

Introduction

Climate change in the Mediterranean

Stéphanie THIÉBAULT

Director of the Institut écologie et environnement (INEE)
at the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS),
Vice-President of 'Coordination of scientific programming and forecasting'
at the French National Alliance for Environmental Research (ALLENVI)

Jean-Paul MOATTI

Chairman and Executive Director of French National Research Institute
for Sustainable Development (IRD), Vice-President of 'European
and international cooperation' at ALLENVI

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), whose work played a major role in the 'historic' agreement reached at the 21st Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP 21) in Paris in December 2015, has shown that the Mediterranean Basin is one of the most vulnerable areas of the planet to climate change. COP 22 will take place in Marrakesh from 7 to 18 November but ahead of this event, Morocco hosted MedCOP Climate, the Mediterranean climate forum for all governmental and non-State bodies on 18 and 19 July in Tangier in order to build on the work begun during MedCOP 21 in Marseille the previous year. In his introductory speech at MedCOP 22, His Majesty Mohammed VI, King of Morocco, stressed the Mediterranean's duty to set an example by creating new consumption and production patterns and developing innovative approaches to combating climate change.

In response to a request from the Moroccan authorities, particularly Environment Minister Mrs Hakima El Haité, the 28 ALLENVI members have published a remarkable summary work for COP 22. This work aims to provide an overview of high-level scientific research on climate change, the consequences of this climate imbalance and mitigation and adaptation solutions specific to the

Mediterranean. It demonstrates the remarkable work carried out by scientists, researchers and academics on both shores of the Mediterranean to understand the mechanisms of climate change both today and in the long term, and the impact of climate imbalance on the environment, the economy, health and society. It also suggests and recommends responses based on ‘scientific evidence’, including adaptation, resilience, conservation of resources and risk prevention. This book is the work of a broad scientific community which has been working together for a number of years to capture the complexity of the Mediterranean situation and create the conditions for better mutual knowledge of the interlinking scientific issues that will be defined step-by-step with a view to breaking down the barriers between disciplines.

This work does not claim to be exhaustive, despite the diversity and quality of the contributions it contains. Certain key themes, such as the role of reducing greenhouse gas emissions and energy innovations in mitigation processes, are mentioned only briefly. Furthermore, certain chapters highlight the limitations of the results that have been obtained (for example the limited observations and climate simulations in the study on extreme hydrological events and the lack of long-term data on the impact of climate change on human health), revealing subjects for up-and-coming or future research.

Readers will be able to form their own idea of the significance of the various contributions, but we believe that the scientific community is issuing a clear three-part message to public decision-makers, European and international institutions, economic and civil society organisations and, more broadly speaking, public opinion and all citizens.

The first message is that science has established beyond all doubt that climate change is a fact and that Mediterranean societies and ecosystems are some of the most susceptible to these developments.

The Mediterranean is a ‘miniature’ laboratory due to its geological past, its semi-arid environment with a climate intrinsically different from that of temperate zones as a result of its significant inter-seasonal variations and its role in the turbulent history of human societies. Although it represents only 1.5% of the earth’s surface, the Mediterranean is a ‘test area’ that is home to, and indeed tends to exacerbate, almost all the potentially catastrophic issues facing the entire planet; these include natural risks, global warming, changes in the water cycle, changes to soil and vegetation functions, modifications to biological diversity and biodiversity damage, the unequal distribution of resources and the scaling back of political, economic and social relations between north and south, leading to conflict, large-scale migration, land occupation and rapid urbanisation and coastal development. In addition, it is important to remember the central or peripheral effect the Mediterranean area has on its neighbours, for example the role of Mediterranean climate extremes on the various components of the Earth system and the role of hydrological exchanges with the Black Sea and the Atlantic, as water from the Mediterranean flows through the Strait of Gibraltar and affects the European climate.

The Mediterranean is now a major area of investigation for researchers in every scientific field. The modalities and importance of human activity and its ability to reveal completely new perspectives are some of the key themes currently being studied by the scientific community. New approaches to research, which are reviewed in this work, are essential if we are to understand the way in which they operate and develop, whether in terms of systematic approaches to modelling, integration or investigations.

