



Doctoral Thesis

## Uncertainties of low greenhouse gas emission scenarios

**Author(s):**

Rogelj, Joeri

**Publication Date:**

2013

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-009915210> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 21094

**Uncertainties of low  
greenhouse gas emission scenarios**

A dissertation submitted to  
ETH ZURICH

for the degree of  
DOCTOR OF SCIENCES  
(DR. SC. ETH ZURICH)

presented by

JOERI ROGELJ

Burg. Werktuigk.-Elektrotechn. Ir. (MSc Eng), K.U.Leuven  
born on 10 November 1980  
citizen of Belgium

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Reto Knutti, examiner  
Dr. Malte Meinshausen, co-examiner  
Prof. Dr. Keywan Riahi, co-examiner  
Prof. Dr. Christoph Schär, co-examiner

2013

# Abstract

The scientific discoveries that lay the foundations of our current understanding of the global greenhouse gas (GHG) effect date back almost two centuries. Nowadays, warming of the Earth's climate system is unequivocal and human activities have been identified as the driving force behind it. The study of the potential impacts of climate change also brought to light the dependence of our global society on a hospitable environment. In recent decades, governments have therefore started to look at options to mitigate the imminent risks implied by rising global temperatures; the need for deep GHG emission cuts in order to stabilize the climate is now recognized in the international climate policy debate. However, despite their policy relevance, scenarios that explore how global warming can be kept to very low levels are under-represented in the scientific literature. As a consequence, many uncertainties related to very low GHG emission scenarios remain poorly quantified. This thesis explores and attempts to better quantify the various uncertainties related to very low emission scenarios by focussing on (a) uncertainties in short-term emission trends, (b) uncertainties in pathways to limit global temperature increase to low levels, and (c) the integration of uncertainty assessments across disciplines.

This thesis shows that current emission reduction proposals made by countries do not put the world on a robust path towards limiting global temperature increase to low levels (for example, to below 1.5 or 2 °C). At the same time, however, it shows that also with limited mitigation in the near term, options remain available to limit warming in the long term, albeit at markedly higher cost, with less flexibility for future generations to choose their preferred mitigation technologies, and generally resulting in an overall higher probability of exceeding the specific warming limit. While international climate policy on reducing GHG emissions is stalling, other initiatives are under way that could help achieving climate protection. However, the degree by which these initiatives manage to help limiting long-term climate change varies widely. Global initiatives that foster transitions towards a more sustainable energy system can provide a very good entry point towards stringent climate protection. On the other hand, the contribution of early reductions of air pollutants, that are also radiatively active, is much more limited. Our results show that, despite the multiple uncertainties, the timing of a globally coordinated response to climate change in terms of stringent GHG reductions has the largest impact on the probability to limit warming to very low levels during this century: if mitigation action is delayed, simply spending more money in the future will not compensate for the permanently reduced chances of limiting warming below 1.5 or 2 °C.

# Résumé

Les découvertes scientifiques qui ont établi les bases de notre compréhension actuelle de l'influence globale des gaz à effet de serre (GES) remontent à près de deux siècles. De nos jours, le réchauffement du système climatique terrestre est sans équivoque et les activités humaines ont été identifiées comme en étant le moteur principal. L'étude des impacts associés aux changements climatiques a également mis en évidence l'importance d'un environnement hospitalier pour nos sociétés. Par conséquent, au cours des dernières décennies, la politique internationale a commencé à considérer des options qui permettraient d'atténuer les risques imminents liés à l'augmentation globale de la température. La nécessité de réduire les émissions de GES pour stabiliser le climat est actuellement reconnue sur la scène internationale. Par contre, malgré leur importance politique, les scénarios qui explorent comment le réchauffement global peut être maintenu à des niveaux très bas demeurent sous-représentés dans la littérature scientifique. Par conséquent, les incertitudes liées aux scénarios à émissions très basses restent peu étudiées. Cette thèse vise à mieux quantifier les diverses incertitudes associées à ces scénarios à émissions de GES très basses tout en se concentrant sur (a) les incertitudes dans l'évolution en matière d'émissions à court terme, (b) les incertitudes dans les trajectoires qui limitent l'augmentation de la température globale à des niveaux bas et (c) l'intégration du savoir entre les disciplines.

Cette thèse montre que les propositions actuelles faites par les pays pour réduire les émissions de GES échouent à mettre le monde sur une trajectoire qui limite l'augmentation de la température globale à des niveaux bas (par exemple, 1,5 °C ou 2 °C). En même temps, il est démontré que même avec peu d'efforts pour réduire les émissions à court terme, une limitation du réchauffement à long terme reste possible. Par contre, plus on tardera à agir, plus élevé sera le coût, plus réduite sera la flexibilité dans le choix technologique pour les générations futures et plus réduite sera la probabilité de limiter le réchauffement de la planète à des niveaux bas. En vue du manque de résultats effectifs pour réduire les émissions de GES de la part de la politique climatique internationale, de nouvelles initiatives qui pourraient contribuer à la protection du climat se présentent. L'efficacité de ces initiatives pour limiter les changements climatiques à long terme est cependant très variable. Les initiatives globales qui poursuivent la transition vers un système énergétique plus durable constituent un levier important pour la protection du climat. Par contre, la contribution de réductions rapides de polluants atmosphériques, qui sont aussi actifs radiativement, est beaucoup plus limitée. Nos résultats montrent que malgré les diverses incertitudes, c'est le moment d'une réponse globale coordonnée aux changements climatiques en termes de réductions de GES qui a le plus grand impact sur la probabilité de limiter le réchauffement à des niveaux très bas pendant ce siècle : si les actions mises en œuvre

pour réduire les émissions sont reportées, déployer des moyens financiers plus importants dans le futur ne pourra pas compenser les chances réduites de manière permanente de limiter le réchauffement global en dessous de 1.5°C et 2°C.