MÉMOIRE DE MASTER 2

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR
Département de Géographie - Aménagement
Laboratoire PASSAGES – UMR 5319 – CNRS/UPPA

Lénaïg SALLIOU

Sous la direction de Xavier ARNAULD DE SARTRE et Sébastien CHAILLEUX

LE STOCKAGE DE CARBONE, UNE « SOLUTION » FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ? ÉTUDE DES CONTROVERSES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE DANS LES OCÉANS, LES SOLS ET LES FORÊTS

Année universitaire 2017-2018
Mémoire de master 2
Mention Géographie – Aménagement – Environnement – Développement (GAED)
Parcours « Développement durable, Aménagement, Société, Territoire » (DAST)

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

UMR 5319 Passages

MÉMOIRE DE MASTER 2

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR
Département de Géographie - Aménagement
Laboratoire PASSAGES – UMR 5319 – CNRS/UPPA

Lénaïg SALLIOU

Sous la direction de Xavier ARNAULD DE SARTRE et Sébastien CHAILLEUX

LE STOCKAGE DE CARBONE, UNE « SOLUTION » FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ? ÉTUDE DES CONTROVERSES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE DANS LES OCÉANS, LES SOLS ET LES FORÊTS

Année universitaire 2017-2018
Mémoire de master 2
Mention Géographie – Aménagement – Environnement – Développement (GAED)
Parcours « Développement durable, Aménagement, Société, Territoire » (DAST)

Stage de 5 mois (du 02/04/2018 au 31/08/2018)

Structure d'accueil du stage et nom du service :

Laboratoire PASSAGES - UMR 5319 - CNRS/UPPA

Adresse :

Laboratoire PASSAGES - UMR 5319 CNRS - Université de Pau

Avenue du Doyen Poplawski, Institut Claude Laugénie, 64000 Pau

Maître du stage :

Xavier ARNAULD DE SARTRE, Directeur de recherche CNRS

Sébastien CHAILLEUX, Chercheur contractuel UPPA

REMERCIEMENTS

Le premier de mes remerciements est adressé à Xavier Arnauld de Sartre. Au-delà de ce stage, merci de m'avoir fait confiance depuis la première année de Master. J'ai beaucoup appris à vos côtés durant ces deux dernières années et j'espère que cela pourra se poursuivre en thèse. Merci pour votre soutien et votre investissement.

Je remercie également Sébastien Chailleux de m'avoir co-encadrée sur ce stage. Merci pour vos conseils et votre soutien.

Toujours au sein du Laboratoire Passages, un grand merci à Gaëlle Deletraz pour les moments précieux qu'elle a pu m'accorder pour m'apporter son aide.

Merci également à l'ensemble des professeurs de la formation DAST, qui m'ont permis pendant deux ans de m'épanouir dans un Master dont je n'ai jamais regretté le choix.

Du côté de mes compagnons de recherche, je remercie tout particulièrement Manon, Louis-Benoist et Claire avec qui j'ai connu autant de moments de travail studieux que de grands moments de rires. Ce fut un réel plaisir d'apprendre à mieux vous connaître tout au long de cette année dont l'objectif commun (l'espoir de poursuivre en thèse) n'a cessé de nous rapprocher. J'espère pouvoir continuer à rire et travailler à vos côtés pour quelques années encore. Manon, une mention spéciale pour toi tout de même, avec qui j'ai eu le plaisir de partager durant ce stage un bureau, des cafés, des repas, des cafés, des cafés…et encore des cafés. Merci pour ton soutien pendant ce stage et au-delà, pendant toute cette année de Master 2.

Et puis, évidemment, merci à ces Bretonnes et Bretons qui, malgré les kilomètres nous séparant, restent pourtant présents dans ma vie et me soutiennent. Bien trop nombreux pour tous vous citer, je remercie particulièrement Agathe, Aurélie et Ewenn.

Enfin, merci à tous les professeurs qui ont un jour croisé ma route et dont certains m'ont réellement donné l'envie de continuer vers un parcours auquel je ne pensais pas pouvoir prétendre.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

CDB : Convention sur la Diversité Biologique

CCS : Capture Carbon and Storage

CH_4 : méthane

COP : Conférence des Parties

CO_2 : dioxyde de carbone

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

GES : gaz à effet de serre

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

GtC : gigatonne

H_2O : vapeur d'eau

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

MEA : Millennium Ecosystem Assessment

MDP : Mécanisme de développement propre

N_2O : oxyde nitreux

O_3 : ozone

ONU : Organisation des Nations unies

REDD : Réduction des émissions provenant du déboisement et de la dégradation des forêts

PED : pays en développement

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS **5**

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS **6**

SOMMAIRE **7**

INTRODUCTION **8**

PARTIE 1 : UNE ANALYSE DES CONTROVERSES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE DANS LES OCÉANS, LES SOLS ET LES FORÊTS : PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES FILIÈRES, CADRE ET MÉTHODOLOGIE **21**

PARTIE 2 : L'OCÉAN, LE SOL, LA FORÊT - ANALYSE DES TRAJECTOIRES PROPRES À CHACUNE DES FILIÈRES DE STOCKAGE DE CARBONE **34**

PARTIE 3 : QUELLES RÉFLEXIONS COMMUNES À L'ENSEMBLE DES FILIÈRES DE STOCKAGE DE CARBONE ? **52**

CONCLUSION **62**

BIBLIOGRAPHIE **63**

SITOGRAPHIE **66**

TABLE DES ILLUSTRATIONS **67**

TABLE DES MATIERES **68**

DÉCLARATION ANTI-PLAGIAT **70**

RÉSUMÉ **71**

MOTS-CLÉS : **71**

INTRODUCTION

Lors de l'été 2018, l'hémisphère Nord a été le théâtre d'un épisode caniculaire de grande ampleur qui a fait l'objet d'une forte attention médiatique. L'occasion était alors de rappeler – comme il est fréquent de faire lors de phénomènes météorologiques extrêmes – l'ampleur du type d'événements auxquels nous seront confrontés de manière croissante à l'avenir.

Cette actualité est l'illustration concrète d'un phénomène scientifiquement connu depuis de nombreuses années déjà, celui du changement climatique d'origine anthropique. Si sa médiatisation s'est accrue ces dernières années, notamment en raison de ses impacts de plus en plus visibles ou encore de moments politiques forts tels que la COP 21, la connaissance de la réalité du changement climatique n'est pourtant pas si récente. Très tôt, les scientifiques se sont intéressés à la question du climat et à ses bouleversements, qu'ils soient d'origines naturelle ou anthropique. Toutefois, c'est à partir des années 1970 que l'alerte scientifique quant aux menaces qui pèsent sur le climat et l'environnement en général gagne véritablement en importance. : « *Après des travaux pionniers menés au XIX^e^ siècle sur l'effet de serre, comme ceux de Joseph Fourier ou d'Arrhénius, l'action potentielle des activités humaines sur le climat a émergé en tant qu'enjeu scientifique majeur au cours des années 1970 suite au constat d'une augmentation de la concentration en gaz à effet de serre dans l'atmosphère* » (Jouzel, Masson-Delmotte, 2016). Le lien entre l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) dues aux activités humaines dans l'atmosphère et le réchauffement de la surface planétaire est tissé, même si les décennies qui suivent seront marquées par des controverses quant à l'origine anthropique du changement climatique.

Le changement climatique comme « objet de science » ? (Dahan, 2014)

En 1988, la création d'une instance dédiée à l'étude du changement climatique témoigne de l'importance prise par ce problème à l'échelle internationale. Il s'agit du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC), organisme hybride, scientifique mais ayant une portée politique, dont le rôle est « *[...] d'examiner et évaluer les données scientifiques, techniques et socio-économiques les plus récentes publiées dans le monde et utiles à la compréhension des changements climatiques* » (IPCC), cela afin d'aider les gouvernements dans leurs prises de décisions quant à la question climatique. Depuis sa création, le GIEC a produit cinq rapports dont le dernier, publié en 2014, définit les changements climatiques comme toute *« [...]*

variation statistiquement significative de l'état moyen du climat ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus) » (GIEC, 2014). Si cette définition englobe aussi bien les changements climatiques ayant une origine naturelle et anthropique, le GIEC distingue dès 1990, lors de son premier rapport, le changement climatique dû aux activités humaines et la variabilité naturelle du climat (Aykut, Dahan, 2015). En effet, s'il est vrai que le climat peut connaître des bouleversements d'origine naturelle, ceux-ci ne sauraient justifier à eux seuls le changement climatique actuel dont l'ampleur reste inédite (Jouzel, Masson-Delmotte, 2015).

L'expertise scientifique rend compte des différentes manières dont le changement climatique peut se manifester, manifestations qui ne sont pas toujours et partout visibles. Si l'on retient surtout que le changement climatique peut se traduire par l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes qui sont alors bien perceptibles, ses incidences sont bien plus larges et touchent de nombreux domaines. Dans son dernier rapport d'évaluation (2014), le GIEC différencie ces incidences selon trois catégories : les incidences sur les systèmes physiques (fonte des neiges et des glaces, élévation du niveau des mers...), sur les systèmes biologiques (fragilisation des écosystèmes terrestres et marins...), et sur les systèmes humains et aménagés (impacts sur l'agriculture...). Au fil de ses différents rapports, l'expertise du GIEC s'est donc suffisamment affinée pour attester de la réalité d'un changement climatique d'origine anthropique dont les effets, bien que toujours marqués par des incertitudes (liées notamment à leur ampleur exacte ou à leur localisation précise) se manifestent déjà et se manifesteront avec plus de force à l'avenir.

Un bref état des lieux de la définition scientifique du changement climatique et de l'évolution de l'alerte scientifique permet de comprendre que le changement climatique est bien, dans un premier temps, un « *problème scientifique* » (Aykut, Dahan, 2014) dont les preuves se sont multipliées au fil du temps. Cependant, le changement climatique ne se réduit pas à cette première définition qui, bien qu'exacte, ne saurait être unique : le changement climatique est investi d'autres dimensions, profondément multiples et complexes (sociale, économique, politique, etc...). La dimension qui nous intéresse ici particulièrement est politique, puisqu'il s'agit de montrer que le changement climatique a été cadré d'une manière bien spécifique dans les négociations internationales, cadrage[1] fortement influencé par les sciences du climat (Dahan, Guillemot, 2015).

[1] Le terme de « cadrage » renvoie à la manière dont est formulé un problème, dont sont mis en exergue certains de ces aspects plutôt que d'autres. Pour une définition plus complète, on peut se référer à S.Aykut et A.Dahan (*Gouvener le climat*, 2015, p.45-46)

Si s'arrêter sur la dimension scientifique du changement climatique est utile, ce n'est pas tant pour rappeler l'existence d'une expertise scientifique à ce sujet que pour souligner le rôle que la science a joué dans la définition du problème climatique dans les négociations internationales sur le climat, c'est-à-dire dans la construction politique du changement climatique, et par conséquent dans la définition des réponses possibles à apporter : « *[...] les sciences du climat ont certes permis l'émergence du problème et sa mise à l'agenda, mais elles l'ont aussi formulé d'une façon bien spécifique qui attire l'attention sur certains aspects plutôt que sur d'autres, tend à privilégier certaines solutions plutôt que leurs alternatives [...]* » (Aykut, Dahan, 2015). Il est essentiel de souligner cela pour bien comprendre dans quel contexte émergent les solutions de stockage de carbone qui font l'objet de ce travail.

La construction politique du changement climatique comme problème de CO_2

Le problème climatique a fait l'objet d'une préoccupation majeure dans les négociations internationales dès les années 1990, mais sa prise en compte à l'échelle globale s'est construite d'une manière particulière qui, bien que de plus en plus questionnée aujourd'hui, a apposé son sceau sur la manière de se représenter le changement climatique et peut-être surtout, d'y répondre. Le cadrage du problème climatique se caractérise tout d'abord par sa globalisation, l'élevant au rang de « *préoccupation commune de l'humanité* » (ONU, 1988), ce qui occulte une réalité du changement climatique bien plus complexe où toute l'humanité ne subit pas les mêmes impacts. Une telle vision laisse alors penser que le changement climatique doit « *[...] être considéré à l'échelle internationale, par une gouvernance qui se veut mondiale.* » (Aykut, Dahan, 2015). La définition d'un problème global est liée au privilège d'une lecture environnementale du changement climatique consistant à l'élever au sommet des « *hiérarchies de préoccupations* » (Chateauraynaud, Debaz, 2017) de nos sociétés. Cette lecture particulière accorde alors au « *primat climatique* » (Sainteny, 2015) une place prépondérante dans les politiques publiques, cela au détriment d'autres problématiques tout aussi importantes comme par exemple, la biodiversité. Parfois même accusée de provoquer une « *vampirisation* » (Sainteny, 2015) de l'environnement par le climat, la lecture environnementale du changement climatique a eu pour conséquence de l'isoler des autres problématiques environnementales avec lesquelles il est pourtant intimement lié.

Cette manière de définir le changement climatique est à approfondir en s'arrêtant sur un élément de cadrage particulièrement décisif dans le cas de ce travail sur le stockage de carbone : la

construction du problème climatique comme problème de pollution globale dont la résolution passerait « *[...] par la réduction des émissions de gaz à effet de serre, selon un calendrier et des objectifs assignés aux États dans un traité négocié sous l'égide des Nations unies.* » (Dahan, Guillemot, 2015). Le problème climatique étant réduit à son caractère « *physico-chimique* » par les sciences du climat (Dahan, 2014) c'est-à-dire à sa cause principale relevant d'une concentration accrue des émissions de GES dans l'atmosphère, il suffirait alors de résoudre scientifiquement ce problème par une diminution de cette concentration des émissions de GES. Poussé à l'extrême, ce « *paradigme de la pollution* » (Aykut, 2012) peut s'illustrer dans une réduction du changement climatique à un « *problème d'ingénierie* » dont la résolution passerait par des « *solutions d'ingénierie* » (Rex Tillerson,[2] 2012, cité par Hamilton, 2014). Une telle représentation résulte de cette définition du changement climatique comme « *[...] problème de pollution comparable à d'autres – déchets, émissions industrielles et qualité de l'air, etc. – et traité, comme la plupart de ceux-ci, par une gestion des rejets, et non des sources [...]* » (Aykut, 2012). Penser le problème climatique comme problème de pollution globale conduit ainsi à privilégier des solutions dites « *end of pipe* » c'est-à-dire qui ne traitent pas le problème à la source en cherchant à l'éviter mais qui le traitent a posteriori, une fois la pollution produite. Il s'agit donc de solutions curatives (ou réactives) par opposition aux solutions préventives (Laforest, Berthéas, 2005). À cet égard, nous pouvons d'ores et déjà constater que le stockage de carbone s'apparente à ce type de solution (cela sera développé par la suite).

Une construction du problème comme problème de pollution se caractérise plus particulièrement par le type de pollution dont il est question dans le cas du changement climatique. Il s'agit des gaz à effet de serre (GES), ceux-ci étant des gaz de l'atmosphère (d'origines naturelle et anthropique) responsables de l'effet de serre. Les principaux GES présents dans l'atmosphère terrestre sont la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), l'oxyde nitreux (N_20), le méthane (CH_4) et l'ozone (O_3). Les objectifs de réduction des gaz à effet de serre définis dans les négociations climatiques se concentrent plus précisément sur le CO_2, celui-ci étant le « *[...] principal gaz à effet de serre anthropique qui influe sur le bilan radiatif [3]de la Terre* » (GIEC, 2014). Les seules émissions de CO_2 sont ainsi élevées au rang de référence, de symbole, d'indicateur privilégié pour juger de l'efficacité d'une mesure environnementale, cela au détriment d'autres paramètres : « *L'efficacité environnementale se résume donc aux seules émissions de CO_2, omettant les*

[2] Rex Tillerson est l'ex-PDG d'Exxon Mobil et ancien secrétaire d'État du gouvernement Trump.
[3] Le bilan radiatif est, pour le définir très simplement, la différence entre la quantité d'énergie absorbée puis relâchée dans l'atmosphère par le système climatique de la Terre (Kandel).

pollutions de l'air, de l'eau, du sol, le bruit, les impacts sur la biodiversité, les paysages, etc. » (Sainteny, 2015). Ainsi, une « bonne » mesure de lutte contre le changement climatique sera celle qui sera la plus « CO_2 compatible ». La focalisation sur ce gaz à effet de serre en particulier peut tendre à négliger l'incidence des autres gaz. Si le CO_2 est effectivement le gaz à effet de serre ayant l'impact global le plus nocif, la réalité de cet impact ne se reflète pas nécessairement à l'échelle locale : « *[...] le réductionnisme physico-chimique des sciences du climat tend à mettre en avant les caractéristiques universelles des GES et à les séparer de leur signification sociale locale. Les molécules de méthane des rizières ou celles de gaz carbonique des voitures jouent un rôle identique dans la mise en équation de l'effet de serre ».* (Dahan, 2014). Au-delà de la primauté du CO_2 sur les autres GES dans la définition des objectifs d'atténuation du changement climatique, l'opposition global / local s'illustre aussi par l'invisibilité du CO_2, par l'abstraction de cette donnée, par sa déconnexion par rapport à notre réalité « quotidienne » du fait de son imperceptibilité. L'absence d'une perception locale du CO_2 entraîne aussi, de fait, un manque de perception des effets bénéfiques qu'une diminution de ce gaz dans l'atmosphère pourrait avoir. Il est impossible, pour tout habitant de la planète, de saisir un quelconque bienfait immédiat d'une mesure de réduction des émissions de CO_2 même si celle-ci est effectivement bienfaisante à l'échelle globale (Sainteny, 2015).

En détaillant certains aspects du cadre dans lequel le changement climatique a été défini, il est plus aisé de comprendre en quoi les solutions de stockage de carbone résultent d'une construction première du problème climatique comme problème de pollution et plus précisément comme problème de CO_2 : l'action de « stocker » ne s'appliquant qu'à quelque chose qui existe déjà, le stockage de carbone implique de traiter le CO_2, gaz considéré comme étant le plus nocif, une fois celui-ci rejeté. Il s'agit ainsi de l'illustration parfaite d'une solution « end of pipe » qui épouse complètement les contours du cadre dans lequel a été construit le problème climatique. Surtout, en soulignant cela, on comprend bien que l'émergence de la technologie de stockage de carbone n'est en rien contingente : elle n'est pas le fruit du hasard mais le résultat d'un cadrage du changement climatique bien particulier qui « *[...] accorde à certaines manières de le traiter plus de légitimité qu'à d'autres* » (Aykut, Dahan, 2015).

Du cadrage du changement climatique au cadrage des solutions proposées

Parmi les solutions mises en avant par le cadrage onusien pour résoudre le problème climatique, les technologies s'inscrivant dans le champ des « émissions négatives »[4] gagnent de plus en plus en légitimité, le GIEC les prenant en compte dans ses scénarios au sujet de l'avenir énergétique (2014). Le stockage de carbone de manière générale s'insère dans ce type de technologies, permettant de retirer le carbone de l'atmosphère pour le placer dans un endroit où il présente a priori moins de risques (Hamilton, 2013). Le terme « technologie » est dans le cas présent compris comme l'ensemble des différentes filières relatives au stockage de carbone en général, celles-ci regroupant des techniques cherchant à augmenter « *[...] la capacité des puits naturels de carbone [...] »* ou à faire appel à « *l'ingénierie chimique »,* en vue d'éliminer le CO_2 et ainsi d'en réduire la concentration dans l'atmosphère (GIEC, 2014). L'usages des termes « technologie » et « technique » sont ici à nuancer : si le stockage de carbone réfère en effet à des procédés artificiels, il englobe également des mécanismes naturels inhérents à différents écosystèmes terrestres (forêts, sols) et marins (océans). Ceux-ci ayant la capacité d'absorber de grandes quantités de CO_2 de l'atmosphère grâce au processus de photosynthèse, c'est en cela qu'ils sont des puits « naturels » de carbone (Théry, 2011) et qu'ils peuvent ainsi jouer un rôle important dans la lutte contre le changement climatique. Le rôle de ces écosystèmes peut être renforcé par des techniques venant mimer leur mécanisme naturel de séquestration du carbone. Les puits de carbone peuvent aussi être « artificiels » (*ibid.*) lorsqu'il s'agit de mettre en place des procédés industriels « *[...] consistant à séparer le CO_2 de ses sources industrielles et énergétiques, à le transporter dans un lieu de stockage et à l'isoler de l'atmosphère [...]* » (GIEC, 2005). Ce type de procédés est communément présenté sous le nom de Carbon Capture and Storage (CCS).

Dans le cadre de ce travail, il s'agira d'étudier le stockage de carbone dans les puits naturels que sont les océans, les forêts et les sols. À cet égard, des termes plus génériques tels que « filières », ou « méthodes » de stockage seront préférés à celui de « techniques » pour désigner le stockage de carbone afin de ne pas occulter les mécanismes naturels qui sont à l'œuvre même si ceux-ci peuvent en effet être artificialisés par des techniques cherchant les renforcer ; le terme « technique » sera utilisé seulement lorsqu'il sera question de la mise en place de procédés artificiels particuliers. Le choix d'une étude se focalisant exclusivement sur ces puits naturels de carbone s'explique par deux

[4] Les « émissions négatives » désignent les moyens visant à retirer plus de CO2 de l'atmosphère que de CO2 émis par l'Homme (FUSS et al., 2014).

raisons principales. D'une part, il semble pertinent de s'intéresser à des filières ayant justement pour point commun de se fonder sur ces mécanismes naturels. D'autre part, ces filières ont été peu étudiées par rapport à certains procédés industriels de CCS comme par exemple, le stockage géologique[5]. Une présentation détaillée du stockage de carbone dans les océans, les forêts et les sols sera proposée par la suite en première partie de ce travail ; avant il convient de s'intéresser à la solution de stockage de carbone en général pour tenter de comprendre les logiques dans lesquelles elle s'inscrit.

