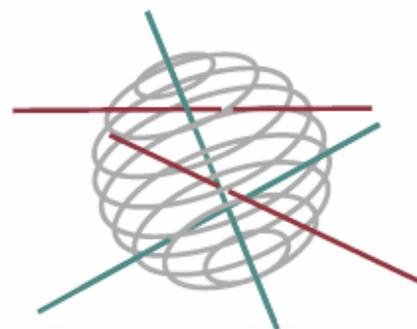


SSD

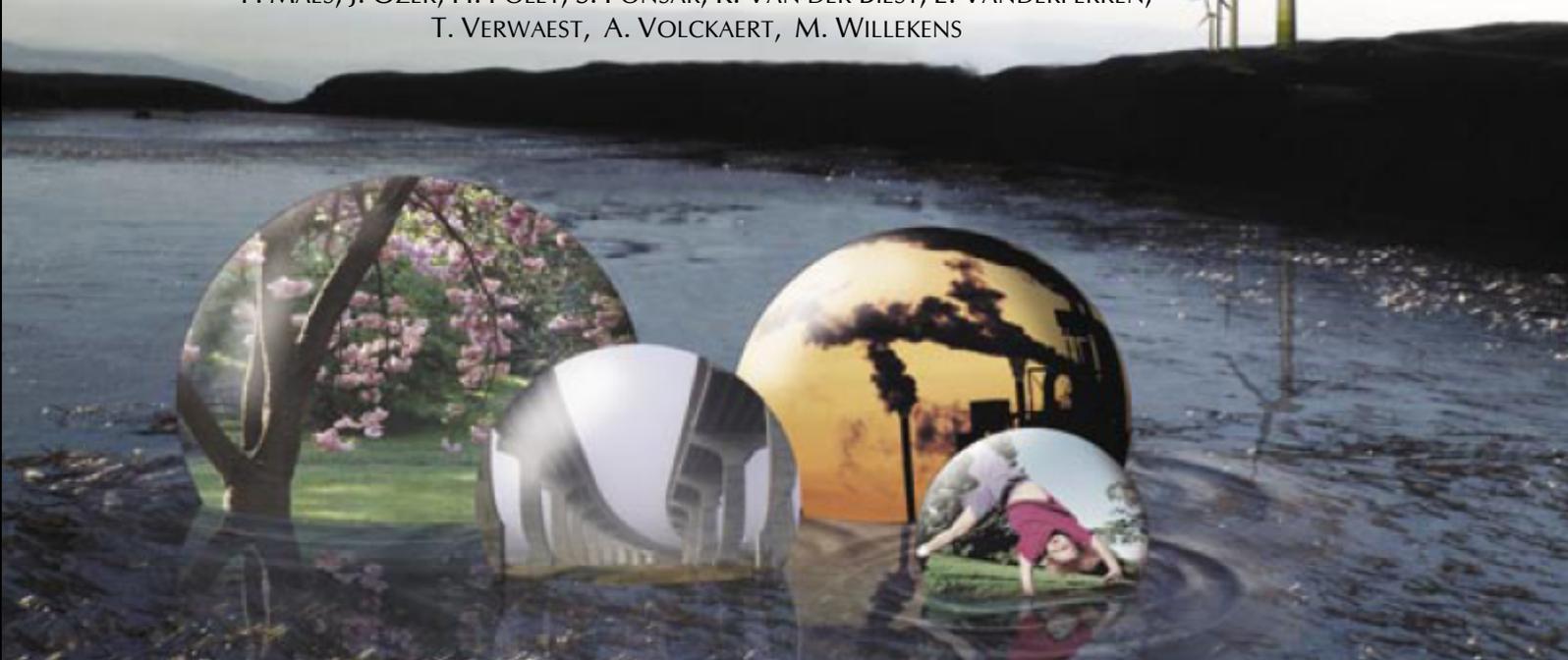
SCIENCE FOR A SUSTAINABLE DEVELOPMENT



**EVALUATION DES IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE ET MESURES D'ADAPTATION
DES ACTIVITÉS MARINES**

CLIMAR
project

D. VAN DEN EYNDE, L. DE SMET, R. DE SUTTER, F. FRANCKEN,
F. MAES, J. OZER, H. POLET, S. PONSAR, K. VAN DER BIEST, E. VANDERPERREN,
T. VERWAEST, A. VOLCKAERT, M. WILLEKENS