In the current context where, in the absence of radical countermeasures, a global temperature increase of 1.4 to 5.8°C is expected (3 to 7°C for the Mediterranean region by the end of the 21st century), it was the deep waters of the Mediterranean that first registered the greenhouse gas effect and where changes to thermohaline circulation were observed. Scenarios predict that these changes will continue and that there will be a significant reduction in the convection phenomena that lead to the oxygenation of the Basin; this will inevitably affect biogeochemical cycles as well as the ecosystem and its resources. In this region in particular, global changes seem to affect the frequency of extreme events such as cyclogenesis, hydrometeorological or wind phenomena, droughts and soil degradation.

Research must lead to advances in knowledge, so that we can i) improve our understanding of climate change and its features and mechanisms. This will involve studying past climate cycles and the ways in which societies have responded to them, the latest results reported in this book relating to the water cycle, the origin and frequency of extreme events, groundwater (continental, coastal and deepwater) dynamics and seasonal and long-term variability; ii) quantify flows between compartments and their impact on the system, so we can study air quality and active pollutants and understand their impact on human health; iii) characterise the dispersal and intensity of the main practices affecting marine and continental ecosystems. This involves assessing impacts and vulnerabilities in relation to marine resources and ecosystems, with particular focus on the coastal area. The effects on continental ecosystems are more specifically related to terrestrial biodiversity, particularly forests; iv) study the assessment of the Basin, including the direct impact of global warming on health; v) finally, evaluate and manage risks through adaptation, resilience, conservation of resources and prevention.

Although observations and models based on physical, chemical and biological approaches allow researchers to understand and quantify the processes mentioned above, one of the key areas for reflection must focus on the way in which these processes are affected by human activity and the resultant consequences for the evolution of the changing ecosystems. By changing the climate and river systems, changing the chemistry of the atmosphere, lands and water and tapping into natural resources, we are in fact changing the functioning and value of the ecosystem itself.

Only with a systematic approach can we document the current 'crisis' caused by human activity and particularly noticeable in the Mediterranean, and answer

questions on the risks related to usages, practices and social views. These risks are linked to i) the geodynamic (seismic, volcanic and gravitational) context; ii) climate (droughts, fires, coastal erosion, changes to marine dynamics and biogeochemical cycles); iii) industrialisation, urbanisation and transport (pollution of air, water, soil and living resources); iv) usages and practices relating to the quantity and quality of mineral and living resources, biodiversity (land, aquatic and marine), its functions and its services.

This approach to the functioning and functions of the coupled system requires infrastructures and methods for observing and analysing environments and peoples and local strategies adapted to the long term and the short term as well as to the significant seasonal variations found in the Mediterranean. Models and scenarios exist, but need to be improved and regionalised, and other integrated digital tools must be developed. This book is a contribution, albeit a modest one, to the work bravely launched by our Moroccan colleagues so that COP 22 could be an opportunity to support research and the strengthening of the technological and scientific capacities at the heart of climate negotiations. The scientific community is hoping that one of the consequences of this work could be the creation of an inter-country, inter-ministerial and inter-regional authority operational working group to begin the important, in terms of both knowledge and action, work of creating a coordinated observation and surveillance system for Mediterranean anthropo-ecosystems.

The contributions included in this book directly and candidly stress the many remaining uncertainties regarding the real dynamics of the impact of climate change, both in general and across the different spatial scales of the Mediterranean basin.

The **second message** of this work, however, is that these uncertainties must not be used as an excuse for inaction. On the contrary, they must encourage us to better understand the complex causal chains that link climate and the other environmental and anthropic parameters, and to take immediate action to minimise those effects of global change that are threatening the environment and human health and well-being. Some of the contributions show that research provides direct scientific bases for improved management of environments, resources and heritage, for the preservation and strengthening of biodiversity and ecosystem services and for spreading concepts and relevant knowledge throughout society so they reach both decision-makers and the parties involved. In so doing, science is not content to merely report on the risks; it also proposes innovative solutions that could allow us to overcome the barriers currently restricting climate change mitigation and make them easier to adapt, by considering the specific environmental and societal context of a region such as the Mediterranean.

The **third message** is that science is best placed to link the fight against climate change, sustainable development goals and development funding, in accordance with the desire expressed by Christiana Figueres, the previous Executive Secretary of the United Nations Framework *Convention* on Climate Change

(UNFCCC), who stated that *‘the solutions to climate change offer a portfolio of no-regret policies and actions that are essential for achieving sustainable development’*.

