

Les nouveaux scénarios socio-économiques pour la recherche sur le changement climatique

Céline Guivarch, Julie Rozenberg

▶ **To cite this version:**

Céline Guivarch, Julie Rozenberg. Les nouveaux scénarios socio-économiques pour la recherche sur le changement climatique. Pollution Atmosphérique : climat, santé, société, 2013, Numéro Spécial Climat, pp.1-9. halshs-01053730

HAL Id: halshs-01053730
https://shs.hal.science/halshs-01053730

Submitted on 1 Aug 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les nouveaux scénarios socio-économiques pour la recherche sur le changement climatique

Céline Guivarch et Julie Rozenberg

Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement,

45bis avenue de la Belle Gabrielle 94736 Nogent-sur-Marne,

guivarch@centre-cired.fr

Version pré-publication de : Guivarch, C., Rozenberg, J. 2013. Les nouveaux scénarios socio-économiques pour la recherche sur le changement climatique. Revue Pollution Atmosphérique. Climat, santé, société. N° spécial climat - Juin 2013.

Résumé

La communauté scientifique est en train d'élaborer une nouvelle génération de scénarios pour éclairer les choix que nous avons à faire face au changement climatique. Cette nouvelle génération de scénarios permet d'intégrer de manière plus complète les mécanismes qui régissent le climat et de donner des éclairages à des résolutions spatiales et temporelles inexplorées dans les exercices précédents. Par ailleurs, elle donne un cadre pour intégrer explicitement les politiques climatiques d'atténuation et d'adaptation, ce qui ouvre la possibilité d'évaluer les bénéfices et les coûts des politiques climatiques selon différents scénarios socio-économiques. Enfin, elle met en place une nouvelle façon de travailler qui renforce la collaboration entre les différentes communautés de recherche sur le changement climatique.

Mots-clefs : Scénarios socio-économiques, changement climatique, modèles.

Abstract

The scientific community is developing a new generation of scenarios to inform the choices we have to make when it comes to responding to climate change. This new generation of scenarios integrates more fully the mechanisms that regulate climate and provides insights to spatial and temporal resolutions unexplored in previous exercises. In addition, it gives a framework for integrating explicit climate policies for mitigation and adaptation, which allows assessing the benefits and costs of climate policies in different socio-economic scenarios. Finally, it introduces a new way of working that strengthens the collaboration between different research communities on climate change.

Key words : Socio-economic scenarios, climate change, models.

1. Des scénarios pour éclairer les choix que nous avons à faire face au changement climatique

Confrontées à la question du changement climatique, nos sociétés doivent prendre des décisions aujourd'hui pour atténuer le changement climatique lui-même (en réduisant nos émissions de gaz à effet de serre, GES), s'y adapter (en mettant en œuvre des stratégies visant à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux effets du changement climatique) ou en subir les effets. La simplicité de ce « menu » n'est qu'apparente, et les actions d'atténuation et d'adaptation ne sont bien entendu pas mutuellement exclusives. Comprendre les choix que nous devons faire dans ce menu, et mettre en place des politiques et stratégies adéquates, nécessite de comprendre les mécanismes en jeu, et les incertitudes qui pèsent sur ces mécanismes. Pour un niveau donné de changement climatique que nous pourrions prendre comme objectif politique (tel que la cible des 2°C aujourd'hui adoptée par la conférence des parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique), nous devons déterminer à quel niveau et comment nous devrions réduire nos émissions de GES pour atteindre cet objectif, à quel point et comment nous pouvons nous adapter à ce niveau de changement climatique, et quelles régions, secteurs et personnes subiront le plus de dommages climatiques.

Les implications du changement climatique pour nos sociétés dépendront non seulement de la réponse du système climatique à l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, mais aussi de comment l'humanité répondra par l'évolution des technologies, des économies, des modes de vies et des politiques climatiques. La vulnérabilité des sociétés au changement climatique dépendra de la structure des économies (par exemple, une économie reposant sur l'agriculture n'a pas le même type de vulnérabilité au changement climatique qu'une économie orientée plus vers l'industrie et les services), de l'urbanisation (la vulnérabilité des villes et des zones rurales à des événements de type inondations ou vagues de chaleur ne sont pas les mêmes), de la réduction ou non des trappes de pauvreté (les populations les plus pauvres sont souvent les plus exposées aux conditions environnementales et ont moins de capacité à s'adapter du fait de moindres capacités financières, de moindres capacités institutionnelles, de moindre poids politique, de moindre accès à l'éducation et à la santé).

Il s'agit donc de comprendre comment les émissions futures, et le changement climatique et ses conséquences, peuvent être influencés par des évolutions technologiques et socio-

économiques alternatives. C'est ici que le besoin de scénarisation se fait sentir. L'objectif du travail à partir de scénarios n'est pas de prédire le futur, mais bien de mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre et les incertitudes afin de prendre des décisions aussi robustes que possible face à ces incertitudes.

2. Une nouvelle génération de scénarios, mais aussi une nouvelle façon de construire et utiliser les scénarios

2.1. Pourquoi a-t-on besoin d'une nouvelle génération de scénarios ?

Pour les exercices de scénarisation précédents, le GIEC a rassemblé des experts et modélisateurs pour la construction de jeux de scénarios, approuvés par le processus intergouvernemental du GIEC. Le rapport Scenario A (GIEC, 1990) explorait quatre trajectoires d'émissions de GES, une trajectoire « de référence » (i.e. sans politiques climatiques) et trois autres représentants des politiques climatiques à l'ambition croissante. Le rapport supplémentaire sur les scénarios de 1992 (GIEC, 1992) étudiait quant à lui les implications des incertitudes sur la croissance économique, la population et les technologies sur les trajectoires d'émissions. Le dernier rapport sur les émissions (SRES, Special Report on Emissions Scenarios, GIEC, 2000) examinait les effets sur les émissions de GES des incertitudes sur un large éventail de "driving forces" (démographie, croissance économique, changement technologique…). Les scénarios SRES sont regroupés en quatre grandes familles (A1, B1, A2, B2), résultant de la combinaison de deux jeux d'hypothèses d'évolutions divergentes : d'une part une importance prédominante accordée aux valeurs économiques ou, au contraire, une importance croissante des valeurs environnementales, de l'autre une mondialisation croissante vs. une régionalisation croissante (**Figure 1**).