ENERGY

TRANSPORT AND MOBILITY

AGRO-FOOD

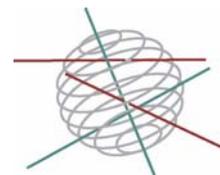
HEALTH AND ENVIRONMENT

CLIMATE

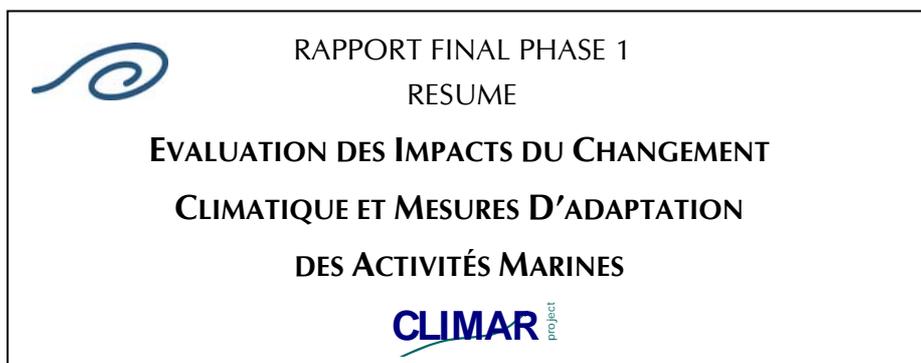
BIODIVERSITY

ATMOSPHERE AND TERRESTRIAL AND MARINE ECOSYSTEMS

TRANSVERSAL ACTIONS



Mer du Nord



Promoteurs

Dries Van den Eynde

Management Unit of the North Sea Mathematical models

Renaat De Sutter

ARCADIS Belgium

Toon Verwaest

Flanders Hydraulics Research

Hans Polet

Institute for Agricultural and Fisheries Research

Frank Maes

Maritime Institute

Auteurs

Dries Van den Eynde, Frederic Francken, José Ozer, Stéphanie Ponsar

Management Unit of the North Sea Mathematical Models

Lieven De Smet, Renaat De Sutter, Annemie Volckaert

Arcadis Belgium

Frank Maes, Marian Willekens

Maritiem Instituut

Hans Polet, Els Vanderperren

Instituut voor Landbouw en Visserij Onderzoek – Eenheid: Dier – Visserij

Katrien Van der Biest, Toon Verwaest

Flanders Hydraulics Research





Rue de la Science 8
Wetenschapsstraat 8
B-1000 Brussels
Belgium
Tel: + 32 (0)2 238 34 11 – Fax: + 32 (0)2 230 59 12
<http://www.belspo.be>

Contact person: David Cox
+ 32 (0)2 238 34 03

Neither the Belgian Science Policy nor any person acting on behalf of the Belgian Science Policy is responsible for the use which might be made of the following information. The authors are responsible for the content.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without indicating the reference :

D. Van den Eynde, L. De Smet, R. De Sutter, F. Francken, F. Maes, J. Ozer, H. Polet, S. Ponsar, K. Van der Biest, E. Vanderperren, T. Verwaest, A. Volckaert, M. Willekens ***Evaluation des impacts du changement climatique et mesures d'adaptation des activités marines "CLIMAR"***. Rapport Final Phase 1. Bruxelles : Politique scientifique fédérale 2009 – 7 p. (Programme de recherche « La science pour un Développement Durable »)

Résumé

Contexte

Suite aux recommandations du GIEC, au Protocole de Kyoto et aux documents stratégiques nationaux adéquats, des recherches scientifiques sont nécessaires en vue de déterminer les impacts des changements climatiques globaux et plus spécifiquement les impacts sur le milieu marin particulièrement vulnérable et ses utilisateurs. Si, pour faire face au problème sur le long terme, des mesures préventives, comme la réduction à la source des émissions de gaz à effet de serre, s'imposent, il convient aussi d'envisager des mesures d'adaptation pour gérer les impacts primaires et secondaires sur la mer du Nord. De plus, des outils permettant d'évaluer ces mesures d'adaptation par rapport à leur durabilité, leur impact sur les activités marines et leur relation avec les mesures préventives et la politique sectorielle doivent être développés.

