaucoup de gens ne s'en rendent compte. Dans les 10 ans, c'est possible que la CSC soit vue comme une porte de sortie par l'industrie fossile qui investisse plus là-dedans qu'elle ne la fait dans le passé. Et si cela arrive, dans 20-30 ans, il y aurait de la CSC mais si je devais risquer de la quantification, je dirais que la CSC dans 30 ans, cela joue pour 5% des émissions d'aujourd'hui. Ces 5% seront importants, ce n'est pas rien. C'est quelque chose qu'il faut rechercher mais je ne pense vraiment pas que c'est ce qu'il nous fera sortir. Et d'ici là, j'espère qu'on aura réduit – soyons optimistes – de 50% les émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 30 ans.

Et l'autre grande famille dans la géo-ingénierie Solar Radiation Management, cela peut se faire à différents niveaux : au sol, dans l'espace, etc. En général, on envisage de mettre pleins d'aérosols dans l'atmosphère. Alors cela est une importante interrogation. Il y a des gens dans la communauté scientifique qui essaient d'agiter un peu cela. Ils sont limités avec un bon argument qui est qu'il faut avoir un élément dans la boîte outil qu'on a étudié pour qu'on ne commence pas à faire n'importe quoi. Ils argumentent pour qu'on étudie cette possibilité. Je pense que l'argument est intéressant. Est-ce que cela fonctionnera ? Est-ce qu'on osera l'utiliser parce que cela aura des impacts locaux qui seront assez forts. C'est vraiment très dur. C'est impossible je pense à prévoir. Cela dépend de trop de choses. Franchement je n'en sais rien.

Je sais que cela peut être intéressant, que cela peut être extrêmement dangereux. Je préférerais qu'on ne soit pas amené à faire cela mais peut-être qu'un jour avec ce que l'on saura, on jugera que c'est un compromis acceptable. C'est beaucoup plus difficile comme question. Ce sont des technologies qui peuvent être à mon avis plus efficaces pour moins d'argent que la CSC et les TEN mais où les défauts et les effets secondaires peuvent être beaucoup plus graves.

Je ne peux pas vraiment répondre car ce n'est pas comme si c'était physiquement impossible. Ce n'est pas physiquement impossible. On le sait qu'à chaque fois qu'il y a un volcan qui a une réaction un peu importante. Cela appartient au domaine du possible, au domaine du techniquement faisable mais c'est suffisamment dissuasif pour que politiquement on n'ait pas envie de le faire.

Et puis, il y a un autre problème que posent ces technologies. Prenons par exemple les démarches qu'on fait dans les COP sur les réductions des émissions. Tout le monde doit être dans le même bateau et il y en a qui ont intérêt à être des passagers clandestins. Et les passagers clandestins sont le reste du système qui doit supporter. Si un pays, comme les États-Unis, dit qu'ils ne veulent pas réduire les émissions et qu'on veut garder les mêmes objectifs, c'est à tous les autres pays de s'ajuster. Et donc, un pays tout seul peut ennuyer un peu les gens mais ne peut pas tout faire foirer. Alors qu'avec ces technologies de Solar Radiation Management, un seul pays peut engendrer le bazar. Si demain, les

États-Unis disent « *on va faire des aérosols pour réduire les émissions* », technologiquement ils sont capables de les mettre en place. Ils n'ont pas besoin de se mettre d'accord avec tout le monde. On a un problème de cavalier seul. C'est très différent comme problème. Pour la réduction des émissions, il faut mettre d'accord tous les pays, même avec le passager clandestin, cela ennue le groupe mais c'est faisable alors que pour ces technologies qu'on imagine mettre des aérosols dans l'atmosphère, un seul pays peut engendrer le bazar partout et cela aura un impact général sur l'ensemble du système Terre. Cela peut avoir des impacts locaux extrêmement forts quand on commence à toucher aux précipitations, aux cycles de l'eau, etc. Cela peut avoir des impacts locaux qui sont très graves pour certains pays et si ce n'est pas les pays qui mettent en place cela, on a un petit problème. Dans la logique, il y a un problème qui est radicalement différent.