La technologie de stockage de carbone s'inscrit à la croisée de plusieurs grands types de mesures communément définies dans la perspective de lutter contre le changement climatique. Ces grands types de solutions s'illustrent dans le diptyque comprenant les mesures d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. L'atténuation se définit par la mise en œuvre de politiques destinées à maîtriser et à réduire les émissions de GES alors que l'adaptation réfère à des mesures d'anticipation et de préparation aux conséquences du changement climatique (Bertrand, Richard, 2014). Depuis plusieurs années, d'autres types de mesures émergent à l'image des techniques de géo-ingénierie. Celles-ci peuvent être définies comme un « *[...] vaste ensemble de méthodes et de techniques fonctionnant à grande échelle et visant à modifier délibérément le système climatique pour lutter contre les effets du changement climatique. La plupart de ces méthodes ont pour objectif soit de réduire la quantité d'énergie solaire absorbée par le système climatique (gestion du rayonnement solaire), soit d'éliminer le dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique en utilisant des puits pour modifier le climat [...]* » (GIEC, 2014). S'arrêter sur ces définitions permet d'ores et déjà de voir que le stockage de carbone peut à la fois relever de mesures d'atténuation, puisqu'il est question de réduire le CO_2, et de mesures de géo-ingénierie, puisqu'il peut s'agir d'éliminer ce CO_2 de l'atmosphère par la mise au point de certaines techniques. Le GIEC lui-même émet des doutes lorsqu'il s'agit de savoir de quels types de mesures relève le stockage de carbone. Présenté sous le nom de méthodes « d'Élimination du Dioxyde de Carbone (EDC) » dans son dernier rapport (2014), le GIEC souligne toute l'ambiguïté que recouvrent ce type de mesures : « *Certaines méthodes d'EDC relèvent de la géo-ingénierie et d'autres pas, et ce, en fonction de l'ordre de grandeur, de l'échelle et des incidences des activités d'EDC. La distinction entre l'EDC et l'atténuation n'est pas clairement établie, si bien que les définitions fournies actuellement peuvent se chevaucher [...]* »

[5] Il faut également préciser que ce mémoire s'inscrit dans une étude plus large sur le stockage de carbone ; les techniques de CCS et en particulier le stockage géologique ont donc déjà fait l'objet d'un travail mené parallèlement à celui-ci.

(GIEC, 2014,). Souligner l'ambiguïté régnant sur l'appartenance des technologies de stockage de carbone aux mesures d'atténuation et/ou de géo-ingénierie est essentielle : parler d'atténuation du changement climatique ou de géo-ingénierie n'a pas du tout la même portée et il s'agit de types de solutions qui peuvent être concurrents. En effet, la géo-ingénierie est un domaine hautement controversé, souvent mis en cause car il représenterait la quintessence même du désir de domination de l'Homme sur la nature par des moyens techniques (Hamilton, 2013). Dans certains cas, les discours en faveur de la géo-ingénierie justifient son déploiement par l'idée que toute tentative d'atténuation des GES serait vaine : « *[...] l'accumulation des preuves écrasantes du danger du réchauffement de la planète ne sera pas suffisante pour surmonter les obstacles politiques, psychologiques et culturels à la mise en place d'une véritable politique de réduction des émissions.* » (*idid*, p.117-118). Parler de géo-ingénierie renvoie à l'idée qu'il existerait une sorte de « *formule magique contre le changement climatique* » (*ibid*, p.141) là où l'atténuation du changement climatique revêt une dimension plus contraignante puisqu'elle se focalise sur la source du problème (les émissions de CO_2) et peut ainsi venir questionner nos modes de vie actuels.

Si l'ambiguïté semble peser sur la définition du type de solutions auxquelles le stockage de carbone appartient, il semble toutefois plus aisé de comprendre quelle vision du monde elle reflète. En effet, si les méthodes de stockage de carbone peuvent être très différentes, elles semblent tout de même se rencontrer sur une idée fondamentale : l'Homme va pouvoir venir au secours d'une planète victime de bouleversements dont il est lui-même responsable. Cet énoncé s'illustre dans le concept d'Anthropocène : « *À travers ce concept, les tenants de l'anthropocène proposent de donner à une nouvelle ère géologique le nom de l'Homme pour mieux souligner l'empreinte désormais climatique et tellurique de ce dernier sur la planète*. » (Foyer, 2015, p.26). Disposant d'une telle force, et ayant « soudainement » pris conscience de cette force au potentiel destructeur, l'Homme serait par là même capable de réparer les dégâts qu'il a causés, notamment grâce à la mise au point de nouvelles techniques. La société serait devenue « réflexive », au sens où elle « *[...] questionne désormais sa propre dynamique* » (Fressoz, 2011). Rappeler cela est essentiel pour mieux comprendre la manière dont émerge une technologie comme le stockage de carbone. En effet, dans le monde de l'Anthropocène, les solutions « end of pipe » ont toute leur place : l'Homme a porté atteinte à la planète en émettant du CO_2, il convient donc désormais d'éliminer ce CO_2 et l'Homme le peux s'il a pu l'émettre : la source du problème devient la solution.

Dès lors, il est possible d'imaginer un futur où l'Homme parviendrait à bout du problème climatique par l'avènement d'une société tournée vers la technologie. Ce type de scénario a été dépeint par le *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA), une évaluation environnementale réalisée au début des années 2000 sur la biodiversité. Il s'intègre plus globalement à une démarche cherchant non pas à prédire un futur certain mais plutôt à explorer différentes trajectoires dans lesquelles pourrait s'inscrire le monde de demain selon les choix que nos sociétés feront. Ce scénario, présenté sous le nom de « TechnoGarden », se caractérise par une confiance en l'innovation, la science, la technologie et la dynamique des marchés pour résoudre les problèmes auxquels nos sociétés sont confrontées : « *The TechnoGarden scenario depicts a globally connected world relying strongly on technology and on highly managed and often-engineered ecosystem to deliver needed goods and services.* » (MEA, ch.8, p.225). Plus globalement, le monde « TechnoGarden » s'inscrit dans la posture pragmatique de la modernisation écologique. Née dans les années 1980, cette approche a gagné en importance dans les institutions internationales ces trente dernières années (Foyer, 2015), ainsi que dans l'action publique environnementale de manière générale (Béal, 2016). La modernisation écologique se caractérise principalement par l'idée que les solutions face aux problèmes environnementaux ne résident pas dans une remise en cause du système dominant – le capitalisme – même s'il a en effet sa part de responsabilité. Les solutions sont à chercher à l'intérieur même de ce système et passent par sa réforme, sa mise en compatibilité avec les nouveaux enjeux environnementaux :

> « *[...] ecological modernisation theory [...] does not aim for a fundamentally different organisation of the (capitalist) economy. While the current system is seen as a major source of environmental crisis and in this system there are clear restrictions for modern nation-states to intervene in the economy, ecological modernisationists do not put revolutionary system change as an alternative on the agenda. The agenda for state and market change within ecological modernisation theory does not move beyond a modern market economy and a modern welfare state. In that sense, ecological modernisation theory remains with the paradigm of modernity [...]*" (Mol et *al.*, 2009, p.19).

L'opposition classique environnement / économie de marché est dépassée dans une perspective de faire coexister la performance économique et la préservation de l'environnement, domaine qui ne demeure plus isolé mais qui devient une problématique transversale où tous les acteurs ont leur rôle à jouer (Béal, 2016). La modernisation écologique est en cela pragmatique, au sens où elle se veut résolument tournée vers l'action grâce à la redéfinition des relations entre l'État et les marchés, qui

doivent coopérer (Mol et *al*., 2009). Dans le monde de la modernisation écologique, la science et la technologie occupent une place importante dont le rôle doit s'accroître pour permettre la résolution de la crise environnementale. Elles doivent participer « *[...] à la réorientation écologique des systèmes productifs [...]* » en vue d'une « *[...] transformation profonde du capitalisme.* » (Béal, 2016, p.3). Le rôle de la science et de la technologie se traduit concrètement par l'élaboration de « technologies propres » qui allient « *[...] l'utilisation la plus rationnelle possible des matières premières et de l'énergie et, d'autre part, la réduction de la quantité d'effluents polluant l'environnement et ce à un coût économiquement acceptable*. » (Laforest, Berthéas, 2005, p.11).

Au regard du paradigme de la modernisation écologique, lutter contre le changement climatique en faisant appel à des solutions de stockage de carbone semble ainsi s'inscrire comme une perspective tout à fait pertinente par rapport au cadre dans lequel cette technologie s'inscrit : le changement climatique comme problème de CO_2, dans un contexte marqué par l'Anthropocène où l'homme est à la fois le bourreau et le héros de l'histoire. Il semble essentiel de souligner cela pour bien comprendre que l'émergence d'une solution telle que le stockage de carbone n'émerge en rien au hasard. Elle résulte d'une manière de cadrer le problème climatique et de définir les solutions face à ce problème.

Si les technologies de stockage de carbone en général semblent être une solution tout à fait cohérente dans le monde de la modernisation écologique, elles ne le sont pas nécessairement hors de ce cadre. Ainsi, à l'image des scénarios dépeints par le MEA, il existe plusieurs futurs possibles, ceux-ci reflétant plusieurs mondes qui peuvent être concurrents. Plusieurs critiques peuvent alors émerger de la part de ces mondes concurrents et cela, sur différents points. La critique principale porte sur l'idée qu'une transformation interne du capitalisme s'assimile à contourner le problème au lieu de l'attaquer de front.

Selon cette critique, le capitalisme étant responsable de tous nos maux, l'idée même de penser qu'il en est également la solution s'apparente à rechercher *Le remède dans le mal*[6] en occultant toute alternative possible. À cet égard, l'optimisme technologique représentatif des approches comme la modernisation écologique ne serait que « *[...] le leurre d'une présence humaine maîtrisée* » (Fressoz, 2011) dont la croyance en la résolution des problèmes d'aujourd'hui par la technologie se solderait par la création des problèmes de demain. La critique d'un monde écologiquement moderne souligne ainsi l'insuffisance d'une action s'appuyant sur l'utilisation de

[6] En référence au titre de l'ouvrage de Jean Starobinski (1989).

« *technologies pompier* » (Neyrat, 2016) en vue d'éteindre les flammes de *la maison* qui *brûle* sans pour autant chercher à éviter l'incendie ni à en comprendre les causes. Finalement, l'optimisme technologique et la croyance aux vertus des marchés ne seraient qu'une manière de s'épargner une remise en question plus profonde du capitalisme dont les effets délétères dépassent largement la seule sphère environnementale (il engendre aussi des inégalités sociales etc...).

Plus largement, en cherchant à transformer le système actuel de l'intérieur plutôt qu'à le renverser, les approches telles que la modernisation écologique sont accusées de servir d'énième justification à la perpétuation du capitalisme. En effet, la modernisation écologique permettrait à ce système de légitimer son existence en se donnant une justification morale qu'incarne l'impératif de lutte contre le changement climatique, problème défini comme « commun » à l'humanité toute entière. En intégrant la problématique climatique en son sein, le capitalisme passe alors du statut de bourreau à celui de héros : étant le seul capable d'apporter des solutions, de corriger les problèmes qu'il a créé tout en garantissant la poursuite d'un développement économique et le bien-être matériel de chacun, sa perpétuation devient acceptable et même souhaitable (Boltanski, Chiapello, 1999).

Dans un contexte de changement climatique où les visions du futurs divergent et sont l'objet de constants affrontements, l'émergence du stockage de carbone comme technologie permettant de lutter contre le changement climatique n'a donc rien de contingent. Issue d'une manière bien particulière de définir le problème climatique (problème de CO_2) et les solutions à mettre en œuvre, leur émergence n'est pas due à l'inexistence d'autres solutions ou du fait qu'elles seraient les meilleures en soi. L'évocation de différents types de solutions (atténuation etc...) et de scénarios envisageables a permis de voir qu'il existe une multitude de futurs possibles ; le stockage de carbone correspond toutefois parfaitement au monde dans lequel il a émergé, dans lequel il a été défini. Il s'inscrit dans une vision possible, cohérente, légitime mais non pas exclusive. Au-delà des éléments de controverse propres aux différentes filières de stockage de carbone qui seront présentées par la suite, l'objectif était ici de souligner que le cadre même dans lequel elles s'inscrivent est lui-même sujet à controverses, tant des visions du monde concurrentes sont en jeu au sein de la problématique du changement climatique. Le terme de controverse, issu du latin « *controversia* », signifie « *l'action de se tourner l'un contre l'autre* » (Bouffartigue et *al*., 1996) : dans le cas des débats autour du stockage de carbone, ce sont ainsi plusieurs visions du monde qui semblent être tournées les unes contre les autres. L'intérêt de mener une analyse en termes de controverses est ainsi de tenter de comprendre la manière dont celles-ci se confrontent.

À cet égard, il convient de définir plus en détail ce qu'est une controverse. Pierre Lascoumes (2014) définit les controverses « *comme des séquences de discussion et d'affrontement entre des points de vue divergents sur un sujet* ». Il est possible d'expliciter cette définition en s'arrêtant sur quelques éléments clés : l'idée de « séquences » met en avant le caractère mouvant d'une controverse. Elle ne constitue pas un moment bien arrêté mais l'ensemble d'un processus de dispute « en train de se faire » (Lemieux, 2017). En ce sens, elle ne se stabilise jamais totalement ou seulement de manière momentanée si un consensus se forme. Par nature, une controverse revêt ainsi une sorte de caractère infini, dans le sens où elle ne se termine jamais vraiment : une controverse évolue, mute, se réduit puis peut même faire naître un consensus mais cela de manière momentanée. L'idée de « discussion et d'affrontement » montre qu'en dépit du caractère conflictuel qui lui est inhérent, la controverse est bien souvent un « *combat civilisé* » (Lemieux, 2007) ou une « *dispute en justic*e » (Boltanski, Thévenot, 1991) au sens où les différents partis en présence doivent toujours s'inscrire dans l'ordre de la justification, cela la distinguant d'un simple combat ou d'une « dispute en violence » (*ibid*.) où seuls les rapports de force déterminent le vainqueur.

L'histoire des controverses montre qu'elles peuvent être multiples et de différentes natures, d'où l'intérêt d'en parler au pluriel. Désignant initialement des affrontements d'ordre théologique, les controverses ont ensuite investi le champ de la science pour désigner « *une discussion suivie sur une question rhétorique et/ou empirique* » (Lascoumes, 2014). Elles s'incorporent à la marche de la science, permettant de valider et/ou d'invalider les découvertes scientifiques. Les controverses ne quittent alors pas la sphère scientifique où les « pairs » sont les seuls juges de la validité des découvertes. Ainsi, elles n'investissement jamais vraiment le reste de la société. Les controverses ont pu et peuvent toujours revêtir une certaine image négative en raison de leur inhérente instabilité. En effet, l'existence de controverses met en évidence que des connaissances ne sont pas stables, chose impensable selon le paradigme d'une science élevée comme absolue. Il s'agirait alors d'un symptôme d'une science boiteuse, où les connaissances sont incertaines. De nos jours, les controverses ont débordé la seule sphère scientifique et son devenues « sociotechniques », car le conflit investit désormais l'ensemble de la société, ce qui ne fait qu'accroître sa complexité. Dans le cadre de l'étude des controverses sociotechniques, l'image péjorative de la controverse s'est renversée pour mettre au jour la « *fécondité heuristique* » (Smadja, 2012) d'un processus conflictuel loin d'être improductif. Ainsi, s'intéresser aux controverses semble être un bon moyen pour tenter d'appréhender un conflit dans toute sa complexité. Si les controverses sont l'illustration de l'existence de divergences voire de disputes, elles ont le mérite de « *clarifier les attachements, les*

valeurs, même si le dissensus persiste » ; c'est en cela que certaines controverses peuvent être vues comme de véritables « *conflits réussis* » (Chateauraynaud, Debaz, 2017).

Par une approche considérant que les controverses autour du stockage de carbone peuvent revêtir une certaine valeur heuristique, et dans la volonté de saisir toute la complexité des enjeux liés à l'avènement de cette solution face au changement climatique, une analyse en termes de controverses semble ainsi être pertinente. Il ne s'agit pas tant de juger de la légitimité ou non de ce type de solutions (qui est légitime dans son monde) que de tenter de faire comprendre que son émergence se fait dans un monde profondément complexe, lieu de possibilités infinies qui donne à cette solution (et à toute autre solution en général) un caractère relativement précaire car non stable. L'objectif de ce travail est donc, par l'étude des controverses autour de différentes filières de stockage de carbone (océans, sols et forêts) de tenter de comprendre en quoi une solution préalablement cadrée parvient ou pas à se « stabiliser » et par quels moyens.

Il s'agira, au moyen d'une analyse de presse, de prendre au sérieux les controverses dont font l'objet les différentes filières de stockage de carbone afin de tenter d'en comprendre les logiques. À cet égard, un premier temps de ce travail se consacrera à la caractérisation des différentes filières de stockage de carbone étudiées ici et à celle des cadres théorique et méthodologique dans lesquels sera menée l'analyse. Un second temps consistera en une analyse descriptive des controverses propres à chaque filière de stockage de carbone pour mieux en comprendre les logiques afin de pouvoir, dans un dernier temps, faire émerger les réflexions communes à ces trois filières.

PARTIE 1 : UNE ANALYSE DES CONTROVERSES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE DANS LES OCÉANS, LES SOLS ET LES FORÊTS : PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES FILIÈRES, CADRE ET MÉTHODOLOGIE

1. Éléments de caractérisation des différentes filières de stockage de CO_2 : l'océan, le sol et la forêt, trois grands réservoirs naturels de carbone

La planète Terre dispose naturellement d'un mécanisme propre de régulation du carbone : il s'agit du cycle du carbone, qui correspond à « *[...] l'ensemble des échanges ou flux de carbone entre les différentes composantes du système Terre.* » (Bopp, 2011). Ce cycle met en jeu plusieurs réservoirs naturels de carbone tels que l'océan, le sol et la forêt. En raison de leur rôle crucial dans la régulation carbone, ces trois écosystèmes font l'objet d'une attention croissante dans la perspective d'une lutte contre le changement climatique grâce à au renforcement de leur capacité naturelle d'absorption du carbone. Chacun d'entre eux disposant d'un potentiel important mais aussi limité et incertain, ce premier temps de caractérisation va permettre de présenter chaque filière de stockage de carbone pour mieux comprendre la manière dont leur rôle peut être renforcé, tout en soulignant les éléments de controverses qui peuvent émerger. Sans prétendre pouvoir englober la multitude d'enjeux inhérents à chaque filière, ni décrire de manière trop technique chacune d'elle (ce qui nécessiterait une connaissance très aiguisée), l'objectif est ici d'en dégager les éléments saillants.

1.1. L'océan, premier puits de carbone au monde

Le rôle de régulateur du carbone atmosphérique de l'océan est considérable, celui-ci ayant absorbé naturellement près de 30% du CO_2 présent dans l'atmosphère depuis 1870 (Houssin, 2018).

La régulation du carbone par l'océan est possible grâce à deux processus d'ordres biologique et physique :

- Le premier s'appuie sur le processus de photosynthèse. Le carbone atmosphérique est transporté des eaux de surface jusqu'aux profondeurs de l'océan grâce au phytoplancton, un micro-organisme qui absorbe le dioxyde de carbone puis le transforme en dioxygène grâce à la lumière du soleil. Lorsqu'il meurt, cet organisme planctonique tombe au fond de l'océan, permettant alors au carbone de s'y accumuler en profondeur. (GIEC, 2014). C'est ce qu'on peut appeler la « pompe biologique » de l'océan (ARP REAGIR[7], 2014).
- Le second processus est physique et repose sur la dissolution du carbone dans les eaux de surface de l'océan au contact de l'air. Cette dissolution s'opère principalement dans les eaux froides, qui absorbent naturellement plus de carbone que les eaux chaudes. Alourdies par le CO_2 dissous, les eaux de surface plongent au fond des océans et emportent ainsi le CO_2 absorbé (Houssin, 2018). Il s'agit de la « pompe physique » de l'océan (ARP REAGIR, 2014).

Au regard de la grande capacité naturelle des océans à absorber du carbone grâce à ses deux pompes biologique et physique, certains scientifiques estiment qu'il serait possible de renforcer ce rôle de régulateur de carbone de manière artificielle afin de pallier l'augmentation constante des émissions de CO_2 dans l'atmosphère et ainsi lutter efficacement contre le changement climatique. Pour cela, deux procédés principaux ont été étudiés : la fertilisation artificielle et le stockage océanique.