Au cours du projet CLIMAR, un cadre est développé, dans lequel les mesures d'adaptation peuvent être évaluées, aussi bien pour les aspects écologiques, sociologiques ou économiques de la zone belge de la mer du Nord.

Effets primaires

Dans la première phase de recherche, les effets primaires des changements climatiques ont été précisés. Ils comportent l'élévation du niveau de la mer, la fréquence et l'intensité des tempêtes, l'augmentation possible des précipitations et les changements de température et de salinité, les variations spatiales dans l'érosion et la sédimentation.

Une étude de la littérature a montré une influence claire des changements climatiques sur les paramètres physiques. Toutefois, il existe encore de telles incertitudes dans les résultats des modèles climatiques quant à la détermination exacte des effets locaux qu'il reste difficile de fournir des prévisions à l'échelle du plateau continental belge. Pour ce qui concerne les effets du changement climatique sur les paramètres chimiques et biologiques, une autre étude de la littérature a mis en évidence leur complexité. Les changements de température ont une influence à différents niveaux de la chaîne trophique, sur la disponibilité de la nourriture pour les différentes espèces, sur la répartition et le cycle de vie de certaines espèces. De plus les changements dans l'écosystème peuvent être très abrupts ce qui rend les prévisions encore plus difficiles.

Afin de déterminer les effets primaires pour les eaux maritimes belges, un certain nombre de séries temporelles de mesures ont été analysées. Des régressions linéaires du niveau de la mer à Ostende de 1927 à 2006 ont montré que, pour cette période, une augmentation du niveau de la mer de 1,69 mm par an a été observée, une valeur plus élevée que celles rapportées jusqu'à présent. D'autres modèles de régressions montrent une possible accélération de l'augmentation du niveau de la mer pendant les dernières décennies. Depuis 1992 une augmentation de 4,41 mm par an est observée.

Des mesures de hauteur de vagues significatives de 1978 à 2007, et de vitesse du vent de 1980 à 2007 ont été analysées, en même temps que les champs de vent de l'institut météorologique norvégien. Aucune tendance nette n'a été mise en évidence dans ces séries temporelles. Une faible diminution de la hauteur significative des vagues semble apparaître au Westhinder, mais les séries temporelles sont trop courtes que pour pouvoir fournir une réponse définitive. De même, la vitesse du vent à la côte belge montre une faible diminution, surtout depuis 1990-1995. Ceci est en accord avec des recherches récentes qui laissent penser à une diminution de la fréquence des tempêtes dans la baie sud de la mer du Nord.

L'analyse des données de température (World Ocean Data base, 2005) montre une augmentation variant de 0,023 °C par an dans le nord à 0,053 °C par an dans les parties centrale et sud de la mer du Nord

Sur base de l'étude de la littérature, de l'analyse des données et des scénarios développés dans les pays voisins, différents scénarios ont été mis au point pour la Belgique. Ceux-ci vont d'un scénario modéré, avec une augmentation du niveau de la mer de 60 cm pour 2100 à un scénario extrême avec une augmentation du niveau de la mer de 2 m d'ici à 2100 et une augmentation de la vitesse du vent de 8 %.

Les modèles hydrodynamiques, de vagues et de transport de sédiments ont été adaptés en vue d'évaluer les impacts de ces différents scénarios sur, par exemple, les courants les plus forts au voisinage des ports, l'envasement des chenaux et les vagues sur les plages. Les résultats montrent que les courants peuvent augmenter de 10 % aux environs de Nieuwpoort et que les vagues proches de la plage peuvent augmenter de manière significative. Dans la deuxième phase du projet, ces impacts seront quantifiés plus en détail.