Honnêtement, même si on me met un pistolet, j'aurai du mal à dire de quel côté je parierai sur en 2030, si on fera cela ou pas. Franchement je ne sais pas. Je ne saurais pas faire de pari là-dessus.

#### **D) Comment un accord sur les TEN pourrait être atteint à la lumière des difficultés actuelles comme les difficultés économiques, politiques et scientifiques ?**

C'est une bonne question. En plus, j'ai une vision tranchée sur la question de la neutralité carbone. Il y a un discours en cours entre scientifiques et experts sur : est-ce qu'on accepte de parler de neutralité carbone ou pas ? Il y a des gens qui défendent qu'il faudrait séparer la réduction des émissions et l'augmentation des puits. Quand on somme les deux, on peut dire qu'il y a une neutralité carbone. Mais je ne sais pas. Quand on dit qu'on est neutre en carbone, est-ce qu'il considère qu'il réduit de 25% et met 75% de puits ou est-ce qu'il réduit de 95% et met 5% de puits ? Moi, je considère qu'il faut séparer les deux. Je considère qu'une entreprise ne pourrait pas dire qu'elle est neutre en carbone. Elle devrait dire « *j'émet tant de CO<sub>2</sub> et en face je plante des arbres* ». Je pense que la compensation par les arbres n'est pas une compensation. Séparer les deux permet de garder cela visible alors que quand tu mets la neutralité, t'agrèges. Cela disparaît et on a l'impression qu'il n'y a plus de problème, qu'on n'émet pas de CO<sub>2</sub> et que cela est déjà réglé. Si on sépare les deux, on pourrait se mettre d'accord sur des trajectoires de réduction d'émissions et d'augmentation des puits ce qu'on fait un peu dans les COP, etc.

À l'international, pour obtenir des accords, la seule solution est les approches comme les COP qu'on fonctionne par les capacités des différents pays : la capacité géologique pour faire de la capture et de la séquestration de carbone, la capacité en termes de territoire pour faire de la reforestation, la capacité en termes d'agriculture pour mettre du carbone dans les sols. En fonction des caractéristiques des pays, on s'engagerait à une certaine quantité de puits de la même façon qu'aujourd'hui les différents pays s'engagent à une réduction des émissions. Et je pense qu'agréger les deux, c'est la porte ouverte à beaucoup de problèmes comptables et beaucoup d'abus.

**J) Va-t-on connaître une course au déploiement des TEN ou autres géo-ingénieries dans un contexte où des hommes d'affaires tels qu'Elon Musk accordent énormément d'importance à la géo-ingénierie ?**

Les TEN vendent certes du rêve. Moi, j'aurais du mal à voir Elon Musk comme un ingénieur aujourd'hui. Il est un homme d'affaires en plus c'est un homme d'affaires qui aime bien manipuler les marchés. Ce n'est pas technique son discours. C'est plutôt ce qu'il veut faire de son action en bourse. J'exagère un peu mais ce n'est pas comme si c'était un ingénieur de l'Agence internationale de l'énergie qui s'exprimait ou un ingénieur de chez TOTAL, ce n'est pas du tout la même chose. Ce n'est plus son rôle aujourd'hui.

Je pense qu'on va plus en entendre parler plus pour des raisons de nécessité de discours que de nécessité technologique. Je pense que c'est une nécessité technologique, je pense qu'il faut continuer à la chercher et je pense que cela jouera un rôle – à mon avis faible – dans le futur. Mais le discours qui va se construire autour de cela a toutes ses chances d'être disproportionné par rapport à son rôle parce que le but de ces discours est de faire croire au public, pour des acteurs comme Musk, qu'il n'y a pas besoin de décroissance, qu'il n'y a pas besoin de changement... Il n'y a pas besoin d'adaptation. On va continuer. On va avoir quelques modifications technologiques et la technologie, qui a toujours tout réglé, va régler tout à nouveau. C'est un peu ce discours-là que cela alimente.