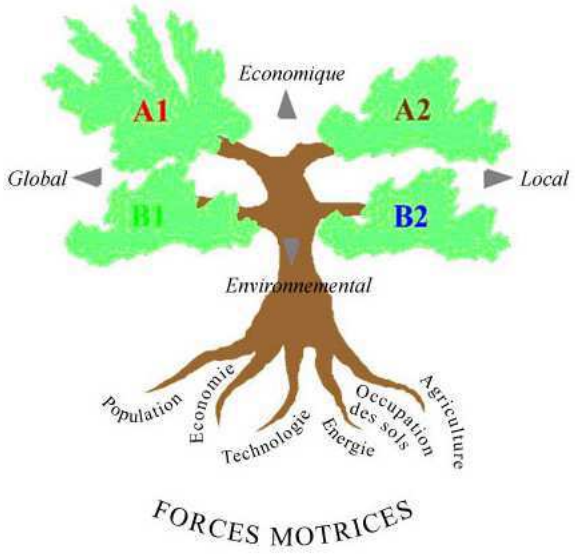


Figure 1 : Les quatre familles des scénarios SRES (adapté de GIEC, 2000).

Bien que les exercices précédents de scénarisation du GIEC aient été très fructueux, en particulier les SRES qui ont été très largement utilisés comme scénarios d'émissions des GES, de nouveaux scénarios ainsi qu'un nouveau processus pour les sélectionner et les utiliser sont nécessaires. Cinq raisons principales justifient la nécessité d'une nouvelle génération de scénarios :

(1) Depuis les années 2000, les déterminants socio-économiques (économie, technologies, politiques publiques) ont beaucoup évolué. Par exemple, la possibilité d'un développement aussi rapide que la trajectoire suivie par les pays émergents depuis 2000 n'était pas incluse dans les SRES. Dans le même temps, les projections démographiques globales ont été revues à la baisse, de 14 milliards d'humains à 10 milliards à l'horizon 2100. Les scénarios doivent être mis à jour pour prendre en compte ce nouveau contexte.

(2) D'autre part, les SRES ne comprenaient que des scénarios sans politiques climatiques. Nous avons aujourd'hui besoin de scénarios intégrant des politiques climatiques, afin de pouvoir évaluer les coûts et les bénéfices de différents types de politiques climatiques.

(3) Des avancées du côté des modèles physiques de climat ont conduit à des besoins d'informations plus détaillées et à des résolutions plus fines que celles fournies par les

SRES: émissions d'aérosols, description explicite à une échelle géographique fine des usages des sols…

(4) Les scénarios existants ne fournissent pas tous les éléments nécessaires à l'étude des impacts et de l'adaptation. Ceci demande en effet des scénarios climatiques focalisés sur les deux ou trois prochaines décennies, avec une résolution spatiale et temporelle fine; mais aussi l'explicitation des développements socio-économiques pertinents pour l'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques (par exemple l'évolution des dynamiques d'urbanisation, les évolutions des modes de gouvernance, etc.).

(5) Enfin, les modèles mobilisés dans la communauté de recherche sur le changement climatique ont de plus en plus de domaines de recouvrement[1] (Figure 2), ce qui souligne l'importance d'une coordination et cohérence dans l'utilisation des scénarios et l'harmonisation des hypothèses, données et conditions aux limites. C'est ce besoin accru de cohérence et d'harmonisation qui a conduit à la mise en place d'un nouveau processus de construction des scénarios.

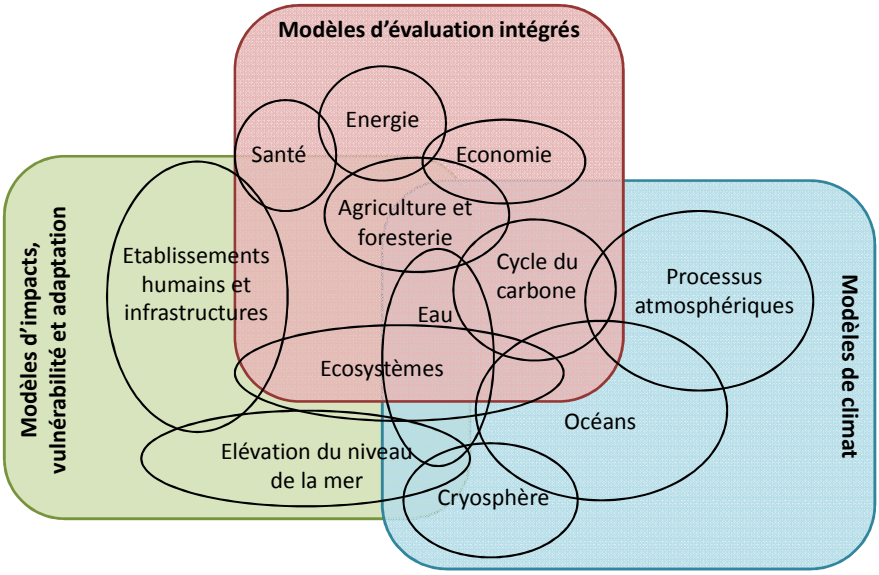


Figure 2: Domaines de recouvrement des modèles mobilisés dans la communauté de recherche sur le changement climatique (adapté de Moss et al., 2010).