Impacts secondaires

Ensuite, les impacts secondaires de ces changements climatiques ont été déterminés, tant pour l'écosystème de la mer du Nord que pour les activités socio-économiques, comme la pêche, le tourisme, les activités portuaires et de transport, les travaux de dragage, les parcs à éoliennes offshore et le risque d'inondation. Dans le cadre de CLIMAR, les recherches sont centrées principalement sur les risques d'inondation et sur le secteur de la pêche mais le secteur touristique fait aussi l'objet d'une étude détaillée.

Compilation

Dans un premier temps, une terminologie générale a été mise en place. Différentes catégories d'effets ont été mises en évidence. Chaque catégorie regroupe un ensemble d'effets. Un effet donne une description plus détaillée de l'impact dû au changement climatique. Si les catégories d'effets sont communes à tous les secteurs, les effets sont spécifiques à chaque secteur. Sur le plan écologique, les catégories d'effets sont, par exemple, la qualité de l'eau, les changements d'habitat et la biodiversité. Sur le plan économiques, on aura, *e.g.*, les changements de production et les dégâts économiques. La sûreté, la sécurité d'emploi et la santé font sont des catégories d'effets sociaux.

A partir des catégories d'effets, les effets spécifiques aux différents secteurs comme la défense de la côte, la pêche et le tourisme ont été développés. Les relations entre les impacts primaires et les impacts secondaires ainsi que le lien mutuel entre les impacts secondaires ont été élaborées. De plus, l'importance de ces impacts pour le secteur et les impacts prioritaires a été estimés. Un indice de priorité est attaché aux différents impacts. Lors de l'élaboration de ces indices de priorité, les risques encourus, les seuils critiques éventuels et le temps nécessaire à la mise en oeuvre d'un plan d'adaptation ont été pris en compte. L'importance relative des impacts dus au changement climatique par rapport aux impacts dus à d'autres évolutions possibles comme les changements démographiques ou les prix du marché a aussi été mise en perspective. Ces informations pour les différents secteurs sont résumées dans des tables d'impact.

Concernant la défense de la côte, les effets primaires les plus importants sont l'augmentation du niveau de la mer et une augmentation éventuelle de l'intensité et/ou de la fréquence des tempêtes. Les conséquences possibles pour l'écosystème sont, entre autres, une altération de la qualité de l'eau, des changements au niveau de l'habitat et de la biodiversité. Au plan économiques, ce sont les dégâts liés à un risque accru d'inondation. Les impacts sociaux secondaires sont la sûreté, la sécurité d'emploi ou le changement d'attrait de la côte. L'érosion des plages pourrait diminuer l'attrait de la

côte, alors qu'une gestion de ce retrait pourrait avoir un impact positif tant sur la biodiversité que sur l'attractivité.

Pour la pêche, l'impact primaire le plus important est le changement de température de l'eau de mer. Des variations de l'intensité et/ou de la fréquence des tempêtes peuvent aussi avoir des conséquences pour ce secteur. Plus de 50 effets secondaires ont été identifiés. Les impacts écologiques sont fortement interconnectés et illustrent la nature complexe de l'écosystème. Le changement de température de l'eau de mer a des effets à tous les niveaux de la chaîne trophique. Il peut engendrer des déplacements géographiques des espèces de poissons et provoquer des changements dans la chaîne alimentaire. Les effets économiques sont liés aux changements de production, qui sont étroitement liés avec les changements de stocks de poisson ou un changement du nombre de jours de pêche.

Une table d'impact a aussi été élaborée pour le tourisme. Elle fournit un aperçu complet des impacts secondaires potentiels comme la disparition des plages, les nouvelles formes d'écotourisme et l'effet des inondations.

Quantification

Description des secteurs

Afin de pouvoir évaluer le coût des mesures d'adaptation, il est nécessaire que les impacts secondaires soient non seulement spécifiés mais qu'ils puissent aussi être quantifiés. En premier lieu, une connaissance qualitative approfondie du secteur est nécessaire. Pour cela, un document décrivant le secteur en profondeur a été rédigé pour les trois secteurs examinés.

Pour la défense de la côte, des cartes d'utilisation des sols et des infrastructures dans les zones soumises à un risque d'inondation ont été élaborées. Ces informations peuvent être utilisées pour l'évaluation des dégâts dus aux inondations.

