

LES ENJEUX DE L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Maria Mansanet-Bataller¹

Dans son quatrième rapport de synthèse publié en 2007, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) montre que malgré les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre, certains impacts des changements climatiques seront inévitables. Deux types de mesures sont nécessaires pour faire face aux changements climatiques : des mesures d'atténuation et d'adaptation. Les mesures d'atténuation permettent de limiter les changements climatiques tandis que l'objectif des mesures d'adaptation est de réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et socio-économiques et ainsi de faire face aux changements climatiques à moindre coût.

L'adaptation aux changements climatiques présente certaines caractéristiques notablement différentes de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre : (i) les bénéfices des politiques d'adaptation ont un caractère local alors qu'ils sont globaux dans le cas de la réduction des émissions de gaz à effet de serre ; (ii) une double incertitude, concernant le climat futur et les impacts de ses changements sur les systèmes, doit être prise en compte dans la mise en place des politiques d'adaptation ; et (iii) le maintien de l'utilisation de référentiels rendus potentiellement obsolètes dans un futur proche peut entraver le développement des mesures d'adaptation.

Malgré la complexité de la mise en place de politiques d'adaptation, plusieurs études telles que Stern (2006) et Parry et al. (2009) ont démontré qu'il était nécessaire d'agir dès aujourd'hui dans la mesure où les coûts des impacts des changements climatiques seront supérieurs sans mise en place de mesures d'adaptation.

En pratique, trois critères peuvent guider la mise en place des mesures d'adaptation : (i) la hiérarchisation des mesures : il est fondamental de bien hiérarchiser les mesures d'adaptation en favorisant les mesures sans regret, en évitant les écueils de la maladaptation, et appliquant des méthodes telles que la minimisation des coûts économiques futurs ou l'apprentissage par l'expérience ; (ii) l'implication des pouvoirs publics : les pouvoirs publics doivent jouer un rôle moteur dans l'encouragement à la mise en place des mesures d'adaptation aussi bien par le secteur public que le privé et notamment en favorisant la mise à disposition de l'information et la réflexion sur le sujet, et en établissant des référentiels cohérents avec le climat futur ; (iii) et l'adaptation des solutions de financement au cas par cas tout en créant les canaux nécessaires pour que le financement arrive à ceux qui en ont le plus besoin.

¹ Maria Mansanet-Bataller est chef de projet à CDC Climat Recherche. Pour tout renseignement, merci de contacter research@cdcclimat.com - +33 1 58 50 98 20.

REMERCIEMENTS

L'auteur souhaite remercier tous ceux qui l'ont aidé dans la rédaction de ce rapport, en particulier Alexia Leseur, Anaïs Delbosc, Audrey Holm, et Ian Cochran (CDC Climat Recherche) ainsi que Shardul Agrawala (OCDE), Caroline Larrivée (Ouranos), Michel Galliot (ONERC – MEEDDM) et Aude Bodigel (ADEME) pour leurs précieux commentaires sur ce rapport et Stéphane Hallegatte (Météo France – CIRED) pour ses commentaires sur une version antérieure.

L'auteur assume l'entière responsabilité de toute erreur ou omission.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
I. LES DEUX VOILETS DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES : L'ATTENUATION ET L'ADAPTATION	5
A. Le climat futur sera différent du climat d'aujourd'hui	5
B. Clarification du concept d'adaptation	6
C. Les particularités des mesures d'adaptation au regard des politiques d'atténuation	8
II. LA COMPLEXITE DES POLITIQUES D'ADAPTATION	10
A. Le caractère local du bénéfice des politiques d'adaptation	10
B. La double incertitude du climat futur et de la vulnérabilité	11
C. La nécessité de revoir les référentiels basées sur les données climatiques historiques	13
III. L'URGENCE D'AGIR DES AUJOURD'HUI	14
A. Les coûts liés aux impacts des changements climatiques seront plus élevés sans mesures d'adaptation et d'atténuation	14
B. Les coûts liés à l'adaptation aux changements climatiques	16
IV. CHOIX ET MISE EN PLACE DES MESURES D'ADAPTATION	18
A. Hiérarchiser les mesures d'adaptation	18
B. Le rôle du secteur public	20
C. Financer les mesures d'adaptation	21
CONCLUSIONS	23
REFERENCES	24
LA SERIE 'ÉTUDES CLIMAT' DE CDC CLIMAT RECHERCHE	27

INTRODUCTION

Dans son quatrième rapport de synthèse publié en 2007, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) montre que malgré les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre, certains impacts des changements climatiques seront inévitables. Faire face aux changements climatiques implique donc d'entreprendre deux types d'actions complémentaires : celles visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, dites d'atténuation, et celles visant à réduire la vulnérabilité des systèmes socio-économiques et environnementaux, regroupées sous le terme d'adaptation.

L'atténuation repose sur un principe simple : comme le réchauffement climatique actuel résulte de l'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, il est nécessaire de diminuer les émissions et de stimuler leurs stockages dans des réservoirs naturels tels que les forêts. Ces actions peuvent avoir lieu n'importe où sur la planète : leur impact sur la concentration moyenne de gaz à effet de serre de l'atmosphère sera le même.

L'adaptation repose sur un autre principe simple : les émissions passées de gaz à effet de serre auront des conséquences futures inéluctables liées à la durée de vie importante (plusieurs décennies voire plus) des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Il faut donc dès aujourd'hui nous protéger contre ces dommages futurs mais aussi tirer parti des opportunités potentielles de ces nouvelles conditions climatiques en ajustant nos systèmes socio-économiques. L'objectif des politiques d'adaptation peut également s'interpréter comme l'évitement ou la réduction des coûts potentiels futurs des changements climatiques.

Si historiquement l'atténuation a accaparé la plupart de l'attention et des efforts au niveau international et local, les politiques d'atténuation et d'adaptation sont deux actions complémentaires : les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre sont nécessaires pour limiter le réchauffement climatique, mais ne sont pas suffisantes pour écarter tout danger. Les mesures d'adaptation devront permettre de leur côté de limiter les conséquences des changements climatiques inévitables, notamment sur les populations les plus vulnérables.

De manière générale, des solutions et des mesures d'adaptation efficaces doivent être trouvées dès à présent. Néanmoins il n'est pas évident de les mettre en place au niveau local. Cette note cherche en particulier à présenter des lignes directrices pour guider la réflexion sur l'adaptation. La première partie porte sur la définition et l'interconnexion des deux piliers de la lutte contre les changements climatiques que sont l'atténuation et l'adaptation. Ensuite le contexte dans lequel les mesures d'adaptation aux changements climatiques sont mises en place, telles que l'aspect local de l'adaptation, les incertitudes concernant à la fois le climat futur et les impacts sur nos sociétés ainsi que le rôle des référentiels dans l'adaptation, est exposé. Dans la troisième partie le focus est mis sur la justification de l'urgence à mettre en place des actions d'adaptation dès à présent. Enfin, le choix et la mise en place des mesures d'adaptation sont analysés.

I. LES DEUX VOILETS DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES : L'ATTENUATION ET L'ADAPTATION

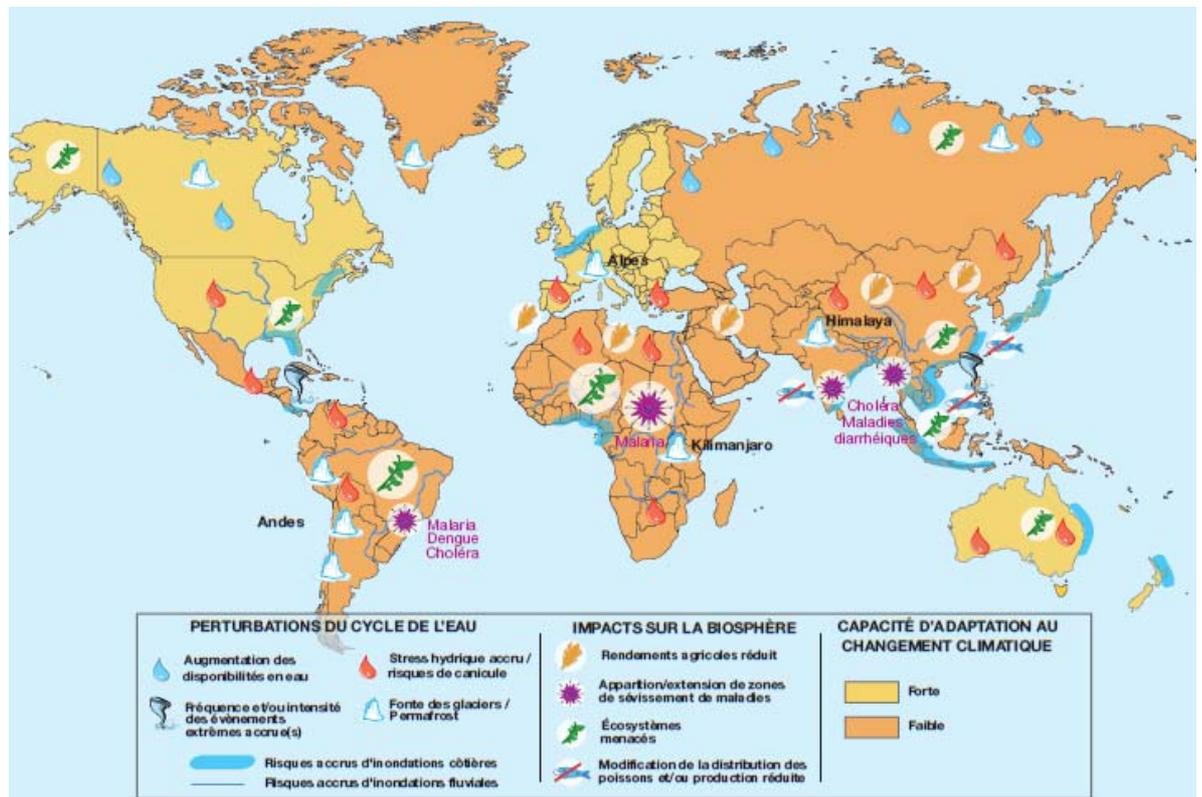
A. Le climat futur sera différent du climat d'aujourd'hui

Dans son dernier rapport de synthèse publié en 2007, intitulé « Changements climatiques 2007 : Rapport de synthèse », le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) avertit que même en limitant nos émissions de gaz à effet de serre, la température terrestre mondiale moyenne augmentera de plusieurs degrés. Il précise également que pour avoir des chances de limiter cette augmentation à + 2°C par rapport à l'ère préindustrielle, la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ne devrait pas dépasser 450 parties par million (ppm). Or plus le réchauffement sera limité et plus les impacts en seront maîtrisables à moindre coût.

Ces impacts des changements climatiques découleront principalement de l'augmentation de la température et des changements des régimes de précipitations. Ils influenceront aussi bien les conditions climatiques moyennes que leurs extrêmes, avec d'importantes répercussions sur la santé, l'économie et les systèmes naturels.