The redefinition of the international agenda in 2015 imposed on us a duty to do so. Prior to COP 21 in December 2015, the 3rd international conference on financing development took place in Addis Ababa in July, followed by the United Nations Summit in New York in September which saw the adoption of the 17 new Sustainable Development Goals (SDG); these are universal goals that, according to the summary report by Secretary General Ban Ki Moon, will create a road to *‘dignity for all by 2030’*, by *‘ending poverty, transforming all lives and protecting the planet’*. As is the case with all international agreements, both the SDGs and the content of the Paris Agreement on climate change, whose initial operational measures are due to be consolidated at COP 22, represented progress we can be proud of, despite the fact that they were inevitably the result of a compromise between different and even contradictory interests and between governments with a large number of downright divergent geostrategic visions and constraints.

The wording of the SDGs reveals inconsistencies that could, if care is not taken, be exacerbated by their implementation; a short-term vision of the requirements for combating poverty or achieving food safety (SDG1 and 2) may, for example, result in technological and economic choices that in the medium term jeopardise the achievement of SDGs 15, 14 and 13 on the preservation of life on land, life below water and combating the effects of global warming respectively. Likewise, meeting the energy needs of developing countries on the southern shore of the Mediterranean and on the African continent in the short term may come into conflict with the need to reduce the carbon intensity of economies in order to combat global warming. And there are many similar examples. Scientific progress can reasonably be expected to produce solutions for reconciling sustainable development goals, creating innovative multi-party coalitions that will be able to impose these solutions in practice and providing enough of the global public goods that the planet needs and of which climate security is one of the best examples.

It has been shown that mankind is finding it very difficult to obtain these public resources to meet the global challenges that, by their very essence, transcend national borders, because it comes up against what political science researchers call the *‘Westphalian paradigm’*, from the name of the 1648 European treaty that for the first time created an international order based on the strict respecting of State sovereignty. Thousands of years of history and the current situation in the Mediterranean have provided many examples of this paradigm. Let’s hope that work to combat global warming, in which Morocco and France consider themselves to play a leading role, will help to make the Mediterranean an example of how to move beyond this paradigm and demonstrate solidarity between stakeholders, governments and populations facing joint threats and helping to promote development for the good of all mankind.

Introduction

Le changement climatique en Méditerranée

Stéphanie THIÉBAULT

directrice de l'Institut écologie et environnement (INEE)
du Centre national de la recherche scientifique (CNRS),
vice-présidente « animation de la programmation et de la prospective scientifiques »
de l'Alliance nationale de recherche pour l'environnement (ALLENVI)

Jean-Paul MOATTI

président-directeur général de l'Institut de recherche
pour le développement (IRD), vice-président « coopération européenne
et internationale » d'ALLENVI.

Le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dont les travaux ont joué un rôle-clé dans l'accord « historique » obtenu à Paris, en décembre 2015, lors la 21^e Conférence des Parties de la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (COP 21), a démontré que le bassin méditerranéen est une des zones de notre planète les plus exposées au changement climatique. En amont de la COP 22, qui se tient du 7 au 18 novembre 2016 à Marrakech, le Maroc a bien voulu accueillir, les 18 et 19 juillet à Tanger, la MEDCOP CLIMAT, le forum méditerranéen pour le climat de tous les acteurs gouvernementaux et non étatiques, qui s'est inscrit dans la continuité de travaux initiés l'année précédente lors de la MEDCOP 21 de Marseille. Dans son message d'introduction à cette MEDCOP 22, Son Altesse Royale Mohamed VI, roi du Maroc, a notamment insisté sur le devoir d'exemplarité de la Méditerranée, dans la construction d'un nouveau mode de consommation et de production et dans l'innovation en matière de lutte contre le changement climatique.