2.2. Un processus « en parallèle »

[1] Le recouvrement n'a lieu pour l'instant qu'entre deux classes de modèles, à l'exception de l'eau, de l'agriculture et des écosystèmes qui sont représentés dans certains modèles de chacune des trois classes de modèles. Des modèles intégrés du « système-Terre » englobant les trois classes de modèles sont en cours de développement (cf conclusion).

Pour répondre à ces besoins, c'est donc un véritable virage méthodologique qu'opère la communauté scientifique[2], au-delà de la conception de scénarios nouveaux.

Auparavant, l'analyse était menée en suivant une logique linéaire, mobilisant successivement les trois groupes du GIEC. La réflexion partait d'un faisceau de "futurs possibles" pour nos sociétés, intégrant une vaste palette de déterminants : évolutions des économies nationales, offre technologique, choix énergétiques, démographie, changements dans les comportements individuels... Traduits en émissions de gaz à effet de serre (Groupe III du GIEC sur l'atténuation du changement climatique), ils alimentaient une chaîne de modèles pour aboutir à des projections d'évolution climatique globales ou régionales (Groupe I du GIEC sur les éléments scientifiques de physique du climat). Ces scénarios climatiques étaient enfin réinjectés dans des modèles d'impacts permettant de simuler les effets du climat sur les écosystèmes ou les vecteurs de maladies par exemple (Groupe II du GIEC sur les conséquences, l'adaptation et la vulnérabilité au changement climatique). Le lecteur intéressé pourra trouver une analyse détaillée de ces travaux dans Dahan Dalmedico (2007).

Pour gagner en rapidité et en réactivité et permettre une meilleure intégration interdisciplinaire, la communauté scientifique applique désormais une méthode différente, un processus « en parallèle » (Moss et al., 2010 ; O'Neill et Schweizer, 2011). Ce processus doit se dérouler en trois phases (Figure 3):

(1) Une phase préparatoire où ont été sélectionnés quatre scénarios d'évolution des concentrations en gaz à effet de serre dans l'atmosphère, les RCP (*Representative concentration pathways, ou Trajectoires de concentration représentatives*). Des experts des trois groupes du GIEC ont participé à cette phase préparatoire.

(2) Une phase « parallèle » où les équipes travaillent simultanément à partir des scénarios RCP: les climatologues (groupe I du GIEC) produisent des projections climatiques utilisant les RCP comme entrée, tandis que les socio-économistes (groupe III du GIEC) élaborent des scénarios socio-économiques débouchant sur des scénarios d'émissions, à comparer aux RCP.

[2] Le GIEC a décidé lors de sa 26ème assemblée générale en 2006 de ne pas construire directement un nouveau jeu de scénarios, mais de laisser la communauté scientifique développer elle-même les nouveaux scénarios. Le GIEC a ainsi limité son rôle à celui de catalyseur du processus de développement de scénarios, et surtout à l'évaluation de la littérature qui sera produite à partir de ces scénarios. Le processus de construction de la nouvelle génération de scénario a été lancé par une réunion d'experts du GIEC fin 2007 (Moss et al., 2008).

(3) Une phase d'intégration, dans laquelle les résultats des modèles physiques de climat et les scénarios socio-économiques sont rassemblés pour permettre une évaluation intégrée de l'atténuation, de l'adaptation et des impacts du changement climatique. Cette phase mobilisera à nouveau des experts des trois groupes du GIEC.

Aujourd'hui (début 2013), la phase préparatoire est achevée et les RCP sont publiés (van Vuuren et al., 2011, pour une vue d'ensemble). La phase « parallèle » est en cours : le projet international CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) a permis de réaliser un ensemble de simulations du climat à partir des RCP (cf l'article de S. Planton dans ce numéro), tandis que l'élaboration des scénarios socio-économiques est en cours (cf la suite de cet article). La phase d'intégration reste sur l'agenda des recherches futures.

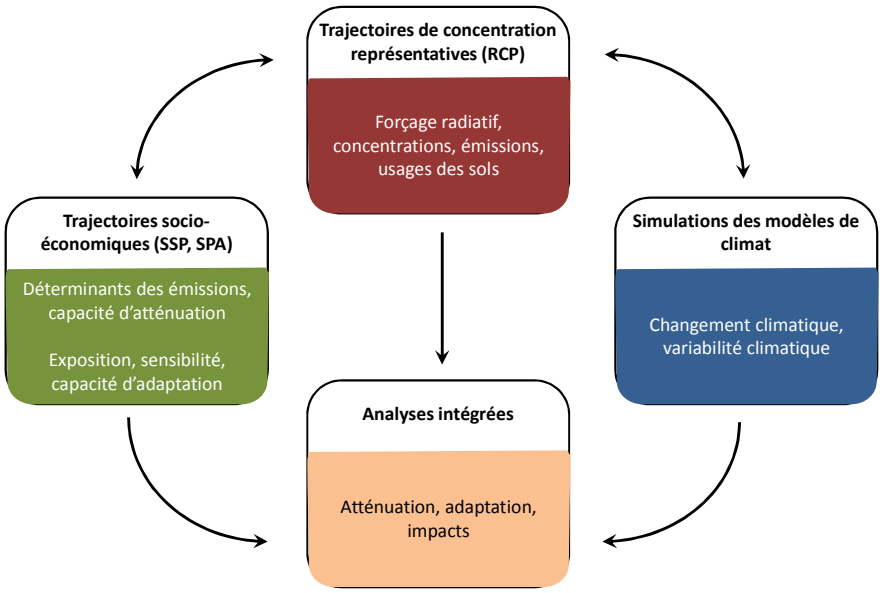


Figure 3: Le processus "en parallèle" de construction des scénarios (adapté de O'Neill et Schweizer, 2011).