Le principe de la fertilisation s'appuie sur le fonctionnement de la pompe biologique de l'océan et naît d'un constat simple fait par des océanologues à la fin des années 1980 (Briday, 2014) : le fer est un nutriment essentiel qui intervient naturellement dans la production du phytoplancton mangeur de CO_2, permettant de stimuler son activité photosynthétique et d'absorber ainsi davantage de carbone. Or, certaines zones de l'océan présentent des taux de fer particulièrement bas par rapport à d'autres. Procéder à un ajout de fer dans les zones déficitaires permettrait logiquement d'accroître la production des micro-organismes planctoniques qui, plus nombreux, transporteraient plus de carbone dans les profondeurs océaniques une fois morts ; le rendement de la pompe biologique océanique serait ainsi amélioré. En théorie, la fertilisation de l'océan par le fer présente l'avantage d'être « *technologiquement faisable* » (ARP REAGIR, 2014) étant donné la simplicité du principe

[7] Il s'agit d'un rapport issu d'un Atelier de Réflexion Prospective sur la géo-ingénierie de l'environnement (ARP REAGIR. *Réflexion systémique sur les enjeux et méthodes de la géo-ingénierie de l'environnement*, Rapport final, 2014, 89 p.)

sur lequel elle se base. Les premières estimations quant à l'efficacité de cette technique furent d'ailleurs très optimistes suite à des études en laboratoire « *[...] suggérant qu'une tonne de fer ajoutée dans l'océan sous une forme appropriée pourrait éliminer entre 30 000 et 110 000 tonnes de carbone de l'atmosphère.* » (Hamilton, 2013). Néanmoins, la douzaine d'expériences scientifiques menées depuis les années 1990 relativisent grandement ces chiffres : si le procédé en lui-même fonctionne, de nombreuses incertitudes persistent concernant les quantités de carbone réellement stockées et la durée de ce stockage, éléments qui restent difficiles à estimer. (ARP REAGIR, 2014).

La mise en œuvre de la fertilisation océanique étant simple d'un point de vue technique, les expériences menées ne se sont pas toutes limitées à la sphère scientifique. En effet, certains acteurs privés ont tenté de mener des expériences de fertilisation à des fins commerciales, mettant en évidence une première limite de cette technique, celle de « *l'insuffisance du cadre légal* » (ARP REAGIR, 2014) dans lequel elle se déploie. Pour limiter les expériences de fertilisation, un moratoire est adopté en 2008 à Bonn dans le cadre de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB). Il interdit toute expérience de fertilisation, « *[...] tant qu'il n'y aura pas de fondement scientifique qui justifie de telles activités, y compris l'évaluation des risques associés, et qu'un mécanisme de réglementation et de contrôle efficace, mondial et transparent ne sera pas en place pour ces activités, sauf pour les recherches scientifiques de petite échelle menées les eaux côtières* »[8]. Si la législation s'est renforcée afin de limiter les expériences de fertilisation océanique, c'est en raison des nombreux risques que la mise en œuvre de cette technique présente. Tout d'abord, la fertilisation peut conduire à accélérer l'acidification des océans. En effet, plus les océans absorbent de carbone, plus leur pH devient acide. Les océans étant déjà soumis à la menace de leur acidification car ils absorbent naturellement davantage de carbone lorsque l'atmosphère en est plus chargée (ce qui est le cas dans le contexte actuel d'augmentation du CO_2 dans l'atmosphère), augmenter leur teneur en carbone par la fertilisation ne ferait que renforcer ce processus. Or, plus l'océan s'acidifie, plus le fonctionnement de sa pompe biologique ralentit (Hamilton, 2013). Pour résumer, la relation entre l'océan et le carbone s'illustre dans un cercle vicieux : plus l'océan absorbe de carbone, plus sa capacité d'absorption s'amoindrit. De plus, les conséquences de l'acidification de l'océan ne se réduisent pas à la fragilisation de sa pompe biologique puisqu'un tel phénomène engendre la perturbation de tout l'écosystème marin. D'autres risques sont encore soulevés, notamment celui de la libération de protoxyde d'azote (N_20) dans l'atmosphère, gaz à effet de serre

[8] Extrait de la décision, cité dans le rapport de l'ARP REAGIR.

dont le potentiel de réchauffement est largement supérieur à celui du CO_2 (ARP REAGIR, 2014). Enfin, si les risques présentés sont déjà multiples, les travaux de l'ARP REAGIR estiment que la fertilisation induirait probablement de nombreux autres « effets inattendus » en raison de la complexité des écosystèmes marins et du fonctionnement de l'océan en général, qui restent mal connus.

Une seconde technique envisagée pour accroître le stockage de carbone dans les océans se présente sous le nom du stockage océanique. Si de nos jours, davantage d'intérêt est porté sur la fertilisation (Hamilton, 2013), nous verrons que le stockage océanique a lui aussi été sérieusement envisagé. À l'inverse de la première technique présentée, celle-ci ne repose pas sur le renforcement d'un processus naturel de l'océan mais sur la mise en place d'un procédé industriel. Cette technique fait partie des technologies de CCS (Capture Carbon and storage) qui consistent à capturer du CO_2 issu de sources d'émissions industrielles ou énergétiques puis de le comprimer avant de le transporter vers un site de stockage pour une longue durée (GIEC, 2014). Au moment de l'émergence de cette idée dans les années 1970, les sites envisagés sont l'océan ou les formations géologiques : « *Au milieu des années 1970, le physicien C. Marchetti propose [...] de capter et d'éliminer le CO_2 d'origine industrielle en le dissolvant dans les océans ou en le stockant dans des formations géologiques* » (O'Neill, Nadaï, 2012). S'agissant plus précisément de l'océan, le carbone serait injecté dans la colonne d'eau à plus de 1000 mètres de profondeur ou serait déposé au fond de l'océan à 3000 voire 4000 mètres de profondeur (Coutansais, 2011). L'avantage de cette technique relève principalement de la durée du stockage qu'elle permettrait, de l'ordre de « *plusieurs siècles au moins* » (GIEC, 2005) et des grandes quantités de carbone qui pourraient être stockées dans les profondeurs de l'océan.

Le stockage océanique présente cependant de nombreuses limites qui conduiront cette technique à être plus ou moins abandonnée au profit du stockage géologique. D'un point de vue pratique, le stockage océanique présente plus de difficultés : les techniques de CCS nécessitant tout un appareillage industriel, le site de stockage doit être à proximité de la source de CO_2 qui va être captée. Or, selon le rapport spécial du GIEC (2005) sur ces techniques, il y aurait peu de sources de CO_2 à proximité d'endroits où l'on pourrait envisager un stockage océanique et le coût du procédé serait alors plus élevé que le stockage de carbone dans les formations géologiques, technique pour laquelle il y aurait davantage de sites disponibles. D'autres limites concernent les risques présentés par le stockage océanique. Tout comme la fertilisation, celles-ci portent essentiellement sur les

incertitudes quant aux effets néfastes du stockage de carbone sur l'environnement marin (acidification de l'océan, perturbation des écosystèmes marins, etc...). Enfin, la sécurité de ce stockage sur le long terme est elle aussi incertaine (O'Neill, Nadaï, 2012).

Dans l'ensemble, les techniques de stockage de carbone dans l'océan se caractérisent ainsi par deux éléments essentiels. D'un côté l'océan représente un réservoir de carbone immense dans lequel l'injection de nos émissions de CO_2 ne paraît qu'être une « goutte d'eau » par rapport à tout ce qu'il a pu absorber jusqu'à présent. Cependant, si ce réservoir semble illimité, l'accroissement permanent de sa teneur en carbone peut hautement le fragiliser. Une première caractérisation succincte de ces techniques laisse déjà deviner qu'elles suivent peut-être des trajectoires différentes : la fertilisation, bien que freinée dans ses expériences par la législation, continue de faire l'objet de recherches, notamment dans le cadre d'études sur la géo-ingénierie qui se sont multipliées depuis une dizaine d'années (Briday, 2014). À l'inverse, la perspective du stockage océanique semble avoir été abandonnée.

1.2. Le sol, premier puits de carbone terrestre

En seconde position après les océans, les sols représentent un grand réservoir de carbone avec un potentiel de 1500 milliards de tonnes environ (Arrouays, 2008). Ils sont ainsi le plus grand puits de carbone terrestre, dont l'accroissement pourrait jouer un rôle majeur dans la réduction des émissions de CO_2. Le stockage du carbone dans le sol se fait sous forme de matière organique : celle-ci, composée principalement de la végétation ou encore d'organismes vivants, contient du carbone que les micro-organismes présents dans le sol absorbent lorsqu'ils transforment cette matière organique en minéraux. Lors de ce processus de minéralisation, le carbone est ensuite restitué à l'atmosphère sous forme de CO_2 (Chenu et al., 2014).

Les moyens permettant d'augmenter la quantité de carbone absorbée par ce puits se résument essentiellement à l'adoption de meilleures pratiques dans l'usage des sols. Ces mesures concernent notamment la réduction du travail du sol, l'augmentation du couvert végétal dans les systèmes de culture, le développement de l'agroforesterie et des haies ou encore une meilleure gestion des prairies (*ibid*, p.25-26). Ainsi, en limitant par exemple le labour, le stockage de carbone dans les sols pourrait s'accroître grâce à la diminution du processus de minéralisation – qui rappelons-le, s'achève par une restitution du carbone dans l'atmosphère. Limiter ce processus en diminuant le labour permettrait au sol de relâcher moins de carbone. Quant à l'augmentation du couvert végétal

et au développement de l'agroforesterie, cela permettrait d'enrichir les sols en matière organique et donc par extension, en carbone. Enfin, une meilleure gestion des pâturages favoriserait la croissance de la végétation et permettrait ainsi d'augmenter l'absorption du carbone atmosphérique par les sols (Hamilton, 2013). Le détail de ces mesures permet de voir que le stockage de carbone dans le sol est fondamentalement lié aux pratiques agricoles, ce qui explique l'émergence d'initiatives telles que « 4 pour 1000 » s'intéressant au stockage de carbone dans les sols dans le cadre d'une transformation des pratiques liées à l'agriculture.

S'il existe diverses mesures possibles en vue d'accroître l'absorption de carbone dans les sols, des doutes demeurent cependant quant à l'efficacité d'une telle absorption. De premières incertitudes concernent l'amplitude du stockage de carbone. En effet, « *les teneurs en matière organique des sols n'augmentent pas indéfiniment mais atteignent un plateau, dont la valeur semble dépendre des caractéristiques pédologiques et du climat* » (Chenu et al., 2014). De même, le stockage de carbone dans les sols n'a pas de caractère définitif et peut être réversible : la matière organique finit toujours, à terme, par être minéralisée, entraînant par là des rejets de carbone dans l'atmosphère (INRA, 2002). De même, si un sol accroît sa séquestration de carbone grâce à l'amélioration des pratiques agricoles, cela n'est valable que tant que ces pratiques subsistent. Dès l'abandon de telles pratiques, une partie du carbone stocké peut être libéré. (Chenu et al., 2014). D'autres risques concernent l'impact du carbone sur le fonctionnement même du sol : si la teneur en carbone est trop élevée, cela peut altérer « *sa réserve en eau, sa sensibilité à l'érosion, l'abondance et la diversité de la (micro-)faune et la rétention de polluants [...]* » (ARP REAGIR, 2014). De manière générale, les mécanismes propres au fonctionnement du sol sont donc soumis à de nombreuses incertitudes qui rendent difficile de savoir à quel point et comment le sol peut contribuer à réduire les émissions de CO_2 de l'atmosphère.

1.3. La forêt, second réservoir naturel terrestre de carbone

Recouvrant 31% de la surface de la Terre, la forêt représente un important réservoir naturel de carbone (ONF), jouant à ce titre un rôle majeur dans la régulation du climat. Ainsi, 53% du carbone accumulé dans les écosystèmes le serait dans les forêts (Boulier, Simon, 2010). Le rôle de la forêt dans la régulation du climat est connu depuis bien longtemps, les premières recherches sur le lien entre la déforestation et le changement climatique émergeant dès le XIXe siècle (Fressoz,

2012). Ce puits de carbone forestier fonctionne grâce au processus de photosynthèse qui permet aux arbres de libérer de l'oxygène et de stocker du carbone pour assurer leur croissance. Ce carbone peut être stocké dans le feuillage, les tiges, les systèmes racinaires et surtout dans le bois des arbres (FAO). Avant de poursuivre, il convient de préciser ce que revêt l'utilisation du terme de « forêt » dans le cadre de ce travail. En effet, si l'on se réfère à l'écosystème forestier en général, celui-ci comprend à la fois la biomasse forestière émergée ainsi que les sols forestiers. Dans le cas présent, les sols faisant l'objet d'une analyse propre, le terme de « forêt » fera surtout référence à la biomasse forestière émergée.

La capacité naturelle des forêts à absorber le carbone peut être renforcée par divers moyens qu'il est possible de regrouper selon trois grandes catégories : la conservation des ressources forestières, l'augmentation des surfaces forestières ou encore l'utilisation des produits-bois. Les mesures de conservation de la forêt renvoient principalement à la limitation de la déforestation (ou déboisement), c'est-à-dire de la « *Conversion d'une forêt en zone non forestière* » (GIEC, 2014). En effet, la déforestation engendre la libération dans l'atmosphère du carbone stocké par les arbres lorsque ceux-ci sont brûlés et se décomposent. À l'heure actuelle, la déforestation joue un rôle non négligeable dans l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère puisqu'elle est responsable d'environ 11% de ces émissions (Hamilton, 2013). Une seconde possibilité pour accroitre le potentiel de stockage de carbone par les forêts est d'augmenter les surfaces forestières. Cela peut se faire au moyen de l'afforestation (ou boisement) qui consiste en la « *Plantation de nouvelles forêts sur des terres qui, historiquement, n'en possédaient pas* » (GIEC, 2014) ou de la reforestation (ou reboisement) qui se définit par la « *Plantation de forêts sur des terres anciennement forestières, mais converties à d'autres usages* » (GIEC, 2014). Enfin, le stockage de carbone peut aussi se faire par la valorisation des produits issus du bois de la forêt : en effet, une fois coupé, le bois continue de séquestrer du carbone et cela pendant toute sa durée de vie. (Deroubaix, 2012). À l'échelle internationale, certaines initiatives contribuant au renforcement du puits de carbone forestier ont pu être mises en place. C'est le cas, par exemple, du mécanisme REDD+ qui s'inscrit à la croisée des mesures de conservation et d'augmentation des surfaces forestière : il vise « *[...] à limiter la déforestation et favoriser l'augmentation du stockage de CO2 dans la biomasse, par exemple, via des pratiques sylvicoles adaptées, notamment des actions de boisement/reboisement* » (Houssin, 2018, p.17).

S'il existe une variété de stratégies possibles en vue d'accroître la séquestration du carbone par les forêts, il convient de préciser qu'il existe également de nombreuses limites quant au

renforcement de ce puits de carbone. Tout d'abord, une première limite générale concerne la catégorisation même de la forêt comme « puits » de carbone en raison de nombreuses incertitudes quant à son rôle de régulation du carbone. En effet, si le fonctionnement du mécanisme naturel de régulation du carbone est bien réel, il reste extrêmement difficile de quantifier avec précision le taux de carbone réellement contenu par les forêts. Il est d'ailleurs difficile de parvenir à trouver des données concordantes malgré de nombreuses recherches. Si l'on prend en compte l'écosystème forestier en général, les estimations oscillent par exemple de 950 GtC selon la FAO à 1120/1240 GtC selon le GIEC (Boulier, Simon, 2010) ; pour la biomasse aérienne et les forêts, ces estimations sont de l'ordre de 240 GtC à 360 GtC selon la FAO (*ibid*,). D'autres limites concernent également la durée du stockage de carbone par la forêt : en effet, la vie d'un arbre n'est pas éternelle et lorsqu'il meurt, il relâche alors une partie du carbone absorbé pendant sa vie dans l'atmosphère, le reste allant dans le sol. L'arbre ne fait ainsi qu' « *emprunter* » le carbone de l'atmosphère avant de le restituer quand il meurt, faisant de cette absorption de carbone seulement un « *gain ponctuel* » (Hamilton, 2013). À l'image des sols, le processus de stockage de carbone par les forêts est ainsi réversible : si ce n'est pas la mort naturelle de l'arbre qui est responsable de la libération du carbone atmosphérique, d'autres perturbations peuvent intervenir, d'origine naturelle comme anthropique (incendies, sécheresse, défrichage, etc...) (Hamilton, 2013). Les mesures visant à renforcer le potentiel de carbone des forêts peuvent aussi présenter leurs limites. Les mesures de reforestation, par exemple, sont des processus lents dont l'efficacité est difficile à estimer car ils s'inscrivent sur un temps long : il faut généralement des dizaines d'années pour qu'un arbre puisse grandir (Hamilton, 2013). Enfin, de manière plus générale, il est nécessaire de souligner que l'ensemble des mesures contribuant au renforcement du stockage de carbone forestier peuvent engendrer une forte concurrence entre différentes utilisations possibles de la forêt. Par exemple, augmenter les surfaces forestières implique de les rendre indisponibles pour une autre utilisation des terres telle que l'agriculture ou l'urbanisation (ARP REAGIR, 2014).

Au travers d'une présentation générale de chaque filière de stockage de carbone, l'objectif était de saisir toute la complexité résidant en chacune d'entre-elles. Si l'océan, le sol et la forêt ont tous pour point commun d'être avant tout des écosystèmes dont les mécanismes naturels permettent le stockage de carbone, les moyens mis en œuvre dans le cadre d'un renforcement de ces mécanismes diffèrent selon les filières. Il peut s'agir de procédés totalement artificiels, comme l'illustre la fertilisation ou le stockage océanique ; il peut également s'agir de la mise en œuvre de

moyens faisant plutôt appel à des changements de pratiques dans les activités liées aux écosystèmes stockeurs de carbone (c'est par exemple le cas pour le sol ou la forêt). La diversité de solutions possibles illustre encore une fois toute l'ambiguïté du stockage de carbone, qui s'inscrit à la croisée de différents types de solutions allant de l'atténuation du changement climatique (reboisement, etc...) à la géo-ingénierie (fertilisation). Derrière l'idée de « stockage de carbone » dans l'océan, le sol et la forêt se renferme ainsi une multitude de moyens dont la portée peut être contestée pour diverses raisons. Une de ces raisons s'illustre dans le contexte d'incertitude qui englobe les différentes filières de stockage de carbone : incertitudes sur le potentiel de stockage de carbone, sur la durée de ce stockage ou encore sur ses effets sur les écosystèmes mobilisés. Enfin, le contexte de changement climatique accroît ces incertitudes en faisant peser une menace sur eux, sans que les modalités de cette menace ne soient clairement identifiées.

2. Cadrage théorique : une analyse en termes de controverses

2.1. De la controverse scientifique à la controverse sociotechnique

Étudier le stockage de carbone dans l'océan, le sol et la forêt signifie qu'il va falloir s'intéresser à des mécanismes dont l'incertitude est au cœur. Le fait même qu'il s'agisse d'une solution ayant la particularité de se baser sur des écosystèmes renforce considérablement la complexité des choses. Il ne s'agit plus seulement de devoir composer avec des incertitudes d'ordre technique mais aussi d'ordre écosystémique : les mécanismes naturels animant l'océan, le sol et la forêt sont eux aussi incertains.

Face à ces incertitudes, une analyse en termes de controverses sociotechniques semble être pertinente en raison des dimensions qu'elle revêt. En effet, les controverses sociotechniques se distinguent des controverses purement scientifiques dans le sens où elles engagent des acteurs et des considérations qui ne peuvent plus être circonscrits à la seule sphère de la science mais qui s'étendent à tout le monde social. Avec la thématique du stockage de carbone dans l'océan, le sol et la forêt, on entre ainsi de plein fouet dans le champ des controverses sociotechniques. Les incertitudes au cœur de ces filières, si elles paraissent relever d'incertitudes scientifiques, ont une portée tout autre : l'océan, le sol et la forêt, faisant ici l'objet de notre attention au travers de leur rôle de régulateur de carbone, ne se limitent pas à ce mécanisme naturel que seule la science serait à même d'étudier. Ils sont aussi profondément ancrés dans le monde social, au sens où ils sont au

cœur d'activités humaines, de pratiques, voire même de certains imaginaires. Mettre en scène leur mécanisme de régulateur de carbone dans le but de lutter contre le changement climatique implique alors d'investir une multitude d'autres champs où se bousculent des acteurs d'horizons divers, dans lesquels le scientifique n'est plus l'unique protagoniste.