C'est vrai aussi pour l'hydrogène. La façon dont on parle l'hydrogène en Europe. Je vois plus une nécessité de faire croire qu'on avance dans des endroits dans lesquels qu'on n'avance absolument pas qu'une réalité sur ce que cela pourrait nous apporter par rapport à d'autres solutions.

Il y a clairement des effets de discours pour les gens qui sont fatigués de la croissance verte et qui commencent à en avoir marre de l'économie circulaire. Dès lors, il faut trouver un nouveau buzz word pour continuer à ne rien faire pendant 4 ans. On va parler d'hydrogène, de TEN... Je ne sais pas ce que seront les prochains. Ces discours s'enchaînent. C'est intéressant l'hydrogène par exemple. L'hydrogène est la quatrième vague d'engouffrement. Qui se rappelle que 3 ans auparavant, il a échoué lamentablement ? On ne s'en souvient plus. Mais à l'époque c'était vu comme la chose qui allait remplacer le pétrole. On allait faire de l'hydrogène par thermochimie à partir du nucléaire et par surprise on aura plus besoin du pétrole. Dans les années 70, quand il y a eu la crise du pétrole, on a commencé à mettre des panneaux solaires partout c'était la fin du pétrole et puis cela n'a pas été la fin du pétrole.

Donc il faut faire attention aux discours qui permettent de proposer un futur simple, attrayant, où il n'y a pas de changement. Il ne faut pas croire que ces technologies sont toujours à la hauteur de ces discours. Cela ne veut pas dire qu'elles sont inutiles pour autant. C'est un peu plus complexe que cela en revanche je doute qu'elles n'atteignent ce qu'envisagent Musk ou Bezos et ces gens-là.

**K) Est-ce les technologies peuvent être utiles voire suffisantes pour des problèmes du système Terre ?**

Cela joue clairement un rôle. Plus la technologie est efficace moins on d'impacts pour un service donné. C'est sûr que cela joue un rôle et cela continuera d'en jour un et nous avons besoin de pas mal de changements. Après, je ne pense vraiment pas que cela soit suffisant. La question est toujours un peu bizarre. Imaginons qu'on ait une économie un peu uniforme, cela voudrait dire qu'à chaque fois qu'on consomme, on a un impact qui est un peu près le même. Il y a toujours un impact derrière notre consommation donc si on parle de cela qui me paraît évident, cela veut dire que réduire sa consommation permet toujours de réduire son impact. C'est facile comme raisonnement du coup c'est tout le temps complémentaire.

Et après cela dépend de ce que tu me fixes comme objectif. Si tu me fixes comme objectif de tenir les 2°C, je ne pense pas que la technologie suffira. Si tu me fixes comme objectif de tenir les 4°C à la fin du siècle, dans ce cas-là, je pense que la technologie suffira. C'est compliqué. Si l'objectif est qu'il y a encore de la vie sur Terre dans un siècle, la technologie suffira car on aura du mal à éradiquer la vie sur Terre. Mais si tu me demandes comme objectif qu'il ait encore le Groenland dans un millénaire, je ne suis pas sûre que la technologie suffira.

Ta question est difficile mais si on part du principe que notre consommation a toujours un impact, à ce moment-là réduire sa consommation permet toujours de réduire les impacts. Ensuite, suivant ce que tu me fixes comme objectif en termes de réduction d'impacts, la technologie peut suffire ou pas. Mais pour les objectifs qu'on se fixe aujourd'hui du point de vue de protection de la biodiversité et de tenir les 2°C, je pense que des changements de société, de consommation, d'habitudes, etc. sont nécessaires. La technologie ne suffira pas pour cela.

**L) Est-ce que les technologies d'émissions négatives sont ou seront des solutions relativement bon marché comparées aux solutions de réductions des émissions de GES ?**

C'est une très bonne question. Si on considère ce qui me paraît équivalent, on sort du carbone du sol, ce qui me paraît équivalent et de mettre la même quantité dans le sous-sol. Si on considère les BECCS, DACCS et CSC, cela est équivalent à du carbone dans le sous-sol. Pour moi, aujourd'hui, cela est beaucoup plus cher que la plupart des réductions d'émissions qu'on peut avoir. Si on considère « replanter des forêts », c'est assez facile de planter une forêt mais pour moi ce n'est pas du tout équivalent. Ce sont des approches à usage unique et qui sont un peu fragiles. Si le changement climatique fait que la zone qu'on a plantée a moins d'eau, ma forêt va mourir et le carbone va retourner à l'atmosphère et la compensation que j'ai mise n'existe plus.