3. "RCP", "SSP" et "SPA": les briques de la nouvelle architecture des scénarios

3.1. « RCP » : Representative Concentration Pathways (Trajectoires représentatives de concentration)

Les RCP sont des scénarios de l'évolution des concentration de GES (dioxyde de carbone ou CO_2, méthane ou CH_4, protoxyde d'azote ou N_2O…), d'aérosol et de gaz chimiquement actifs, dans l'atmosphère sur la période 2006-2100, avec une extrapolation jusqu'à 2300. Au nombre de quatre, pour éviter la tentation de désigner un scénario médian, ils ont été sélectionnés par les scientifiques sur la base de 300 scénarios publiés dans la littérature. Associés à des trajectoires d'évolution de l'occupation des sols, ils ont été décrits dans un numéro spécial de *Climatic Change* (van Vuuren et al., 2011, pour une vue d'ensemble).

Chacun de ces quatre scénarios RCP est étiqueté en fonction du forçage radiatif[3] qu'il atteint en 2100 : 2.6 W/m^2, 4.5 W/m^2, 6 W/m^2 et 8.5 W/m^2 (Figure 4). Le mot "représentatives" signifie que chaque RCP fournit seulement un scénario parmi l'ensemble des scénarios possibles qui conduiraient à une caractéristique donnée en termes de forçage radiatif. Le mot « trajectoire » met l'accent sur le fait que ce n'est pas uniquement les niveaux de forçage radiatif sur le long terme qui sont importants, mais aussi le chemin emprunté pour les atteindre.

Les quatre RCP ont été sélectionnés de façon à couvrir une palette aussi large que possible des trajectoires futures de forçage radiatif envisageables. Le RCP 8.5, le plus pessimiste (pour le changement climatique), n'est dépassé que par environ 10% des scénarios publiés dans la littérature. Il est légèrement au-dessus de la trajectoire de forçage radiatif correspondant au scénario marqueur A2 des SRES. Les RCP 6 et 4.5 sont proches des scénarios marqueurs A1B et B1 des SRES respectivement. Le RCP 2.6, le plus favorable pour le changement climatique, n'a pas d'équivalent dans les SRES et ne dépasse que près de 10% des scénarios publiés dans la littérature.

[3] Exprimé en W/m2, un forçage radiatif est un changement du bilan radiatif (rayonnement descendant moins rayonnement montant) au sommet de la troposphère, dû à un changement d'un des facteurs d'évolution du climat – comme la concentration des gaz à effet de serre.

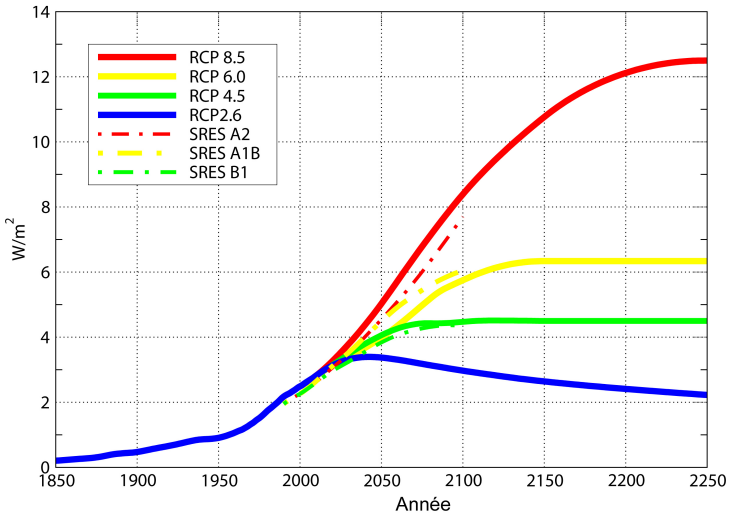


Figure 4 : Les quatre RCP, évolution du forçage radiatif et comparaison avec les SRES.

Le point central de la nouvelle architecture des scénarios est l'idée que ces quatre trajectoires de forçage radiatif ne sont pas associées à un scénario unique d'émissions de GES ou à un scénario socio-économique unique, mais peuvent au contraire résulter de différentes combinaisons d'évolutions économiques, technologiques, démographique et institutionnelles futures. Ce sont ces combinaisons que les « SSP » et « SPA » cherchent à explorer.

3.2. "SSP" et "SPA": Shared Socio-economic Pathways (Trajectoires Socio-économiques communes) et Shared Policy Assumptions (Hypothèses de politiques communes)

Pendant que les modélisateurs du climat mettent en œuvre des simulations à partir des RCPs, la communauté des modèles d'évaluation intégrés (ou IAM, Integrated Assessment Models) prépare un ensemble de scénarios socio-économiques complémentaires des RCPs, permettant d'explorer l'ensemble des possibilités technologiques, socio-économiques, et politiques qui pourraient mener à une trajectoire de concentration en gaz à effet de serre et à un changement climatique donnés. Ces scénarios sont appelés SSP pour « Shared Socio-economic Pathways ». Dans ce contexte, les scénarios socio-économiques sont découplés des scénarios

climatiques, ce qui permet d'adopter une approche *en matrice* pour l'analyse des impacts, de la vulnérabilité, des coûts de l'adaptation et de l'atténuation du changement climatique.

Cette matrice, illustrée par la Figure 5, crée une correspondance entre les RCP et les SSP en représentant en colonnes différentes évolutions socio-économiques et en lignes les forçages radiatifs des différents RCP. Naturellement, le découplage entre les lignes et les colonnes n'est pas absolu et les indicateurs explicitant les scénarios sont modifiés le long d'une colonne, mais les caractéristiques principales du SSP, décrites par un récit qualitatif, sont conservées.

Chaque SSP est en effet défini par un récit qualitatif des évolutions socio-économiques d'ici la fin du 21ème siècle, ainsi que par des données quantitatives sur les trajectoires des déterminants de ces récits (population, PIB, urbanisation, …) qui pourront être utilisées en entrée des IAMs, ou des modèles d'impacts, vulnérabilité et adaptation.