2.2. ...d'où l'intérêt d'un cadrage théorique orienté vers la sociologie de la traduction

L'inscription dans une analyse des controverses sociotechniques conduit à adopter une approche particulière qu'il convient de présenter. Il s'agit notamment de s'inspirer des « *sciences studies* » qui englobent par exemple la sociologie de la traduction et la sociologie pragmatique. Ces approches se caractérisent par une manière d'appréhender le monde social qui prend au sérieux l'ensemble des actants prenant part à un conflit et qui considère que leur force de présence dans une controverse n'est pas donnée a priori mais est plutôt le résultat de longs combats, autrement dit de processus de traduction :

> *« Par traduction on entend l'ensemble des négociations, des intrigues, des actes de persuasion, des calculs, des violences grâce à quoi un acteur ou une force se permet ou se fait attribuer l'autorité de parler ou d'agir au nom d'un autre acteur ou d'une autre force [...] Dès qu'un acteur dit « nous », voici qu'il traduit d'autres acteurs en une seule volonté dont il devient l'âme ou le porte-parole. Il se met à agir pour plusieurs et non pour un seul. Il gagne de la force. Il grandit.* » (Callon, Latour, 2006, p.3)

En s'inspirant de cette posture, il s'agit de s'intéresser au processus conflictuel en lui-même, à la manière dont il met en jeu les différents acteurs en présence. Les controverses sont alors « *[...] des occasions pour les acteurs sociaux de remettre en question certains rapports de force et certaines croyances jusqu'alors instituées, de redistribuer entre eux « grandeurs » et positions de pouvoir, et d'inventer de nouveaux dispositifs organisationnels et techniques appelés à contraindre différemment leurs futures relations* » (Lemieux, 2007, p.192).

L'idée de « grandeurs » permet de mettre en avant les processus par lesquels les acteurs se battent les uns contre les autres pour définir qui d'eux seront les gagnants et les perdants de l'histoire. Les différents acteurs ne sont pas *a priori* d'importance différente, leur grandeur n'est que le résultat du processus conflictuel : tout se joue lors de ce conflit. La situation dans laquelle évoluent les différents acteurs en présence est donc l'élément fondamental. L'idée est de considérer

que tout individu est capable d'endosser des rôles et des statuts différents (Jacquemain, 2001) selon le processus conflictuel dans lequel il s'insère, non pas selon ses caractéristiques propres. Pour illustrer ce type d'approche, il est possible de se référer au modèle des « cités » élaboré par Luc Boltanski et Laurent Thévenot dans leur ouvrage *De la justification* (1991) qui s'intéresse à la manière dont des individus, en situation de conflit, prennent position selon des logiques de justification représentatives d'un système de valeurs spécifique. Chaque cité correspond à une logique de justification s'appuyant sur un « *principe supérieur commun* » qui sert de critère de référence pour se justifier lors d'un conflit. Si l'on prend l'exemple du stockage de carbone en général, un acteur défendant cette technologie en affirmant qu'elle est la plus efficace pour réduire les émissions de CO_2 fait alors appel à la cité « industrielle » où l'efficacité est le principe supérieur commun : autrement dit, c'est l'efficacité même de la technique qui déterminera sa valeur. Si à l'inverse, un acteur met en cause les dangers potentiels de cette technique pour l'environnement, il s'inscrit dans une cité que l'on peut qualifier de « verte »[9] où le critère de référence ne sera pas l'efficacité mais l'impact environnemental de la technique. L'intérêt de cette approche par « cités » est de mettre en évidence les différentes justifications que des individus peuvent mobiliser selon la situation dans laquelle ils se trouvent. L'enjeu n'est pas de dire que chaque cité correspond à un type d'individus en particulier qui se référeraient constamment à la même logique de justification selon leur nature. Au contraire, lors d'un processus de conflit, tout acteur peut mobiliser des cités différentes en fonction de ce qu'il veut défendre et des individus auxquels il est confronté. L'idée à retenir de ce type d'approche est l'idée selon laquelle ce ne sont pas les caractéristiques propres à la nature d'un acteur qui détermine le mode de justification qu'il va adopter mais bien les contraintes liées à la situation dans laquelle il se trouve à un instant T (Jacquemain, 2001).

Si cette approche semble être particulièrement pertinente dans le cas de l'analyse des controverses, permettant de saisir la complexité des processus ayant cours, elle peut aussi présenter quelques limites qu'il est nécessaire de prendre en compte. En effet, en accordant une place prépondérante au processus conflictuel dans lequel la position des acteurs en présence est *a priori* indéterminée et se joue à l'intérieur même de ce processus, le risque est d'occulter le poids des structures pouvant peser sur les individus (milieu social, institutionnel, etc...). Or il faut également avoir conscience que tout acteur ne parle pas « de nulle part » : il est marqué par son expérience, son capital (social, culturel...) qui peuvent différer de ceux des autres acteurs auxquels il fait face

[9] L'idée d'une cité verte ne fait pas partie des cités initialement élaborées dans *De la justification* ; elle est introduite plus tardivement par Claudette Lafaye et Laurent Thévenot (1993).

lorsqu'il prend part à un processus conflictuel. Autrement dit, il ne faut pas négliger l'idée que tout individu est marqué par son *habitus*.

En détaillant le type d'approches qu'il est possible d'adopter en vue d'une analyse des controverses, on s'aperçoit qu'il semble nécessaire d'articuler à la fois une prise au sérieux du processus conflictuel dans lequel se définissent les acteurs et l'idée selon laquelle les savoirs dont ils font preuve sont tout de même situés.[10] Sans prétendre pouvoir mener une analyse des controverses dans les termes exacts définis par les auteurs fondateurs des approches présentées ici, ce cadre théorique permet de guider l'analyse qui sera menée afin de tenter d'explorer au mieux les controverses au sujet du stockage de carbone dans l'océan, le sol et la forêt. Il s'agira de comprendre ces processus par lesquels les différents acteurs des controverses se construisent et surtout construisent leur propre « récit », celui-ci pouvant se stabiliser ponctuellement mais rarement de manière durable. Grâce à une analyse en termes de controverses, il s'agira de mesurer la présence des acteurs dans les processus conflictuels, la manière dont ils font évoluer leur propre récit en vue de redessiner les contours de la controverse, profondément marqué par son caractère instable.

2.3. Méthodologie de l'analyse de presse

Afin de tenter d'appréhender les controverses autour du stockage de carbone dans leur complexité, il a été choisi de procéder à une analyse de presse, celle-ci paraissant être un bon outil pour mesurer la présence des thématiques étudiées dans les débats, ainsi que la manière dont celles-ci sont traitées. Il faut néanmoins souligner que la presse s'inscrit elle-même dans une manière de « cadrer » les choses : les logiques décelées dans le cadre de cette analyse ne prétendent donc pas établir une quelconque vérité sur les trajectoires prises par chaque filière de stockage de carbone ; elles reflètent davantage certains aspects saillants qu'il semble intéressant d'analyser.

[10] À cet égard, l'article « À quoi sert l'analyse des controverses ? » écrit par Cyril Lemieux permet de faire la part des choses quant à ces deux types d'approches mobilisables lors d'une analyse des controverses.

L'analyse de presse a été réalisée à partir d'un corpus d'articles importé sur la base de données d'informations *Europresse*. Le choix des mots-clés s'est révélé quelque peu difficile en raison de l'absence d'expression « consacrée » à chacune des filières. Afin de tenter de cibler au mieux des articles pertinents, les mots-clés choisis ont été divers (Figure 1). Il est nécessaire de préciser que le choix du terme « séquestration » s'explique par les recherches faites en amont sur les différentes filières de stockage qui ont révélé que ce terme était souvent utilisé pour référer au stockage de carbone dans des puits « naturels ». Une fois ces mots-clés retenus, l'analyse a porté sur la presse généraliste francophone depuis le début de l'archive jusqu'en 2017. Après un nettoyage profond du corpus, les articles retenus se sont élevés au nombre de 131 pour les océans, 323 pour les sols et 477 pour les forêts. Si la recherche s'était étendue au début de l'archive, l'année 1998 a finalement été retenue comme point de départ de la période étudiée, les articles plus anciens étant hors-sujet.

Requête
TEXT= (séquestration | stockage) & TEXT= (carbone | CO2) & TEXT= (forêt | forêts)
TEXT= (séquestration | stockage) & TEXT= (carbone | CO2) & TEXT= (océan | océans)
TEXT= (séquestration | stockage) & TEXT= (carbone | CO2) & TEXT= (sols | sol)

Figure 1 - Requêtes réalisées dans Europresse

PARTIE 2 : L'OCÉAN, LE SOL, LA FORÊT - ANALYSE DES TRAJECTOIRES PROPRES À CHACUNE DES FILIÈRES DE STOCKAGE DE CARBONE

Le développement qui suit cherche à dérouler une à une les controverses dont font l'objet chacune des filières présentées en première partie (l'océan, le sol, la forêt). Le choix d'une attention portée sur les controverses par filière dans un premier temps va permettre de dégager les logiques qui leurs sont propres. En effet, nous verrons que les océans, les sols et la forêt, bien que faisant tous l'objet d'une attention particulière en vue de développer des méthodes de stockage de carbone, connaissent d'abord une histoire propre. Tous ces écosystèmes ayant pour point commun de jouer un grand rôle dans la régulation du carbone peuvent suivre des trajectoires très diverses au sein de controverses où les acteurs qui s'affrontent peuvent eux-aussi être bien différents. S'il est également possible de dégager des réflexions communes à ces filières (qui seront analysées par la suite), il convient dans un premier temps de s'intéresser à chaque filière une par une pour en déconstruire les logiques. Sans prétendre décrire de manière exhaustive chaque controverse, certains temps forts seront ici analysés.

1. L'océan, au cœur de différentes techniques de stockage de carbone

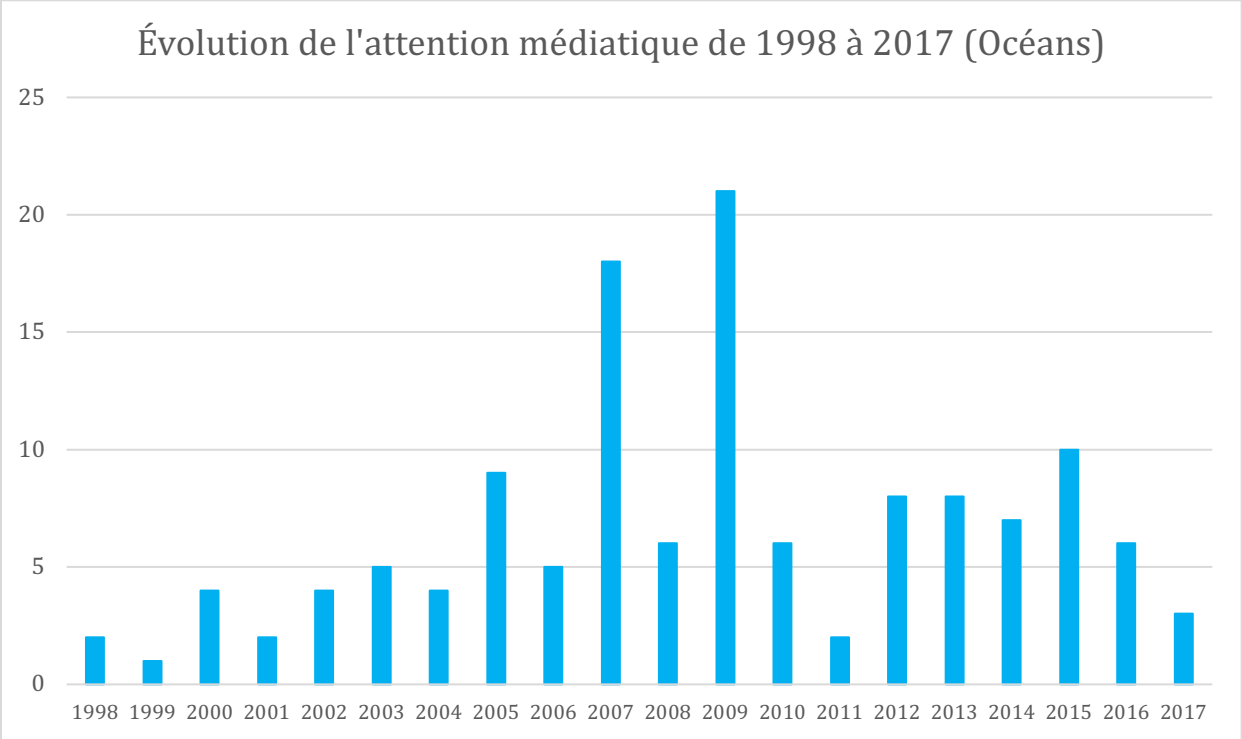

Figure 2 - Évolution de l'attention médiatique de 1998 à 2017 (Océans)

Une vue d'ensemble du corpus retenu pour l'analyse sur le stockage de carbone dans les océans permet de voir que la trajectoire de cette filière a été ponctuée par certains « sursauts » notables, caractéristiques de moments forts de la controverse (Figure 2). En observant l'objet des articles en détail, il est possible de voir que le stockage de carbone dans les océans est principalement évoqué en référence aux procédés techniques que sont le stockage océanique et la fertilisation. Sur l'ensemble de la période se dessinent alors deux mouvements principaux, chacun d'eux illustrant la prégnance d'une technique à un moment donné. De 1998 à 2006, l'attention est davantage portée sur le stockage océanique, même si la fertilisation n'est pas totalement absente des débats ; de 2007 à 2013, cette seconde technique y occupe en revanche une place prépondérante. Toutefois, le stockage de carbone peut aussi être abordé indépendamment de techniques particulières, faisant alors référence au mécanisme naturel de régulation de carbone de l'océan : cela s'observe surtout en seconde moitié de la période, de 2009 à 2016, mais demeure plus marginal.

1.1. Le stockage océanique : de l'émergence d'une technique à son déclin (1998-2006)

La fin des années 1990 illustre le début de l'attention médiatique au sujet du stockage de carbone dans les océans. Cela peut s'expliquer de différentes manières. Tout d'abord, comme il a été précisé dans la première partie de ce travail, les techniques de stockage de carbone relatives à l'océan sont assez anciennes, celles-ci émergeant dès les années 1970 et 1980. Le degré d'attention dont elles font l'objet, selon les mouvements identifiés, correspond plus ou moins à leur degré d'ancienneté, dans le sens où l'on observe une prédominance de la technique la plus ancienne (le stockage océanique) dans la première période (1998-2006). Plus globalement, la fin des années 1990 est marquée par la signature du Protocole de Kyoto (1997). Si l'impact de ce Protocole est moindre par rapport à d'autres filières de stockage de carbone (la forêt, par exemple), il joue tout de même un rôle dans l'émergence de la thématique du stockage de carbone en général en impulsant l'idée d'une lutte contre le changement climatique marquée par la définition d'objectifs clairs de réduction des émissions de GES.

Dans la presse, les premières évocations du stockage océanique se font dans le cadre plus large de celle des technologies de CCS en général. La question est alors de déterminer quel site de stockage privilégier entre l'océan et les formations géologiques, mais les deux options sont d'abord considérées avec une même attention. L'émergence du stockage océanique dans le débat s'observe plus particulièrement à l'occasion de premières expériences qui ont lieu dans le Pacifique. Les acteurs prenant activement part au débat appartiennent essentiellement à la communauté scientifique, qui est à l'origine des expériences de stockage océanique. Cependant, cette présence scientifique n'est pas homogène : il est possible de distinguer une coalition formée par les initiateurs des projets de stockages, plutôt issus des sciences de l'ingénieur et une autre formée par ses détracteurs, composés essentiellement de biologistes spécialistes de l'océan. Les premiers mettent en avant le terrain idéal que représente l'océan pour le stockage océanique : il absorbe naturellement une très grande quantité de carbone et son potentiel est tel qu'il serait possible d'injecter de grandes quantités de CO_2 qui ne représenteraient qu'une petite quantité en comparaison de celles déjà absorbées par les océans depuis des siècles. Les seconds alertent essentiellement sur les effets néfastes qu'un tel stockage engendrerait : les organismes marins pourraient être fragilisés et il y aurait un risque d'acidification de l'océan. La controverse porte aussi sur l'efficacité même de la technique, puisque des incertitudes existent quant à la quantité de carbone qui pourrait être

durablement stockée. Ces doutes servent d'arguments aux deux partis : les porteurs des projets de stockage océanique justifient leurs expériences par l'idée qu'elles sont le seul moyen de réduire l'incertitude alors que les détracteurs de ces projets défendent justement qu'il ne vaut pas la peine de mettre en danger l'océan pour une technique dont l'efficacité n'est pas certaine.

La controverse est également nourrie par des organisations environnementales telles que Greenpeace, remettant en cause le bien-fondé même de la technique, même si l'analyse de presse ne révèle qu'une présence faible de ces acteurs dans les médias. Cela peut s'expliquer par diverses raisons : d'une part, leur entrée dans la controverse se fait lors de l'expérience menée à Hawaï (1997-2002), qui est peu relayée par la presse francophone[11]. D'autre part, la remise en cause de cette expérience par Greenpeace va vite être marquée par une montée en généralité où le stockage océanique en lui-même ne va plus tant être l'objet des revendications mais où la légitimité même des technologies de CCS en générale va être questionnée (O'Neill, Nadaï, 2012). Celle-ci s'accompagne d'une mutation dans les débats, portés initialement sur le stockage océanique et géologique de manière égale puis se déplaçant progressivement vers une attention accrue sur le stockage géologique au détriment du stockage océanique. Au fil des années, certains acteurs partisans de la technique soulignent qu'étant donné la possibilité d'un stockage dans les formations géologiques, il n'est plus nécessaire de continuer à envisager l'océan, trop contesté, comme site potentiel. Dans la presse, cela s'observe par des articles évoquant de moins en moins la thématique du stockage océanique, seulement pour en évoquer l'abandon au profit de l'option géologique. Le GIEC joue alors un rôle clé dans le déplacement de l'attention d'une option à l'autre. En effet, il publie en 2005 un rapport spécial sur les techniques de *Piégeage et stockage du dioxyde de carbone* qui ne juge pas le stockage océanique comme une option sérieusement envisageable, trop d'inconnues subsistant quant aux incidences écologiques. À l'inverse, le stockage géologique offre davantage de perspectives. La controverse sur le stockage océanique s'essouffle ainsi rapidement dès lors que semble être consacré le choix des formations géologiques comme site privilégié pour le stockage de CO_2.

[11] De même les oppositions locales de manière plus générale sont peu relayées, mais jouent pourtant un rôle dans l'abandon du stockage océanique. L'article de Rebecca O'Neill et Alain Nadaï (2012) sur les CCS permet d'avoir des précisions sur ce point.

1.2. La fertilisation océanique : une controverse en toile de fond dont les sursauts se font à l'occasion d'une sortie de son cadre « scientifique »

Si la controverse sur le stockage océanique semble être stabilisée, cela ne signifie pas pour autant que le stockage de carbone dans les océans n'est plus débattu. Le débat mute, mais ne disparaît pas : d'un côté le débat sur le stockage océanique change de trajectoire pour se focaliser sur le stockage géologique, de l'autre la controverse sur le stockage de carbone dans l'océan se concentre dès lors sur la technique de fertilisation. On assiste, en quelque sorte, à une controverse qui se dédouble. En s'intéressant de près à l'option de la fertilisation de l'océan, il est possible de voir que cette technique n'émerge pas soudainement dans les débats. Même si la période 1998-2006 se concentre surtout sur le stockage océanique, la fertilisation fait tout de même l'objet d'une attention médiatique qui bien que moindre, n'est pas inexistante. En effet, cette première période est le théâtre de nombreuses expériences de fertilisation de l'océan : pas moins de douze expériences ont été recensées entre 1993 et 2005 (ARP REAGIR, 2014). Dans la presse, celles-ci sont peu relayées même si les scientifiques (pour l'essentiel des biologistes marins, des océanologues etc...) posent déjà les enjeux qui seront ceux de la fertilisation tout au long des débats : s'il s'agit d'un procédé théoriquement valide, au sens où le fer joue naturellement un rôle dans le renforcement du mécanisme de séquestration de carbone par le plancton, les expériences menées à ce jour ne permettent pas d'observer une efficacité significative du procédé artificiel. D'autre part, trop d'incertitudes demeurent sur les effets indésirables de cette technique sur l'environnement marin (fragilisation des organismes marins, acidification de l'océan, etc...). Pour autant, les expériences menées ne semblent pas faire l'objet de contestations particulières. En effet, les initiateurs de ces expériences sont les mêmes scientifiques qui pointent les limites de la fertilisation. Les expériences sont menées dans une perspective purement scientifique et ne semblent pas avoir vocation à aboutir sur la mise au point d'une technique particulière. Pour l'essentiel, la controverse reste donc relativement silencieuse, ne débordant pas la sphère scientifique.

Ainsi, même si la fertilisation est déjà évoquée lors de la période 1998-2006, ce n'est qu'en 2007 qu'elle fait pour la première fois l'objet d'une vive attention dans la presse lorsqu'une énième expérience est envisagée. Si cette fois, cela provoque un sursaut dans la controverse, c'est en raison de la nature de l'expérience projetée qui se distingue des expériences menées jusqu'à présent : il ne s'agit pas d'une expérience scientifique mais d'une initiative privée dont l'objectif est économique. Le porteur de cette opération est la compagnie américaine Planktos, qui projette de déverser une quantité importante de fer à proximité des Îles Galápagos. Les justifications de la compagnie

s'illustrent dans l'idée de « *Sauver le monde tout en faisant un peu d'argent* » (Libération, 2008). Il s'agit en effet pour Planktos de s'ouvrir à la perspective d'une entrée sur le marché carbone tout en contribuant à lutter contre le changement climatique. Plusieurs types d'acteurs s'élèvent alors pour dénoncer ce projet. Les scientifiques dénoncent l'échelle de l'opération qui dépasse largement celle des expériences qu'ils mènent habituellement : la société Planktos projette un déversement sur une superficie très large, de l'ordre de 10 000 km^2, alors que les expériences scientifiques menées jusqu'à présent n'ont jamais dépassé 220 km^2 environ. Le risque d'effets potentiels sur l'environnement marin serait alors extrêmement important. Ce même risque est souligné par certaines organisations environnementales qui entrent alors dans le débat. L'incursion d'acteurs économiques dans la controverse la déstabilise fortement.