Répondant à une sollicitation des autorités marocaines, notamment de madame Hakima El Haité, ministre chargée de l'Environnement, les 28 organismes

membres de l'Alliance pour l'environnement (ALLENVI) publient, à l'occasion de la COP 22, un ouvrage de synthèse exceptionnel. Ce livre s'efforce en effet de présenter un état des lieux de la recherche scientifique de haut niveau sur l'évolution du climat, les conséquences de son dérèglement et les solutions d'atténuation et d'adaptation dans le contexte particulier de la Méditerranée. Il témoigne de la remarquable mobilisation des scientifiques, chercheurs et universitaires, des deux rives de la Méditerranée, pour comprendre les mécanismes du changement climatique sur l'actuel comme sur la longue durée ; les impacts du dérèglement climatique sur l'environnement, l'économie, la santé, les sociétés ; mais aussi pour suggérer et recommander des réponses, fondées sur l'« évidence scientifique » avec les adaptations, les résiliences, la conservation des ressources ou la prévention des risques. Cet ouvrage rassemble une large communauté scientifique, qui s'est mobilisée depuis plusieurs années afin de rendre compte de toute la complexité de l'objet Méditerranée, de créer les conditions d'une meilleure connaissance réciproque au croisement de questionnements scientifiques à définir étape par étape, dans une perspective de décloisonnement disciplinaire.

Riche par la diversité et la qualité des contributions, cet ouvrage ne prétend pas à l'exhaustivité. Certaines thématiques clés comme, par exemple, la place de la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou des innovations énergétiques dans les processus d'atténuation, ne sont qu'effleurées. Par ailleurs, certains chapitres mettent en exergue les limites des résultats acquis (à titre d'exemple, la limitation des observations et des simulations climatiques dans l'étude des événements hydrologiques extrêmes, ou encore le manque de données sur le long terme sur les impacts du changement climatique sur la santé humaine), révélant des pans de recherche en devenir ou encore à construire.

Le lecteur pourra se faire sa propre idée de la portée des différentes contributions contenues dans cet ouvrage, mais il nous semble, qu'à travers ce livre, la communauté scientifique envoie un triple et fort message aux décideurs publics, aux institutions européennes et internationales, aux acteurs économiques et de la société civile, et plus largement aux opinions publiques et à l'ensemble des citoyens.

Le premier message est que la science a établi, sans contestation possible, la réalité du changement climatique et le fait que les écosystèmes et les sociétés méditerranéennes sont parmi les plus menacées de la planète par cette évolution annoncée du climat.

De par son passé géologique, de par son environnement semi-aride dont le climat se distingue intrinsèquement des zones tempérées par ses fortes variations inter-saisonnnières, comme de par son rôle dans l'histoire tourmentée des sociétés humaines, la Méditerranée constitue un laboratoire « en miniature ». Quoiqu'elle ne représente que 1,5 % de la surface terrestre, la Méditerranée constitue une « zone test » qui concentre la quasi-totalité des enjeux potentiellement catastrophiques pour la planète entière et qui tend à les exacerber : risques naturels, réchauffement climatique, modification du cycle de l'eau, changements

des fonctions des sols et des couvertures végétales, modifications de la diversité biologique et atteintes à la biodiversité, répartition inégale des ressources, contraction des rapports politiques, économiques et sociaux Nord-Sud débouchant sur des conflits, flux migratoires massifs, occupation des territoires, urbanisation et littoralisation rapides. De plus, centrale ou périphérique, on ne saurait oublier l'impact de la zone méditerranéenne sur les régions avoisinantes : rôle des extrêmes climatiques méditerranéens sur les diverses composantes du système Terre, rôle des échanges hydrologiques avec la Mer Noire et avec l'Atlantique, les eaux méditerranéennes transitant par le détroit de Gibraltar influençant le climat européen.

La Méditerranée est, dès lors, un champ d'investigation consolidé pour de nombreux chercheurs dans tous les domaines scientifiques. Les modalités, l'importance de l'anthropisation et sa capacité à faire apparaître des contextes totalement originaux constituent des éléments centraux de la réflexion scientifique. De nouvelles approches de recherche, dont cet ouvrage rend compte de l'état actuel d'avancement, sont nécessaires pour en comprendre les modalités de fonctionnement et d'évolution, qu'il s'agisse des approches de modélisation, d'intégration ou d'investigations systémiques.