Les modifications du climat se feront sentir partout mais très différemment selon les régions du monde. Ainsi, les terres émergées se réchaufferont plus rapidement que les océans, tout comme les régions de hautes latitudes. Par ailleurs, un impact majeur de l'augmentation de la température, l'élévation du niveau de la mer, mettra en danger les populations vivant sur de petites îles ou sur des zones côtières de faible altitude, comme les deltas fluviaux d'Asie du Sud et de l'Est. D'après le GIEC, le niveau moyen des mers s'est élevé de 1,8 mm/an depuis 1961 et de 3,1 mm/an depuis 1993. Le Met Office, l'équivalent de Météo France au Royaume Uni, estime qu'en 2075 les élévations exceptionnelles du niveau de la mer associées à une hausse moyenne de 53 cm provoqueraient des inondations pouvant toucher chaque année jusqu'à 150 millions de personnes supplémentaires, dont les trois quarts en Asie. L'Afrique, les îles caribéennes, de l'Océan Indien et du Pacifique feraient également partie des régions affectées.

Figure 1 – Principaux impacts attendus des changements climatiques



Source : CDC Climat Recherche d'après le GIEC (2007).

Cette inégalité de la répartition des impacts des changements climatiques concernera aussi les régimes de précipitations : certaines régions, comme le bassin méditerranéen, l'Afrique du Sud ou encore l'Amérique du Sud, connaîtront des périodes de sécheresse de plus en plus longues ainsi qu'une diminution de la disponibilité en eau liée au changement de débit des fleuves et à la fonte des glaciers. Des phénomènes extrêmes, comme les orages ou les tempêtes très violentes, seront plus fréquents et plus intenses, entraînant inondations urbaines et glissement de terrains dans les régions déjà sujettes à ces événements telle que la région de Montpellier en France.

B. Clarification du concept d'adaptation

La définition de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre est unique et claire : il s'agit de réduire les émissions ou d'augmenter leur stockage dans des réservoirs non atmosphériques. En revanche, plusieurs définitions existent pour les mesures d'adaptation.

S'adapter à des impacts

D'après le GIEC (2001), l'adaptation est l'ajustement des systèmes naturels ou humains pour répondre à des changements climatiques actuels ou attendus (ou à leurs effets), pour en modérer les conséquences négatives et tirer profit des opportunités. Les stratégies d'adaptation peuvent aussi être définies à la suite de Mendelsohn (2006) comme les changements que les personnes, les entreprises ou les gouvernements encourent pour réduire les dommages (ou augmenter les bénéfiques) des changements climatiques. Plus récemment, l'Accord de Copenhague (2009) a élargi le concept d'adaptation en ajoutant à la définition communément admise jusqu'alors, celle de l'adaptation aux effets négatifs des changements climatiques, un nouveau volet, celui de l'adaptation aux impacts des actions d'atténuation.

Le point commun à toutes ces définitions néanmoins est que l'anticipation d'un climat futur différent de celui d'aujourd'hui doit conduire à modifier les comportements actuels des individus et des systèmes, sur la base de prévisions sur le climat futur. S'adapter ne consiste donc pas seulement à analyser la vulnérabilité des territoires² ou des acteurs aux évolutions climatiques attendues, mais aussi à mettre en place des actions adéquates. C'est pourquoi l'analyse *des impacts* des changements climatiques diffère considérablement de l'analyse de l'*adaptation* à ces impacts, à laquelle cette étude s'attache.

Les actions d'adaptation auront lieu en partie de façon autonome ; les individus et les sociétés changeront les technologies utilisées et incorporeront de nouvelles pratiques, mais il sera aussi nécessaire de planifier certains changements, et cette responsabilité reviendra aux pouvoirs publics.

Adaptation réactive vs adaptation anticipative

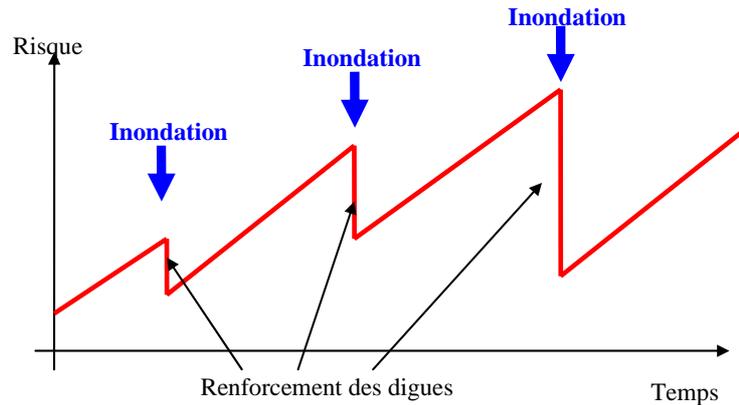
Une mesure est dite d'adaptation réactive lorsqu'elle a lieu en réponse directe à un événement climatique majeur. Un très bon exemple en est celui de la ville de La Nouvelle-Orléans et de sa vulnérabilité aux ouragans d'une catégorie supérieure à 3. Bien connue des ingénieurs et des politiciens, elle n'a pour autant fait l'objet d'aucune mesure d'adaptation avant le passage de l'ouragan Katrina en 2005.

La Figure 2 illustre ce type de réponse aux risques climatiques.

² La *vulnérabilité* d'un territoire ou d'une activité aux impacts physiques des changements climatiques peut être définie d'après le GIEC comme la capacité d'un système à faire face aux effets préjudiciables des changements climatiques, y compris ceux de la variabilité climatique et de ses extrêmes.

Le mot *territoire* est utilisé ici pour désigner un périmètre géographique administré par une structure politique (ville, communauté de commune, région, Etat etc...) sur lequel des politiques spécifiques peuvent être prises, par exemple dans le cadre de la lutte contre les changements climatiques.

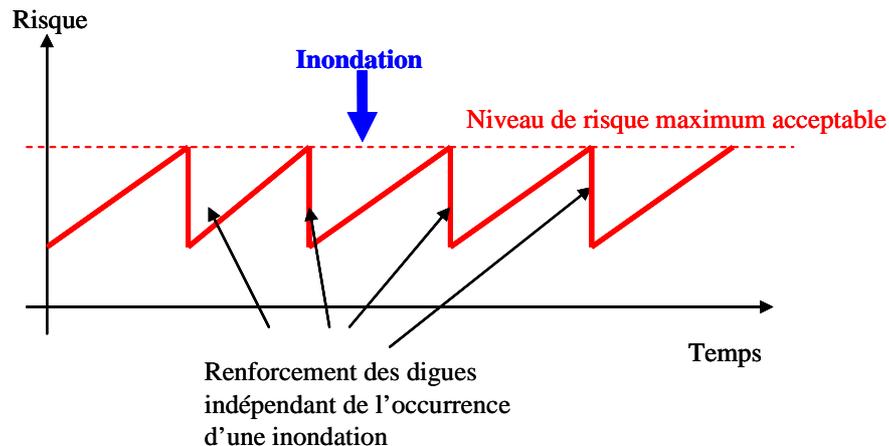
Figure 2 – Temporalité des mesures d'adaptation réactive (ici le renforcement de digues), face à un risque d'événement climatique majeur (ici des inondations)



Source : Hallegatte (2010).

Contrairement à l'exemple précédent, des mesures d'adaptation peuvent être prises avant l'occurrence du phénomène extrême (ici une inondation). Par exemple, une loi hollandaise fixe un niveau maximum acceptable de risque d'inondation. Des mesures d'adaptation sont mises en place lorsque le risque maximum acceptable est atteint. Ce type de mesure d'adaptation est dite anticipative (ou pro-active) puisque elle est mise en place avant la concrétisation des risques climatiques.

Figure 3 – Temporalité des mesures d'adaptation anticipative (ici le renforcement de digues), face à un risque d'événement climatique majeur (ici des inondations)



Source : CDC Climat Recherche à partir d'Hallegatte (2010).

Les mesures d'adaptation réactives n'incluent pas la gestion du risque climatique de façon continue. Les politiques d'adaptation anticipatives gèrent ce risque dans la durée en maintenant son niveau dans un intervalle établi politiquement et socialement.

Il est intéressant ici de souligner que quel que soit le type de mesures d'adaptation, il n'est pas envisageable de couvrir la totalité du risque climatique, en partie du fait de l'importance des coûts associés à une telle couverture, mais surtout parce que même sans changements climatiques il est impossible de se prémunir contre tous les risques.

Adaptation spontanée versus adaptation planifiée

L'adaptation spontanée regroupe les actions d'adaptation qui ont lieu de façon naturelle, sans coordination spécifique. Depuis toujours, les sociétés humaines se sont adaptées aux changements de leur climat, par exemple en modifiant les cultures agricoles ou leur façon de construire. Cependant, cette adaptation spontanée ne devrait pas être suffisante face à l'ampleur et à la rapidité des changements climatiques attendus par le GIEC. De plus, il est à souligner que les actions de certains acteurs pour se protéger des risques climatiques peut déplacer le risque dans l'espace ou générer d'autres impacts.

L'effet global de plusieurs adaptations spontanées peut être à l'inverse de ce que l'on cherche à faire, d'où l'importance de la mise en place de mesures d'adaptation planifiées.

Il ne faut pas oublier que les adaptations spontanée et planifiée sont aussi intimement liées puisque souvent les actions d'adaptation spontanée peuvent avoir lieu grâce à l'existence d'un environnement pré-existant, fruit d'une planification préalable. Par exemple l'irrigation des champs en période de sécheresse est une mesure d'adaptation spontanée seulement si l'infrastructure permettant l'irrigation est déjà en place.

Afin de favoriser la planification de mesures d'adaptation, la Direction générale de l'énergie et du climat du Ministère français de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) a publié récemment un rapport sur l'évaluation du coût des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France. Suite à ce rapport, l'Etat devrait élaborer d'ici à 2011 un Plan national d'adaptation aux changements. D'autres pays tels que l'Espagne ou l'Allemagne ont déjà rédigé leurs propres plans nationaux d'adaptation.

C. Les particularités des mesures d'adaptation au regard des politiques d'atténuation

Les mesures d'atténuation sont perçues comme un moyen de s'attaquer aux changements climatiques et les mesures d'adaptation comme un moyen d'y réagir. Pour autant, il est important de souligner que ces deux stratégies sont intimement liées par deux éléments.

D'abord, les mesures d'adaptation nécessitent la mise en œuvre de mesures d'atténuation pour éviter des situations dans lesquelles l'adaptation n'est même plus possible. Sans mesure de réduction d'émissions, l'adaptation sera en effet impossible pour certains systèmes ou agents. Ainsi, certains petits pays insulaires tels que Tuvalu pourraient disparaître du fait de l'élévation du niveau de la mer si les émissions globales ne sont pas limitées à temps. Aussi, dans une optique de limiter les coûts liés aux changements climatiques, il est préférable de s'attaquer à la source du problème (et donc réduire les émissions de gaz à effet de serre) plutôt qu'essayer en vain de s'adapter à tout changement climatique.

D'autre part, certaines stratégies d'adaptation permettent aussi de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Par exemple promouvoir le boisement pour maintenir les sols, comme dans les Landes, est une stratégie d'adaptation qui permet en parallèle de stocker du CO₂. En revanche d'autres stratégies d'adaptation, telles que celles qui nécessitent l'utilisation de techniques ou de matériaux émetteurs de gaz à effet de serre (par exemple l'utilisation de la climatisation individuelle ou encore le recours aux canons à neige dans les stations de ski) nuisent aux objectifs de réduction d'émissions.

Cependant, l'adaptation aux changements climatiques présente deux particularités par rapport à l'atténuation, qui impliquent qu'on ne peut la traiter de la même façon.