Si jusqu'ici, la fertilisation n'avait jamais réellement provoqué de véritable réaction de la part de la communauté internationale, la possibilité d'opérations menées dans un but commercial conduit dans la foulée à la mise en place d'un moratoire en vue de freiner les expériences de fertilisation océanique. Ce moratoire est peu évoqué dans la presse lors de son adoption en 2008. Pourtant, il joue un rôle décisif dans la trajectoire que va suivre la controverse sur la fertilisation. En effet, ce moratoire interdit toute expérience menée sur une base commerciale, champ dans lequel entre le projet de la compagnie Planktos. Dès lors, cette société est contrainte d'abandonner son projet. L'impact du moratoire ne se limite pas seulement aux opérations ayant un caractère marchand puisque l'année suivante, une expérience menée par une équipe de chercheurs allemands et indiens (l'expérience LOHAFEX) fait l'objet d'une vive contestation. Pourtant, l'expérience est de nature scientifique et s'inscrit dans un vaste programme de recherche qui n'a rien de nouveau. Les scientifiques porteurs de ce programme justifient ainsi cette expérience par sa nature scientifique face à des opposants de différents ordres. D'une part, des organisations environnementales telles que Greenpeace ou l'ETC Group réitèrent des arguments d'ordre environnemental : l'ajout de fer dans l'océan est très risqué pour l'environnement marin. À ces justifications d'ordre environnemental s'ajoutent des justifications d'ordre moral : déverser du fer dans l'océan en vue d'augmenter son potentiel de séquestration de carbone pour réduire les émissions de CO_2 de l'atmosphère ne serait qu'une fausse solution qui ne remet pas en cause la source du problème. D'autre part, un nouveau type d'acteur entre en scène pour questionner la légitimité de l'expérience. Il s'agit du gouvernement allemand, qui, suite à l'alerte des organisations environnementales, suspend le programme de recherche avant de revenir sur sa décision. En effet, si l'expérience est contestée, elle n'entre toutefois pas dans la cadre du moratoire qui formule

seulement l'interdiction des projets à caractère commercial. Si l'expérience peut finalement être menée, elle se solde par une efficacité modeste : la fertilisation a bien conduit à une séquestration de carbone, mais dont la quantité fut très faible. Pour les scientifiques à l'origine de l'expérience, il ne s'agit pas pour autant d'un échec, puisqu'elle a permis de récolter de nouvelles données.

La fin du « sursaut » de la controverse provoqué par l'entrée en scène d'acteurs économiques s'illustre en 2012 lors d'une nouvelle opération commerciale dont le porteur est le même qu'en 2007, mais sous le nom d'une nouvelle société. Cette fois, l'opération est bien menée, au large de la Colombie-Britannique et dépasse donc le stade du simple projet. La compagnie fait appel aux mêmes arguments qu'il y a cinq ans (récolter de l'argent grâce aux crédits carbone tout en luttant contre le changement climatique) mais une autre justification est encore apportée : l'opération de fertilisation avait un objectif économique plus local, puisqu'elle visait à augmenter la population de saumons présente dans cette zone du Pacifique Nord et ainsi permettre aux populations locales de vivre de leurs activités liées à la pêche. Face à cette opération, toujours les mêmes acteurs entrent en jeu : les organisations environnementales et les scientifiques la contestent vivement. De même, le gouvernement canadien s'y oppose. L'argument principalement invoqué cette fois est commun à ces trois acteurs, qui dénoncent l'illégalité de l'opération. En effet, n'ayant pas de quelconque but scientifique, elle rentre dans le champ du moratoire sur la fertilisation.

La force de l'argument légal conduit alors à clore un chapitre de la controverse : désormais, les expériences de fertilisation océanique s'essoufflent et si la technique reste débattue, la controverse semble reprendre sa forme initiale, c'est-à-dire qu'elle se limite de nouveau à la sphère scientifique. Toutefois, le cadre dans lequel la technique s'insère a quelque peu changé depuis l'émergence du thème de la « géo-ingénierie », auquel la fertilisation est désormais systématiquement rattachée. Cela conduit à « faire vivre » la fertilisation dans les débats scientifiques, mais les justifications de fond n'ont pas changé : le risque d'effets secondaires de la technique sur l'ensemble de l'écosystème marin reste un argument de poids pour limiter toute entrée brutale de la controverse dans un autre champ que celui de la science.

Si la description ici proposée de la controverse autour du stockage de carbone dans les océans ne prétend pas englober l'ensemble des dimensions inhérentes à cette filière, elle permet cependant de dégager les points saillants d'une filière qui a profondément été marqué par la mise au point de « techniques » visant à renforcer le mécanisme naturel de l'océan. Cette description permet aussi de voir l'évolution distincte de deux techniques dont la trajectoire a été très différente. Par exemple, le

stockage océanique a rapidement émergé pour finalement être disqualifié de manière durable. À l'inverse, la fertilisation a toujours été présente en toile de fond, puis a connu des sursauts, sans jamais réussir à imposer sa légitimité.

2. Les sols : de l'absence à l'émergence soudaine dans les débats

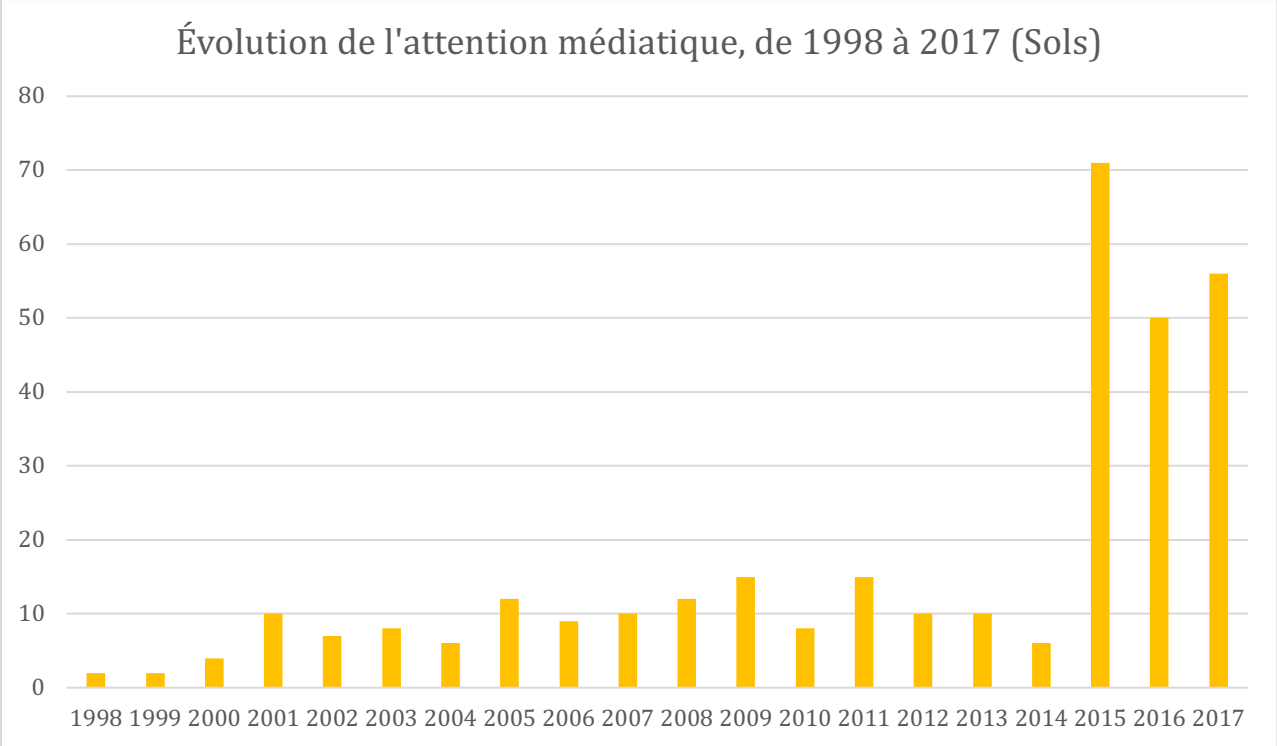

Figure 3 - Évolution de l'attention médiatique de 1997 à 2017 (Sols)

La présence médiatique du stockage de carbone dans les sols est très différente des deux autres filières étudiées (Figure 3). Durant la quasi-totalité de la période, les sols semblent ainsi briller par leur absence dans les débats. Cette physionomie particulière d'une filière qui semble n'être qu'à un stade d'émergence nous conduit à distinguer deux moments : un premier, de 1998 à 2014, concerne une longue période silencieuse où les sols font l'objet d'une très faible attention dans la presse. Une seconde période, déterminante, est marquée par une montée en puissance presque soudaine d'une thématique jusqu'ici oubliée, à partir de 2015. La première période identifiée ne donnant que peu d'informations sur le stockage de carbone dans les sols, l'analyse se concentrera surtout sur la seconde période, qui marque l'émergence des sols comme solution possible pour réduire des émissions de CO_2 de l'atmosphère.

2.1. L'absence d'une existence propre de la thématique des sols (1998 – 2014)

L'analyse de presse permet de voir que la thématique des sols, sans être totalement absente des débats avant 2015, reste très peu évoquée dans la presse. Les articles conservés, s'ils abordent cette thématique, ne le font que très brièvement, souvent de manière floue. Afin d'essayer de comprendre comment le stockage de carbone va ensuite faire soudainement l'objet d'une attention particulière dès l'année 2015, il convient de s'attarder tout de même quelque peu sur cette période silencieuse, ce qui permettra peut-être de saisir déjà quelques logiques propres à cette filière. Avant même de rentrer dans le détail cette période, un premier aperçu comparatif permet de voir que quelques moments d'attention correspondent à des moments forts de la controverse autour du stockage de carbone dans les forêts (Figure 4). Identifier ces points de convergence est essentiel pour mieux comprendre l'histoire propre au stockage de carbone dans les sols. Ainsi, la faible émergence de la thématique des sols quant au stockage de CO_2 trouve une première explication dans le fait que les sols semblent dans un premier temps et pendant une longue période, « happés » voire occultés par les controverses sur les forêts.

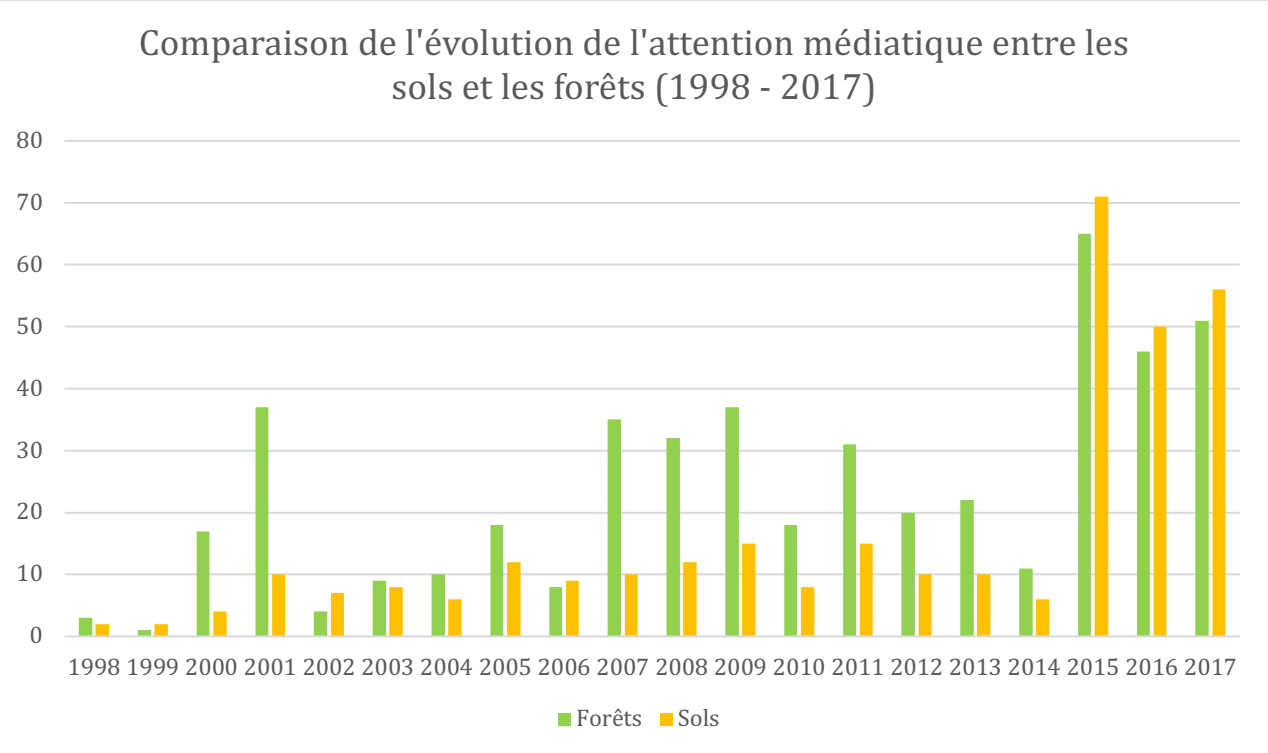

Figure 4 - Comparaison de l'évolution de l'attention médiatique entre les sols et les forêts (1998 – 2017)

Un premier moment qu'il semble nécessaire d'évoquer se dessine au début des années 2000, plus particulièrement en 2001, année marquant un moment phare de la controverse sur les « puits de carbone » dans le cadre de la mise en place du Protocole de Kyoto. Si cette controverse concerne principalement (même quasi-exclusivement) les forêts et ne sera donc pas développée ici en détail, il convient d'en dégager les grandes lignes pour comprendre en quoi la thématique des sols peut être concernée, en marge, par ce moment. Le Protocole de Kyoto, adopté en 1997, induit l'idée d'une prise en compte des « puits de carbone » en vue de réduire les émissions de CO_2 de l'atmosphère. Ces « puits de carbone » réfèrent essentiellement aux forêts, même si les sols sont aussi évoqués en marge, en lien avec les forêts. Il est intéressant de noter que la relation entre les sols et les forêts est symptomatique de la manière générale dont peuvent être traitées ces thématiques, par exemple par le GIEC, qui dans ces premiers rapports depuis 1991 évoque souvent ces deux écosystèmes de concert : à cet égard, un rapport spécial fut publié sur « *L'utilisation des terres, les changements d'affectations des terres et la foresterie* » en 2000. Ainsi, dans la presse, cette relation est relayée, avec des articles ayant pour sujet principal le stockage de carbone dans les forêts, mais qui ne citent la thématique du sol qu'en marge, en lien avec les forêts. La manière dont sont présentées les choses donne l'impression d'un traitement des sols *via* la forêt, comme si ceux-ci n'avaient pas réellement d'existence propre. Il est vrai que du point de vue de leurs mécanismes naturels, ces deux écosystèmes sont étroitement liés puisque le stockage de carbone dans les sols peut se faire en partie grâce à la végétation qui le recouvre. Pourtant, cela n'empêchera pas par la suite aux sols d'émerger de manière autonome, en 2015. Si lors de cette longue période, les sols sont quasiment absents des débats, cela ne signifie pas pour autant qu'ils ne font pas l'objet d'études et que le stockage dans les sols en lui-même n'est pas étudié. Leur absence des débats semble davantage être représentative d'une incapacité des sols à trouver un cadre dans lequel faire émerger cette thématique.

2.2. Une émergence soudaine du stockage de carbone dans les sols (2015 – 2017)

Après de longues années d'une présence silencieuse des sols dans le débat, au mieux relayés par l'intermédiaire de leur relation avec les forêts, les sols font soudainement l'objet d'une attention particulière en 2015, cette fois de manière tout à fait autonome. Cette émergence se fait dans un cadre particulier, celui de la naissance de l'initiative française « 4 pour 1000 » lancée par le Ministère de l'agriculture alors en fonction, Stéphane Le Foll. Elle est symptomatique d'une mise en avant des sols par l'intermédiaire de la thématique de l'agriculture. En effet, le cœur même de

l'initiative est l'activité agricole, présentée comme pouvant à la fois assurer la sécurité alimentaire et participer à la lutte contre le changement climatique. Afin de répondre à ces deux enjeux, les sols, et en particulier les sols agricoles, sont au centre des actions à mettre en œuvre.

S'intéresser en détail à l'initiative et à la manière dont les porteurs la justifient permet de voir qu'elle signifie bien plus qu'une simple volonté d'élever les sols comme solution de réduction des émissions de CO_2. Si l'intitulé même de l'initiative, « 4 pour 1000 » fait directement référence à la quantité de carbone que les sols pourraient absorber, l'analyse de presse permet de voir que ce que défendent les porteurs de l'initiative n'est pas tant l'énoncé selon lequel « les sols peuvent réduire les émissions de CO_2 et ainsi contribuer à lutter contre le changement climatique » mais plutôt l'énoncé selon lequel « par les sols, l'agriculture peut contribuer à réduire les émissions de CO_2 et ainsi contribuer à lutter contre le changement climatique ». Ces deux énoncés ne disent pas la même chose, l'un se focalisant sur les sols en eux-mêmes, l'autre sur l'agriculture, activité au sein de laquelle les sols ont en effet un rôle. L'agriculture est donc le cadre institué dans lequel se déploie « 4 pour 1000 », ce qui s'observe par la nature même du porteur de l'initiative, qui n'est autre que le Ministre de « l'agriculture ». Cet acteur est d'ailleurs très présent dans la presse et l'initiative est systématiquement rattachée à son nom. Les arguments qu'il mobilise principalement reflètent tout à fait le cadre posé et l'association faite entre l'agriculture et les sols. En effet, il s'agit de dire que l'agriculture peut contribuer positivement au climat en compensant les émissions de CO_2 émises par l'homme, par l'intermédiaire d'une meilleure gestion des sols. Derrière cet argument dominant, deux autres sont également mis en avant : d'un côté, celui des doubles bénéfices engendrés par l'amélioration du stockage de carbone dans les sols (meilleurs rendements, sécurité alimentaire) et de l'autre, la possibilité de faire émerger un nouveau modèle agricole aux pratiques plus vertueuses (agroécologie). L'ensemble de ces arguments sont relayés par d'autres acteurs du monde de la recherche agricole tels que l'INRA ou le CIRAD. Il est alors intéressant de voir comment ces arguments s'insèrent dans un changement de récit autour de l'agriculture. Comme expliqué précédemment, ces arguments ne tendent pas tant à défendre le stockage du carbone dans les sols en lui-même qu'à défendre l'activité agricole de manière plus large. Ainsi, les arguments mobilisés par les acteurs de l'initiative s'insèrent dans un récit plus large, où l'agriculture a souvent été pointée du doigt en raison de la responsabilité des modèles jusqu'ici dominants dans l'augmentation des émissions de GES dans l'atmosphère. Or, l'agriculture est aujourd'hui également victime du changement climatique. En mettant en avant la manière dont elle peut accroître le stockage de carbone dans les sols au moyen de nouvelles pratiques, l'activité agricole

devient alors aussi une solution face au changement climatique. Autour de ce triptyque d'une agriculture « responsable / victime / solution » du changement climatique s'opère ainsi un changement de récit où l'idée est de donner une nouvelle image à l'agriculture dont les modèles jusqu'à présent dominants étaient décriés.

En s'intéressant aux différents arguments mobilisés par les porteurs de l'initiative « 4 pour 1000 », il est intéressant de voir que ceux-ci s'insèrent dans différents régimes argumentatifs permettant de convaincre un plus grand nombre de personnes du bien-fondé du rôle de l'agriculture face au changement climatique. Il est possible de voir dans cet appel à de multiples régimes argumentatifs une manière, pour les porteurs de l'initiative, de parler à différents destinataires potentiels (au sens où ils ne sont pas nécessairement cités de manière explicite) qu'il faudrait convaincre. Par exemple, l'argument climatique formulé au sein du binôme agriculture/climat permet de s'insérer dans la cité « verte » où le critère de référence est l'impact environnemental d'une action : ici, l'impact sera positif, au sens où l'agriculture permettra de réduire les émissions de CO_2 de l'atmosphère par le stockage de carbone dans les sols. Un autre argument mobilisé, celui d'assurer la sécurité alimentaire s'insère davantage dans la cité « industrielle » où la productivité est le critère de référence : ici, la productivité sera assurée, au sens où de meilleures pratiques agricoles visant à une meilleure absorption du carbone par les sols favorisera par là même de meilleurs rendements.