Aujourd'hui où une augmentation de la température mondiale de 1,4 à 5,8 °C est, en l'absence de contre-mesures radicales, attendue (3 à 7 °C pour la région méditerranéenne à la fin du XXI^e siècle), ce sont les eaux profondes de la Méditerranée qui, en premier, ont enregistré l'effet de serre ; les observations notent des modifications de la circulation thermohaline ; les scénarii prévoient la poursuite de ces changements et une forte atténuation des phénomènes de convection à l'origine de l'oxygénation du bassin, ce qui n'est pas sans conséquence sur les cycles bio-géo-chimiques, l'écosystème et ses ressources. Particulièrement dans cette région, les changements planétaires semblent affecter la fréquence d'occurrence des événements extrêmes : cyclogenèses, phénomènes hydrométéorologiques ou éoliens, sécheresses et dégradation des sols.

L'avancée des connaissances, alimentée par la recherche, est indispensable afin : i) de connaître les changements climatiques, leur dynamique et leurs mécanismes. Cela se fait au travers de la connaissance des cycles climatiques passés et les réponses des sociétés humaines, les derniers résultats évoqués dans cet ouvrage concernant le cycle de l'eau, l'origine et la fréquence des événements extrêmes, la dynamique des eaux (continentales, côtières et profondes) et sa variabilité saisonnière et à long terme ; ii) de quantifier les flux d'échanges entre les compartiments et leur impact sur le système, d'évaluer la qualité de l'air et les polluants actifs et de comprendre leur impact sur la santé des populations ; iii) de caractériser la dispersion et l'intensité des principaux usages impactant les écosystèmes marins et continentaux. Il s'agit d'établir le bilan des impacts et des vulnérabilités sur les ressources marines et les écosystèmes marins, une attention particulière devant être apportée à la zone côtière. Les impacts sur les écosystèmes continentaux concernent quant à eux plus particulièrement la biodiversité terrestre, et notamment les forêts. iv) de réaliser le bilan sanitaire

du bassin, avec l'impact direct du réchauffement climatique sur la santé ; v) enfin, l'évaluation et la gestion des risques au travers de l'adaptation, la résilience, la conservation des ressources et la prévention.

Si les observations et modèles fondés sur des approches physiques, chimiques et biologiques permettent d'appréhender et de quantifier les processus évoqués ci-dessus, un des éléments centraux de la réflexion doit porter sur la façon dont ils sont modifiés par l'impact des activités humaines et les conséquences qui en découlent pour l'évolution des écosystèmes. En modifiant le climat et le régime des fleuves, en modifiant la chimie de l'atmosphère, des terres et de l'eau, en tirant profit des ressources naturelles, c'est le fonctionnement même et la valeur de l'écosystème qui sont modifiés.

Seule une approche systémique peut permettre de documenter au mieux la « crise » actuelle qui résulte de l'anthropisation, particulièrement sensible en Méditerranée, et de répondre aux questions sur les risques, considérés en rapport avec les usages, les pratiques et les représentations sociales : i) risques liés au contexte géodynamique (sismiques, volcaniques, gravitaires) ; ii) risques liés au contexte climatique (sécheresses, feux, érosion du littoral, modifications de la dynamique marine et des cycles biogéochimiques) ; iii) risques liés à l'industrialisation, à l'urbanisation et aux transports (pollution de l'air, de l'eau, des sols et des ressources vivantes) ; iv) risques liés aux usages et pratiques sur la quantité et la qualité des ressources minérales et vivantes, sur la biodiversité (terrestre, aquatique et marine), ses fonctions et ses services.

Cette approche du fonctionnement et des fonctions du système couplé exige des infrastructures et des moyens d'observation et d'analyse des milieux et des populations, des stratégies de terrain adaptées au long terme, au court terme et à la saisonnalité particulièrement marquée en Méditerranée. Modèles et scénarii existent mais doivent être améliorés, régionalisés, et d'autres outils numériques fédérateurs doivent être développés. Cet ouvrage constitue d'ailleurs une contribution, certes modeste, à l'action courageusement initiée par ailleurs par nos collègues marocains pour faire de la COP 22 une occasion de mettre le soutien à la recherche et au renforcement des capacités technologique et scientifique au cœur de la négociation climatique. L'une des retombées de ces efforts, que la communauté scientifique appelle de ses vœux, pourrait être de constituer un groupe de travail opérationnel, inter-pays, inter-ministériel et inter-collectivités territoriales, pour s'atteler au chantier décisif, tant pour la connaissance que pour l'action, de construction d'un dispositif coordonné d'observation et de surveillance des anthropo-écosystèmes méditerranéens.