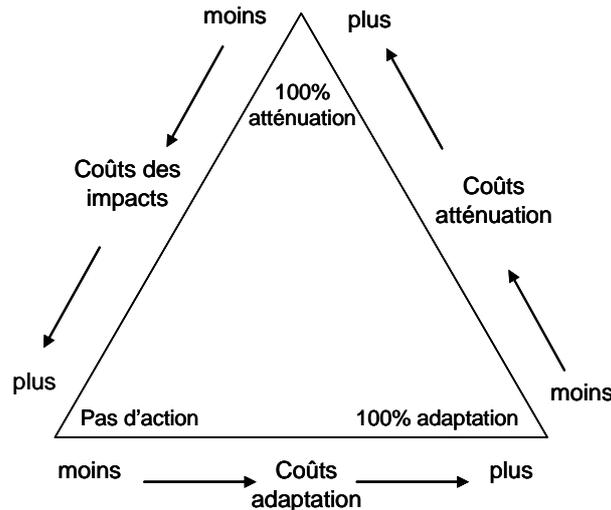
Tandis que la quantification des réductions des émissions se fait toujours avec la même unité indépendamment de l'action mise en place (la tonne de CO₂-équivalent), il est beaucoup plus difficile de mesurer les bénéfices de l'adaptation avec une seule unité et plus encore de les quantifier. Il est ainsi difficile d'évaluer quelle peut être la valeur économique de la préservation d'une zone à risque d'inondation. Ceci complique sérieusement la comparaison des mesures d'adaptation et leur hiérarchisation.

Enfin, les horizons temporels des bénéfices des mesures d'adaptation et atténuation peuvent être différents. Les bénéfices des mesures d'adaptation en termes de réduction de la vulnérabilité actuelle sont immédiats. Par exemple, l'élaboration d'un plan d'évacuation d'une zone inondable ou d'un plan pour diminuer les impacts d'une canicule réduit la vulnérabilité d'un territoire dès leur mise en place indépendamment de l'occurrence ou non du phénomène climatique extrême considéré. En revanche, du fait que les gaz à effet de serre persistent longtemps dans l'atmosphère, la mise en place de mesures de réduction d'émissions ne diminue pas instantanément la vulnérabilité aux changements climatiques mais à plus long terme. Ainsi, à long terme les deux types de mesures contre les changements climatiques participent à la réduction de la vulnérabilité.

Les conséquences des actions d'adaptation et d'atténuation sur les coûts des changements climatiques

Comme le montre la Figure 4, mettre en place des mesures pour faire face aux changements climatiques, aussi bien d'adaptation que d'atténuation, présente un coût direct. Ces mesures apportent aussi des bénéfices en permettant de réduire les coûts économiques, environnementaux et sociaux liés aux impacts des changements climatiques.

Figure 4 – Rôle des mesures d'adaptation et d'atténuation dans la réduction des coûts liés aux impacts des changements climatiques



Source : Parry (2002).

Bien qu'une analyse coûts-bénéfices des actions de réduction des émissions et d'adaptation soit difficile en raison des incertitudes qui règnent sur les évolutions du climat, une chose est sûre : une réduction des émissions de gaz à effet de serre aujourd'hui, sans éliminer tout risque de modifications climatiques, permet de réduire l'importance des changements climatiques à venir. Ainsi, en acceptant une augmentation des coûts d'atténuation (donc un effort important de réduction des émissions), les coûts des impacts climatiques seront inférieurs (pointe supérieure de la Figure 4)

D'autre part, sans la mise en place de mesures d'adaptation, les coûts des impacts des changements climatiques seront plus élevés (pointe en bas à gauche de la Figure 4). Dans ce cas, les effets négatifs des changements climatiques seront plus importants et les systèmes socio-économiques moins bien préparés à bénéficier de possibles avantages.

Aussi, plus on réussit à réduire les émissions (et donc les impacts des changements climatiques), moins nous aurons besoin de nous adapter à leurs conséquences. Autrement dit, atténuation et adaptation aux changements climatiques sont deux problématiques intrinsèquement liées : si peu de mesures d'atténuation sont mises en place, il faudra beaucoup plus de mesures d'adaptation pour faire face à des changements climatiques plus importants (pointe en bas à droite de la Figure 4).

Enfin, il ne faut pas oublier qu'ils existent des mesures, telles que l'isolation thermique dans les bâtiments, qui permettent à la fois de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de s'adapter. Ce type de mesures permet d'atteindre les objectifs à la fois de réduction des émissions et d'adaptation.

II. LA COMPLEXITE DES POLITIQUES D'ADAPTATION

Malgré l'urgence de mettre en place des mesures d'adaptation, la planification et la mise en place à grande échelle de mesures d'adaptation aux changements climatiques sont encore embryonnaires, à l'heure actuelle. Des limites importantes à leur développement existent, telles que le caractère local de l'adaptation qui rend plus difficile la coordination des politiques, les incertitudes liées aussi bien aux impacts des changements climatiques qu'à la vulnérabilité des systèmes naturels et économiques, ou l'archaïsme de certaines normes.

A. Le caractère local du bénéfice des politiques d'adaptation

Malgré la nécessité de mettre en place au niveau national des politiques climatiques, les mesures d'adaptation et d'atténuation se concrétisent toujours à un niveau très local. C'est le cas par exemple de la construction à un endroit précis d'une digue pour protéger une ville côtière de l'augmentation du niveau de la mer ou encore de la réduction des émissions au sein d'une centrale thermique.

Néanmoins, les bénéfices de ces deux types d'actions s'envisagent à deux échelles très différentes. La réduction d'émissions, réalisée par exemple par une centrale thermique, bénéficie à tous les habitants de la planète en limitant la concentration en gaz à effet de serre atmosphérique. Au contraire, les bénéfices des mesures d'adaptation comme la construction d'une digue profitent principalement au système impacté, dans notre cas la ville côtière, ou aux populations les plus exposées et pour lesquelles une mesure est mise en place³ Ceci implique (i) que pour atteindre une réduction des émissions de gaz à effet de serre efficace et équitable les principaux émetteurs au niveau mondial devront être impliqués, (ii) qu'il est possible de modifier la localisation des réductions d'émissions, contrairement aux mesures d'adaptation et (iii) que le consentement à payer au niveau local pour ces deux types d'actions est très différent et aura des implications sur les incitations économiques nécessaires pour aboutir à des réductions des émissions et à des mesures d'adaptation.

La question de la localisation des politiques climatiques est un point important. L'impact sur les changements climatiques de la réduction d'émissions est le même indépendamment de l'endroit où ladite réduction d'émissions a lieu. Ceci implique que la réduction des émissions peut être décentralisée et donc faite là où elle s'avère le moins chère.⁴ Ce n'est pas le cas de l'adaptation. En effet, l'adaptation concerne un territoire (une ville, une côte, une infrastructure, ...) et des impacts climatiques particuliers à ce territoire (une augmentation de la température moyenne, une diminution des précipitations, ...). Ceci explique deux traits caractéristiques de la mise en place des mesures d'adaptation : (i) elles doivent nécessairement avoir lieu sur le territoire à adapter, même si ailleurs la même mesure présente par exemple des coûts moins importants, et (ii) elles dépendent de ce territoire et du climat futur anticipé pour ce territoire.

Les implications de ces deux caractéristiques sont extrêmement importantes. Tout d'abord, les stratégies d'adaptation doivent être ajustées à chaque problématique rencontrée. Elles sont donc difficilement généralisables et exportables, et la plupart du temps ne peuvent pas atteindre leurs objectifs si elles sont appliquées à un autre territoire. Les incitations pour le développement de politiques d'adaptation adéquates doivent tenir compte de cet aspect local de l'adaptation ainsi que des bénéfices de l'adaptation pour l'ensemble des acteurs impliqués.

³ Par exemple face à la diminution des précipitations neigeuses dans les Alpes, les exploitants des installations de ski utilisent de la neige artificielle et nuisent aux autres acteurs via l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

⁴ Les mécanismes de flexibilité du protocole de Kyoto se basent sur ce principe et permettent, par exemple, la mise en œuvre de projets de réductions d'émissions de gaz à effet de serre dans des pays sans engagement de réduction des émissions, ou encore la négociation de quotas d'émissions entre pays avec des objectifs d'émissions obligatoires.

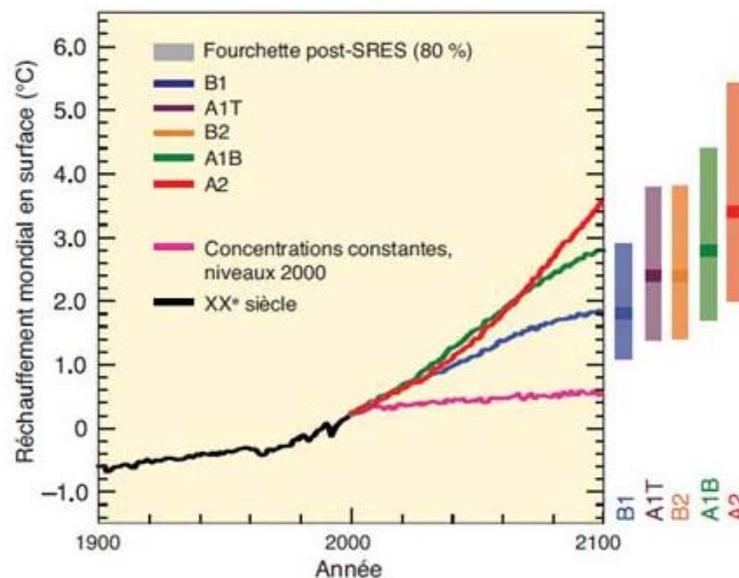
B. La double incertitude du climat futur et de la vulnérabilité

Les politiques climatiques doivent intégrer deux incertitudes : (i) l'incertitude sur le climat futur et (ii) l'incertitude concernant les impacts des changements climatiques sur les systèmes naturels et socio-économiques du fait des méconnaissances de la vulnérabilité des territoires et des réponses de systèmes (« *feedback mechanisms* »).

L'incertitude liée aux changements climatiques

Dans son 4^{ème} rapport publié en 2007, le GIEC présente différentes projections d'évolution de la température moyenne mondiale d'ici 2100 sur la base de plusieurs scénarios. Ces scénarios s'appuient sur des hypothèses de croissance économique, d'émissions de gaz à effet de serre, de croissance de la population, entre autres facteurs, pour modéliser le climat futur. Comme le montre la Figure 5, les résultats de ces projections peuvent être considérablement différents selon les hypothèses retenues. Si tous les scénarios conduisent à une augmentation de la température moyenne de la Terre d'ici la fin du 21^{ème} siècle, tous n'en donnent pas une ampleur similaire. Force est donc de constater que les actions d'adaptation ne peuvent être identiques selon qu'on considère l'augmentation de la température moyenne comprise entre 1,1 et 2,9°C prévue par le scénario B1, un scénario plutôt optimiste en termes d'émissions, ou l'augmentation comprise entre 2 et 5,4°C prévue par le scénario A2, scénario parmi les plus pessimistes du GIEC.

Figure 5 – Modélisations des températures de surface entre 2000 et 2100 pour différents scénarios



Source : GIEC, 4^{ème} rapport, 2007a.