Ce sont des solutions qui sont moins chères mais qui ne sont pas à la hauteur et surtout qui sont beaucoup plus incertaines. Je ne sais pas ce que sera ma forêt dans un siècle en revanche si je décide de

laisser 1/3 de mon charbon dans le sous-sol, je sais que dans un siècle, il sera toujours dans le sol. Si aujourd'hui, je mets des technologies qui remplacent les ressources possibles et qui limitent leurs consommations, ces ressources fossiles resteront dans le sol alors que la forêt, je ne sais pas si elle sera encore là.

C'est ce que je disais quand je disais qu'il faut d'abord réduire les émissions, c'est aussi pour cela. C'est parce qu'il y a de plus abordable. C'est ce qu'il y a de plus sûr et c'est probablement ce qu'il y a de moins cher.

Si aujourd'hui, on devait mettre quelque chose d'équivalent des technologies d'émissions négatives à une échelle géologique en face de nos utilisations des ressources fossiles, je suis convaincu que l'économie ferait disparaître ses utilisations de ressources fossiles. Aujourd'hui, elles rapportent moins que ce que cela coûterait de mettre des technologies d'émissions négatives en face.

## (7) Entretien de YILMAZOGLU Zeki

### A) Pouvez-vous vous présenter ?

Je suis le professeur agrégé Zeki Yılmazoğlu. Je travaille dans le département de génie mécanique de l'Université de Gazi. Mes domaines d'études sont les systèmes de conversion d'énergie.

J'analyse des études avec des technologies de gazéification ou de captage de carbone dans les systèmes de conversion d'énergie, notamment sur les enjeux qui peuvent être pris dans le domaine de la durabilité et du réchauffement climatique. Je continue de travailler dans différentes disciplines, dans de nombreux domaines différents. Je suis responsable de l'énergie. Je suis responsable de la gestion de l'énergie à l'hôpital universitaire de Gazi et nous développons diverses applications d'efficacité énergétique afin de réduire notre propre empreinte carbone. En dehors de cela, nous réalisons de nombreuses thèses. L'objectif général de mes études de thèse porte sur les problèmes du réchauffement climatique. J'étudie également les bâtiments. Nous avons la chance d'examiner de nombreux paramètres différents tels que les effets des choix des systèmes. De cette façon, je mène toujours mon travail en mettant l'accent sur le réchauffement climatique. Notre priorité dans notre travail est la durabilité.

### B) Allez-vous défendre votre position personnelle ou officielle de votre organisation ? Quelle différence faites-vous entre votre position personnelle et celle de votre organisation ?

En fait, je ne peux pas dire qu'une idée claire sur cette question ait encore émergé en Turquie. En d'autres termes, certaines directives et diverses études en Turquie révèlent en fait à quel point le sujet est important, mais nous constatons qu'aucune mesure concrète plus claire n'a été prise. De ce fait, ce que je dirai durant cet entretien sera ma propre réflexion. Il est hors de question pour moi de partager une opinion commune de l'institution pour laquelle je travaille.

**C) Quelles sont vos définitions de l'environnement et de la nature ? Comment voyez-vous le réchauffement climatique ? Comment, selon vous, faudrait-il y faire face ?**

Comme je viens de le mentionner, notre nature est considérablement affectée et j'effectue mon travail dans ce domaine. Nous vivons en Turquie un exemple concret. Je ne sais pas si vous l'avez vu, mais il y a un problème de mucilage dans la mer de Marmara. Cela se déroule surtout dans la mer de Marmara et comprend de nombreux problèmes différents dans les domaines de sciences aquatiques, les sciences de l'environnement, etc. Nous ne devrions pas le considérer seulement comme un problème de traitement des eaux usées. Les effets de la salive marine (mucilage) dans la région de Marmara ne doivent pas vraiment être ignorés.