Les contributions incluses dans ce livre ne manquent d'ailleurs pas de souligner, avec rigueur et honnêteté, les fortes incertitudes qui persistent quant à la dynamique réelle de l'impact du changement climatique, en général et aux différentes échelles spatiales du bassin méditerranéen.

Cependant, **le deuxième message** de cet ouvrage est que ces incertitudes ne doivent pas servir de prétexte à l'inaction. Au contraire, elles doivent nous inciter à mieux comprendre les chaînes causales complexes qui relient le climat et les

autres paramètres environnementaux et anthropiques, et à agir sans tarder afin de minimiser celles des conséquences du changement global qui menacent l'environnement, la santé et le bien-être des populations. Plusieurs des contributions démontrent que la recherche fournit directement des bases scientifiques pour une meilleure gestion des milieux, des ressources et des patrimoines, pour préserver et renforcer les services de la biodiversité et des écosystèmes, et pour diffuser les concepts et les connaissances appropriées dans la société, chez les décideurs comme chez les acteurs concernés. Ce faisant, la science ne se contente pas de faire le constat des risques qui nous menacent mais propose des solutions innovantes qui peuvent permettre de dépasser les blocages qui freinent actuellement l'atténuation du changement climatique et qui facilitent l'adaptation en tenant compte des spécificités du contexte environnemental et sociétal d'une région comme la Méditerranée.

Le **troisième message** est justement que la science est l'outil le mieux à même de lier la lutte contre le changement climatique, les objectifs du développement durable et le financement du développement, conformément au souhait exprimé par Christiana Figueres, la précédente secrétaire exécutive de la *Convention* cadre des Nations unies sur le changement *climatique* (CNUCCC), que « les solutions au changement climatique procurent un éventail de politiques et de mesures sécurisées qui sont essentielles pour atteindre un développement durable ».

La redéfinition de l'agenda international qui est intervenue au cours de l'année 2015 nous en fait d'ailleurs une obligation puisqu'avant la COP 21 de décembre 2015, s'étaient successivement tenues, en juillet à Addis-Abeba, la 3^e Conférence internationale sur le financement du développement et, en septembre à New-York, le sommet des Nations unies qui a vu l'adoption des 17 nouveaux Objectifs du développement durable (ODD), objectifs universels censés, selon le rapport de synthèse du secrétaire général Ban Ki Moon tracer la route vers « la dignité pour tous d'ici à 2030 » en « éliminant la pauvreté, en transformant nos vies et en protégeant la planète ». Comme tout consensus international, tant les ODD que le contenu de l'accord de Paris sur la lutte contre le réchauffement climatique, dont la COP 22 s'efforcera de concrétiser les premières traductions opérationnelles, ont représenté des avancées dont on peut se féliciter mais ont inévitablement été le fruit d'un compromis entre intérêts différents, voire contradictoires, et entre des gouvernements dont les contraintes et visions géostratégiques sont multiples, voire franchement divergentes.

Les ODD dans leur lettre même ne sont pas exempts d'incohérences que leur mise en œuvre effective peut, si l'on n'y prend pas garde, exacerber : une vision à court terme des nécessités de la lutte contre la pauvreté ou pour la sécurité alimentaire (ODD 1 et 2) peut, par exemple, favoriser des choix technologiques et économiques qui hypothèquent à moyen terme la réalisation des ODD 15, 14 et 13 qui concernent respectivement la préservation de l'environnement terrestre, des océans et contre les effets du réchauffement climatique. De même, la satisfaction à court terme des besoins énergétiques des pays en développement

de la rive sud de la Méditerranée comme du continent africain peut se heurter à la nécessaire décarbonation des économies qu'impose la lutte contre le réchauffement planétaire. Et, on pourrait multiplier les exemples analogues. Ce sont des avancées de la science que l'on peut raisonnablement attendre des solutions qui permettent de concilier les objectifs de développement durable, de construire les coalitions innovantes d'acteurs qui permettront de les imposer en pratique, et de fournir en quantité suffisante les biens publics globaux dont la planète a besoin et dont la sécurité climatique est l'une des illustrations les plus caractéristiques.