Une première étape consiste à utiliser des IAMs pour calculer des « scénarios de référence » dans lesquels il n'y a aucune politique climatique. En fonction de l'interprétation du récit par les modélisateurs, et des choix de modélisation, le forçage radiatif des scénarios de référence sera différent pour chaque modèle et ne correspondra pas nécessairement à un RCP (voir Figure 5). En particulier, il est possible que certains scénarios, même en l'absence de politiques climatiques, conduisent à un forçage radiatif inférieur à 8.5W/m^2 en 2100, par exemple s'il y a un changement technologique rapide en faveur des énergies renouvelables ou une évolution des préférences vers des modes de vie sobres en carbone.

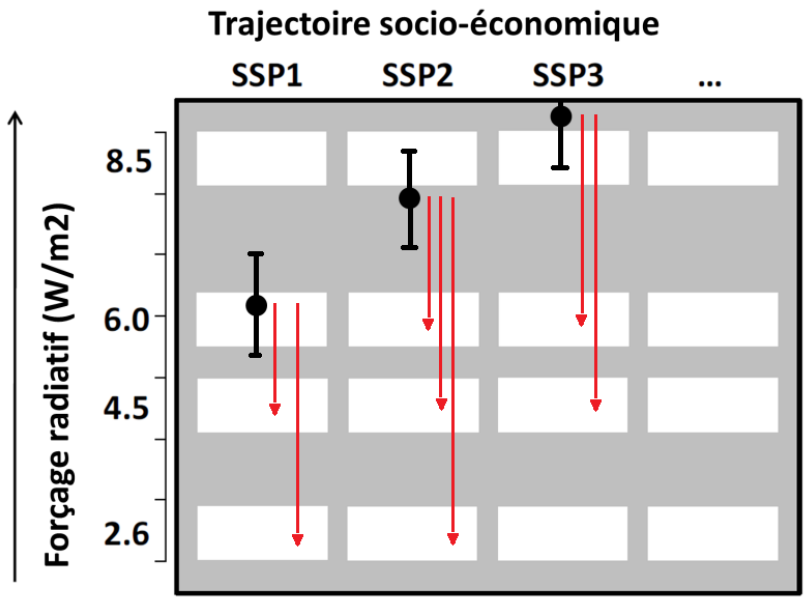


Figure 5 : L'architecture "en matrice" (adapté de Arnell et al. (2011) : différentes évolutions socio-économiques possibles (SSP) au regard des RCP. Les points représentent le forçage dans des scénarios de référence possibles et les barres l'incertitude due aux différentes interprétations des SSP par des équipes de modélisation différentes. Les flèches rouges symbolisent des politiques d'atténuation permettant d'atteindre différentes cibles de forçage radiatif.

Dans un deuxième temps, des scénarios avec politiques climatiques seront fabriqués[4]. On appelle SPA pour « Shared Policy Assumptions » les politiques qui pourront être implémentées et qui seront communes aux différentes équipes de modélisation. Par exemple les SPA pourront représenter un accord global sur le climat avec participation universelle à un système de permis d'émission échangeables, ou un accord avec participation décalée dans le temps de certains pays, ou encore des accords sectoriels, etc. Les scénarios en résultant seront l'interprétation, par un IAM, de la combinaison entre un SSP et un RCP, et pourront être classés dans la matrice à l'intersection entre une ligne et une colonne.

Cette architecture en matrice permettra ainsi de décliner, pour chaque scénario d'évolution socio-économique (SSP1, SSP2, etc.), les efforts à consentir à l'échelle mondiale pour parvenir aux forçages radiatifs correspondant à chaque RCP (symbolisés par les flèches rouges sur la Figure 5).

[4] Notez que ce paragraphe est au futur, car l'architecture pour les nouveaux scénarios a prévu le cadre pour construire des scénarios avec politiques climatiques, mais le contenu des politiques climatiques qui seront testées n'est pas encore stabilisé au jour où ces lignes sont écrites.

Cette approche novatrice a la particularité d'isoler la décision prise du point de vue du climat de toutes les autres décisions (de politiques fiscales, de santé, d'éducation, etc.). Lue horizontalement, la matrice permet de comparer les conséquences d'un même changement climatique dans différents scénarios socio-économiques. Lue verticalement, elle permet de comparer le coût de politiques d'atténuation qui atteignent la même "cible" de forçage, dans différents scénarios socio-économiques.

Mais, pour une cible de forçage donnée, il faut ajouter aux coûts d'atténuation les coûts d'adaptation ainsi que des coûts liés aux impacts résiduels (dégradations écosystémiques, inconfort lié à la température...). Ces coûts seront évalués par des modèles d'impacts, vulnérabilité et adaptation. Chaque case de la matrice décrit donc les interactions entre politiques d'adaptation, politiques d'atténuation et impacts résiduels (voir Figure 6), et permet d'organiser la recherche de façon à explorer une large gamme de combinaisons pertinentes entre ces différents facteurs.