Nous vivons un autre bon exemple de la nature attaquée en ce moment. Normalement, je ne me souviens pas de m'être assis au travail à Ankara en cette saison, en juin, avec un manteau. Au cours des dernières années, en particulier au mois de juin, le froid constant et les pluies fréquentes sont une situation que nous rencontrons souvent maintenant. Quand on regarde en arrière, il y a 20 ans, 30 ans, Ankara connaissait les fameuses pluies saisonnières. Bien que cela se produisait généralement en avril et mai, nous voyons maintenant qu'il y a un changement saisonnier. Nous voyons que cela se produit maintenant en juin.

Bien sûr, la nature est très importante. Nous aurons un héritage important à léguer aux générations futures et nous devons transmettre cet héritage de la meilleure façon possible. En fait, si nous vivons dans ce monde, je pense que notre devoir le plus important est de protéger la nature. Après depuis l'industrialisation du début des années 1900, les émissions augmentent et toujours. Même si diverses étapes ont été franchies avec des accords intergouvernementaux, notamment en termes de réduction des taux d'émissions de CO<sub>2</sub>, malheureusement, quand on regarde globalement, on voit clairement que les résultats souhaités n'ont pu être obtenus. C'est une situation très triste.

Réduire les émissions de dioxyde de carbone en Europe ne suffit pas. Quand on regarde géopolitiquement, le monde entier a besoin d'avancer vers le même objectif, de la même manière et de prendre des mesures pertinentes, mais c'est une approche très utopique dans la situation actuelle. En revanche, je pense que nous allons certainement surmonter cette situation avec différentes applications.

**D) Pour vous, l'environnement et la nature, est-ce différent ?**

Je lis actuellement un livre très intéressant. Design in Nature est le titre du livre. L'auteur est Adrian Bejan. La nature a son propre mécanisme évolutif et avec le mécanisme d'évolution, elle s'efforce de créer le meilleur système pour nous.

Je vois l'environnement comme faisant partie de la nature. L'environnement environne la nature et doit le faire quand elle réalise son évolution. Si nous abusons de l'environnement et nous l'impactons, nous affectons en fait gravement le temps d'évolution de la nature. Par conséquent, durant cette période

d'évolution de la nature, dès que nous n'aurons pas réduit notre impact environnemental, en tant qu'êtres humains, nous aurons interrompu la période d'évolution de la nature.

**E) Quelle place accordez-vous aux TEN parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?**

Les technologies à émissions négatives semblent actuellement loin d'être pouvoir applicables. Il y a des études qui ont été faites. Comme vous pouvez le voir, le plus gros problème est le coût.

La capture et la séquestration de carbone est une technologie de géo-ingénierie qui n'est pas une technologie d'émissions négatives. D'abord si je dois parler d'une méthode de géo-ingénierie qui n'est point une émission négative, je vais donner mon avis sur la CSC. Nous sommes en mesure de réaliser le captage et le stockage de carbone avec diverses modifications et procédés chimiques liés aux produits de combustion. Cependant, il y a des problèmes très importants dans la CSC. Les problèmes doivent être résolus. Il est utile de donner des informations sur la Turquie. Il y avait un grave problème d'émissions de poussière ainsi que des particules dans nos centrales thermiques au charbon en Turquie. En Turquie, nous n'avons pas été en mesure de résoudre ce problème de particules de poussière.

Il s'agit en fait d'une technologie très simple, mais nos centrales thermiques sont privatisées. Les entreprises privées qui les achètent réduisent dans une large mesure leur consommation interne en n'utilisant pas de tels systèmes de prévention des émissions ou de prévention des particules. De cette façon, elles essaient de produire plus d'électricité et faire plus de profit.

En dehors de cela, les technologies à émissions négatives restent toujours très coûteuses.

**F) Quelle place occuperaient les TEN dans l'environnement et comment agiraient-elles avec ?**

Comme je l'ai dit, le plus gros problème est le coût. C'est à cela que nous devons penser en premier lieu. Si nous pouvons réduire leurs coûts, les technologies à émissions négatives auront vraiment leur place importante dans notre environnement. Je crois qu'à l'avenir cela sera le cas. Mais je ne pourrai pas le voir, j'en suis absolument sûr, car ce sera peut-être possible dans un très long laps de temps.