La capacité des acteurs porteurs de l'initiative à mobiliser différents régimes argumentatifs explique peut-être le peu d'opposition suscitée à ce jour par l'initiative, ou du moins cette opposition semble peu relayée par la presse. Sans vraiment s'opposer à l'initiative, certains acteurs mettent tout de même en garde contre certaines limites qu'elle pourrait présenter. Par exemple, certaines organisations environnementales étant plutôt favorable à l'initiative en elle-même, pointent un manque de clarté dans la définition des pratiques agricoles jugées « vertueuses ». Cela pourrait selon elles conduire à ce que des modèles agricoles classiques, au fort impact environnemental, s'insèrent dans l'initiative. L'exemple du glyphosate est alors parfois mobilisé, son usage étant par exemple associé à l'agriculture de conservation, pratique incluse dans l'initiative. Ainsi, le risque serait qu'en se focalisant sur le stockage de carbone, n'importe quelle pratique agricole, en dépit de ses effets néfastes sur l'environnement, puisse justifier son existence par l'initiative « 4 pour 1000 » à partir du moment où elle permet effectivement d'accroitre le carbone dans les sols.

La trajectoire suivie par la thématique du stockage de carbone dans les sols est ainsi double. Premièrement, elle a été marquée par l'inexistence d'une réelle présence autonome dans les débats. Cela peut s'expliquer par l'absence de cadre institué autour de cette thématique, cadre qui se forge avec l'initiative « 4 pour 1000 », d'où une attention soudaine portée sur les sols dans la presse (l'initiative est en effet hautement relayée). L'émergence soudaine du stockage de carbone dans les sols n'est donc pas due au hasard mais à un contexte marqué par la volonté de certains acteurs de « redorer » l'image de l'agriculture, à travers la mise en avant des sols agricoles.

3. Les forêts : une attention médiatique forte et des trajectoires complexes

À l'inverse des océans ou des sols, qui s'intègrent au cœur de techniques (stockage océanique, fertilisation) ou de politiques (« 4 pour 1000 ») spécifiques, il est difficile d'identifier de véritables thématiques propres aux controverses sur le stockage de carbone dans les forêts. Avec cette filière, on assiste à des controverses très complexes où une multiplicité de sujets, d'acteurs et d'arguments s'entremêlent sur l'ensemble de la période, ce qui rend difficile l'identification de périodes bien arrêtées. Toutefois, il semble que trois grands « moments » de la controverse peuvent être identifiés, s'illustrant dans des pics d'attention médiatique. Ces pics d'attention sont très liés à des moments forts des négociations climatiques : les années suivant le Protocole de Kyoto (1998 – 2005) les années Copenhague (2006 – 2014) puis les années COP 21 (2015 – 2017).

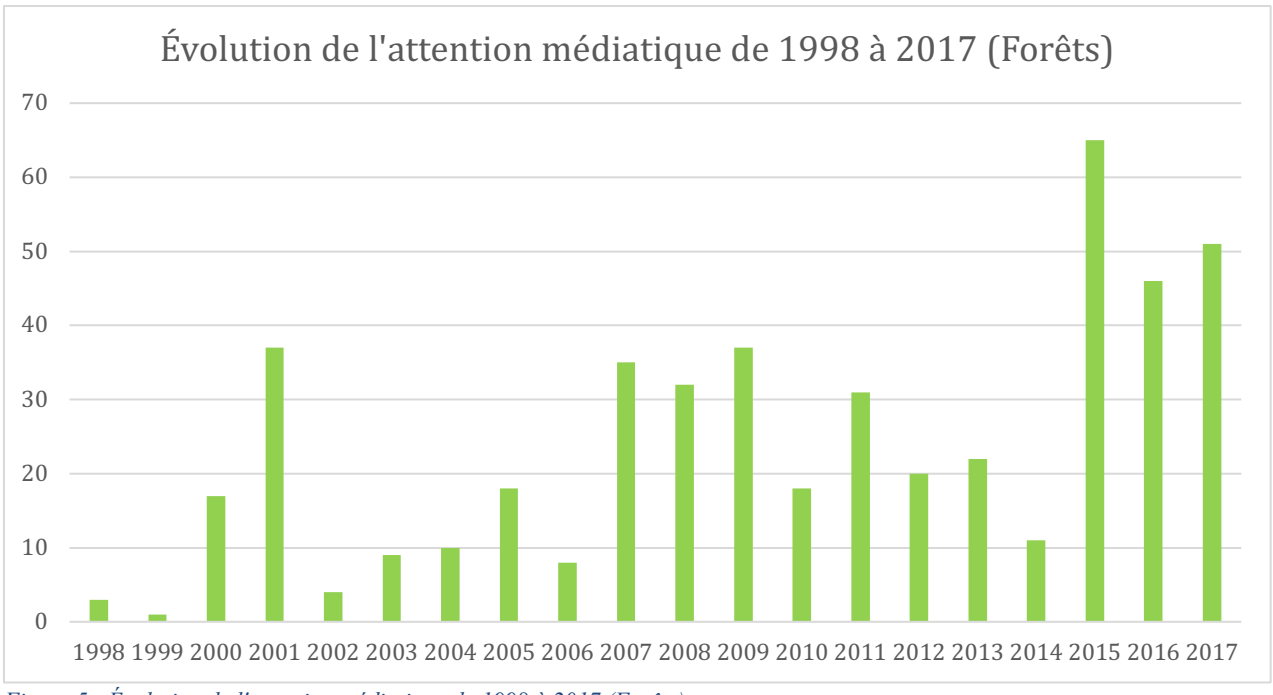

Figure 5 - Évolution de l'attention médiatique de 1998 à 2017 (Forêts)

3.1. 1998 – 2004 : une période marquée par la controverse des « puits de carbone »

L'émergence de la thématique du stockage de carbone dans les forêts est extrêmement liée au Protocole de Kyoto à travers les différentes COP successives qui vont rythmer l'évolution des négociations. En effet, le Protocole de Kyoto introduit l'idée de la forêt comme « puits de carbone » et prévoit ainsi que le stockage de carbone dans les forêts peut faire l'objet d'une prise en compte pour le calcul de réduction des émissions mondiales de CO_2.

Si la controverse est introduite par la signature du Protocole à la fin des années 1990, c'est surtout les années 2000-2001 qui marquent son point culminant, lors des COP de la Haye (2000) et de Marrakech (2001). En effet, il s'agit lors de ces phases de négociations de discuter les modalités de la prise en compte du rôle de la forêt dans les objectifs nationaux de réduction des émissions de CO_2. Dans cette arène internationale que constituent les négociations climatiques, plusieurs acteurs entrent en jeu. D'un côté, une coalition de plusieurs puissances est formée par les États-Unis, le Canada, le Japon, l'Australie et la Russie, sous le nom de « l'Umbrella group ». Cette coalition d'acteurs (portée principalement par les États-Unis) souhaite une large prise en compte du potentiel de stockage de carbone dans les forêts en vue de réduire leurs émissions de CO_2, et cela immédiatement.

Face à eux se dresse l'Europe des « Quinze » qui rejette l'inclusion immédiate des forêts comme puits de carbone dans le calcul de réduction des émissions de CO_2. Leurs arguments sont d'ordre scientifique : si les forêts stockent effectivement du carbone, trop d'incertitudes demeurent sur le processus et la durée de ce stockage. Cet argument est étayé par les scientifiques eux-mêmes qui publient dès le début des années 2000 plusieurs études venant renforcer ces incertitudes. Le potentiel de séquestration du carbone par les forêts à ce jour établi aurait été surestimé. Pire encore, certains scientifiques mettent en garde contre l'effet pervers que peut induire le stockage de carbone dans les forêts : il existerait un risque non négligeable que ce « puits » de carbone se transforme en « source » de carbone à l'avenir.

Enfin, un troisième groupe d'acteurs est incarné par des organisation environnementales qui s'élèvent également contre la prise en compte de ces puits de carbone. La logique de justification qu'elles mobilisent est la suivante : elles reprochent surtout à l'Umbrella Group de vouloir fuir leurs responsabilités en mettant les puits de carbone sur le devant de la scène pour ne pas avoir à réduire leur part d'émissions de CO_2 issue des combustibles fossiles. Elles mobilisent ainsi ce qui s'apparente à un impératif catégorique, au sens où aucune condition ne saurait être admise face à la

lutte contre le changement climatique qui s'impose. Celle-ci est inconditionnelle et il n'est pas envisageable de chercher à s'appuyer sur le potentiel des forêts comme échappatoire pour continuer à polluer. Ce type de justification apportée par les organisations environnementales ne relève en rien du hasard ; la coalition d'acteurs incriminée (l'Umbrella Group) ne se compose pas de n'importe quel pays, mais de ceux qui émettent alors le plus d'émissions de gaz à effet de serre. Les justifications des organisations environnementales sont aussi d'ordre environnemental : en comptant sur les forêts pour absorber nos émissions de CO_2, le risque serait de fragiliser ces écosystèmes.

L'année suivante, la COP de Marrakech ne vient non pas clore la controverse mais conduit les négociations à aboutir sur un compromis. Bien qu'insatisfaisant pour certains, il permet aux négociations d'avancer et de marquer l'adoption du Protocole de Kyoto. Entre-temps, l'Umbrella Group a vu son leader états-unien déserter les négociations en balayant d'un revers de la main toute éventualité de ratifier le Protocole. Pour autant, le reste de la coalition demeure présente dans le débat et tente d'imposer certains termes de l'accord au sujet de la prise en compte des puits de carbone forestiers. L'enjeu est alors de faire en sorte que l'adhésion aux mécanismes induits par le Protocole soit soumise à l'adhésion au système de contrôle des engagements, ce qui signifierait concrètement que les pays souhaitant que leurs puits de carbone soient comptabilisés dans le calcul de réduction des émissions de CO_2 devraient se soumettre à certaines normes. Cette proposition est défendue par L'Europe mais contestée par l'Umbrella Group qui refuse qu'il y ait de quelconques restrictions quant à l'usage des mécanismes. Finalement, un compromis est trouvé sur cette question des restrictions : elles ont été assouplies tout en empêchant aux États signataires du Protocole de faire valoir leurs crédits carbones d'une année sur l'autre. Un autre point des désaccords entre les coalitions formées par l'Umbrella Group et l'Europe s'illustre dans les revendications de la Russie : celle-ci exige que son forfait « puits de carbone » qu'elle peut prendre en compte dans son inventaire soit doublé. L'Europe rejette cette revendication mais concède finalement à la Russie le doublement de son forfait.

Si l'avancée des négociations passe par une victoire de la Russie, l'Europe s'estime globalement satisfaite du compromis qui a pu être trouvé et minimise l'ampleur des concessions faites à la Russie. La controverse semble ainsi stabilisée, sans pour autant être clôturée : les protagonistes étant sur le devant de la scène (l'Umbrella Group, l'Europe) dans les négociations sont certes satisfaites mais les organisations environnementales, elles, réitèrent leurs arguments déjà

défendus lors de la Conférence de la Haye, ceux-ci portant sur l'idée qu'une prise en compte conséquente des puits de carbone revient à éviter de devoir faire face à de véritables efforts de réduction des émissions de CO_2. Elles déplorent ainsi la concession faite en faveur de la Russie sur la question des puits de carbone et qualifient l'accord de « maigre résultat », par rapport à l'ampleur du combat qui a été mené. Face à l'impératif du changement climatique, elles jugent ainsi l'accord insuffisant sur de nombreux points. En dépit de ces insuffisances, elles s'accordent tout de même sur la légitimité même du Protocole dont les outils permettent de faire coopérer les différents États impliqués.

Ainsi, même si des oppositions se dressent face à la reconnaissance des forêts comme puits de carbone et que les scientifiques alertent sur les incertitudes inhérentes aux mécanismes des forêts, l'approche induite par le Protocole de Kyoto est finalement celle qui s'impose. Les grands gagnants de ce moment ne semblent donc pas être les porteurs des négociations sur le climat (l'Europe) mais ceux qui s'en sont écartés ou qui avaient tout intérêt à voir le stockage de carbone dans les forêts entrer en compte dans la comptabilisation carbone (l'Umbrella Group).

3.2. 2005 – 2014 : la consécration de « l'entrée sur le marché » de la forêt

En 2005, la COP de Montréal marque l'entrée en vigueur du Protocole de Kyoto. La controverse ne porte plus sur la prise en compte même de la forêt comme puits de carbone pouvant contribuer à la réduction des émissions de CO_2 : cela est désormais entériné avec l'entrée en vigueur du Protocole et la question est maintenant de savoir par quel(s) mécanisme(s) cette prise en compte va se faire. La période qui s'ouvre au lendemain de la COP de Montréal va être marquée par l'inclusion successive et constante, dans les négociations internationales, de nouvelles problématiques liées au stockage de carbone dans les forêts. Si la complexité liée à cette période rend difficile d'appréhender l'ensemble des enjeux, il est tout de même possible d'en dégager certains éléments saillants. L'unique caractéristique « stable » de cette période est le cadre institué par le Protocole de Kyoto, qui consacre l'inscription de la forêt dans des mécanismes de marchés tels que le Mécanisme de Développement Propre (MDP) qui permet aux pays industrialisés d'obtenir des crédits carbone en échange du financement de projets de réduction des émissions de CO_2 dans des pays du Sud.

À l'image de l'ensemble de la période étudiée, une première dimension se caractérise par la poursuite des négociations internationales sur le climat, qui continuent à servir de cadre à la définition des moyens à mettre en œuvre au sujet du stockage de carbone dans les forêts. Au fil des

années et des COP successives, différents thèmes vont émerger plus ou moins durablement dans les négociations et ainsi faire entrer d'autres acteurs en scène. À l'occasion de la COP de Montréal (2005), c'est le sujet de la déforestation qui va commencer à être discuté au sein des négociations. Ce sujet est introduit sous l'impulsion des pays en développement (PED) et marque ainsi leur entrée sur la scène climatique internationale. Il est intéressant de voir en quoi l'introduction de la déforestation dans les discussions permet à ces pays de prendre part à un processus qui jusqu'ici, leur avait consacré peu de place. De manière plus précise, la mise en avant de la prévention de la déforestation comme moyen de réduire les émissions mondiales de CO_2 se fait sous l'impulsion de la Papouasie Nouvelle-Guinée qui souhaite que les PED puissent prendre part au marché carbone en étant rétribués pour limiter la déforestation sur leur territoire. En plus de permettre l'inclusion de nouveaux acteurs dans les débats, l'émergence de l'enjeu de la déforestation au sein des négociations redessine les contours du rôle de la forêt dans la réduction des émissions de CO_2. En effet, la prise en compte des forêts comme puits de carbone s'était limitée aux seuls pays industrialisés qui pouvaient alors inclure ces puits de carbone dans leurs inventaires, notamment lorsqu'ils étaient issus de d'opérations de reboisement ou de reforestation (sur leur territoire national comme sur celui d'un PED). Toutefois, il n'avait pas été convenu dans les accords de prendre en compte tout projet visant à limiter la déforestation dans les pays du Sud comme contribution à la réduction des émissions de CO_2. Or, une part importante des émissions mondiales de CO_2 étant issue de la déforestation, ce sujet va désormais gagner en visibilité au fur et à mesure des différentes COP, étant redéfini comme moyen de réduire ces émissions de CO_2 et donc de lutter contre le changement climatique dans le cadre d'une action de long terme. La contribution de la déforestation va notamment être appuyée par la présence dans le débat de certaines organisations internationales comme la FAO, qui voit en une telle prise en compte de la déforestation un bon moyen de l'éviter. De cette inclusion de la déforestation dans les objectifs de réduction des émissions de CO_2 va découler l'inclusion progressive de nouveaux mécanismes financiers dont les modalités feront l'objet des négociations au fil des différentes COP suivantes. C'est par exemple le cas des mécanismes de « déforestation évitée » ou des REDD, qui s'imposent comme instrument par excellence. Si la mise en place de tels instruments ne semble pas vraiment susciter d'hostilités sur sa légitimité même, ce sont les modalités de sa mise en œuvre qui sont discutées, certains acteurs comme les organisations environnementales insistant sur la nécessaire transparence du mécanisme dont l'argent récolté doit être garanti aux communautés concernées. Plus globalement, au-delà du thème de la déforestation, d'autres sujets vont être liés au stockage de carbone dans les forêts et

ainsi être discutés dans les négociations internationales sur le climat. C'est par exemple le cas de la question des produits-bois qui est intégrée dans les débats à Copenhague (2009).

L'analyse de presse permet de voir que le cadre institué à l'échelle internationale des négociations sur le climat se décline localement et de différentes manières. Une première déclinaison locale de ce cadrage s'observe dans une multiplication des projets de compensation carbone, notamment portés par des acteurs privés (entreprises...) qui voient en ces projets un bon moyen d'assurer leur activité dans une perspective de réduction des émissions de CO_2. Ces projets consistent en la plantation d'arbres dans un autre lieu en vue de compenser les sources de CO_2 émises. Si la question de la compensation carbone ne fait pas l'unanimité, elle ne fait pas non plus l'objet de vives contestations en soi. Ponctuellement, des articles remettent en cause la nouvelle « mode » de la plantation d'arbres en questionnant la pertinence même de ce type d'opérations pour des motifs divers. Par exemple, ce type d'opérations est qualifié de fausse solution par des organisations environnementales, qui alertent également sur les risques engendrés sur la biodiversité par la plantation d'arbres en monoculture : cette solution pourrait ainsi faire émerger d'autres problèmes. Le cadre définit à l'échelle internationale permet également à de nouveaux acteurs d'intégrer la question du stockage de carbone dans les forêts, ceux de la filière bois en général. À l'échelle locale, des manifestations se tiennent, réunissant ce type d'acteurs autour de la manière dont leurs activités forestières peuvent contribuer à la réduction des émissions de CO_2 dans l'atmosphère.

En toile de fond de ces débats où de nombreux acteurs entrent en scène, les scientifiques continuent de s'intéresser au rôle des forêts dans le stockage de carbone en mettant notamment toujours en évidence le fait qu'il ne faut pas considérer la forêt comme un « remède miracle » qui permettrait de réduire les émissions mondiales de CO_2 dans l'atmosphère de manière notable. Cependant, de nombreuses études relayées par la presse montrent que la question du stockage de carbone par les forêts ne fait pas consensus au sein de la communauté scientifique, tant il s'agit d'un mécanisme complexe. Ainsi, dans un premier temps, les scientifiques estimaient que seules les forêts jeunes jouaient un rôle de puits de carbone lors de leur croissance, ce qui faisait de ce rôle un rôle temporaire. Toutefois, par la suite, ces estimations sont invalidées par de nouvelles études mettant en avant le potentiel des forêts anciennes : celles-ci accumuleraient finalement de grandes quantités de carbone au fil des siècles. Au-delà de cette opposition entre forêts jeunes et anciennes, d'autres scientifiques alertent aussi sur l'impact opposé des forêts tropicales et des forêts boréales. Si les premières jouent un rôle non négligeable sur l'atténuation du réchauffement climatique, les

secondes auraient au contraire un effet potentiellement néfaste sur la régulation de carbone. De manière générale, l'impuissance des scientifiques à se positionner clairement quant au potentiel réel de la forêt dans la régulation du carbone atmosphérique se traduit par la faible influence qu'ils semblent avoir dans les négociations internationales : leurs incertitudes constantes ne semblent en aucun cas avoir contraint l'entrée sur le « marché » de la forêt.

PARTIE 3 : QUELLES RÉFLEXIONS COMMUNES À L'ENSEMBLE DES FILIÈRES DE STOCKAGE DE CARBONE ?

Si chaque filière de stockage de carbone connaît une trajectoire marquée par des moments propres à chacune d'elles, il est possible de faire émerger des réflexions communes sur l'ensemble de ces filières. Après une phase de « déconstruction » des controverses inhérentes à chaque filière, il convient désormais de faire voir ce qui émerge de cette déconstruction. Ainsi, que nous permettent-elles de penser au-delà des processus conflictuels en eux-mêmes ? Quelles réflexions permettent-elles de dégager ?

1. Les controverses sur le stockage de carbone ou l'illustration de processus d'appropriation spécifiques

En prenant un certain recul sur l'analyse menée par filière de stockage de carbone en seconde partie, il est possible de distinguer différentes manières dont ont été formulés les cadres dans lesquels ces filières s'inscrivent. Les océans, les sols et les forêts ont pour point commun de réguler de manière naturelle le carbone atmosphérique, par des mécanismes qui fonctionnent sur un même principe, celui de la photosynthèse. À partir de cet élément commun, il aurait été possible de s'attendre à ce que ces écosystèmes fassent l'objet d'un cadrage plus ou moins commun, avec la présence de mêmes acteurs. Pourtant, certaines filières de stockage de carbone semblent avoir été le symbole d'un cadrage particulier qui a littéralement « happé » l'écosystème mobilisé pour se l'approprier et en forger une définition propre. Ce phénomène s'observe particulièrement pour deux filières de stockage de carbone étudiées : l'océan et la forêt.