Le secteur de la pêche est décrit dans un document à part. Le nombre de bateaux de pêche atteignait seulement 102 fin 2007, dont 93 % sont utilisés pour la pêche au chalut principalement de la plie et de la sole. La flotte belge est active dans différentes zones de l'ICES et pas uniquement dans la zone belge de la mer du Nord. Elle ramène environ 20 000 tonnes de poisson par an. De l'étude, il ressort que ce sont surtout les facteurs externes (prix des carburants, du poisson, règles internationales, ...) qui ont une très forte influence.

Dans la description du tourisme, trois grands groupes sont identifiés: le tourisme de loisir (séjour à la plage, activités nautiques, ...), le tourisme commercial et d'autres formes plus anodines comme la culture et le bien-être.

Scénarios socio-économiques

Les facteurs externes comme l'évolution démographique ou l'évolution du prix des carburants sont aussi très importants pour la quantification des impacts secondaires ou pour l'évaluation des mesures d'adaptation. Il faut dès lors faire des suppositions sur l'évolution de ces facteurs socio-économiques pour les périodes de temps définies. Vu que l'incertitude est ici aussi très élevée, différents scénarios ont été mis au point. Lors de l'élaboration de ces scénarios, les scénarios du 'Rapport environnement pour la Flandre' et les scénarios socio-économiques des pays voisins seront utilisés.

Quantification des impacts secondaires

La quantification des impacts secondaires a été déterminée à l'aide d'un certain nombre d'indicateurs utilisés pour estimer les risques et la vulnérabilité. Pour chaque indicateur, une 'Indicator Fact Sheet' a été produite, dans laquelle l'indicateur est défini, et son importance est démontrée. Pour la situation actuelle et pour les scénarios liés au changement climatique, les variations de ces indicateurs sont

décrites. Les scénarios socio-économiques seront aussi pris en compte pour l'évaluation des variations de ces indicateurs.

Pour la défense de la côte, les indicateurs sont l'érosion côtière, les dégâts et le nombre de victimes en cas d'inondation. Les valeurs de ces indicateurs sont déterminées pour la situation actuelle, le scénario moyen et le 'worst case' scénario en 2100. On estime que suite à l'augmentation du niveau de la mer, environ 17 % des plages dans le scénario moyen et même 50 % dans le 'worst case' scénario disparaîtront. Les dégâts et les victimes ont été déterminés pour une tempête extrême dont la période d'occurrence est 1/17 000 ans. Le modèle 'Durosta' est utilisé pour estimer l'érosion des plages et des dunes ainsi que le risque de formation de brèches. Dans ce modèle, la côte belge est divisée en 256 sections de 300 m de large. Dans chaque section, au moins un profil est pris en compte. Au total, les calculs sont effectués pour 380 profils. Le modèle 'MikeFlood' est utilisé pour le calcul de la vitesse de propagation et de l'étendue des inondations, tandis que le software 'Latis' a été adapté pour estimer les dégâts et le nombre de victimes. Dans la situation actuelle, trois points faibles ont été identifiés: Mariakerke, Ostende et Wenduine. Le point le plus critique est Ostende à cause d'une plus grande concentration de bâtiments et de population. En cas de tempête extrême, les dégâts sont évalués à $4,1 \cdot 10^8$ Euros et le nombre de victimes à 10. Dans le 'worst case' scénario pour 2100, on s'attend à la formation de brèches dans plus de 50 % des profils. Les dégâts totaux sont évalués à $1,7 \cdot 10^{10}$ Euros et on pourrait dénombrer jusqu'à 6700 victimes.