J'espère que les développements technologiques accéléreront ce processus et peut-être que nous pourrons voir ces situations durant lesquelles les TEN gagneront de la place dans les systèmes. Par ailleurs, il est vraiment vital que la nature puisse s'en sortir. Autrement dit, c'est une situation qui concerne tous les êtres humains et il faut trouver une solution à cette situation.

Cela pourrait donc être l'intégration de technologies renouvelables, cela pourrait être la réduction des émissions provenant de la combustion... Comme je l'ai dit, le problème aujourd'hui est les coûts. Tous les coûts sont en fait des coûts énergétiques. En d'autres termes, ce qui détermine le coût et le prix de la farine ou du pain que vous achetez aujourd'hui, c'est le prix de l'énergie. La farine peut

avoir un certain prix. Vous utilisez du gaz naturel pour cuire le pain au four et ce gaz naturel coûte de l'argent. Nous pouvons suivre des méthodes pour réduire ces coûts avec différentes technologies durables. En tête de liste figurent les pratiques d'efficacité énergétique et les mécanismes de gestion de l'énergie. Pour cette raison, bien que les technologies des centrales électriques occupent une place très importante, elles sont en réalité étroitement liées à des secteurs tels que les transports, le bâtiment et l'agriculture.

Dans cette durabilité écologique, certes les technologies d'émissions négatives pourront jouer un rôle important dans notre monde et notre environnement. Il faut néanmoins des avancées technologiques et une réduction du coût.

### **G) Selon vous, comment devons-nous faire face au changement climatique ?**

Faire face au réchauffement climatique est assez dur et je vais l'expliquer. Il y a 10 ans quand la population mondiale était de sept milliards avec mon colocataire, nous nous demandions comment nous allions faire. Nous étions sept milliards, nous réfléchissions à ce qu'il fallait faire face à cette surpopulation. Et aujourd'hui, nous dépassons les huit milliards. Il y a donc une croissance démographique incroyable ce qui est un problème. Il y a une augmentation incroyable de la demande. Cette augmentation de la demande ne concerne pas seulement les aliments et les boissons, mais aussi l'énergie.

Alors que la demande d'énergie continue d'augmenter et à côté la situation de la production dans les technologies renouvelables fait face à de nombreux soucis notamment dus à des interruptions. Le fait que l'énergie solaire soit présente seulement à certaines heures ou que l'énergie éolienne le soit à certaines heures est un handicap très sérieux car cela réduit le facteur de puissance. Bien entendu, cela pousse les systèmes à continuer dans les énergies fossiles. L'électricité que nous produisons avec des combustibles fossiles continuera de polluer l'environnement.

De plus, ici, l'être humain doit définir un processus de transition en lui-même et dans sa manière d'être. Autrement dit, il y a un objectif 2050 en Europe par exemple ou l'objectif du Danemark pour 2050 est d'arriver à 100 % d'énergie renouvelable d'ici 2050. Mais les objectifs 2050 sont-ils des objectifs suffisants ? Nous ne pourrions pas atteindre ces objectifs en 2050. Sans compter l'approche 2020 de l'Union européenne qui a été mise en avant. Elle était de 20% d'efficacité énergétique, de 20% de réduction. Compte tenu du fait que cet objectif n'a pu être atteint, vous le savez, les pays de l'Union européenne et ses pays membres l'ont prolongé vers 2030 ou 2050. Est-ce une approche réaliste? Il serait intéressant de se poser cette question. Je pense qu'il est primordial de se fixer un objectif réaliste.

Et ici, nous devons définir un processus de transition pour nous-mêmes. À l'avenir, devons-nous avoir des carburants fortement émetteurs de carbone ou devons-nous nous tourner vers différentes technologies ? L'hydrogène est ici au premier plan. Oui, l'hydrogène est le plus important à cet égard, l'électrolyseur de carburant et d'hydrogène et leur intégration avec les sources d'énergie renouvelables,

en particulier les énergie éoliennes et solaires, sont très importantes. Dans ce contexte, si notre objectif est de réduire les émissions, le facteur le plus important pour assurer ce travail est que nous devons gérer correctement l'énergie.