Ces travaux scientifiques qui confirment l'annonce des changements climatiques futurs ne peuvent cependant pas donner des fourchettes d'estimation de la hausse des températures attendue suffisamment fines pour prédire avec une faible marge d'erreur l'ampleur de ses impacts. Cette incertitude résultant de la complexité des mécanismes physiques formant le climat s'ajoute à celles qui concernent l'ampleur des actions de réductions d'émissions entreprises, la croissance économique effective, l'augmentation de la population mondiale, etc. Ce large éventail de risques climatiques potentiels rend difficile la mise en place de mesures d'adaptation. Il est par exemple complètement différent du point de vue des mesures à prendre, des incitations à créer et des coûts encourus de s'adapter à une augmentation du niveau de la mer de 50 cm ou de 1,5 m.

Encadré 1 – Les différences entre projections et prévisions climatiques.

Les projections climatiques sont des estimations obtenues avec différents modèles, qui reproduisent des « planètes artificielles » informatiques, à partir des lois de la physique (conservation de la masse, de l'énergie, dynamique des fluides, etc.). Ces modèles sont validés par leur capacité à reproduire le climat observé et ses caractéristiques. Ces modèles ne cherchent pas à « prévoir » le temps qu'il fera un jour donné à l'avenir (par exemple, le 1^{er} janvier 2050), mais à calculer des moyennes statistiques (par exemple, la température moyenne des mois de janvier entre 2050 et 2080). Ces modèles reproduisent le signal du changement climatique, auquel s'ajoute la variabilité naturelle, c'est-à-dire des fluctuations d'origine naturelle du climat. Cette variabilité naturelle reste largement imprévisible aujourd'hui. L'effet du changement climatique restant faible par rapport à la variabilité naturelle au cours des 20 prochaines années, il est actuellement impossible de le mettre en évidence pour la période allant jusqu'à 2030. Au-delà, l'effet du changement climatique devient beaucoup plus important que celui de la variabilité naturelle et il peut être estimé avec moins d'incertitude. A l'inverse, l'objectif des prévisions est d'obtenir pour une variable donnée la valeur la plus proche de sa valeur réelle dans le futur. Il est possible d'obtenir à ce jour des prévisions très précises à très court terme (1 à 9 jours) jusqu'à un horizon temporaire d'un an. Des travaux en cours visent à obtenir des prévisions à un horizon de plus de 10 ans en intégrant en particulier l'impact des cycles des océans.

D'autre part, l'aspect local de l'adaptation rend nécessaire d'avoir des projections climatiques à l'échelle des territoires, que ce soit au niveau d'une région ou d'une ville. A l'heure actuelle, cette régionalisation des modèles climatiques⁵ globaux reste encore complexe et peu développée à des échelles fines pour lesquelles l'accroissement du nombre d'hypothèses prises augmente le niveau d'incertitude. Avec le développement des simulations utilisant des modèles à petite échelle spatiale, il sera possible de diminuer leurs incertitudes et de les utiliser comme outil d'aide à la décision dans le cadre des politiques locales d'adaptation.

Des prévisions à plus court terme du climat futur à l'échelle locale s'avèreraient aussi très utiles lors de la prise de décisions dans le cadre des politiques locales d'adaptation.

L'incertitude liée à la vulnérabilité des systèmes naturels et socio-économiques

Un même impact physique du changement climatique aura des conséquences différentes selon les caractéristiques de sa localisation. Par exemple, une augmentation du niveau de la mer de 50 cm sur une côte escarpée et peu peuplée n'aura pas les mêmes implications que la même augmentation dans un delta très peuplé dont l'altitude moyenne ne dépasse pas 2 mètres. Les possibles conséquences des impacts climatiques sont donc à étudier au cas par cas pour développer des actions d'adaptation pertinentes.

De nombreux travaux scientifiques évaluent les impacts des changements climatiques sur les écosystèmes. Boe (2007) analyse par exemple les impacts des changements de régimes de précipitations sur les débits des fleuves en France. Lebourgeois (2001) étudient les impacts des variations passées du climat sur les écosystèmes forestiers.

D'autres travaux comme le rapport Stern (2006), Agrawala et Fankhauser (2008), et Parry *et al.* (2009) évaluent quant à eux les impacts des changements climatiques en termes de coûts économiques (voir la section III pour une analyse détaillée de ces estimations de coût). Tous les résultats de ces études reposent sur des hypothèses de climat futur qui pourraient s'avérer fausses car surestimées ou sous-estimées par les modèles considérés.

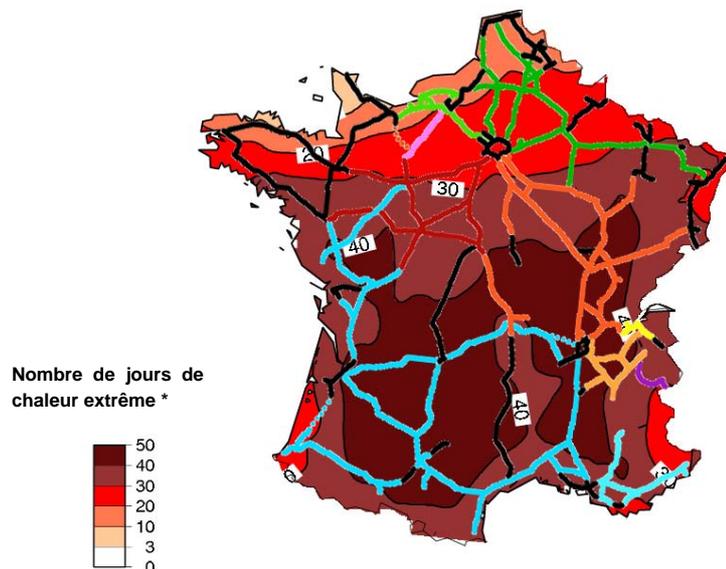
⁵ Un modèle climatique est une modélisation mathématique du climat dans une zone géographique donnée.

L'incertitude sur l'ampleur des impacts des changements climatiques sur les systèmes naturels et socio-économiques ne doit pas freiner la mise en place de mesures d'adaptation appropriées. L'existence de ces incertitudes doit conduire non pas à retenir une solution d'adaptation qui s'ajuste au mieux à *un* des scénarios (par exemple le plus pessimiste), mais la solution qui peut s'adapter au plus grand nombre de scénarios possibles. Si le territoire se trouve à 40 cm au dessus du niveau de la mer, que l'augmentation de la mer à long terme soit de 50 cm ou de 150 cm, l'important en termes de prise de décision aujourd'hui en situation de risque est de savoir qu'une augmentation se produira. Il est crucial de ne pas retarder la mise en place de solutions, ou à tout le moins d'engager une réflexion quant à l'opportunité de cette mise en place. Le choix d'agir aujourd'hui ou plus tard dépendra, comme nous le verrons dans les sections III et IV, des coûts des mesures d'adaptation envisagées ainsi que de la disponibilité de financements, deux éléments de la hiérarchisation des mesures d'adaptation.

C. La nécessité de revoir les référentiels basés sur les données climatiques historiques

La réglementation existante élaborée sur la base des données climatiques passées pourra se trouver obsolète dans un futur proche du fait des changements climatiques. Ceci est particulièrement vrai pour les réglementations relatives aux constructions et aux infrastructures dont la durée de vie est de l'ordre de plusieurs décennies et qui seront de ce fait impactées par les modifications du climat. Les normes techniques devront donc être réajustées pour répondre aux contraintes climatiques projetées. Par exemple la couche d'ancrage des chaussées françaises est actuellement conçue suivant les mêmes critères quelle que soit la localisation de la chaussée, donc indépendamment des conditions climatiques. Or, comme montre la Figure 6, les différentes régions de France subiront des impacts importants et différenciés suivant leur situation géographique. La température ayant un effet important sur la stabilité de la route, il serait pertinent de réévaluer le référentiel existant.

Figure 6 – Principaux axes autoroutiers français et estimations du nombre de jours de chaleur extrême attendus en 2100 par rapport à la moyenne 1960-1989 d'après le scénario A2



* Nombre de jours pour lesquels, dans un intervalle d'au moins six jours consécutifs, la température en 2100 dépasserait de plus de 5 °C la moyenne 1960-1989 de température des cinq jours autour du même jour calendaire.

Source : Cochran (2009).

Adapter les normes aux changements climatiques est tout particulièrement important pour la construction de nouvelles infrastructures. Guérard et Ray (2006) présentent un exemple très illustratif de ce qui se passe quand on ne tient pas en compte des changements climatiques dans la reconstruction d'une

infrastructure détruite par un événement extrême. Dans leur étude de cas, plusieurs ponts détruits en 1983 au Pérou par un épisode d'El Niño (dont la période de retour est alors estimée à 50 ans) sont reconstruits en suivant les anciennes normes. 15 ans après, soit beaucoup plus rapidement que la période de retour moyenne attendue, un autre épisode d'El Niño se produit avec les mêmes effets destructeurs pour les infrastructures. Cette fois, une solution alternative incluant la réalisation de gués submersibles et de ponts « fusibles » en cas d'événement climatique violent est mise en place dans les endroits critiques, tout en permettant l'utilisation des infrastructures en temps normal.

Cet exemple illustre deux notions clés :

- Les solutions à mettre en place ne sont pas seulement techniques (changement d'infrastructure pour répondre plus efficacement aux besoins), mais aussi organisationnelles (gestion de crise, du risque, et du retour à la normale).
- Même dans le secteur des infrastructures il est possible de trouver des solutions d'adaptation douce, impliquant des actions de gestion et de changement des habitudes, telles que renoncer à utiliser le pont pendant la période de crise, plutôt que d'adaptation dure par des investissements directs dans les infrastructures plus coûteuses, telles que des ponts résistants à l'événement d'El Niño.

Si nous considérons que les événements extrêmes actuels peuvent devenir des événements courants dans le futur, il faudra adapter les anciennes normes à ces nouvelles conditions d'utilisation et analyser l'adéquation des mesures de gestion de crise actuelles. Cela n'a rien d'évident, mais des retours d'expériences sur la gestion de crises sont déjà disponibles pour trouver des solutions alternatives, comme l'étude de cas présentée ici sur la gestion du phénomène El Niño au Pérou.

Cependant, s'adapter ne signifie pas seulement anticiper l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes d'aujourd'hui car les climats futurs ne sont pas une simple extrapolation du passé. Il reste indispensable de conduire des recherches pour élaborer de nouveaux indicateurs et outils pour permettre le développement de méthodologies adaptées et/ou adaptables à chaque cas particulier. L'utilisation de scénarios climatiques sur la base de différents modèles peut être une première source d'information. Des prévisions climatiques à plus long terme (en cours de développement) peuvent aussi s'avérer très utiles pour aider dans la prise de décisions que ce soit pour l'adaptation des différentes normes ou les choix de localisation des nouvelles infrastructures.

Si une transition des normes est nécessaire pour permettre la prise en compte des changements climatiques à moindre coût dans le développement des nouveaux projets, il ne faut pas oublier que les changements climatiques auront également un impact très important sur les infrastructures existantes construites avec des normes définies à partir de conditions climatiques dépassées. Dans ce cas, des mesures d'adaptation spécifiques sont déjà et devront continuer à être mises en place.

III. L'URGENCE D'AGIR DÈS AUJOURD'HUI

A. Les coûts liés aux impacts des changements climatiques seront plus élevés sans mesures d'adaptation et d'atténuation

Investir aujourd'hui dans des actions d'atténuation et d'adaptation permet (i) de réduire globalement les coûts des dommages dus aux impacts des changements climatiques futurs et (ii) de moins investir demain car les besoins d'adaptation seront moindres.