1.1. L'océan, au cœur de controverses qui tendent à être circonscrites à la sphère « scientifique » ?

L'analyse menée sur le thème de l'océan a fait émerger plusieurs points fondamentaux. La caractéristique forte qui a pu être révélée est celle d'une controverse « happée » par des scientifiques qui semblent avoir constamment tenté de se la réapproprier. À l'exception de la période marquée par des opérations de fertilisation à caractère marchand, la domination de la sphère scientifique a toujours été forte, voire même exclusive. Cela s'observe particulièrement au sujet de la technique de fertilisation océanique. En effet, celle-ci a toujours fait l'objet de certains débats. Vivement contestée, elle n'a pour autant jamais totalement disparu : jamais elle ne semble avoir été réellement disqualifiée, jamais non plus elle ne semble avoir été légitimée ; pour autant sa présence semble toujours avoir été assurée. Avant l'année 2007 et l'entrée en scène d'acteurs extérieurs à la sphère scientifique, les expériences menées (de nature scientifique) ont été peu contestées. Pourtant, les scientifiques eux-mêmes soulignent déjà les risques inhérents à la technique de fertilisation ainsi que son efficacité discutable. Il est alors intéressant de voir que ces mêmes arguments avaient déjà été mobilisés par certains scientifiques lors de la période précédant la disqualification du stockage océanique. Rappelons-le, il s'agissait essentiellement de spécialistes du fonctionnement des océans (biologistes...), autrement dit du même type d'acteurs que l'on retrouve ensuite dans les débats sur la fertilisation. Cependant, ces mêmes acteurs ont eu des rôles tout à fait différents dans ces deux pans de la controverse : lors des débats sur le stockage océanique, ils se positionnent à l'encontre de cette technique dont ils ne sont pas les initiateurs. On peut alors supposer que la stabilisation de la controverse sur le stockage océanique est facilitée par la présence d'acteurs qui n'ont pas d'intérêt spécifique dans cette technique : ce ne sont pas les biologistes qui mènent des expériences industrielles ; ce type de technique n'entre pas dans leur champ, contrairement à la fertilisation.

Ainsi, lors des débats sur la fertilisation, ils mettent en garde contre cette technique mais pour autant ne disqualifient pas les expériences de nature scientifique, dont ils sont cette fois les initiateurs. La position de ces acteurs semble donc profondément ambigüe : d'un côté, il n'y a jamais de leur part une quelconque « promotion » de la fertilisation comme technique miraculeuse pour lutter contre le changement climatique. D'un autre côté, les mises en gardes formulées à son encontre ne semblent jamais réellement la disqualifier. Finalement, la position des scientifiques à l'égard de cette technique semble ainsi s'illustrer dans une tentative de « confinement » (Lemieux, 2007) de la controverse, dont l'objectif est de parvenir non pas à légitimer la technique de fertilisation en elle-même mais à légitimer les expériences scientifiques de fertilisation. Ainsi,

lorsque les risques inhérents à cette technique sont évoqués, ils sont souvent associés à l'idée que la complexité du fonctionnement des océans est telle qu'il est nécessaire de poursuivre les recherches pour mieux les comprendre. Or, les expériences scientifiques de fertilisation permettent de récolter plus de données pour mieux comprendre ce fonctionnement.

Cette idée d'une légitimation des expériences « scientifiques » de fertilisation s'avère d'autant plus vraie lorsque des projets de fertilisation à caractère économique voient le jour. En effet, les scientifiques mettent alors en avant ce qui différencie leurs expériences de celles des acteurs privés. Il s'agit de l'échelle à laquelle est menée l'expérience, beaucoup plus petite lorsqu'elle est menée par les scientifiques. Ces derniers entament ainsi un processus de distinction dont l'objectif est que les expériences scientifiques de fertilisation et les autres à caractère commercial, ne soient pas confondues. Cette tentative de distinction s'observe aussi lors de la période précédant l'adoption du moratoire sur la fertilisation océanique : les scientifiques mettent en garde contre la menace des projets à vocation commerciale et défendent ainsi le principe du moratoire tout en ne précisant pas que la fertilisation doit être interdite, mais que les projets de fertilisation à caractère commercial doivent être interdits. Le moratoire va dans ce sens, puisque les expériences scientifiques ne sont pas interdites (à condition de respecter certaines conditions).

Ainsi, les débats qui se développent autour du stockage de carbone dans les océans prennent l'allure d'une controverse dont les acteurs semblent avoir tenté, tout au long de son déploiement, de « confiner » à la seule sphère scientifique. Cela est particulièrement le cas pour la technique de la fertilisation, dont l'enjeu a été pour les acteurs dominants, non pas d'en disqualifier toute légitimité mais que soit distinguée sa visée scientifique de sa visée commerciale. Pour cela, la fertilisation ne semble pas avoir fait l'objet de la volonté d'une institution en tant que « technique » de lutte contre le changement climatique à proprement parler mais d'une légitimation de sa limitation à une stricte visée scientifique. Cette distinction a été partiellement réussie, (ou du moins n'a pas toujours été assurée) au sens où les années marquées par l'attention d'acteurs économiques sur cette technique ont conduit la controverse à sortir du cadre dans lequel les scientifiques avaient tenté de la contenir. Il est alors intéressant de constater avec qu'elle force une controverse peut être déstabilisée par l'immersion en son cœur de nouveaux acteurs, même si cette immersion est temporaire. En effet, l'entrée en scène d'acteurs extérieurs à la coalition initialement formée par les scientifiques spécialistes du fonctionnement des océans a de nombreux effets sur la controverse : sa trajectoire est momentanément déviée, engageant alors bien plus d'acteurs qu'avant dans les débats (acteurs

privés, organisations environnementales, gouvernements). Bien que brefs, ces sursauts connus par la controverse la font déborder de son cadre et ouvrent une fenêtre de visibilité sur une technique qui semblait jusqu'ici peu immergée dans le monde social. Cette fenêtre ouverte ne sera pas sans conséquences par la suite car même une fois refermée par le renforcement du cadre légal (avec le moratoire de 2008), la controverse peine quelque peu à épouser de nouveau ses contours initiaux d'une controverse limitée à la seule sphère scientifique (en témoignent les contestations autour de l'expérience scientifique LOHAFEX en 2009). Ainsi, tout au long des débats, le stockage de carbone dans l'océan semble ainsi avoir davantage été cadré comme un élément de recherche scientifique plutôt que comme une quelconque solution de lutte contre le changement climatique.

1.2. La forêt, « solution » par excellence pour lutter contre le changement climatique ?

Si le stockage de carbone dans l'océan se caractérise par une prédominance des acteurs scientifiques qui ont constamment tenté de s'approprier la controverse, il est intéressant de voir que le stockage de carbone dans les forêts a fait l'objet d'un cadrage tout à fait différent, voire même complètement opposé. Un premier élément d'opposition s'illustre dans la place accordée aux scientifiques dans la définition des solutions de stockage de carbone propres aux forêts. S'ils ne sont pas absents du débat, leur voie se laisse toutefois peu entendre. Il y a là un fort contraste entre d'un côté, des scientifiques dont la présence tend à se fondre en une volonté de s'approprier l'océan comme objet d'étude duquel seraient exclus l'ensemble du monde social et de l'autre, des scientifiques qui peinent à imposer leur légitimité dans une controverse où les forêts sont « happées » par les négociations internationales. Là où les scientifiques ont constamment tenté d'écarter toute mainmise extérieure sur les océans, la situation inverse semble s'être produite avec les forêts : les acteurs dominants, évoluant au sein de la communauté internationale, ont laissé peu de place aux scientifiques qui ont pourtant souvent alerté sur les limites de la prise en compte des forêts comme puits de carbone en raison des incertitudes constitutives de leur mécanisme naturel de stockage.

Un second élément d'opposition entre les océans et les forêts réside dans la définition même de l'enjeu : les forêts semblent avoir été élevées au rang de « la » solution permettant de réduire les émissions de CO_2 dans l'atmosphère, alors que les océans ont été mis en « boîte noire » (Smadja) par les scientifiques. D'un côté, les forêts ont fait leur entrée dans les « arènes » climatiques là où d'un autre côté, les océans s'en sont retrouvés écartés. Le fait même de parler de « solution » quant à l'idée de stocker du carbone par des écosystèmes ne va donc pas de soi. À l'image du problème

climatique, il existe un fort degré de construction dans la mise en avant du rôle des forêts pour permettre une réduction des émissions de CO_2 de l'atmosphère et ainsi lutter contre le changement climatique. L'analyse de presse a révélé que dès le départ, les forêts ont été traitées seulement dans le cadre des négociations internationales sur le climat. Le cadrage même du problème climatique semble donc avoir déterminé tout un pan de la trajectoire suivie par cette filière de stockage de carbone par la suite. Comme il a été souligné en introduction, le cadrage du changement climatique se caractérise notamment par une focalisation sur les émissions de gaz à effet de serre, en particulier sur le CO_2. La définition de la forêt comme « puits de carbone » dans le Protocole de Kyoto répond ainsi parfaitement au cadrage initial du changement climatique.

Le rôle de la communauté internationale dans le processus de caractérisation des forêts comme solution pour lutter contre le changement climatique ne s'est pas limité à une simple définition de la forêt comme puits de carbone. En effet, elle a également induit la manière dont ce puits de carbone allait pouvoir contribuer à la réduction des émissions de CO_2. La vive controverse relayée par la presse au début des années 2000, opposant les pays premiers émetteurs de carbone et l'Europe, le montre : le Protocole de Kyoto, dont l'objectif était de définir un calendrier de réduction des émissions de gaz à effet de serre, a conduit à l'élaboration de mécanismes de marchés permettant à des pays industrialisés d'échanger des crédits carbone contre la mise en œuvre de projets de réduction des émissions de CO_2 dans les pays du Sud. Une logique de marché a donc marqué la manière dont les forêts pouvaient participer à la réduction des émissions de CO_2 : la reforestation, l'afforestation, la limitation de la déforestation, etc... ont été autant de solutions de « compensation carbone » s'inscrivant dans ces mécanismes de marché. En plus d'être défini comme « solution » face au changement climatique, le stockage de carbone dans les forêt a donc aussi été défini comme « solution (économique) de marché » pour répondre au problème climatique, permettant de compenser le CO_2 émis.

Une telle définition du stockage de carbone dans les forêts (comme solution économique) n'a pas été sans conséquences dans les débats. Encore une fois, une trajectoire contradictoire par rapport à l'océan se dessine : si dans le cas du stockage de carbone dans les océans, l'incursion d'autres acteurs issus du monde social s'est révélée être très limitée, seulement permise lors de controverses sur les expériences commerciales de fertilisation océanique, la mise sur le marché du potentiel de stockage de carbone des forêts s'est accompagnée de l'entrée en jeu d'une multitude d'acteurs aux échelles locales (entreprises s'insérant dans des projets de compensation carbone, acteurs de la filière-bois faisant la promotion du stockage de carbone dans leurs produits...), tous

ces acteurs ayant la volonté de prendre part à la promotion de la forêt comme solution face au changement climatique tout en assurant la perpétuation de leurs activités. Ce raisonnement rappelle alors celui défendu par l'approche de modernisation écologique : assurer la perpétuation de l'activité économique tout en s'inscrivant dans une perspective de préservation de l'environnement ; autrement dit conjuguer les impératifs économiques et environnementaux. De même l'incursion d'une multitude d'acteurs dans les débats semble être symptomatique de ce mouvement de modernisation écologique, qui tend à impliquer l'ensemble du monde social dans sa démarche.

Le déroulement de la « construction en solution de marché » de la forêt permet ainsi de voir en quoi elle diffère profondément de la logique qui était celle de l'océan. Là où la controverse a été cadrée par les scientifiques de manière à légitimer la fertilisation « scientifique » tout en délégitimant la fertilisation « économique » (pour les océans), la controverse a été cadrée par la communauté internationale de manière à légitimer le stockage de carbone « marchand » dans les forêts tout en prenant faiblement en compte l'expertise scientifique. Autrement dit, là où la science a primé pour l'océan, l'économie semble avoir primé pour la forêt. De fait, on observe deux définitions opposées : d'un côté le stockage de carbone dans les océans comme expérience scientifique, de l'autre le stockage de carbone dans les forêts comme solution économique pour lutter contre le changement climatique.

2. Le stockage de carbone dans l'océan, le sol et la forêt : l'histoire d'une tension entre un potentiel à exploiter et un potentiel à protéger

2.1. Les mécanismes naturels de stockage de carbone : une manière d'accroître la visibilité politique de certains écosystèmes ?

S'il a été possible de voir à quel point les négociations climatiques ont cadré de manière forte les controverses autour du stockage de carbone dans les forêts, cela s'est avéré beaucoup moins vrai pour les océans. Quant aux sols, si l'initiative « 4 pour 1000 » a été lancée au moment de la COP 21 et se veut être un programme à vocation internationale, il s'agit tout de même d'une initiative d'abord portée à l'échelle nationale par le Ministère de l'agriculture français. Toutefois, dans le cas ces filières en général, il est possible de déceler une forme de mutation dans les débats sur les dernières années de la période étudiée. L'occasion est ici de revenir sur un point qui a été peu abordé dans la seconde partie de ce travail : les années COP 21. En effet, étant donné les logiques communes que cette période impulse autour des trois filières, il semblait davantage

pertinent de les évoquer de concert. Si le caractère relativement récent de la COP 21 empêche d'avoir suffisamment de recul pour mesurer ses implications réelles sur le long terme, il est tout de même possible d'esquisser une réflexion sur de nouvelles redéfinitions des lignes de la controverse qui semblent émerger concernant les différentes filières de stockage de carbone.

En effet, l'analyse de presse révèle l'entrée d'une nouvelle donne lors de cette période : pour certains acteurs, les négociations internationales deviennent le lieu de la possibilité d'opérer certains recadrages pour faire émerger les écosystèmes que sont l'océan, la forêt et le sol dans les préoccupations internationales. Dès lors, l'objectif n'est plus de défendre une quelconque technique ou méthode de stockage de carbone qui pourrait s'appuyer sur les mécanismes inhérents aux écosystèmes, mais de défendre ces mécanismes eux-mêmes. Plus encore, il s'agit de défendre l'écosystème tout entier et ainsi de se servir de son mécanisme naturel de régulation du carbone comme d'un argument à mobiliser pour sa préservation. L'exemple de l'océan est intéressant à analyser au prisme de cette nouvelle manière de cadrer les choses. S'il faisait jusqu'ici majoritairement l'objet d'articles relatant par exemple la fertilisation, il faut souligner qu'une troisième manière d'envisager les océans peut se faire, par l'intermédiaire de l'unique évocation des mécanismes (de régulation du carbone) qui lui sont inhérents, sans qu'une référence à une technique de stockage ne soit formulée. Il s'agit d'expliquer et de mettre en avant les mécanismes naturels de l'océan pour montrer qu'ils sont précieux et qu'ils constituent une des raisons de protéger l'océan. Bien souvent, les acteurs à l'origine de cette nouvelle manière d'envisager cet écosystème sont des organisations environnementales mais également des scientifiques qui viennent étayer les raisons d'une nécessaire préservation des océans. Plus globalement cet exemple reflète une logique qui semble se dessiner pour ces trois écosystèmes, dont l'objectif est de leur « donner une place », d'obtenir leur reconnaissance dans une prise en compte politique. Cela se retrouve particulièrement pour les écosystèmes dont les trajectoires montrent qu'ils ont pu être délaissés pendant longtemps. Pour l'océan, si l'analyse montre qu'il était présent dans les débats, il semble tout de même qu'il ait été absent politiquement. Seule l'entrée en vigueur d'un moratoire en 2008 peut être vue comme une incursion de la communauté internationale ; mis à part ce moment d'attention, l'océan n'a semble-t-il jamais fait l'objet d'une attention politique particulière, ni de manière générale, ni concernant ses mécanismes de stockage de carbone en particulier. Des événements tels que la COP 21 sont alors l'occasion d'amener « l'océan à Paris »[12]. Cette idée se retrouve également concernant

[12] Formule de Romain Troublé, secrétaire de l'expédition scientifique Tara Océans (Le Figaro, 28/11/2015)

les sols : au sujet de l'initiative « 4 pour 1000 », les organisations environnementales soulignent souvent le mérite qu'à cette initiative de « donner une place aux sols » dans les politiques publiques.

2.2. Les mécanismes naturels de stockage de carbone au cœur de « renversements » d'arguments de certains acteurs

Il est intéressant de voir que les recadrages des débats autour de ces écosystèmes par certains acteurs illustrent parfaitement la manière dont ceux-ci peuvent adapter leur argumentation selon l'objectif qu'ils veulent défendre. Ainsi, la volonté récente d'une reconnaissance politique de certains écosystèmes et la mise en avant, de fait, de leurs mécanismes naturels de stockage de carbone comme élément de justification pour assurer leur préservation se distingue d'une logique que l'on avait, par exemple, pu observer au sujet des forêts, lors de la controverse des « puits de carbone » au début des années 2000. En effet, lors de cette controverse, les acteurs mettant en avant ces puits au regard du potentiel important qu'ils peuvent représenter dans le calcul de réduction des émissions de CO_2 ne sont pas les mêmes qu'à l'occasion de la COP 21. Il s'agit même d'acteurs totalement opposés de par leur nature et leurs revendications. Dans le cas du début des années 2000, ce sont les pays les plus émetteurs de CO_2 qui plaident pour une reconnaissance des forêts comme puits de carbone, non pas pour mettre en avant leur nécessaire protection mais pour mettre en avant leur nécessaire exploitation. Il ne s'agit pas de préserver les forêts et leur mécanisme de régulation du carbone mais d'en tirer profit pour réduire les émissions de CO_2. Lors des années COP 21, ce sont le même type d'acteurs qui s'opposaient à la reconnaissance des puits de carbone qui désormais la revendiquent. Cette fois, il ne s'agit plus d'une revendication dans un but d'exploitation des écosystèmes mais de préservation. Il est ainsi possible de distinguer ici un mouvement de « renversement » d'argument, qui illustre tout à fait la manière dont un même argument peut être remodelé à l'infini par les acteurs qui le mobilisent, selon la situation dans laquelle ils se trouvent et selon l'objectif qu'ils souhaitent défendre. Ici, on observe ainsi le renversement de l'argument du « grand potentiel de stockage de carbone » d'un écosystème dont la trajectoire passe de la légitimation d'un potentiel à exploiter à la légitimation d'un potentiel à préserver.

2.3. Une mise en avant des mécanismes naturels de stockage de carbone en lien avec une « climatisation » des débats ?

Plus largement, les recadrages opérés par certains acteurs, notamment au sein des négociations internationales, semblent s'inscrire dans une forme de « climatisation » de nombreuses problématiques qui peut-être avant, n'étaient pas traités sous l'angle du problème climatique :

> « *[...] a climatisation of the world can be observed, whereby actors in other arenas present issues that were formely unrelated to the climate problem through a "climate lens" (Foyer, 2016). This leads to the aligment of these topics on the climate problem, and to their treatment according to the dominant logics of the climate regime* » (Aykut et al., 2017).

Dans le cas du stockage de carbone dans les écosystèmes, ce phénomène de « climatisation » s'observe dans la manière dont cette thématique est abordée. Le stockage de carbone en général, comme cela a été montré en introduction, a été construit comme solution face au problème du changement climatique. Mettre en avant les mécanismes naturels de stockage de carbone des écosystèmes tels que l'océan, le sol ou la forêt peut donc être interprété comme un moyen de se servir d'une thématique fortement « climato centrée » c'est-à-dire qui fait immédiatement référence au climat, dans le but de faire valoir d'autres problématiques qui ne sont pas forcément traitées sous cet angle à l'origine. Ainsi, l'argument du rôle des écosystèmes dans la régulation du climat vient appuyer des causes plus larges : il ne s'agit pas de défendre l'augmentation du stockage de carbone dans les écosystèmes mais de défendre la préservation de l'écosystème de manière générale et donc de tout ce qu'il peut englober, par exemple ses mécanismes naturels de stockage de carbone mais aussi la biodiversité qu'il renferme. Ainsi, faire appel à l'argument du « grand potentiel de stockage de carbone » permet d'intégrer d'autres problématiques environnementales à celle du climat et ainsi de montrer que ces écosystèmes ne se limitent pas à leur seul rôle de régulateur du climat. Finalement, dans un contexte où la question climatique est reine, l'appel à l'argument du stockage de carbone illustre la manière dont il est possible pour certains acteurs de constamment recadrer les débats selon leurs objectifs.

Les années marquées par la COP 21 semblent ainsi illustrer des formes de recadrages des controverses qui peuvent exister au sujet du stockage de carbone dans les océans, les sols et les forêts. Si l'enjeu de tels recadrages est de faire émerger ces écosystèmes sous l'angle de leur nécessaire préservation, cela entre en tension avec la promotion, en parallèle, des « émissions

négatives » dans le même cadre des négociations internationales. Ainsi semblent se dessiner les lignes des débats futurs : sera-t-il possible de concilier la promotion des « émissions négatives » et celle de la préservation des écosystèmes qui peuvent participer de ces « émissions négatives » tout en étant aussi soumis à d'autres problématiques ?

CONCLUSION

Au travers de l'analyse de trois filières de stockage de carbone ayant la particularité de se baser sur des mécanismes naturels, l'objectif de la démarche était de tenter d'appréhender les logiques inhérentes à chacune d'elles. Cette analyse a révélé l'existence de trajectoires différentes représentatives de cadrages divers opérés selon les filières. Toutefois, ces trajectoires différentes ont également permis de faire émerger des réflexions communes mettant d'autant plus en avant la complexité qui réside en la mise en avant du stockage de carbone dans les écosystèmes que sont l'océan, le sol et la forêt, comme « solution » face au changement climatique.