Il est avéré que l'humanité éprouve de graves difficultés à se doter de tels biens publics pour faire face à des enjeux globaux qui, par essence, dépassent les frontières nationales car elle se heurte à ce que les chercheurs en science politique qualifient de « paradoxe westphalien », du nom du traité européen de 1648 qui instaura, pour la première fois, un ordre international fondé sur le strict respect de la souveraineté des Etats. L'histoire millénaire, comme l'actualité récente, de la Méditerranée ont maintes fois illustré ce paradoxe. Espérons que la mobilisation contre le réchauffement climatique, dont le Maroc et la France se veulent l'un des fers de lance, contribuera à faire de la Méditerranée l'exemple de son dépassement et de la solidarité entre les acteurs, les gouvernements et les populations face aux périls communs et pour un développement au service de l'Homme.

The Mediterranean Region under Climate Change

A Scientific Update

AllEnvi

Alliance nationale de recherche
pour l'Environnement

The Mediterranean Region under Climate Change

A Scientific Update

Preface by

Hakima EL HAITÉ

Postface by

Driss EL YAZAMI

Address by

HSH the Prince ALBERT II of Monaco

IRD ÉDITIONS
INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Marseille, 2016

Revision and translation

Daphne Goodfellow

Andrew Morris

Graphics

Michelle Saint-Léger

With the collaboration of:

Desk

Gris Souris

Layout

Desk

Cover layout

Michelle Saint-Léger

Page layout

Pierre Lopez

Coordination production

Catherine Plasse

Cover illustrations

© Météo France – RGB composite imagery, *METEOSAT-10*, 07/04/2016 at 12 UTC.

© IRD/B. Moizo – The town of Chefchaouen, Morocco.

© Ifremer/D. Lacroix – The port of Bizerte, Tunisia.

© IRD/J.-P. Montoroi – Olive trees, Seblet Ben Ammar, Tunisia.

La loi du 1^{er} juillet 1992 (code de la propriété intellectuelle, première partie) n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans le but d'exemple ou d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon passible des peines prévues au titre III de la loi précitée.

© **IRD, 2016**

ISBN : 978-2-7099-2219-7

This book, coordinated by AllEnvi, is published on the occasion of the 22nd Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP22, Marrakech, 2016)

Scientific Direction

Stéphanie Thiébault
Jean-Paul Moatti

Scientific Committee

Isabella Annesi-Maesano	Véronique Ducrocq	Pascal Marty
Yildiz Aumeeruddy-Thomas	François Dulac	Yunne-Jai Shinne
Robert Barouki	Benoît Fauconneau	Jean-François Soussana
Gilles Boulet	Eric Gaume	Emmanuel Torquebiau
Jean-Luc Chotte	Jean-François Guégan	Jean-Denis Vigne
François Clin	Joël Guiot	
Wolfgang Cramer	Eric Hamonou	
Michel Crépon	Denis Lacroix	

Editorial Committee

Marie-Lise Sabrié
Elisabeth Gibert-Brunet
Thomas Mourier

AllEnvi

AllEnvi, the French National Alliance for Environmental Research, is tasked with making the great environmental transitions work, coordinating French research into major societal issues such as food, water, climate and territories. AllEnvi i) sets policy guidelines and research priorities for advance planning before approaching funding agencies, ii) supports the emergence and structuring of research organizations, iii) coordinates innovation and technology transfer policies between public research operators, businesses and industries, and iv) contributes to the European research environment and international programme development.

Alliance nationale de recherche pour l'environnement, AllEnvi coordonne la recherche française sur les enjeux des grands défis sociétaux que sont l'alimentation, l'eau, le climat et les territoires pour réussir les grandes transitions environnementales. AllEnvi i) définit les orientations et priorités de recherche pour la programmation à l'amont des agences de financement, ii) soutient l'émergence et la structuration d'infrastructures de recherche, iii) coordonne les politiques d'innovation et valorisation entre opérateurs publics de la recherche, entreprises et industries, et iv) participe à l'Europe de la recherche et favorise l'émergence de programmes internationaux.

Executive Secretary/Sécrétariat exécutif :

Benoit Fauconneau
Christine Douchez
Elisabeth Gibert-Brunet