Afin de réaliser cette bonne gestion de l'énergie, le paramètre le plus important est le carburant, et après cela, il est nécessaire de décider du type de carburant à l'avenir.

J'aimerais également parler sur le processus de transition. En effet, pour le processus de transition, les alternatives de repowering sur les centrales thermiques devraient être évaluées.

Maintenant, si je devais parler au nom de mon propre pays, la Turquie, la grande majorité des centrales thermiques en Turquie utilisent du lignite, des lignites de mauvaise qualité. La remotorisation des turbines à gaz dans les centrales électriques au charbon, dans lesquelles les technologies de repowering et le gazéifieur sont intégrées, permet de réduire jusqu'à 30% les émissions de dioxyde de carbone.

Il faut dès lors définir ici une période de transition de 20 à 30 ans. En outre, cela guidera nos futures études sur l'hydrogène, ou technologies de l'hydrogène vert, que nous appelons hydrogène vert, en termes à la fois de fourniture d'énergie et de réduction des émissions dans une période de transition où les technologies de l'hydrogène vert seront mises en avant.

En outre, je prévois que si nous réduisons les coûts de l'énergie des TEN et autres technologies de géo-ingénierie, je pense que nous pourrions atteindre une économie énergétique durable avec toutes les autres solutions énumérées ci-dessus.

#### **H) Vous avez parlé de transition. Qu'entendez-vous par transition ?**

Par processus de transition, j'entends la réduction des émissions de carbone des centrales thermiques. En brûlant du charbon, nous libérons du dioxyde de carbone dans la nature. Par conséquent, j'espère que l'augmentation de l'efficacité totale et la puissance installée de la centrale fourniront un avantage aux pays en termes de passage vers les technologies vertes de l'hydrogène dans cette période de transition.

Mais bien sûr, comme je l'ai dit ici, les gouvernements sont très importants ici. Les décisions des gouvernements sont très importantes. Les gouvernements prennent des mesures très importantes avec des accords tels que le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris, mais avec quelle persévérance peuvent-ils les mettre en œuvre dans leurs propres pays ? Et à quel point les résultats sont-ils satisfaisants ? Cela doit être examiné.

**I) Quelle place accordez-vous à la géo-ingénierie et aux technologies d'émissions négatives parmi les solutions pour faire face au réchauffement climatique ?**

Comme je l'ai dit, ce sont des technologies très importantes, mais elles n'atteindront peut-être pas un niveau très important dans les dix prochaines années. En effet, elles ont un coût très élevé. Mais à l'avenir, je pense qu'elles auront une place importante dans un contexte d'augmentation de la demande énergétique et la mise en place de systèmes d'émissions négatives sera dès lors très utile. Étant donné que nous avons besoin d'énergie, nous devons fournir de l'énergie, et nous devons réduire les émissions en même temps. Nous sommes dans un cercle vicieux.

Nous devons dès lors produire notre propre électricité de manière durable, fournir notre propre énergie [pas que l'électricité, mais aussi l'énergie de chauffage et de refroidissement], ainsi que réduire les émissions. Cela doit être nos objectifs dans un avenir proche. Et là, les émissions négatives jouent un rôle prépondérant. Mais comme je l'ai dit, c'est un travail et cela se fait avec transition.

Dans la prochaine étape, les technologies photovoltaïques, dont les coûts ont déjà atteint des niveaux très raisonnables, ainsi que les technologies de type éolien, les énergies renouvelables, doivent être augmentées. Dans ce processus que nous avons réalisé avec l'augmentation de la part de ces technologies renouvelables, nous devrions pouvoir planifier 20-30 ans à l'avance, avec les investissements que nous ferons dans les technologies vertes de l'hydrogène ou les technologies de pile à combustible ou d'électrolyseur. En d'autres termes, je pense qu'il serait plus correct que les pays et les gouvernements élaborent leurs politiques de cette manière.