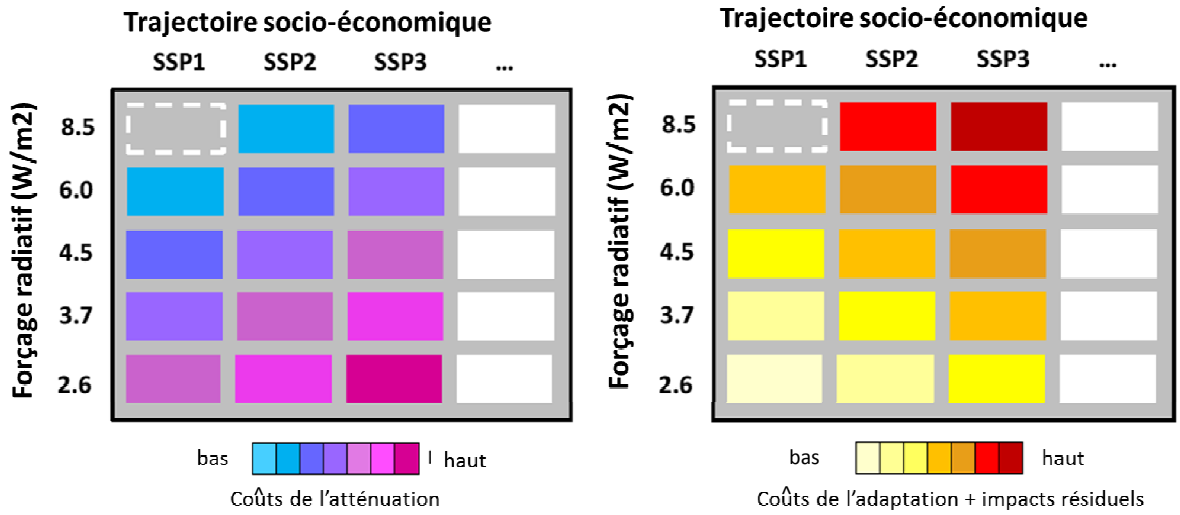


Figure 6 : Pour un scénario socio-économique donné, évaluation "en matrice" des coûts de différentes politiques d'atténuation, d'adaptation, et des impacts résiduels (adapté de Arnell et al., 2011).

Pour tirer parti de cette approche ambitieuse, il faut disposer d'un jeu de scénarios socio-économiques décrits précisément, couvrant au mieux l'incertitude sur les évolutions possibles de nos sociétés.

Cette partie du travail est aujourd'hui nettement moins avancée que la modélisation physique du climat. En effet, le cadre définissant les SSP est posé et les grandes lignes de cinq scénarios ont été définies (van Vuuren et al., 2012 ; Kriegler et al., 2012 ; O'Neill et al., 2011), mais il n'existe pas encore de trajectoire quantifiée publiée pour les SSP. La plus grande difficulté de l'exercice provient de la complexité des systèmes étudiés et de la quantité d'évolutions socio-économiques possibles.

Les SSP doivent répondre à plusieurs critères. Tout d'abord, même s'ils doivent couvrir une large gamme de futurs possibles, leur nombre doit être limité. Ensuite, ils doivent être pertinents à la fois pour l'étude de l'adaptation, de l'atténuation, et des impacts du changement climatique. Pour être pertinents pour les études d'impacts ils doivent également contenir des informations à différentes échelles spatiales.

Afin de répondre à tous ces critères, cinq SSP sont répartis selon deux axes : l'un représentant les défis de l'adaptation au changement climatique pour les sociétés, l'autre représentant les défis de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre. L'objectif est de construire cinq scénarios contrastés couvrant l'espace défini par ces deux axes.

Dans un premier temps, les défis de l'adaptation sont définis comme la combinaison de trois composants : (1) les dimensions socio-économiques de *l'exposition* aux risques liés au changement climatique ; (2) les éléments affectant la *sensibilité* des systèmes socio-économiques et écologiques au changement climatique ; et (3) les facteurs déterminant les *capacités d'adaptation* de ces systèmes au changement climatique.

Les défis de l'atténuation sont quant à eux la combinaison (1) des déterminants des *émissions de gaz à effet de serre* dans les scénarios de référence et (2) des facteurs susceptibles de déterminer la *capacité d'atténuation* des sociétés.

Lors de l'atelier organisé à Boulder (Colorado, USA) en novembre 2011, les récits de cinq scénarios-types ont été définis (voir Figure 7) :

- Le **SSP1** (faibles défis pour l'adaptation, faibles défis pour l'atténuation), décrit un monde marqué par une forte coopération internationale, donnant la priorité au développement durable ;

- Le **SSP2** (défis pour l'adaptation moyens, défis pour l'atténuation moyens), décrit un monde caractérisé par la poursuite des tendances actuelles. Ce scénario est controversé car difficile à définir, alors même qu'il est situé au centre de l'espace des scénarios. Il est en effet possible de se trouver « au centre » soit parce que toutes les évolutions sont « moyennes », soit parce que certaines évolutions tendent à produire des effets contradictoires qui se compensent. Il y a donc de nombreuses combinaisons d'hypothèses qui peuvent caractériser cet espace « moyen ». Certains proposent même d'avoir plusieurs SSP2.

- Le **SSP3** (grands défis pour l'adaptation, grands défis pour l'atténuation) dépeint un monde affecté par la compétition entre pays, une croissance économique lente, des politiques orientées vers la sécurité et la production industrielle, et peu soucieuses de l'environnement.

- Le **SSP4** (grands défis pour l'adaptation mais faibles défis pour l'atténuation) est celui d'un monde marqué par de grandes inégalités entre pays et en leur sein. Une petite élite mondiale y serait responsable de l'essentiel des émissions de GES, ce qui rend les politiques d'atténuation plus facile à mettre en place tandis que la plus grande partie de la population resterait pauvre et vulnérable au changement climatique.

- Et enfin le **SSP5** (faibles défis pour l'adaptation mais grands défis pour l'atténuation) décrit un monde qui se concentre sur une croissance rapide, fondée sur une forte consommation d'énergie et des technologies émettrices de carbone ; la hausse du niveau de vie permet en revanche d'augmenter la capacité d'adaptation, notamment grâce au recul de l'extrême pauvreté.