Ces coûts sont difficiles à estimer du fait de plusieurs facteurs. D'abord, l'incertitude liée aux projections climatiques rend difficile le calcul de l'ampleur des impacts physiques. A cette incertitude s'ajoute l'incertitude additionnelle de la déclinaison locale des modèles climatiques. De plus, il s'avère très difficile de monétiser l'impact physique des changements climatiques lorsqu'ils concernent des biens et services non marchands, sans prix clairement identifiés. Enfin, il faut rajouter la dimension temporelle de

l'évaluation des coûts : le taux d'actualisation utilisé pour comparer les dommages et bénéfices éventuels financiers à différentes dates pourrait impacter de façon significative le résultat du calcul.

Malgré ces difficultés, en 2006, le rapport Stern a évalué que les coûts des impacts causés par les évolutions climatiques seraient 5 à 20 fois supérieurs aux coûts à supporter aujourd'hui pour lutter efficacement contre l'effet de serre.

D'autres travaux plus récents tels que ceux de Parry et al. (2009), estiment que les financements nécessaires au passage à une économie suffisamment sobre en carbone adaptée aux climats futurs sont de l'ordre de plusieurs milliers de milliards de dollars par an. Dans cette étude, les auteurs comparent l'estimation des coûts des impacts des changements climatiques sous deux scénarios : le scénario A2 du GIEC qui n'inclue pas de mesures de réduction des émissions, et le scénario 450 ppm de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), qui inclus au contraire des mesures d'atténuation.

Au-delà de leur intégration ou non des politiques d'atténuation et d'adaptation, ces scénarios diffèrent par un certain nombre d'hypothèses. En effet, le scénario A2 n'envisage pas de réduction des émissions de gaz à effet de serre et est caractérisé par une croissance économique et des progrès technologiques lents, une population à la croissance moyenne et continue, peu d'échanges mondiaux, l'autosuffisance des régions et la préservation des caractéristiques socio-économiques locales. En revanche, le scénario 450 ppm de l'AIE, malgré une hausse de la demande d'énergie primaire de 20 % entre 2007 et 2030, prévoit la mise en place accélérée de technologies décarbonées : nucléaire, énergies renouvelables, captage et stockage de CO₂, véhicules non émetteurs etc.⁶

Le Tableau 1 présente les résultats de ces études, qui montrent que le coût moyen cumulé actualisé des impacts des changements climatiques pourrait passer en valeur cumulée de 1 240 000 milliards de dollars, estimation basée sur le scénario A2 sans adaptation, à 275 000 milliards de dollars, estimation réalisée à partir du scénario 450 ppm de l'AIE avec adaptation. Cette diminution du coût moyen cumulé des impacts, de 965 000 milliards de dollars, est possible par :

- La mise en place de mesures d'atténuation. Dans ce cas, la diminution du coût moyen cumulé des impacts atteint 830 000 milliards de dollars, correspondant au passage du scénario A2 (au coût de 1 240 000 milliards de dollars) au scénario 450 ppm de l'AIE (au coût de 410 000 milliards de dollars) qui incluent des politiques d'atténuation (mais pas d'adaptation).
- La mise en place de mesures d'adaptation. L'économie de coût moyen cumulé des impacts est illustrée par le passage du scénario 450 ppm de l'AIE sans mesures d'adaptation au scénario 450 ppm de l'AIE avec adaptation. La diminution du coût moyen cumulé des impacts atteint 135 000 milliards de dollars (410 000 – 275 000).
- La mise en place concomitante des deux types de mesures (adaptation et atténuation). En effet, mettre en place une politique d'adaptation sans mesures d'atténuation (scénario A2 avec adaptation) implique un coût moyen cumulé des impacts supérieur (890 000 milliards de dollars) à celui encouru après la mise en place combinée de politiques d'atténuation et d'adaptation (scénario 450 ppm de l'AIE avec adaptation dont le coût est de 275 000 milliards de dollars).

Pour finir on peut noter que rapporté à ces réductions du coût moyen cumulé, le coût de la mise en place des politiques climatiques sont très faibles. De l'ordre de 110 000 milliards de dollars pour les mesures d'atténuation et 6 000 milliards de dollars pour les politiques d'adaptation, ils représentent respectivement 13 % et 5 % de la diminution obtenue des coûts moyens cumulés des impacts.

⁶ L'augmentation moyenne de la température dans le scénario A2 serait de 3,4°C (avec une fourchette comprise en 2 et 5,4°C), tandis que celle du scénario 450 ppm de l'AIE s'établirait dans une fourchette comprise entre 1,5 et 3,9°C.

Tableau 1 – Estimation des coûts des politiques climatiques à mener sous différents scénarios

Scénario		Coût moyen cummulé actualisé (2000) (milliards de dollars)	Coût annuel en 2060 (milliards de dollars)
Scénario A2 (sans atténuation)	Coûts des impacts des changements climatiques (sans adaptation)	1 240 000	2 400
	Coûts des impacts des changements climatiques (avec adaptation)	890 000	1 500
	Coûts de la mise en place de mesures d'adaptation	6 000	na
Scénario 450ppm (avec atténuation)	Coûts des impacts des changements climatiques (sans adaptation)	410 000	1 900
	Coûts des impacts des changements climatiques (avec adaptation)	275 000	1 200
	Coûts de la mise en place de mesures d'adaptation	6 000	na
	Coûts de la mise en place de mesures d'atténuation	110 000	na

Note : Les impacts dont il est fait mention ici sont de trois types (i) les impacts économiques, qui sont les impacts sur la production et les revenus (PIB), (ii) les impacts non-économiques – sociaux et environnementaux (santé, biodiversité...) et (iii) les impacts de discontinuité, liés à l'augmentation des risques de catastrophes naturelles et autres événements climatiques extrêmes.

« na » indique l'indisponibilité des données.

Source : CDC Climat Recherche d'après Parry et al. (2009).

Enfin, Bruin et al. (2009) montrent, moyennant des simulations de deux modèles d'évaluation intégrée, que l'investissement dans une bonne politique d'adaptation est d'autant plus nécessaire lorsque les stratégies d'atténuation sont d'une efficacité insuffisante, et viceversa que l'investissement dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre est d'autant plus nécessaire que les niveaux d'adaptation optimaux sont impossibles à atteindre.

B. Les coûts liés à l'adaptation aux changements climatiques

Le Tableau 2 présente les résultats des principaux travaux portant sur les coûts et bénéfices des mesures d'adaptation.

Tableau 2 – Évaluation des besoins d'investissements pour l'adaptation en milliards de dollars par an

	Territoire couvert	Coûts annuels
Banque mondiale (2006)	Investissements d'adaptation dans les pays en voie de développement	9-41
Rapport Stern (2006)	Investissements d'adaptation dans les pays de l'OCDE	15-150 0.05-0.5% du PIB
UNFCCC (2007)	Investissements d'adaptation additionnels nécessaires dans le monde en 2030	49-171

Agrawala et Fankhauser (2008) constatent que ces analyses de coûts sont effectuées sous différents angles : par une approche sectorielle (les secteurs tels que l'agriculture, l'énergie ou les infrastructures sont étudiés séparément), par une estimation multisectorielle au niveau national (notamment dans le cas des pays les moins avancés) ou par une approche multisectorielle mondiale.

Les trois principales conclusions dans leur étude sont que :

- Les risques envisagés par les études sont limités et s'intéressent surtout à l'évolution des moyennes, en ignorant les extrêmes. De nombreux phénomènes sont donc gommés par ces méthodes d'évaluation des coûts.
- Les coûts d'adaptation dépendent des mesures d'adaptation retenues.

- Il est difficile de déterminer précisément le surcoût généré par la variable climat dans le calcul économique guidant la prise de décision, principalement du fait de l'existence d'une multitude de facteurs supplémentaires (développement économique, changements démographiques, vieillissement et modes d'entretien des infrastructures...). Ceci implique d'approfondir les recherches pour mieux définir les limites des changements climatiques.

D'autre part, Drouet (2009) analyse les limites des méthodologies de calcul des coûts utilisées dans ces études et montre qu'elles concernent aussi bien l'ampleur des impacts physiques du changement climatique que leur évaluation économique. Malgré cela, ces chiffres donnent un ordre de grandeur et confirment qu'il y aura un coût qui augmentera dans le temps (car plus on attend, plus cela coûtera cher) et sont très utiles pour engager la discussion et lancer la mise en place de mesures d'adaptation.

Une nouvelle étude réalisée en 2010 par le groupe Economics of Adaptation to Climate Change (EACC) analyse par secteur les coûts liés à l'adaptation en différenciant deux scénarios extrêmes, un « humide » et l'autre « sec »⁷, et en les comparant à ceux de la CCNUCC et de Parry *et al.* (2009). Leurs coûts sont supérieurs à la fourchette haute de l'étude de la CCNUCC de 2007, comme le montre le Tableau 3. Celui-ci indique que les zones côtières et les infrastructures sont les secteurs les plus vulnérables aux impacts des changements climatiques en termes économiques puisqu'ils représentent chacun plus de 30 % des coûts d'adaptation totaux estimés.

Tableau 3 – Comparaison des estimations de coûts d'adaptation par secteur selon plusieurs études (milliards de dollars)

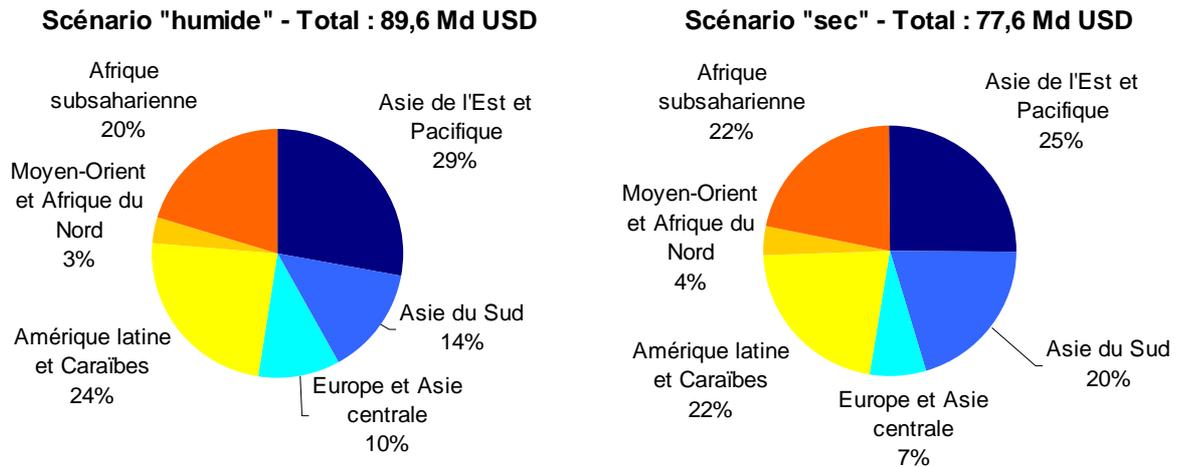
Secteur	Etude EACC			
	CCNUCC (2007)	Parry et al. (2009)	Scénario "humide"	Scénario "sec"
Infrastructures	2-41	18-104	29,5	13,5
Zones Côtières	5	15	30,1	29,6
Offre d'eau et protection contre les inondations	9	> 9	13,7	19,2
Agriculture, forêt et pêche	7	> 7	7,6	7,3
Santé	5	> 5	2	1,6
Evenements climatiques extrêmes	-	-	6,7	6,5
Total	28-67	-	89,6	77,7

Source : Economics of Adaptation to Climate Change study team (2010),

En plus de ces estimations, les auteurs de l'EACC estiment aussi les coûts totaux d'adaptation par région (voir Figure 7). Des 89,6 milliards de dollars de coûts attendus avec le scénario « humide », plus de 27 % concernent l'Asie de l'est et le Pacifique et plus de 23 % l'Amérique latine et les Caraïbes. Si on prend en compte le scénario « sec », ces pourcentages demeurent similaires. D'après ces études l'Europe et l'Asie centrale ainsi que le Moyen Orient et l'Afrique du Nord sont les régions où les coûts seront plus faibles.