Ainsi, ce travail a tenté de dévoiler l'imbrication de différentes logiques qui font de l'idée même du stockage de carbone une solution problématique pour lutter contre le changement climatique. Sans même rentrer dans le détail de chaque filière, il a été montré dès l'introduction en quoi l'idée de stockage de carbone en général revêt un caractère controversable en raison du monde dans lequel elle s'inscrit – monde qui n'incarne pas, rappelons-le, une seule vision du monde possible. En plongeant dans le détail de trois filières potentielles de stockage de carbone que sont l'océan, le sol et la forêt, il a été possible de voir que chacune d'elles connaissent des problématiques propres, bien que ces problématiques puissent aussi avoir des caractéristiques communes. On assiste alors à une imbrication « des » controverses dans « la » controverse, au sens où une idée générale déjà controversée (le stockage de carbone) renferme différentes filières connaissant leurs propres controverses.

Finalement, la frontière entre « solution » et « problème » semble être mince et il peut être difficile de faire des solutions de l'Homme les solutions par excellence, d'autant plus dans le cas présent où elles s'appuient sur des éléments naturels mal connus. D'autre part, l'incertitude inhérente à ces mécanismes est, dans le contexte de changement climatique actuel, accrue du fait de la menace qu'il peut représenter, sans que les modalités de cette menace ne soient pour autant clairement identifiées. Enfin, il faut souligner que les écosystèmes mobilisés pour le stockage de carbone ne sont pas exclusivement caractérisés par le rôle essentiel qu'ils assurent : les limiter à cela reviendrait ainsi à occulter toute leur complexité.

BIBLIOGRAPHIE

ARROUAYS Dominique. Changement climatique et évolution du stockage de carbone dans les sols : enjeux et incertitudes. [En ligne]. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids,* 2008, n°5, p. 314-316. Disponible sur : <https://www.ocl -journal.org/fr/articles/ocl/pdf/2008/05/ocl2008155p314.pdf

AYKUT Stefan C. *Comment gouverner un « nouveau risque mondial ? La construction du changement climatique comme problème public à l'échelle globale, européenne, en France et en Allemagne*. Sciences de l'environnement. Paris : École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS), 2012, 763 p. Disponible sur : < https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00757106/document>

AYKUT Stefan C., DAHAN Amy. *Gouverner le climat ? Vingt ans de négociations internationales*. Paris, Presses de Sciences Po, 2015, 749 p.

AYKUT Stefan C., DAHAN Amy. La Gouvernance du Changement Climatique : Anatomie d'un schisme de réalité. In : PESTRE Dominique (dir.), *Gouverner le Progrès et ses Dégâts*, Paris, Éditions La Découverte, 2014, p. 97-132.

AYKUT Stefan C., FOYER Jean, MORENA. Globalising the Climate. COP21 and the Climatisation of Global debates. Routledge, 2017, 198 p.

BÉAL Vincent. La modernisation écologique : quelle théorie pour quel changement social ? In : CHONÉ Aurélie (dir.), HAJEK Isabelle (dir.), HAMMAN Philippe (dir.), *Guide des humanités environnementales*, Presses Universitaires du Septentrion, 2016, p.223-234.

BERTRAND François, RICHARD Elsa. L'action des collectivités territoriales face au « problème climat » en France : une caractérisation par les politiques environnementales, *Natures Sciences Sociétés*, 2014/3 (Vol. 22), p. 195-203.

BOLTANSKI Luc, CHIAPELLO Ève. *Le nouvel esprit du capitalisme*, Paris, Gallimard, 1999, 843p.

BOLTANSKI Luc, THÉVENOT Laurent. *De la justification. Les économies de la grandeur*, Paris, Gallimard, 1991, 483 p.

BOPP Laurent. Le cycle du carbone. In : MOSSERI Rémy (dir.), JEANDEL Catherine (dir.), *Le climat à découvert*, Paris, 2011, CNRS, 288 p.

BOUFFARTIGUE Jean, DELRIEU Anne-Marie, GARRUS René. Étymologies du français, Paris, Belin, 1996, 3 vol. (383, 335, 426 p.)

BOULIER Joël, SIMON Laurent. Les forêts au secours de la planète : quel potentiel de stockage du carbone ? *L'Espace géographique*, 2010/4 (Tome 39), p. 309-324.

BRIDAY Régis. Qui alimente les études sur la géoingénierie ? Une perspective d'historien des sciences. *Natures Sciences Sociétés*, 2014/2 (Vol. 22), p. 124-131.

CALLON Michel. Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins pêcheurs dans la Baie de Saint-Brieuc », *L'Année sociologique*, n°36, 1986, 40 p.

CALLON, Michel, LATOUR, Bruno. Le grand Léviathan s'apprivoise-t-il ? [En ligne] In : AKRICH Madeleine (dir.), CALLON Michel (dir.), LATOUR Bruno (dir.), *Sociologie de la traduction : Textes fondateurs*, Paris, Presse des Mines, 2006.

CHATEAURAYNAUD Francis, DEBAZ Josquin. *Aux bords de l'irréversible. Sociologie pragmatique des transformations*, Paris, Pétra, 2017, 646 p.

CHENU Claire et al. Stocker du carbone dans les sols agricoles : évaluation de leviers d'action pour la France. [En ligne]. *Innovations Agronomiques*, 2014, n°37, p. 23-37. Disponible sur : https://www6.paris.inra.fr/depe/content/download/3431/33393/version/1/file/Carbone_synthese_francais.pdf

COUTANSAIS Cyrille P. L'Eldorado maritime : entre prédation et gestion concertée. *Études,* 2011/9 (Tome 415), p. 161-172.

DAHAN Amy, GUILLEMOT Hélène. Les relations entre science et politique dans le régime climatique : à la recherche d'un nouveau modèle d'expertise ? *Natures Sciences Sociétés*, 2015/Supp. 3 (Supplément), p. 6-18.

DAHAN Amy. L'impasse de la gouvernance climatique globale depuis vingt ans. Pour un autre ordre de gouvernementalité. *Critique internationale*, n°62 2014/1, p. 21-37.

DEROUBAIX Gérard, VIAL E., CORNILLIER C. Cycles de vie des produits à base de bois et séquestration du carbone. *Innovations Agronomiques*, n°18, 2012, p. 31-37.

FOYER Jean (dir.). *Regards croisés sur Rio+20. La modernisation écologique à l'épreuve*. Paris, CNRS Éditions, 2015, 316 p.

FRESSOZ Jean-Baptiste. *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*. Paris, Seuil, 2012, 320 p.

FRESSOZ Jean-Baptiste. Les leçons de la catastrophe. Critique historique de l'optimisme moderne. *La vie des idées*, 2011. Disponible sur : <http://www.laviedesidees.fr/Les-lecons-de-la-catastrophe.html>

FUSS Sabine et al. Betting on negative emissions. *Nature Climate Change*, 2014, 4 (10), p. 850-853.

HAMILTON Clive. *Les apprentis sorciers du climat. Raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, Paris, Seuil, 2013, 338 p.

HOUSSIN Didier. Maximiser l'efficacité des puits de carbone : les différentes options. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement*, 2018/1 (N° 89), p. 15-19.

JACQUEMAIN Marc. *Les cités et les mondes : le modèle de la justification chez Boltanski et Thévenot*. [En ligne]. Université de Liège, 2001, 28p. Disponible sur : <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/90443/1/Les%20cit%C3%A9s%20et%20les%20mondes%20de%20Luc%20Boltanski.pdf>

JOUZEL Jean, MASSON-DELMOTTE Valérie. Le changement climatique et ses impacts : l'état des connaissances scientifiques. In : *Crime climatique Stop ! L'appel de la société civile*, Paris, Seuil, 2015, p. 53-54.

JOUZEL Jean, MASSON-DELMOTTE Valérie. Réchauffement climatique : les perspectives des rapports entre science, politique et société. *Annales des Mines - Responsabilité et environnement,* n° 83, 2016, p. 50-54.

JOUZEL Jean, MÉGIE Gérard. Le changement climatique – Histoire scientifique et politique, scénarios futurs. *La Météorologie*, n°42, 2003, p. 37-47.

KANDEL Robert. Terre - Bilan énergétique. [En ligne]. In : *Encyclopædia Universalis*. Disponible sur : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/terre-bilan-energetique/>

LASCOUMES Pierre. Controverse. In : BOUSSAGUET Laurie (dir.), JACQUOT Sophie (dir.), RAVINET Pauline (dir.), *Dictionnaire des politiques publiques*. Presses de Sciences Po, 2014, p.172-179.

LAFAYE Claudette, THÉVENOT Laurent. Une justification écologique ? Conflits dans l'aménagement de la nature. *Revue française de sociologie*, 1993, 34-4. p. 495-524

LAFOREST Valérie Laforest, BERTHÉAS Rémi. Ambiguïté entre technologies propres et meilleures techniques disponibles. [En ligne]. *VertigO, la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol.6, n°2, 2005, 15 p. Disponible sur : https://journals.openedition.org/vertigo/9657

LEMIEUX Cyril. À quoi sert l'analyse des controverses ? [En ligne]. *Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle*, n°25, 2007/1, p. 191-212. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-mil-neuf-cent-2007-1-page-191.htm>

O'NEILL Rebeca N., NADAÏ Alain. Risque et démonstration, la politique de capture et de stockage du dioxyde de carbone (CCS) dans l'Union européenne. [En ligne]. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 2012, Volume 12, Numéro 1, 29 p.

MOL, Arthur P.J., SONNENFELD David A., SPAARGAREN Gert. *The Ecological Modernisation Reader. Environmental reform in theory and practice*, Routledge, 2009, 539 p.

NEYRAT Frédéric. *La Part inconstructible de la Terre. Critique du géo-constructivisme*, Paris, Seuil, 2016, 378 p.

SAINTENY Guillaume. *Le climat qui cache la forêt*. Paris, Rue de l'échiquier, 2015, 267 p.

SMADJA David. La boîte noire de la controverse. [En ligne]. *Raisons politiques*, 2012/3 (n° 47), p. 5-11. Disponible sur : <https://www.cairn.info/revue-raisons-politiques-2012-3-page-5.htm>

THÉRY Hervé. « Puits de carbone » dans le Mato Grosso amazonien : un projet innovant de sa réalisation à sa diffusion. [En ligne]. *Géoconfluences*, 2011. Disponible sur : < http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/transv/DevDur/DevdurDoc9.htm>

Rapports, études

ARROUAYS Dominique et al. *Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ?* Synthèse du rapport d'expertise réalisée par l'INRA à la demande du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 2002, 36 p. Disponible sur : http://inra.dam.front.pad.brainsonic.com/ressources/afile/225455-e2ffa-resource-synthese-en-francais.html (consulté le 29 avril 2018)

Atelier de Réflexion Prospective (ARP) RÉAGIR. *Réflexion systémique sur les enjeux et méthodes de la géo-ingénierie de l'environnement*. Rapport final, 2014, 89 p. Disponible sur < http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/documents/2016/Rapport-final-ARP-REAGIR-mai-2014.pdf> (consulté le 17 avril 2018)

GIEC. *Changements climatiques 2014*. Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. PACHAURI et L.A. MEYER]. GIEC, Genève, Suisse, 2014, 161 p.

GIEC. *L'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie.* Rapport spécial du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, 2000, 30 p.

MEA. *Ecosystems and Human Well-being : Scenarios, Volume 2*. [En ligne]. Rapport des évolutions mondiales, ch.8, Island Press, p.223-294. Disponible sur : http://www.millenniumassessment.org/en/Scenarios.html

METZ Bert, DAVIDSON Ogunlade, DE CONINCK Heleen, LOOS Manuela, MEYER Leo. *Piégeage et stockage du dioxyde de carbone*. Résumé à l'intention des décideurs et Résumé technique. Rapport spécial du GIEC, 2005, 66 p.

ONU. *Protection du climat mondial pour les générations présentes et futures*. [En ligne]. Résolutions adoptées par l'assemblée générale au cours de sa quarante-troisième session. A/RES/43/53. 6 décembre 1988, p. 137-138. Disponible sur : http://www.un.org/french/documents/view_doc.asp?symbol=A/RES/43/53&Lang=F (consulté le 02/07/2018)

Presse

BARNEOUD Lise. « Bras de fer avec la mer ». [En ligne]. *Libération*, 8 janvier 2008. Disponible sur : <http://www.liberation.fr/sciences/2008/01/08/bras-de-fer-avec-la-mer_62186>

GOLLA Mathilde. « Le voilier *Tara* a mis le cap sur Paris pour défendre les océans ». [En ligne]. *Le Figaro*, 28 novembre 2015. Disponible sur : <http://www.lefigaro.fr/sciences/2015/11/28/01008-20151128ARTFIG00102-le-voilier-tara-a-mis-le-cap-sur-paris-pour-defendre-les-oceans.php>

SITOGRAPHIE

4 POUR 1000. *Qu'est-ce que l'initiative 4 pour 1000 ?* [En ligne]. Disponible sur : https://www.4p1000.org/fr (Consulté le 30/06/2018)

FAO. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.fao.org/docrep/v5240f/v5240f09.htm (Consulté le 18/06/2018)

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. [En ligne]. Disponible sur < http://www.ipcc.ch/home_languages_main_french.shtml> (Consulté le 06/07/2018)

ONF. *Office National des Forêts*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.onf.fr/gestion_durable/++oid++5ae6/@@display_advise.html (Consulté le 18/06/2018)

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 - Requêtes réalisées dans Europresse 33
Figure 2 - Évolution de l'attention médiatique de 1998 à 2017 (Océans) 35
Figure 3 - Évolution de l'attention médiatique de 1997 à 2017 (Sols) 41
Figure 4 - Comparaison de l'évolution de l'attention médiatique entre les sols et les forêts (1998 – 2017) 42
Figure 5 - Évolution de l'attention médiatique de 1998 à 2017 (Forêts) 46

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS **5**

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS **6**

SOMMAIRE **7**

INTRODUCTION **8**

PARTIE 1 : UNE ANALYSE DES CONTROVERSES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE DANS LES OCÉANS, LES SOLS ET LES FORÊTS : PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES FILIÈRES, CADRE ET MÉTHODOLOGIE **21**

1. ÉLEMENTS DE CARACTERISATION DES DIFFERENTES FILIERES DE STOCKAGE DE CO_2 : L'OCEAN, LE SOL ET LA FORET, TROIS GRANDS RESERVOIRS NATURELS DE CARBONE 21
   1.1. L'océan, premier puits de carbone au monde 21
   1.2. Le sol, premier puits de carbone terrestre 25
   1.3. La forêt, second réservoir naturel terrestre de carbone 26
2. CADRAGE THEORIQUE : UNE ANALYSE EN TERMES DE CONTROVERSES 29
   2.1. De la controverse scientifique à la controverse sociotechnique 29
   2.2. ...d'où l'intérêt d'un cadrage théorique orienté vers la sociologie de la traduction 30
   2.3. Méthodologie de l'analyse de presse 32

PARTIE 2 : L'OCÉAN, LE SOL, LA FORÊT - ANALYSE DES TRAJECTOIRES PROPRES À CHACUNE DES FILIÈRES DE STOCKAGE DE CARBONE **34**

1. L'OCEAN, AU CŒUR DE DIFFERENTES TECHNIQUES DE STOCKAGE DE CARBONE 35
   1.1. Le stockage océanique : de l'émergence d'une technique à son déclin (1998-2006) 36
   1.2. La fertilisation océanique : une controverse en toile de fond dont les sursauts se font à l'occasion d'une sortie de son cadre « scientifique » 38
2. LES SOLS : DE L'ABSENCE A L'EMERGENCE SOUDAINE DANS LES DEBATS 41
   2.1. L'absence d'une existence propre de la thématique des sols (1998 – 2014) 42
   2.2. Une émergence soudaine du stockage de carbone dans les sols (2015 – 2017) 43
3. LES FORETS : UNE ATTENTION MEDIATIQUE FORTE ET DES TRAJECTOIRES COMPLEXES 46
   3.1. 1998 – 2004 : une période marquée par la controverse des « puits de carbone » 47
   3.2. 2005 – 2014 : la consécration de « l'entrée sur le marché » de la forêt 49

PARTIE 3 : QUELLES RÉFLEXIONS COMMUNES À L'ENSEMBLE DES FILIÈRES DE STOCKAGE DE CARBONE ? **52**

1. LES CONTROVERSES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE OU L'ILLUSTRATION DE PROCESSUS D'APPROPRIATION SPECIFIQUES 52
   1.1. L'océan, au cœur de controverses qui tendent à être circonscrites à la sphère « scientifique » ? 53
   1.2. La forêt, « solution » par excellence pour lutter contre le changement climatique ? 55
2. LE STOCKAGE DE CARBONE DANS L'OCEAN, LE SOL ET LA FORET : L'HISTOIRE D'UNE TENSION ENTRE UN POTENTIEL A EXPLOITER ET UN POTENTIEL A PROTEGER 57
   2.1. Les mécanismes naturels de stockage de carbone : une manière d'accroître la visibilité politique de certains écosystèmes ? 57
   2.2. Les mécanismes naturels de stockage de carbone au cœur de « renversements » d'arguments de certains acteurs 59
   2.3. Une mise en avant des mécanismes naturels de stockage de carbone en lien avec une « climatisation » des débats ? 60

CONCLUSION **62**

BIBLIOGRAPHIE **63**

SITOGRAPHIE **66**

TABLE DES ILLUSTRATIONS **67**

TABLE DES MATIERES **68**

DÉCLARATION ANTI-PLAGIAT **70**
RÉSUMÉ **71**
MOTS-CLÉS : **71**

DÉCLARATION ANTI-PLAGIAT

UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

Formulaire d'engagement anti-plagiat

Le plagiat consiste à reproduire un texte, une partie d'un texte, toute production littéraire ou graphique, ou à paraphraser un texte sans indiquer quel en est l'auteur.

Le plagiat enfreint les règles de la déontologie universitaire et il constitue une fraude dans les travaux donnant lieu à notation. Le plagiat constitue également une atteinte au droit d'auteur et à la propriété intellectuelle, susceptible d'être assimilé à un délit de contrefaçon.

Lorsque l'auteur d'un travail universitaire éprouve le besoin de s'appuyer sur un autre texte, il doit le faire en respectant les règles suivantes :

- lorsqu'un extrait, même court, est cité exactement, il doit être placé entre guillemets (ou en retrait et en caractères légèrement plus petits si le texte fait plus de quelques lignes) et la référence (nom de l'auteur et source) doit être indiquée ; l'extrait cité doit être court ;
- lorsque le texte ou un passage du texte est paraphrasé ou résumé, la référence (nom de l'auteur et source) doit être donnée.

Ces obligations s'appliquent de la même manière en cas de textes originellement publiés sur internet et de traductions (originales ou non) ; elles concernent aussi les illustrations, tableaux et graphiques.

En cas de plagiat dans un devoir, dossier, mémoire ou thèse, l'étudiant pourra passer devant la section disciplinaire de l'université qui pourra prononcer :

- un avertissement ;
- un blâme ;
- l'exclusion de l'université pour une durée maximum de cinq ans. Cette sanction peut être prononcée avec sursis si l'exclusion n'excède pas deux ans ;
- l'exclusion définitive de l'université ;
- l'exclusion de tout établissement public d'enseignement supérieur pour une durée maximum de cinq ans ;
- l'exclusion définitive de tout établissement public d'enseignement supérieur.

La procédure disciplinaire ne présage pas d'éventuelles poursuites judiciaires dans le cas où le plagiat est aussi caractérisé comme étant une contrefaçon.

Je soussigné(e) SALLIOU Lénaïg

étudiant(e) en M2 DAST à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

déclare avoir pris connaissance du formulaire d'engagement anti-plagiat et m'engage à indiquer toutes les références des textes sur lesquels je m'appuierai dans mes devoirs et travaux.

Fait à Pau le 29/08/18 Signature

LE STOCKAGE DE CARBONE, UNE « SOLUTION » FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?
ÉTUDE DES CONTROVERSES SUR LE STOCKAGE DE CARBONE DANS LES OCÉANS, LES SOLS ET LES FORÊTS

Lénaïg SALLIOU
Département de Géographie - Aménagement
Laboratoire PASSAGES – UMR 5319 – CNRS/UPPA

RÉSUMÉ :

Dans un contexte de changement climatique où ce problème a été construit à l'image d'un problème de pollution et plus particulièrement de CO_2, les technologies de stockage de carbone ont émergé comme « solution » possible pour réduire les émissions de CO_2 de l'atmosphère. Ce mémoire de recherche propose alors de se concentrer sur trois filières de stockage de carbone peu étudiées à ce jour : l'océan, le sol et la forêt. Au travers d'une analyse des controverses propres à ces filières, l'objectif est de saisir toute la complexité des enjeux liés à l'avènement de ce type de solution face au changement climatique, de tenter de faire comprendre que leur émergence se fait dans un monde profondément complexe, lieu de possibilités infinies qui donne à ce type de solution un caractère relativement précaire et non stable. L'objectif de ce travail est donc, par l'étude des controverses autour de différentes filières de stockage de carbone de tenter de comprendre en quoi une solution préalablement cadrée parvient ou pas à se « stabiliser » et par quels moyens. Il s'agira, au moyen d'une analyse de presse, de prendre au sérieux les controverses dont font l'objet les différentes filières de stockage de carbone afin de tenter d'en comprendre les logiques.

MOTS-CLÉS :

Stockage de carbone – Changement climatique – Controverses