En résumé, les centrales à émissions négatives et la géo-ingénierie, ici, peuvent jouer un rôle important dans le développement de la transition énergétique et accompagner la transition énergétique.

**J) À votre avis, en vue des difficultés économiques et politiques actuelles pour mettre au point divers accords, comment allons-nous atteindre un accord sur les émissions négatives ?**

En fait, les technologies à émissions négatives doivent d'abord être rendues technologiquement productibles. Ici, il est maintenant nécessaire d'entrer dans le processus de réduction des coûts dans les technologies à émissions négatives. Le processus de réduction de ces coûts détermine à la fois la situation politique actuelle et les conditions économiques actuelles. Dans ce cas, si nous voulons capturer le CO<sub>2</sub> avec des technologies à émissions négatives ou réduire la quantité d'émissions, les politiques énergétiques devront être régies par des règlements et des lois. De plus, il est nécessaire de mettre en place une infrastructure légale pour les subventionner en termes de coûts.

Pour cette raison, nous avons besoin de ce processus de transition puisqu'aujourd'hui nous sommes face à des problèmes infrastructurels et politiques. Or, nous devons maintenant prendre une décision qui affectera les 30 années qui viennent. Nous devons investir maintenant pour les générations futures.

**K) Est-ce que les émissions négatives pourront être utiles pour séquestrer des quantités importantes de CO<sub>2</sub> afin de réguler le climat ?**

Seront-elles capables de maintenir les émissions dans l'atmosphère et d'amener les niveaux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère à 380 PPM comme avant ? Y aura-t-il moins de réchauffement climatique ? Si nous regardons scientifiquement, oui c'est possible. Mais encore une fois, si on regarde le design dans la nature, c'est tout le point d'interrogation, car parfois la nature a ses lois (la deuxième loi de la thermodynamique ou le principe de l'augmentation de l'entropie). Avec l'augmentation de l'entropie, nous avons peut-être atteint le point de non-retour dans certains systèmes. J'espère que nous n'en sommes pas là. J'espère que nous pourrions continuer à vivre dans notre monde, notre nature, avec des températures réduites grâce aux nouvelles technologies en développement. Voyons voir. Je ne sais pas ce que sera notre avenir.

**L) Dans un monde où 80% de nos consommations énergétique dépendent des énergies fossiles, pouvons-nous nous abstenir des TEN ?**

Nous ne devons certainement pas abandonner, mais nous ne devons pas nous concentrer uniquement sur les technologies à émissions négatives. Je pense que toutes les structures durables dans différentes disciplines doivent être étudiées avec soin et que les investissements nécessaires doivent être faits dans toutes les technologies énergétiques durables.

La géo-ingénierie est peut-être l'une des plus importantes recherches concernant le domaine des centrales électriques parce qu'ici, il est question de capter du dioxyde de carbone directement.

Vous pouvez avoir la possibilité de capturer et stocker du dioxyde de carbone à travers divers processus mais nous devons adopter une approche qui étudie la durabilité avec différentes technologies et nous ne devons nous focaliser que sur une solution. Pour cette raison, les TEN et autres technologies de géo-ingénierie ne doivent pas être abandonnées, mais doivent absolument être soutenues par d'autres technologies.

**M) Est-ce que les TEN peuvent être une solution à faible coût à l'avenir comparées aux autres solutions de réduction des émissions de GES ?**

Pas aux coûts actuels. Mais au fur et à mesure que les connaissances sur ce sujet se développeront, que les investissements sur ce sujet se développeront, elles passeront certainement à des meilleurs niveaux et seront rentables. Il y a 50 ans, un système photovoltaïque produisait de l'électricité à très faible puissance. Nous devions acheter pour 10 mille dollars. Aujourd'hui, nous avons des coûts plus faibles et les panneaux photovoltaïques peuvent être utilisés facilement sur le toit de nos maisons. D'un autre côté, nous pouvons rencontrer des évolutions de nos structures qui peuvent rendre, après la période de transition, les technologies à émissions négatives et son système plus rentables.