⁷ En effet, les différentes projections basées sur le scénario A2 du GIEC fournissent des augmentations de température similaires. Cependant elles se distinguent par le niveau de précipitations projetées. Ici les auteurs ont utilisé deux des modèles extrêmes : le modèle de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO, Australie) pour le scénario « sec » et celui du National Center for Atmospheric Research (NCAR, Etats Unis) pour le scénario « humide ».

Figure 7 – Coûts totaux d'adaptation par région pour la période 2010-2050 (en milliards de dollars)



Source : Etude Economics of Adaptation to Climate Change study team (2010).

L'estimation séparée des coûts d'atténuation et d'adaptation introduit probablement un biais lié à la non prise en compte des potentielles interactions entre ces deux aspects de la politique climatique. Cependant, ces estimations sont nécessaires pour lancer le débat et appuyer l'argumentation sur la nécessité de mettre en place des mesures d'adaptation.

IV. CHOIX ET MISE EN PLACE DES MESURES D'ADAPTATION

Jusqu'ici ont été abordées les questions de définition des mesures d'adaptation, des spécificités de leur mise en place et des coûts qu'elles impliquent. Nous avons aussi expliqué la nécessité de mettre en place des actions d'adaptation dès à présent. Dans cette dernière partie nous aborderons le choix et la mise en place des mesures d'adaptation et des difficultés à prendre en compte.

A. Hiérarchiser les mesures d'adaptation

Puisque les ressources pour financer les actions d'adaptation sont limitées, il est indispensable de hiérarchiser leur mise en place. Pour cela il est nécessaire de connaître les priorités d'adaptation ainsi que d'être capable de mesurer le succès des différentes actions. Or, il n'existe pas encore de bons indicateurs de la pertinence des mesures d'adaptation puisqu'il est difficile d'évaluer la vulnérabilité des territoires et de mesurer le succès des actions d'adaptation entreprises. Ceci rend la hiérarchisation des mesures d'adaptation particulièrement difficile pour les acteurs impliqués. La promotion de la recherche dans ce domaine est urgente.

Favoriser des mesures sans regret

Le manque d'indicateurs adaptés à l'évaluation des politiques d'adaptation, ajouté aux aspects spécifiques des mesures qui en découlent et à l'incertitude liée aux changements climatiques et à ses impacts (voir section II), conduit à favoriser en priorité les mesures dites « sans regret ».

D'après Hallegatte (2008), une mesure d'adaptation est considérée « sans regret » si la décision n'est pas regrettée même si le risque contre lequel elle a été élaborée ne se matérialise pas. Ceci veut dire que la mesure a d'autres raisons que l'adaptation d'être exécutée. Par exemple, la réduction des émissions de gaz à effet de serre pour atténuer les impacts des changements climatiques est une mesure sans regret

puisqu'il y a d'autres effets positifs de cette réduction, comme l'amélioration concomitante de la qualité de l'air qui a un impact direct sur la santé. Dans la même logique, le renforcement des systèmes d'évacuation des eaux de pluie est aussi une mesure sans regret.

Eviter les écueils de la *maladaptation*

La maladaptation consiste à mettre en place des mesures d'adaptation qui s'avèrent inefficaces une fois les changements climatiques matérialisés (OCDE, 2009) Ces mesures sont en général très coûteuses par rapport à leur bénéfice constaté et se produisent souvent dans le cadre d'une politique d'adaptation dure, c'est à dire impliquant la construction d'infrastructures.

La ligne Maginot, bâtie entre les deux guerres mondiales pour faire face au risque d'une nouvelle invasion allemande, constitue un exemple intéressant d'une stratégie de maladaptation. Cet investissement très lourd, voté au cours d'une période d'austérité économique, était considéré comme une protection optimale et suffisante. Toutefois, en mai 1940, l'armée allemande a envahi la Belgique, contourné la ligne Maginot par le Nord-ouest, traversé les Ardennes et vaincu en un mois une armée française surprise et désorganisée. Lorsqu'elle fut conçue dans les années 1920, le risque auquel tentait de faire face la ligne Maginot était celui d'un conflit d'infanterie en Alsace-Lorraine, semblable à celui de la première guerre mondiale. Quand la ligne s'est trouvée prête quelques quinze ans plus tard, elle n'était plus adaptée à la stratégie allemande effectivement mise en œuvre.

Dans le cas des changements climatiques, la situation présente des similitudes : jamais la Terre n'a eu à faire face à un réchauffement aussi rapide, et l'étude des événements passés, bien que nécessaire, ne suffira pas puisqu'il faut s'attendre à des scénarios radicalement nouveaux. Il est donc indispensable (i) de prendre en compte l'existence de l'incertitude, qui rend difficile la mise en place de mesures d'adaptation, et (ii) de revoir les référentiels basés sur le climat passé pour éviter des mesures de maladaptation. C'est particulièrement vrai des investissements dans des infrastructures dont l'importance du coût et de la durée de vie les rend sensibles aux aléas climatiques et aux risques de maladaptation.

Autres approches de hiérarchisation

Une fois les mesures sans regret mises en place et les enjeux de la maladaptation compris, il reste à identifier et hiérarchiser les différentes mesures d'adaptation complémentaires en tenant compte de la vulnérabilité du territoire. Deux approches peuvent être envisagées :

- la première est basée sur la minimisation des coûts économiques futurs estimés en fonction entre autres de la vulnérabilité future, et des mesures d'adaptation retenues ;
- la seconde est plus pragmatique et tient compte de l'analyse de la vulnérabilité présente et des apprentissages par expérience.

La première approche se base sur le calcul économique, au travers de l'analyse coûts-bénéfices des mesures concrètes envisagées. Cette méthode comporte certaines limites liées aux hypothèses à prendre en compte : aversion au risque des générations présentes et futures, taux d'actualisation des flux financiers, conditions climatiques futures, etc. Souvent, et en particulier sur la question de l'adaptation aux événements extrêmes, les résultats de ces analyses diffèrent considérablement selon les hypothèses sous-jacentes considérées.

La deuxième méthode limite l'impact du choix de ces hypothèses par une approche qui favorise les mesures les plus urgentes. Sont favorisées les mesures d'adaptation aux effets climatiques qui se font en partie déjà sentir. Par exemple, la gestion de zones côtières sera favorisée face à une augmentation déjà constatée du niveau de la mer. Mettre en place ce type de mesures d'adaptation proactive permet de limiter les dégâts présents et de commencer à acquérir un savoir-faire très utile plus tard au moment où l'augmentation plus conséquente du niveau de la mer se matérialisera (indépendamment du fait qu'il s'agisse d'une augmentation plus ou moins prononcée).

Dans les deux approches, il est important de favoriser les mesures flexibles. Le processus d'adaptation doit en effet pouvoir être révisé au fur et à mesure que les connaissances sur les impacts des changements climatiques s'améliorent et que les changements climatiques se matérialisent.

Enfin, la hiérarchisation des mesures d'adaptation aux changements climatiques sera aussi une question de priorité politique, en particulier dans le cas des mesures qui ne seraient pas sans regret. Puisque ces mesures peuvent potentiellement impliquer des coûts très élevés pour la société alors que les changements climatiques pour lesquels elles ont été prévues ne se matérialiseront pas forcément, il sera nécessaire de justifier politiquement leur mise en place. D'autres critères tels que l'équité, l'acceptabilité sociale ou politique, les risques encourus (avec et sans la solution) ou les effets environnementaux joueront un rôle important dans la hiérarchisation des mesures d'adaptation. Par exemple, prendre certaines mesures d'adaptation fortes et symboliques, comme la protection d'un territoire ou d'un bien public, tel que le centre-ville de Saint-Malo par le rehaussement d'une digue, même s'il s'agit d'une mesure très coûteuse et irréversible, pourra en pratique être préféré à d'autres mesures moins radicales. Par ailleurs nos sociétés ne pourront pas résoudre le problème de l'adaptation uniquement avec des mesures sans regret si les scénarios climatiques les plus pessimistes se matérialisent.

B. Le rôle des pouvoirs publics

Dans l'objectif de favoriser l'adaptation proactive menée par les différents acteurs sociaux, aussi bien privés que publics, le secteur public a un rôle fondamental à jouer. Nous avons abordé l'importance des autorités publiques dans la hiérarchisation des mesures d'adaptation lorsque la décision politique entre en jeu. Ici nous allons analyser d'autres aspects de la lutte contre les changements climatiques et plus particulièrement de la mise en place de mesures d'adaptation, pour lesquels les pouvoirs publics ont une responsabilité importante.

Tout d'abord, les pouvoirs publics ont la capacité de rendre la réflexion obligatoire et d'associer population et acteurs économiques aux processus de mise en place des mesures d'adaptation. Impliquer les différents acteurs sociaux sera fondamental afin de mutualiser les connaissances, trouver des mesures d'adaptation appropriées et acceptées, ainsi que pour les hiérarchiser.

Ensuite, aussi bien pour encourager des mesures de réductions d'émissions de gaz à effet de serre que pour promouvoir la mise en place de mesures d'adaptation aux changements climatiques futurs, il est nécessaire de disposer d'information climatique pertinente et à l'échelle adéquate. Pour ce faire, des initiatives telles que le projet « Donner accès aux scénarios climatiques régionalisés français pour l'impact et l'adaptation de nos sociétés et environnements » (DRIAS) financé par le programme Gestion et impacts du changement climatique (GICC) du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) sont primordiales et ne peuvent pas avoir lieu sans le soutien des pouvoirs publics. L'information sur les changements climatiques relèverait ainsi d'un véritable « service public climatique » qui permettrait aux acteurs étrangers à la modélisation climatique (équipes de recherche, services de l'État, bureaux d'études,...) d'utiliser leurs résultats. Pour l'instant, ces informations climatiques sont disponibles mais dispersées. Des avancées sur la représentation du climat et ses conséquences opérationnelles sont encore nécessaires, tout comme sur l'amélioration du traitement de l'information et de son transfert entre communauté scientifique et métiers opérationnels.

Il est d'autre part crucial d'adapter la réglementation technique au climat futur. La réglementation joue un rôle fondamental pour l'incitation à la mise en place de mesures d'adaptation, aussi bien en ce qui concerne l'adaptation spontanée, qui ne peut avoir lieu si les normes existantes la défavorisent, que l'adaptation planifiée, qui a besoin d'un cadre réglementaire cohérent pour être développée. Les pouvoirs publics doivent donc jouer un rôle moteur en assurant un cadre réglementaire cohérent. Pour établir ce cadre réglementaire approprié, un important travail juridique est nécessaire pour assurer sa cohérence d'ensemble.