Ces récits[5] contiennent assez d'information pour assurer la cohérence des scénarios et fournir des points de calibrage pour les études d'adaptation ou d'atténuation, mais offrent une flexibilité permettant de définir des détails pertinents pour certains travaux spécifiques. Suite à la publication du rapport de l'atelier de Boulder, les récits ont été discutés à La Haye (Pays-

[5] Publiés dans O'Neill et al. (2011) sur https://www.isp.ucar.edu/sites/default/files/Boulder%20Workshop%20Report_0.pdf

Bas) en mai 2012 lors d'une réunion organisée par le GIEC, et sont restés ouverts aux commentaires jusqu'au 15 octobre 2012. Une version stabilisée, intégrant les commentaires, sera disponible courant 2013, même si elle pourra être réactualisée lors des étapes ultérieures du processus.

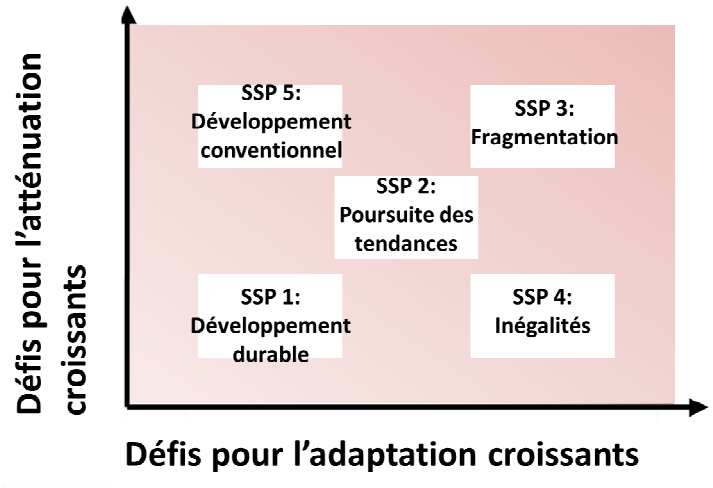


Figure 7 L'espace d'incertitude, et les cinq scénarios-types (adapté de Arnell et al., 2011).

Pendant ce temps, à la suite de l'atelier de Boulder, trois équipes ont interprété les récits pour construire des trajectoires quantitatives de PIB (une équipe de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique), de population (une équipe de l'International Institute for Applied Systems Analysis) et d'urbanisation (une équipe du National Center for Atmospheric Research) pour chacun des SSP[6]. Ces trajectoires seront ensuite utilisées en entrée de cinq IAM, qui construiront des SSP « marqueurs », c'est-à-dire représentatifs des scénarios-types. Ces scénarios ne seront pas les seules quantifications des SSP, mais seront utilisés comme points de comparaison pour les scénarios futurs.

En parallèle de ce processus, d'autres équipes travaillent sur les possibilités d'utiliser ce nouveau cadre conceptuel pour améliorer les méthodes de construction de scénarios. En particulier, Schweizer et O'Neill (2012) utilisent des méthodes d'analyse d'opinions d'experts pour tester la cohérence de scénarios. De leur côté, Rozenberg et al. (2012) proposent une méthodologie permettant de choisir de façon systématique quelques scénarios

[6] Ces trajectoires sont disponibles sur https://secure.iiasa.ac.at/web-apps/ene/SspDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome

pertinents et contrastés pour une question donnée parmi une base de données de scénarios, et appliquent la méthodologie au choix des SSP.

4. Conclusion : premiers résultats et perspectives

Le premier succès de cette nouvelle génération de scénarios pour la recherche sur le changement climatique est qu'elle a permis de mettre en œuvre des simulations climatiques sur la base des RCP. Ces simulations ont permis d'intégrer de manière plus complète les mécanismes qui régissent le climat (en prenant en compte par exemple les effets de la chimie des aérosols) et de donner des éclairages à des résolutions spatiales (avec des modèles de climat régionaux ayant des résolutions de l'ordre de 10 à 50 km) et temporelles (avec de premiers résultats se focalisant sur les deux à trois décennies à venir, mais aussi une extension de l'horizon d'étude jusqu'à 2300) inexplorées dans les exercices précédents. Les résultats de ces simulations climatiques alimenteront le prochain rapport d'évaluation du GIEC à paraître en 2014 (voir l'article de Serge Planton dans ce numéro).

Si le processus « en parallèle » a permis d'initier les simulations climatiques précocement et donc de gagner du temps pour permettre de tirer parti de résultats de modèles physiques du climat de plus en plus détaillés et complexes (et gourmands en temps de calcul), le changement de méthodologie a demandé aux socio-économistes de repenser la façon dont sont construits les scénarios socio-économiques. La mise en place du cadre pour les SSP et SPA a finalement pris plus de temps qu'anticipé et il est probable que les quantifications des scénarios par les IAM et leur utilisation dans des études d'impact et de vulnérabilité arriveront trop tard pour former le cœur du prochain rapport du GIEC dont le début de la parution est prévu pour le mois de septembre 2013. Néanmoins, l'architecture en matrice (avec les niveaux de forçage radiatif en lignes et les types de trajectoires socio-économiques en colonnes) pourra être utilisée pour l'évaluation des scénarios et des études existants, et pour leur analyse et présentation de façon cohérente et synthétique dans le rapport.

Mais, ce nouveau processus mis en place pour la nouvelle génération de scénarios a surtout permis de construire un cadre pour les recherches futures sur le changement climatique, au-delà du prochain rapport du GIEC. Et ce cadre ouvre des perspectives nouvelles, pour de nouvelles collaborations et de nouveaux résultats.

Ce cadre va faciliter l'exploration des coûts et des bénéfices associés non seulement à différents niveaux de changement climatique, mais aussi à différentes trajectoires d'évolutions technologiques et socio-économiques. Il devrait également permettre d'étendre l'utilisation des scénarios socio-économiques, qui dans les exercices précédents ont été essentiellement utilisés comme scénarios d'émissions et devraient de plus en plus être utilisés pour explorer de façon cohérente et coordonnée les liens entre évolutions socio-économiques et vulnérabilités et capacité d'adaptation. Ces études ayant lieu à l'échelle locale ou régionale, il faudra être capable de « traduire » à ces échelles les scénarios socio-économiques globaux développés.