Pour le secteur de la pêche, c'est le changement au niveau de la dispersion et de la densité relatives des stocks de poissons commerciaux qui est le plus important. L'effet du changement climatique est complexe, il peut être direct et indirect et se manifester à différents niveaux biologiques (individuel, population, écosystème). De plus, les effets peuvent être différents selon la région, l'espèce considérée et sont stade de développement. D'autres facteurs comme la pression de pêche ont une influence sur la réponse finale (e.g., changements dans la croissance, la mortalité, la reproduction, la croissance et la structure de la population, la densité relative, la dispersion, etc.). Dans la mer du Nord, les changements de distribution résultant du changement climatique sont hétérogènes et proviennent d'une combinaison de différents schémas de migration, entre autre, un déplacement vers les zones plus profondes d'environ 3,6m par décennie et un déplacement en latitude. Les effets sur différentes variétés de poisson ont été décrits en détail. Un résumé des effets sur trois espèces différentes de poisson importantes pour le secteur de la pêche, à savoir, la sole, le cabillaud et le mullet rouge est inséré pour illustration dans ce document.

Pour le secteur du tourisme, les risques les plus importants et leurs indicateurs ont été décrits. Dans un document séparé les indicateurs d'érosion de la côte, de la présence de mammifères marins, l'attrait de la côte et les nouvelles activités commerciales comme l'écotourisme sont décrits.

Elaboration de mesures d'adaptation

Des mesures d'adaptation peuvent être définies et mises en oeuvre pour contrer les impacts du changement climatique ou en tirer avantage. Des stratégies d'adaptation sont une combinaison de différentes mesures pour s'attaquer de manière intégrée à un risque déterminé.

Différents types de mesures d'adaptation peuvent être définis. En première instance la population peut s'assurer contre les pertes. Certains effets peuvent être combattus de manière plus proactive. Par exemple, pour le moment, le gouvernement flamand élabore un plan intégré de défense de la côte pour la protéger contre les inondations jusqu'en 2050, tandis que le fonctionnement opérationnel de la flotte de pêche peut être adapté pour amoindrir ou tirer parti des changements climatiques. Des mesures peuvent aussi être prises à un niveau législatif ou politique pour contrer les effets du changement climatique. De plus, il est clair que les changements climatiques peuvent aussi apporter de nouvelles opportunités. Finalement, des recherches complémentaires et la prise de conscience de

la population sont très importantes. Différentes mesures d'adaptations possibles pour la défense de la côte ont été définies, comme l'aménagement d'îles artificielles, de récifs artificiels, de brise-lames actifs, de super-digues. Les aspects positifs et négatifs de ces mesures d'adaptation ont été également examinés. De là, il semble que l'aménagement d'îles artificielles contient un certain nombre d'incertitudes concernant l'érosion de la côte et est coûteux. Des récifs artificiels peuvent être utilisés pour amortir l'énergie des vagues et ainsi limiter l'érosion des dunes et des plages. Ceci n'est pas vraiment facile à mettre en oeuvre pour la côte belge où l'amplitude de marée peut atteindre près de 3 mètres. Les brise-lames actifs peuvent éventuellement offrir une solution pour cela. Les super-digues peuvent fortement amoindrir le risque d'inondation mais ont besoin de beaucoup d'espace. Pour le moment, aux Pays-Bas, on envisage l'installation d'un 'moteur à sable' pour lequel une quantité considérable de sable devra être extraite. Finalement, l'inondation permanente contrôlée de certaines zones ou la prise de conscience de la population par rapport aux inondations doit aussi être considérée.

Pour le secteur de la pêche, le choix d'autres espèces ou l'adaptation des méthodes de pêche sont déjà prises en considération. Il est clair que l'accompagnement des mesures d'adaptation par le gouvernement est crucial. Les règles internationales comme les quotas de pêche resteront très importantes pour le secteur.

Lors de l'élaboration des mesures et des stratégies d'adaptation, la participation de toutes les parties prenantes est très importante. Dans le cadre du projet CLIMAR, deux ateliers ont été organisés autour de la mise en oeuvre des stratégies d'adaptation pour les deux cas d'étude : la défense de la côte et le secteur de la pêche.

Evaluation des stratégies d'adaptation

Dans la deuxième phase du projet une méthode va être développée et mise en oeuvre, par exemple sur base d'une analyse multi-critères ou coût-bénéfices pour évaluer les stratégies d'adaptation élaborées. Il est en effet évident que de bonnes mesures pour un secteur peuvent avoir des effets négatifs pour un autre. De plus, les aspects légaux et internationaux des différentes mesures d'adaptation seront pris en compte.