Par ailleurs, les politiques d'aménagement du territoire ont un rôle à jouer très important pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'adaptation aux changements climatiques. Elles devront être modernisées pour prendre en compte les nouvelles informations sur les impacts des changements climatiques. Une question clé est de savoir s'il faut créer de nouvelles politiques d'adaptation, ce qui peut

s'avérer compliqué, ou s'il est plus pertinent d'incorporer l'adaptation dans les politiques existantes. L'adaptation reste dans tous les cas un sujet transversal qui impacte de nombreuses politiques, depuis l'aménagement du territoire, l'éducation et formation, jusqu'à la santé.

Enfin, si les pouvoirs publics ont un rôle majeur à jouer, le secteur privé prendra aussi des initiatives pour améliorer sa résilience aux impacts des changements climatiques.⁸ Sa capacité de mobilisation et d'entrepreneuriat ne doit pas être négligée.

C. Financer les mesures d'adaptation

La question du financement joue dans la hiérarchisation des mesures d'adaptation. En principe, les mesures d'adaptation économiquement viables sont mises en place en priorité. Cependant, certaines mesures d'adaptation politiquement prioritaires peuvent ne pas être viables économiquement. C'est par exemple le cas déjà cité de l'amélioration de la résilience de la digue de Saint-Malo. Pour ce type de mesures, comme dans la plupart des cas, des financements ad hoc sont à trouver. Cependant, l'adaptation peut jouer souvent le rôle de levier additionnel pour promouvoir un développement plus durable, puisque ce type de mesures s'insèrent dans des travaux déjà prévus et justifiés par d'autres raisons.

Ces financements additionnels peuvent être difficiles voire impossibles à lever. Un territoire peut se voir dans la situation de devoir faire face à des coûts extrêmement importants et ne pas avoir les moyens de les supporter. C'est le cas des pays en voie de développement et notamment des pays les moins avancés (PMA). Ces pays, avec peu de ressources financières, subiront une grande partie des effets néfastes des changements climatiques et présentent des besoins d'adaptation particulièrement importants. Ceci soulève un autre enjeu : les pays en voie de développement subissent les conséquences d'un phénomène pour lequel ils ne sont pas responsables. Il s'agit ici plutôt d'un enjeu d'équité que d'une recherche de financement possible. Dans cette optique, des fonds pour les aider tels que le Fonds d'Adaptation, établi à la Conférence des parties du protocole de Kyoto à Marrakech en 2001, ou le tout nouveau Copenhagen Green Climate Fund évoqué dans l'Accord de Copenhague de 2009 sont prévus. Ils induisent des transferts financiers entre pays développés et pays en développement, transferts qui devront être intensifiés pour répondre aux besoins de pays tels que le Tuvalu face aux impacts des changements climatiques. Drouet (2009) aborde cette question et trace un panorama complet de l'état de lieu du financement de l'adaptation dans les pays en voie de développement. Enfin, dans un rapport récent de l'OCDE, Agrawala and Carraro (2010) soulignent que les enjeux les plus importants se focalisent non seulement dans l'estimation des besoins d'adaptation et le lever des fonds nécessaires pour y faire face mais aussi sur le fait qu'il faut trouver les canaux de distribution des ressources optimales pour permettre d'atteindre les personnes les plus vulnérables.

La réflexion sur le financement de l'adaptation dans les pays développés est également en cours, aussi bien en France qu'ailleurs. En France la Direction générale de l'énergie et du climat du ministère de l'environnement a lancé l'élaboration du Plan national d'adaptation aux changements climatiques au travers de trois groupes de travail dont un sur les moyens financiers. Des mesures concrètes doivent être proposées début 2011.

Des besoins de financement spécifiques seront nécessaires dans le secteur des infrastructures. Celui-ci représente plus de 30% des coûts totaux d'adaptation (voir Tableau 3). Le financement des nouvelles infrastructures doit en effet inclure les coûts supplémentaires engendrés par l'adaptation aux changements climatiques. En le faisant dès la conception de l'infrastructure, le coût sera beaucoup moins important que si les mesures d'adaptation doivent être prises sur des ouvrages existants. Ainsi, l'adaptation peut s'insérer dans des mécanismes existants et de cette façon réduire les sommes exigées. De ce fait le surcoût à l'investissement lié à la question de l'adaptation peut être financé par des outils traditionnels de financement des infrastructures, tels que les partenariats public-privé, les délégations de service public, le tiers investissement (voir Encadré 2). Dans plusieurs cas, les financements publics ne

⁸ Un territoire, un secteur ou un agent économique est résilient aux changements climatiques s'il est capable de leur faire face sans subir leurs conséquences négatives et de profiter des opportunités.

suffiront pas et il faudra trouver le moyen d'attirer des capitaux privés en s'appuyant sur l'effet de levier du secteur public.

Encadré 2 – Financement de l'adaptation : l'exemple du tiers investissement pour l'adaptation d'un bâtiment à des vagues de chaleur plus fréquentes

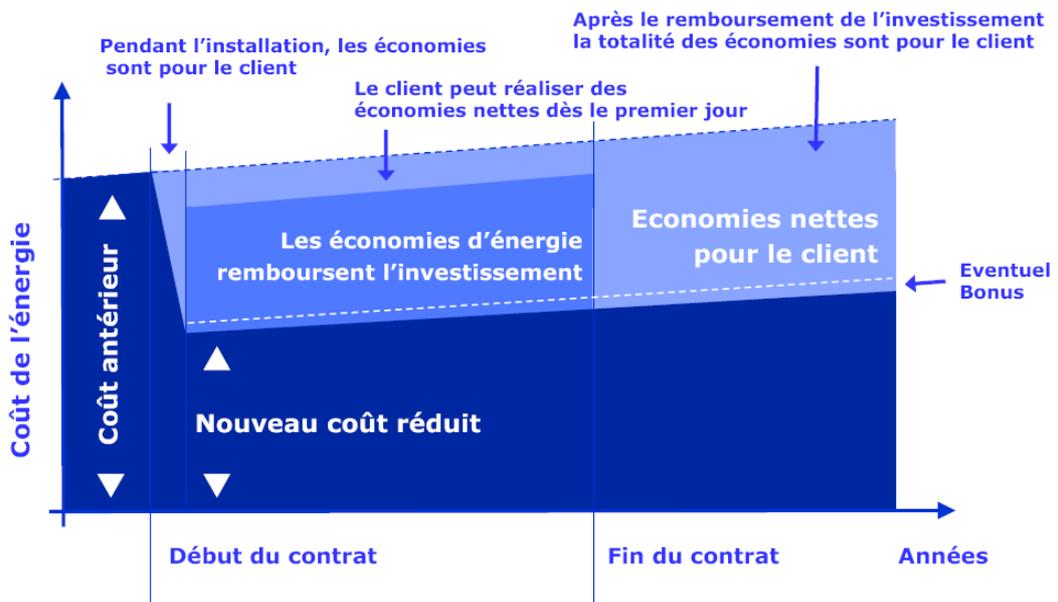
Une meilleure isolation des bâtiments permet de maintenir l'habitat plus frais en été et plus chaud en hiver. Face à une augmentation du nombre et de l'intensité des vagues de chaleur, une mesure d'adaptation appropriée consiste à améliorer cette isolation. Cette mesure améliore l'efficacité énergétique du bâtiment et réduit ses émissions. Elle peut donc bénéficier d'un financement par un mécanisme de tiers investissement.

Dans un mécanisme de tiers investissement, l'investisseur investit dans la réhabilitation énergétique d'un bâtiment qui ne lui appartient pas et se rémunère sur les économies d'énergie réalisés par l'occupant (propriétaire ou locataire). Sur un contrat de n années, le processus est le suivant :

- en année 0, les charges du bâtiment sont conséquentes, et le tiers investisseur réalise les investissements permettant d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment en le rendant du même coup moins vulnérable aux vagues de chaleur.
- au cours des années 1 à n, les charges du bâtiment ont diminué. Le propriétaire bénéficie de ce fait d'une économie par rapport à ses charges précédentes et verse une somme définie par contrat au tiers investisseur. La somme des montants versés au tiers investisseur lui permettent de se rembourser et de dégager une rentabilité. Le contrat peut prévoir comment sont réparties les bénéfices liés aux économies d'énergies selon l'évolution des tarifs de l'énergie.
- en année n, le contrat est arrivé à terme, le propriétaire bénéficie donc de charges beaucoup moins importantes que celles qu'il supportait à l'année 0 (à prix de l'énergie constant).

La figure 8 montre le schéma du mécanisme du tiers investissement sous l'hypothèse que les prix de l'énergie sont croissants dans le temps. Pour cette raison, le coût total de l'énergie croît par rapport à la situation initiale, de même que le nouveau coût «réduit» croît également.

Figure 8: Mécanisme du tiers investissement



Source : L Vanstraelen (2008).

V. CONCLUSIONS

La lutte contre les changements climatiques présente deux volets complémentaires : l'atténuation des émissions des gaz à effet de serre et l'adaptation aux impacts des changements climatiques. Elle demande donc à mettre en place des actions qui réduisent les émissions des gaz à effet de serre, mais également des actions qui augmentent la résilience des systèmes naturels et socio-économiques aux changements futurs du climat.

Ce second volet de l'adaptation des sociétés et des systèmes aux changements climatiques doit être envisagé dès à présent pour plusieurs raisons : (i) même si les émissions de gaz à effet de serre étaient réduites à zéro, il serait inévitable de subir certains impacts des changements climatiques du fait de l'inertie de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre et du temps de réponse du système climatique, (ii) ne rien faire face aux changements climatiques déjà engagés conduira à des situations inacceptables comme la disparition de certains Etats insulaires, et (iii) les coûts des changements climatiques augmenteront dans le temps sans mise en place de mesures d'adaptation.

Cependant la mise en place de mesures d'adaptation demande à gérer leurs caractéristiques spécifiques et en premier lieu leur caractère local. Celui-ci a des conséquences sur les incitations nécessaires à mettre en place auprès des agents, ainsi que sur le financement des mesures. Il rend difficile la standardisation des mesures et oblige à adapter chaque territoire à des impacts climatiques particuliers par des mesures ad hoc. Deuxième difficulté à la mise en place des politiques d'adaptation, le contexte de grande incertitude qui règne à la fois sur les conditions climatiques futures et leur impact sur nos sociétés. Troisième point, il sera nécessaire de revoir les référentiels basés sur des données climatiques historiques qui influencent la vulnérabilité des infrastructures existantes et peuvent, s'ils continuent à être utilisés, augmenter les coûts de l'adaptation quand les impacts des changements climatiques se matérialiseront, surtout pour les infrastructures qui ont une longue durée de vie et peu adaptables sur tout leur cycle de vie.

Le choix des mesures d'adaptation passe par leur hiérarchisation. Les mesures sans regret ainsi que les mesures flexibles sont à favoriser. Les mesures qui pourraient conduire à de la « maladaptation » sont à éviter puisqu'elles augmentent au final les coûts des changements climatiques. Les pouvoirs publics ont ici un rôle majeur à jouer dans le choix des mesures d'adaptation et dans l'incitation à adopter des mesures d'adaptation pro-actives. Ces dernières nécessitent en effet de disposer d'informations sur les indicateurs hydro-climatiques pertinents et leurs évolutions futures à l'échelle régionale, les impacts biophysiques, les vulnérabilités socioéconomiques, les options d'adaptation possibles et les barrières qui empêchent leur mise en œuvre. Or l'amélioration de la résolution spatiale des modèles climatiques globaux ainsi que la mise à disposition de l'information climatique disponible ne peut pas avoir lieu sans un soutien public massif. Et les référentiels ne peuvent être établis que par une régulation publique adaptée, impliquant un dialogue entre législateurs et parties prenantes.