La dernière phase, d'intégration, du processus des nouveaux scénarios consistera à combiner les RCP, avec les scénarios socio-économiques, les simulations des modèles physiques de climat et les études d'impacts, de vulnérabilité et d'adaptation. Cette phase devrait permettre d'apporter une vision cohérente des différents aspects de la question du changement climatique. Elle posera néanmoins un certain nombre de défis aux scientifiques, ne fût-ce qu'en raison de la complexité des interactions entre climat et sociétés. Par exemple, il faudra résoudre les questions de cohérence entre les RCP et les simulations climatiques : les RCP sont en partie déterminés par des hypothèses sur les usages des sols qui ne prennent pas en compte les résultats des modèles physiques de climat, si bien que les simulations climatiques à partir d'un RCP donné pourraient très bien projeter de longues périodes de sécheresse dans des endroits qui sont, dans le RCP correspondant, des centres majeurs de production agricole.

Une autre avancée escomptée est le développement de modèles intégrés du "système-Terre" incorporant des modèles d'évaluation intégrés, des modèles physiques de climat et des modèles d'impacts, vulnérabilité et adaptation (cf Figure 2). Sans remplacer les trois classes existantes de modèles, ces modèles du « système-Terre » devraient les rapprocher et donner de nouveaux éléments de compréhension pour le défi de l'intégration entre l'adaptation et l'atténuation dans la gestion du risque climatique.

L'importance des nouveaux scénarios réside particulièrement dans l'importance d'une communication et collaboration accrue, qu'ils permettent, entre les différentes communautés de recherche sur le changement climatique.

La mise en place du processus « parallèle » et du cadre pour ces nouveaux scénarios n'est qu'une première étape. Les étapes suivantes pour permettre d'atteindre les résultats escomptés devront renforcer le processus, assurer des mécanismes de coordination et d'échange d'informations entre les groupes de recherche, intégrer les données et systèmes d'information, etc. Les bénéfices qui pourront être tirés de ce nouveau processus dépendront également de certaines avancées scientifiques. En particulier, la gestion des incertitudes en cascade qui sous-tendent les différents types de scénarios et l'amélioration de la caractérisation de ces incertitudes sera nécessaire pour rendre les nouveaux scénarios véritablement utiles aux décideurs.

Bien que les scénarios n'offrent pas une « boule de cristal » pour voir le futur, le nouveau processus pour les développer et les utiliser donnera des éclairages précieux sur les interactions au sein du « système-Terre » et sur les coûts et bénéfices des différentes combinaisons de politiques d'atténuation et d'adaptation que nous devons choisir dans le « menu » de réactions face à la question du changement climatique.

Références

Arnell, N. W, T. Kram, T. Carter, K. Ebi, J. Edmonds, et al. A framework for a new generation of socioeconomic scenarios for climate change impact, adaptation, vulnerability, and mitigation research. 2011. Disponible sur: https://www.isp.ucar.edu/sites/default/files/Scenario_FrameworkPaper_15aug11_0.pdf

Dahan Dalmedico A. 2007. Les modèles du futur : Changement climatique et scénarios économiques : enjeux scientifiques et politiques. Editions La Découverte, Collection Recherches, pp 244.

GIEC. 1990. Emissions Scenarios. Chapter 2 of Response Strategies Working Group. in Climate Change: The IPCC Scientific Assessment (eds Houghton, J. T., Jenkins, G. J. & Ephraums J. J.) , Cambridge Univ. Pres.

GIEC. 1992. Emissions Scenarios for IPCC: An Update. Leggett, J., Pepper, W. J. & Swart, R. J. in Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment (eds Houghton, J. T., Callander, B. A. &Varney, S. K.), Cambridge Univ. Press.

GIEC. 2000. Special Report on Emissions Scenarios. Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.) , Cambridge University Press, UK. pp 570.

Hallegatte, S.,Przyluski, V. et Vogt-Schilb, A. Building world narratives for climate change impact, adaptation and vulnerability analyses. Nature Climate Change 1, n. 3, juin 2011: 151-155.

Kriegler, E., O'Neill, B., Hallegatte, S., Kram, T., Lempert, R.J. et al. The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: A new approach based on shared socio-economic pathways. Global Environmental Change Vol 22, octobre 2012: 807-822.

Moss, R. H. et al. Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies (IPCC Expert Meeting Report, IPCC,Geneva, 2008).

Moss, R.H., Edmonds, J.A, Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K. et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature Vol 463, 11 février 2010: 747-755.

O'Neill, B.C. et Schweizer, V. Projection and prediction: Mapping the road ahead. Nature Climate Change Vol 1, 2011: 352-353.

O'Neill, B.C, Carter, T., Ebi, K.L., Edmonds, J., Hallegatte, S. et al. Meeting Report of the Workshop on The Nature and Use of New Socioeconomic Pathways for Climate Change Research, National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder, CO November 2-4, 2011, disponible: https://www.isp.ucar.edu/sites/default/files/Boulder%20Workshop%20Report_0.pdf

Rozenberg, J., Guivarch, C., Lempert, R. et Hallegatte, S. Building SSPs for climate policy analysis: a scenario elicitation methodology to map the space of possible future challenges to mitigation and to adaptation. FEEM Nota di lavoro 52, 2012 (soumis à Climatic Change).

Schweizer, V., et O'Neill, B. Systematic construction of global socioeconomic pathways using internally consistent element combinations. Climatic Change (à paraître).

van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A. et al. The Representative Concentration Pathways: an overview. Climatic Change Vol 109, 2011: 5-31.

van Vuuren, D.P., Riahi, K., Moss, R., Edmonds, J., Thomson, A. et al. A proposal for a new scenario framework to support research and assessment in different climate research communities. Global Environmental Change Vol 22, 2012: 21-35.