Le point le plus problématique à l'heure actuelle reste le financement des mesures d'adaptation. A l'échelle internationale, des mécanismes pour aider les pays les moins avancés sont en train d'être mis en place et la question des canaux de distribution des aides financières reste un point important à éclaircir. En ce qui concerne le financement de l'adaptation des pays développés, la réflexion est en cours y compris en France où un Plan national d'adaptation aux changements climatiques est en cours d'élaboration pour 2011. Le secteur des infrastructures y représente un enjeu particulier du fait de l'importance des durées de vie des ouvrages. Il représente une bonne partie des coûts totaux estimés de l'adaptation. Pour les infrastructures existantes, une étude au cas par cas sera nécessaire. Mais il est nécessaire dès à présent d'incorporer des incitations à l'adaptation dans les financements de nouveaux projets. Les capitaux publics n'y suffiront pas et il sera nécessaire de trouver des mécanismes pour attirer des financements privés.

VI. RÉFÉRENCES

- Accord de Copenhague (2009), disponible sur le site de la CNUCC www.unfccc.int
- Agrawala, S. et Fankhauser, S. (2008). *Aspects économiques de l'adaptation au changement climatique. Coûts, bénéfices et instruments économiques*. OCDE.
- Agrawala, S. et Carraro, M. (2010). *Assessing the Role of Microfinance in Fostering Adaptation to Climate Change*. OCDE.
- Boe, J. (2007), *Changement global et cycle hydrologique : Une étude de régionalisation sur la France*, thèse de l'Université de Toulouse
- Bruin, K., Dellink, R. and Agrawala, S. (2009). *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change*. OCDE.
- Banque Mondiale (2006), *Clean Energy and Development: Towards an Investment Framework*, Banque Mondiale, disponible sur [http://siteresources.worldbank.org/DEVCOMMINT/Documentation/20890696/DC2006-0002\(E\)-CleanEnergy.pdf](http://siteresources.worldbank.org/DEVCOMMINT/Documentation/20890696/DC2006-0002(E)-CleanEnergy.pdf), page consultée le 22 mars 2010.
- CCNUCC (2008). *Investment and financial flows to address climate change: an update*, nov. 2008
- CCNUCC (2007), *Investment and Financial Flows to address Climate Change*, United Nations Framework Convention on Climate Change, disponible sur: <http://www.un.org/ga/president/62/ThematicDebates/gpicc/iffacc.pdf>, page consultée le 22 mars 2010.
- Cochran, I (2009). *Infrastructures de transport en France : vulnérabilité au changement climatique et possibilités d'adaptation*. Etude Climat n° 18. Mission Climat de la Caisse des Dépôts.
- Drouet, A. (2009), *Financer l'adaptation aux changements climatiques : ce que prévoit la CNUCC*, Etude Climat n° 17. Mission Climat de la Caisse des Dépôts.
- Economics of Adaptation to Climate Change study team (2010), *The Costs to Developing Countries of Adapting to Climate Change, New Methods and Estimates*, The Global Report of the Economics of Adaptation to Climate Change Study, Consultation draft, World Bank, <http://siteresources.worldbank.org/INTCC/Resources/EACCReport0928Final.pdf> (last accessed March 2010)
- Guérard, H. et Ray, M. (2006). *Le projet Gerici : gestion des risques liés au changement climatique pour les infrastructures. Premières leçons de trois années d'expérience d'étude des vulnérabilités*. La Revue générale des routes et des aérodromes (RGRA) n° 854. pp. 52-57.
- Hallegatte, S. (2008). *Adaptation to Climate change: Do not count on climate scientist to do your work*, Reg-Markets Center, Related Publication 08-01.
- Hallegatte, S. (2010). *Challenges ahead: risk management and cost-benefit analysis in a climate change context*, in "The Economic Impact of Natural Disaster, D. Guha-Sapir, I. Santos (Eds.), EarthScan, à venir.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (ou GIEC) (2001), Third Assessment Report, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (ou GIEC) (2007), Fourth Assessment Report, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Klein R.J. T., Huq S., Denton F., Downing T.E., Richels R.G., Robinson J.B., Toth F.L., (2007). *Inter-relationships between adaptation and mitigation*. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the

Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 745-777.

- Lebourgeois , F. (2001), « Une analyse des changements climatiques régionaux en France entre 1956 et 1997. Réflexions en terme de conséquences pour les écosystèmes forestiers ». *Ann. For. Sci.*, N° 58 pp. 733-754.
- Mendelsohn, R. (2006). *The Role of Markets and Governments in Helping Society Adapt to a Changing Climate*. Climatic Change Vol 78 num. 1.
- Met Office. *The impacts of a global temperature rise of 4°C (7°F)*. Disponible sur : <http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/guide/effects/high-end.html>. 28 février 2010.
- OCDE (2009). *Adaptation au changement climatique et coopération pour le développement : document d'orientation*.
- Parry, M., N. Arnell, P. Berry, D. Dodman, S. Fankhauser, C. Hope, S. Kovats, R. Nicholls, D. Satterthwaite, R. Tiffin, and T. Wheeler, (2009). *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*. London: International Institute for Environment and Development and the Grantham Institute for Climate Change, Imperial College.
- Parry, M. (2002). "Dealing with climate benefits in the IPCC Fourth assessment", presentation at OECD, Paris, December.
- Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change [The Stern Report]*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vanstraelen, L (2008), *Le tiers investissement et les bâtiments publics* - Fedesco, présentation pour le séminaire Cargo, Bruxelles.



VII. LA SERIE « ETUDES CLIMAT » DE CDC CLIMAT RECHERCHE

- N°20 **Valorisation carbone de la filière forêt-bois en France**
MARIANA DEHEZA & VALENTIN BELLASSEN – Avril 2010
- N°19 **La politique climatique australienne**
OLIVER SARTOR – Février 2010
- N°18 **Infrastructures de transport en France : vulnérabilité au changement climatique et possibilités d'adaptation**
IAN THOMAS COCHRAN – Septembre 2009
- N°17 **Financer l'adaptation aux Changements Climatiques**
ANITA DROUET – Avril 2009
- N°16 **Développement des énergies renouvelables : quelle contribution du marché carbone ?**
CECILE BORDIER - Décembre 2008
- N°15 **Du changement dans l'air : les bases du futur marché américain du carbone**
CATE HIGHT & GUSTAVO SILVA-CHAVEZ - Octobre 2008
- N°14 **Réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts : quelle contribution de la part des marchés carbone ?**
VALENTIN BELLASSEN, RENAUD CRASSOUS, LAURA DIETZCH & STEPHAN SCHWARTZMAN – Septembre 2008
- N°13 **Echanges de quotas en période d'essai du marché européen du CO₂ : ce que révèle le CITL**
RAPHAËL TROTIGNON & ANAÏS DELBOSC - Juin 2008
- N°12 **Fonds d'investissement CO₂ : l'essor des capitaux privés**
IAN THOMAS COCHRAN & BENOIT LEGUET - Octobre 2007
- N°11 **Compenser pour mieux réduire – Le marché de la compensation volontaire**
VALENTIN BELLASSEN & BENOIT LEGUET - Septembre 2007
- N°10 **Croître sans réchauffer ? L'intensité carbone des économies développées**
ANAÏS DELBOSC, JAN HORST KEPPLER & ALEXIA LESEUR - Janvier 2007
- N°9 **Trading in the Rain ; Précipitations et émissions du secteur électrique européen**
KATIA HOUPERT & ARIANE DE DOMINICIS - Juillet 2006
- N°8 **Panorama des Plans nationaux d'allocation des quotas en Europe**
CLAIRE DUFOUR & ALEXIA LESEUR - Avril 2006
- N°7 **Fonds d'investissement dans les actifs CO₂ : l'accélération**
ARIANE DE DOMINICIS - Novembre 2005
- N°6 **Agriculture et réduction des émissions de gaz à effet de serre**
BENOIT LEGUET - Septembre 2005
- N°5 **Les expériences de projets domestiques CO₂ dans le monde**
ARIANE DE DOMINICIS - Septembre 2005
- N°4 **Les enjeux de la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le bâtiment**
EMMANUEL ARNAUD - Septembre 2005
- N°3 **Les plateformes de marché et le fonctionnement du système de quotas CO₂**
ROMAIN FREMONT - Juin 2005
- N°2 **Plan National d'Allocation des Quotas et territoires**
EMMANUEL ARNAUD - Mars 2005
- N°1 **Les fonds d'investissement dans les actifs carbone : état des lieux**
ARIANE DE DOMINICIS - Janvier 2005

Toutes les publications de CDC Climat Recherche sont disponibles sur :

<http://www.caissedesdepots.fr>

Directeur de la Publication :

BENOIT LEGUET +33 1 58 50 98 18
benoit.leguet@cdcclimat.com

Contacts CDC Climat Recherche:

EMILIE ALBEROLA +33 1 58 50 41 76
emilie.alberola@cdcclimat.com

MAY ARMSTRONG +33 1 58 50 76 27
may.armstrong@cdcclimat.com

VALENTIN BELLASSEN +33 1 58 50 19 75
valentin.bellassen@cdcclimat.com

MALIKA BOUMAZA +33 1 58 50 37 38
malika.boumaza@cdcclimat.com

IAN COCHRAN +33 1 58 50 85 17
ian.cochran@cdcclimat.com

MARIANA DEHEZA +33 1 58 50 99 85
mariana.deheza@cdcclimat.com

ANAÏS DELBOSC +33 1 58 50 99 28
anais.delbosc@cdcclimat.com

GASPARD DUMOLLARD +33 1 58 50 74 89
gaspard.dumollard@cdcclimat.com

JÉRÉMY ELBEZE +33 1 58 50 98 19
jeremy.elbeze@cdcclimat.com

MORGAN HERVÉ-MIGNUCCI +33 1 58 50 99 77
morgan.herve-mignucci@cdcclimat.com

HALIL KARATAS +33 1 58 50 83 39
halil.karatas@cdcclimat.com

JESSICA LECOLAS +33 1 58 50 98 20
jessica.lecolas@cdcclimat.com

ALEXIA LESEUR +33 1 58 50 41 30
alexia.leseur@cdcclimat.com

MARIA MANSANET-BATALLER +33 1 58 50 98 20
maria.mansanet@cdcclimat.com

CHRISTOPHE MEILHAC +33 1 58 50 84 44
christophe.meilhac@cdcclimat.com

OLIVER SARTOR +33 1 58 50 85 20
oliver.sartor@cdcclimat.com

NICOLAS STEPHAN +33 1 58 50 98 39
nicolas.stephan@cdcclimat.com

DOROTHÉE TEICHMANN +33 1 58 50 84 45
dorothee.teichmann@cdcclimat.com

RAPHAËL TROTIGNON +33 1 58 50 96 04
raphaël.trotignon@cdcclimat.com

Cette Etude Climat a été réalisée par la Direction Recherche de CDC Climat, filiale de la Caisse des Dépôts dédiée à la lutte contre le changement climatique.

CDC Climat Recherche produit des analyses et des recherches publiques sur l'économie du changement climatique.

Les auteurs assument l'entière responsabilité de toute erreur ou omission.